

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Análisis de Crecimiento en Plántulas de Tomate  
(*Lycopersicon esculentum* Mill) con Películas  
Termorreguladoras en Invernadero.**

**Por:**

**CARLOS GUADALUPE CANCHE CANCHE**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:  
Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Noviembre del 2001**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Análisis de Crecimiento en Plántulas de Tomate (*Lycopersicon  
esculentum* Mill) con Películas Termorreguladoras en Invernadero**

**Realizado por:**

**CARLOS GUADALUPE CANCHE CANCHE**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Aprobada por:**

---

**Dr. Manuel De La Rosa Ibarra**

**Presidente del Jurado**

---

**M.C. Reynaldo Alonso Velasco**

**Coordinador de la División de Agronomía**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2001

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Análisis de Crecimiento en Plántulas de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con  
Películas Termorreguladoras en Invernadero.**

**Realizado por:**

**CARLOS GUADALUPE CANCHE CANCHE**

Que somete a Consideración del H. Jurado Examinador

Como requisito Parcial para Obtener el Título de:

**Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Aprobado por:**

---

**Dr. Manuel De La Rosa Ibarra**

**Asesor principal**

---

**M.C. María Rosario Quezada Martín**

**Asesor**

---

**ING. José Angel De La Cruz Bretón**

**Asesor**

---

**M.C. Boanerges Cedeño Rubalcava**

**Asesor**

---

**M.C. Reynaldo Alonso Velasco**

**Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2001**

## DEDICATORIA

**A mis padres, Eduardo Canché Kú, Rufina Canché Dzul**, gracias por darme la vida, por su comprensión, cariño y amor que nos han dado; sobre todo enseñarnos a luchar en la vida con responsabilidad, honradez y ser hombres de bien. Gracias por los sacrificios que han hecho por darnos una educación digna y por la enorme fortuna de tenerlos a mi lado.

**A mis hermanos, Julio Cesar, Neidy Aracely, Nelia Patricia, Eider Ernesto, Eduardo y Miguel Angel**, por esos momentos tan inolvidables de alegría y tristeza que hemos compartido, gracias por todo su apoyo, cariño, comprensión y por la confianza depositada para llegar en esta etapa de mi vida.

**A mis sobrinos, Lupita, Karen, Cesar Eduardo y Laura**, por la alegría que han traído a la familia, por su ternura y cariño, siempre serán los consentidos de la gran familia.

**A mis cuñados** Pedro y Marisol, por su amistad, apoyo moral, y por los momentos de alegría que han compartido con la familia.

**A mis amigos, Luis, Miguel, Jesús, Fernando, Javier, Norma, Angélica, Paby, Karina, Graciela, Perla**, gracias por sus consejos, apoyo moral y por brindarme su amistad durante estos años, por todo lo que hemos compartido en el CEC.

**A mis amigas Verónica Guerrero, Laura Nelly, Tere Sánchez**, gracias por su amistad, respeto, cariño y confianza que han depositado en mí, por sus consejos y por los momentos que hemos compartido juntos.

**A mis paisanos**, Alonso, Isaías, Jorge Chan, Zamudio, Luis, Jesús, José Luis, Abelardo, Gustavo, Carlos, Chiquini, Fernando, Weiller, Julián, gracias por brindarme su amistad y por los momentos que hemos convivido saludablemente.

**A mis compañeros y amigos de la Coordinación de Derechos Estudiantiles (CDE)**, que luchan por construir un mundo mejor, donde se viva con dignidad, igualdad, justicia y por tener una universidad en mejores condiciones donde prevalezca una educación científica, crítica y popular. Un gran homenaje a esos jóvenes que son la dignidad rebelde, de que los tienen que perdonar: José Iber, Lupillo, Horacio, Edgardo, Mario, Rafael Durán, José Omar, Delfino, Buenaventura, Gabriel, Gabriela, José Ignacio, José Luis, Manuel V., José Edilberto, Diómedes, Hilario, Hernán, Alvaro, Baltazar, Cesar, Silvano, Odilón, Brosbely, Israel, Roberto, Alfredo, Rafael R. Lorenzo, Eduardo, Nacho,

Venegas, Braulio, a las compañeras y compañeros de la Facultad de Economía y Ciencias de la Comunicación de la Universidad Autónoma de Coahuila, a los cedeístas de hoy, del mañana y de siempre. Nosotros los jóvenes de hoy los de siempre, debemos prepararnos con dignidad, demandar con insistencia, enseñar soñando y trabajando, organizándonos para preparar la transformación necesaria.

**A la madre Mercedes, Dolores**, que con su amor, amistad, respeto y cariño siempre me han apoyado, gracias por todo.

**Un gran homenaje a Doña Margarita Hernández (Doña Magui)**, una persona que siempre nos ha dado su amor, amistad y alegría en su hogar a todos nuestros colegas y amigos de la CDE.

**Al Ingeniero Willian Ismael Canché Trejo**, gracias por ser un gran amigo y por el apoyo moral que me ha dado para seguir adelante en mi formación académica.

A los jóvenes Eduardo, Alvaro, Mario, Everardo, por los momentos que hemos compartido y por su amistad, a los colegas Eduardo A, Yanina, Idalia, Carlos Lemus, Serafín M., Melesio, Benito, Filómeno Beltrán, Blasi, Francisco López, Roberto gracias por su amistad y por los momentos de angustia que hemos vivido por salir adelante, recordándoles que en esta vida siempre se nos brinda una oportunidad para superarnos y poder tener una formación integral para poder servir mejor a la sociedad del medio rural. A mis amigas Rossy, Jessica, Elizabetz, Lety, Lupita, Brigida, Grisel, Lourdes, Alma, gracias por su amistad, por el apoyo que me han brindado y a la nueva generación de Ingenieros Agrónomos y Licenciados de nuestra hermana escuela de Agricultura: Denni, Eider, Russel, Franklin, Ricardo, Jorge, Luis, Martha por los momentos que hemos compartido juntos, de alegría, tristezas, por su amistad, a los amigos cheneros que se localizan en la región de Mexicali: Doctor, Francisco Chán y el Ingeniero Paulo Chán siempre serán bienvenidos, gracias por su amistad.

A mis compañeros y amigos de la generación XC de Ingenieros Agrónomos en Producción, por la amistad y compañerismo con el que siempre convivimos.

**A la familia Yah Castillo, Castillo Mendoza**, gracias por su amistad y por el apoyo que me han brindado durante estos años, y por influir en mi formación personal como ser humano.

**A toda esa gran familia Canché, tíos, primos, hermanos, sobrinos**, por el carácter de honradez, valentía, responsabilidad, trabajo con que afrontan la vida diaria para salir adelante y un gran homenaje a los abuelos que en paz descansan (Lorenzo y Francisca, Teodocio y Otilia) gracias por darnos lo más valioso y sagrado nuestros Padres, ejemplos vivos de humildad, disciplina, trabajo, por la manera que nos han educado. Gracias.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme lo más hermoso que anhela el ser humano la vida, por estar en todos los momentos conmigo, y por permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

Al pueblo de México, obreros y campesinos, pues gracias a sus impuestos, existen Universidades de Educación Superior Públicas como la UAAAN.

A todos los maestros, que han influido en mi formación académica, humana desde los primeros peldaños de mi vida académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento brindado para poder realizar el presente proyecto de investigación.

Al centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por todas las facilidades brindadas para poder realizar el presente trabajo de investigación.

Al DR. Manuel De La Rosa Ibarra, por la asesoría, amistad, paciencia en la revisión de este trabajo de tesis.

A la M. C. María Rosario Quezada Martín, por su amistad, confianza agradeciendo todo su apoyo por la planeación, conducción, disponibilidad y sugerencias en la realización de este trabajo.

Al ING. José Angel De La Cruz Bretón, por su amistad, por la revisión y consejos para concluir este trabajo.

Al M.C. Boanerges Cedeño Rubalcava, por su amistad, agradeciendo todo su apoyo y sugerencias en la realización de esta tesis.

Al M.C. Eleno Samaniego Cruz, participante de este proyecto, agradecimiento por sus enseñanzas y su apoyo incondicional para realizar este trabajo y sobre todo por la gran amistad que me ha brindado a través de estos años, igual que toda su familia.

A todas las personas que nos ayudaron para realizar este trabajo de investigación, a los Maestros en Ciencias: Juanita, Polo, Rosy, Cirilo, Toño, a los amigos y trabajadores del CIQA.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<i>xi</i>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<i>xiii</i>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	3
Hipòtesis.....	3
REVISION LITERATURA.....	DE 4
Produciòn invernadero.....	bajo 4
Plàsticos Flexibles.....	7
Cloruro de polivinilo (PVC).....	7
Polietileno (PE).....	8
Copolímero etil-acetato de vinilo (EVA).....	10
Plàsticos fotoselectivos.....	11
Plàsticos multicapa.....	13
Factores ambientales en invernadero.....	15
Luz.....	15
Características importancia.....	e 15
Temperatura.....	18
Importancia de la temperatura.....	la 18
Efectos de la temperatura.....	en 20

tomate.....



Requerimientos climáticos del cultivo de tomate.....	22
Requerimientos de suelo y fertilización.....	23
Producción de plántulas.....	24
Almácigo.....	24
Calidad de plántulas.....	26
Sistemas de producción de trasplante.....	27
Sustratos.....	29
Nutrición de plántulas.....	30
Recipiente de Plantulas.....	34
Edad de trasplante.....	35
Control del tamaño de los trasplantes (Acondicionamiento).....	37
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	41
Localización del sitio experimental.....	41
Arreglo experimental.....	42
Material genético.....	43
Establecimiento del experimento.....	43
Acondicionamiento de los invernaderos.....	45
Siembra y manejo del almácigo.....	45
Desinfección de charolas.....	45
Preparación del sustrato.....	46
Llenado y compactado.....	46
Ahoyado.....	46
Siembra.....	47
Rasado, riego pesado y estibado.....	47



Área foliar específica.....	56
Variables fisiológicas.....	56
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>58</b>
Variables microclimaticas.....	58
Variables agronómicas .....	65
Altura.....	67
Número de hojas.....	68
Diámetro de tallo.....	69
Área foliar.....	70
Peso seco de hojas.....	74
Peso seco de tallo.....	76
.....	
Peso seco de la raíz.....	77
Peso seco total.....	80
Tasa de asimilación neta.....	83
Tasa de crecimiento relativo de raíz.....	85
Tasa de crecimiento relativo de tallo.....	88
Tasa de crecimiento relativo de hojas.....	89
Área foliar específica.....	90
Razón de área foliar.....	92
Razón de peso foliar.....	95
Coeficiente de partición de biomasa de raíz, tallo y hojas.....	96
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>	<b>Página</b>
<b>1</b> Comparación de medias de temperatura y de radiación registrados al interior de invernaderos con diferentes películas plásticas y al exterior.....	58
<b>2</b> Comparación de medias de las variables altura, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	66
<b>3</b> Comparación de medias de variables agronómicas, peso seco de hojas, tallo, raíz y peso seco total para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	73
<b>4</b> Comparación de medias de tasa de asimilación neta para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	84
<b>5</b> Comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de raíz para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	87
<b>6</b> Comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de tallo para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	89
<b>7</b> Comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de hojas para plántulas de tomate bajo tres tratamientos diferentes de películas plásticas en invernadero.....	

8	Comparación de medias de área foliar específica para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	91
9	Comparación de medias de razón de área foliar para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	93
10	Comparación de medias de razón de peso foliar para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	95
11	Comparación de medias de coeficiente de partición de biomasa de raíz, tallo y hojas para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.</b>		<b>Página</b>
1	Disposición espacial de los tres tratamientos de películas plásticas, CIQA -01, CIQA -02 y el convencional.....	42
2	Procedimiento general que se siguió para llevar a cabo el presente estudio.....	44
3	Radiación total en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por diferentes películas plásticas.....	60
4	Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por diferentes películas plásticas.....	61
5	Temperatura inferior registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por diferentes películas plásticas.....	62
6	Temperatura superior registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por diferentes películas plásticas.....	64

## INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos ocasionada por el crecimiento demográfico es actualmente difícil de cubrir mediante el empleo de técnicas de cultivo tradicionales, de aquí que la apertura al mercado de los materiales plásticos y su inclusión en las actividades agrícolas, sea una opción que en algunas modalidades como el de cobertura o acolchado del suelo con películas de este material o su uso en invernaderos, ha permitido en diversas regiones del mundo, elevar la producción por unidad de superficie, reducción de riesgos por factores climáticos y mejor aprovechamiento del agua (Santos, 1994). En el caso del invernadero, es posible tener condiciones artificiales de microclima y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones más cercanas a las óptimas (Guzmán y Sánchez, 2000).

En la actualidad, la producción de hortalizas depende en gran medida de la calidad y el cuidado con el que se producen las plántulas. Para ello se requiere de técnicas integrales para su producción, que permitan desarrollar el máximo potencial de la semilla, asegurando la calidad de la germinación y recortando el período de producción de manera importante, pudiéndose señalar como factores indispensables del invernadero de trasplantes: ventilación, iluminación y sistemas automáticos de control de temperatura e irrigación.

Durante el verano, un problema que enfrentan los productores que utilizan invernaderos, son las elevadas temperaturas dentro de éstos, las cuales disminuyen la calidad de las hortalizas y flores (ennegrecimiento de pétalos, aborto y quemaduras) (Quiroga, 1992). También en plántulas tiernas se causan quemaduras; sin embargo, si se reduce el exceso de la radiación se mejora la calidad de las plantas en general y se logra una mayor seguridad en la producción de algunos cultivos y de los trasplantes.



Sin embargo, en México pocos agricultores pueden disponer de las últimas tecnologías o de los más modernos equipos e instrumentos para sombreado, irrigación y sistemas de control climático computarizados. La mayor parte de los invernaderos no tienen sistemas automatizados de enfriamiento y calefacción y tienen como cubierta polietileno flexible convencional, a pesar de existir películas plásticas con otras propiedades.

En ese sentido poco se ha trabajado con el enfoque de reducir las altas temperaturas con control pasivo de la temperatura, de aquí la necesidad de contar con plásticos para cubiertas de invernadero que permitan disminuir la temperatura interna del mismo, sin afectar la calidad de las plantas, ya sean hortícolas o para producción de flores (Cebula, 1995). En esta problemática, el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) desarrolló dos materiales plásticos con propiedades termoaislantes y de larga duración similares a las de otros materiales de polietileno más

costosos. Sin embargo, es necesaria su validación para que los productores las puedan utilizar con éxito en lugar de los otros materiales y formas de control de temperaturas actuales.

En base a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis:

### **Objetivos**

Determinar el efecto de dos prototipos de películas plásticas “termorreguladoras” sobre la radiación y temperaturas internas del invernadero.

Evaluar la influencia de las películas plásticas “termorreguladoras” para invernadero, sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate y su comparación con una película convencional.

## **Hipótesis**

La radiación y temperatura internas del invernadero, modificadas por las películas plásticas “termorreguladoras,” influyen en forma positiva sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Producción Bajo Invernadero**

En México, cada día es mayor el auge alcanzado por el uso de este tipo de tecnología, como un modo de obtener altos rendimientos y una óptima calidad de las cosechas de hortalizas, frutas y flores,

tanto para el mercado nacional como para la exportación; así como para la producción en gran escala de plántulas para trasplantes, principalmente de hortalizas (Castaños, 1993). En especies como tomate, el cultivo ha tenido gran evolución desde que se inició en los años 60's con el uso de los trasplantes y con almácigos al aire libre; luego de mejoras en las técnicas de producción, le siguieron mejoras en los sustratos y desarrollo de híbridos. Actualmente la forma más efectiva de producir plántulas es en invernadero (Alisedo, 1999).

El concepto de agricultura ha sido tradicionalmente entendido como propio de actividades muy dependientes de las condiciones naturales de determinada región, como clima, calidad de agua y suelo, etc. No debe pues extrañar que la prosperidad agrícola de una zona se deba a circunstancias favorables de estos factores. La condición desfavorable de alguno de estos factores limita el potencial de diversas prácticas agrícolas, hasta el punto de que éstas lleguen a perder su interés económico (Gálvez, 1999).

La técnica de protección de cultivos bajo invernaderos modifica, total o parcialmente, las variables ambientales haciendo que los cultivos se desarrollen con cierta independencia de los factores climáticos. Con la introducción de los materiales plásticos flexibles, a principios de los años 70, surge la rápida expansión de los invernaderos. Esta

fue facilitada por el abaratamiento de los costos tanto de estructuras como de materiales (Gálvez, 1999).

A la par que en los distintos países del mundo se desarrollaban las industrias del plástico, la evolución de la superficie cultivada bajo película de dicho material aumentó considerablemente. La evolución que supone el desarrollo de materiales plásticos y su aplicación en el mundo de la agricultura está propiciando un profundo cambio en la concepción de las prácticas agrícolas. Así estos materiales no sólo intervienen en la mejora y manejo del agua (redes de distribución, depósitos, reguladores de flujo y sistemas de riego), sino que también permiten alterar las condiciones ambientales, por medio de acolchados, pequeños túneles, mallas de protección e, incluso, con la propia cubierta de invernaderos (Gálvez, 1999).

En la actualidad se desarrollan a escala mundial un total de 330,000 hectáreas bajo condiciones de invernadero para la producción de diversas especies hortícolas. Los cultivos más comúnmente desarrollados bajo invernaderos son tomates, pepinos, chiles, melones, lechuga, espinaca y calabacita (Gálvez, 1999; Agroguías, 1999c). En México, Bringas (1998) reporta 250 ha, distribuidas principalmente en 11 empresas y en los estados de Sinaloa, B.C.Sur, B.C. Norte, Jalisco, Sonora, Durango, Querétaro y Nuevo León. El cultivo de tomate y pimientos ocupan un 80% y un 20 % con pepino, berenjenas y melones. En ese sentido, la tecnología de los plásticos agrícolas ha evolucionado considerablemente en los últimos diez años, la producción hortícola bajo plástico están alcanzando ya cierta importancia y dicho sistema de cultivo se ha extendido; ocasionando que la industria haya

creado un nuevo sistema de explotación que abre un panorama económico pleno de posibilidades para la horticultura ( Gálvez, 1999).

En los invernaderos se cultiva todo el año de manera que representan una solución para aquellos agricultores que siembran sólo cultivos de temporada y no tienen ocupación cuando no están cultivando. Una hectárea de invernadero puede dar empleo hasta a 15 jornaleros si en las labores se incluye el empaque y contando con un sistema técnicamente eficiente, como lo es el riego por goteo. Así se obtendrán mayores rendimientos y mejor calidad en las cosechas ( Barr, 1998).

En general, los invernaderos protegen a las plantas de condiciones meteorológicas adversas, como granizo, lluvia, viento, heladas y permiten a los agricultores obtener más y mejores cosechas y lo que es muy importante cultivar, cultivar en épocas y zonas que hace años parecía imposible (Alpi y Tognoni, 1991; Guzmán , 2000). Las ventajas del empleo de los invernaderos son: posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año, precocidad en los frutos, producción fuera de época, aumento en la calidad y rendimiento , ahorro de agua y de fertilizantes, mejora en el control de insectos y enfermedades (Guzmán y Sánchez, 2000).

### **Características de los Plásticos Flexibles Utilizados en la Cobertura de invernaderos**

#### **Plásticos Flexibles**

Son materiales sintéticos, compuestos generalmente por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular. Son termoplásticos, es decir, permiten ser sometidos a diferentes ciclos térmicos pudiendo ser fundidos y solidificados tantas veces como sea necesario. Son materiales ligeros, de fácil transporte y manipulación (Splittstoesser y Brown, 1991; Alpi y Tognoni, 1991; Infoagro, 2000).

#### Cloruro de Polivinilo (PVC)

Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las láminas se fabrican por calandrado lo que limita el ancho de la lámina a 2 m, llegando hasta 8 m mediante sucesivas soldaduras. Su densidad es de 1250 a 1500 kg/m<sup>3</sup>, siendo más pesado que el polietileno (PE). Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV. Transmite la luz visible en porcentajes elevados, pero con baja dispersión. Su elevada electricidad estática hace que el polvo se adhiera fácilmente, restándole transmisividad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto barrera al infrarrojo. Se estima su duración entre 2 ó 3 años para láminas flexibles (Splittstoesser y Brown, 1991; Alpi y Tognoni, 1991; Infoagro, 2000).

#### Polietileno (PE)

Es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchado. Esto se debe principalmente a su bajo precio, a sus buenas propiedades mecánicas, y a la facilidad para incorporarle aditivos que mejoran sus presentaciones. El PE junto al polipropileno (PP) y al PVC, son los termoplásticos de más consumo. Atendiendo a su densidad los PE se clasifican en: densidad baja:  $< 930 \text{ kg/m}^3$ ; densidad media:  $930 - 940 \text{ kg/m}^3$ ; densidad alta:  $> 940 \text{ kg/m}^3$  (Splittstoesser y Brown, 1991; Alpi y Tognoni, 1991; Infoagro, 2000).

El PE se degrada por la radiación UV y el oxígeno, por lo que la exposición permanente a la intemperie provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas. Para evitar esto es común añadir en el proceso de fabricación del PE diversas sustancias: Absorbentes de radiación UV (derivados de benzotriazoles y benzofenona), secuestradores de radicales libres, desactivadores (sales orgánicas de níquel), estabilizantes (Hindered Amines Light Stabilizers). Así existen dos grandes grupos de aditivos: aditivos de proceso destinados a evitar la degradación térmica durante la extrusión (antioxidantes) o para mejorar el procesamiento del polímero; aditivos de aplicación, se añaden al polímero con el fin de obtener las cualidades deseadas: deslizantes, antibloqueo, estabilizantes frente a UV, aditivos térmicos o pigmentos (Splittstoesser y Brown, 1991).

El PE transparente tiene un poder absorbente de 5 al 30% en los espesores utilizados en agricultura, el poder de reflexión es de 10 al 14% y el poder de difusión es bajo. Según esto, la transparencia del PE está comprendida entre el



70-85%; es decir, dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe de un 15-30% menos de luz aproximadamente que en el exterior. El PE de baja densidad es el material plástico que menos resistencia tiene a la rotura. El de alta densidad tiene más resistencia que el PVC flexible pero menos que el resto de los demás plásticos. Se desgarran con facilidad (Alpi y Tognoni, 1991).

Los primeros plásticos empleados en las cubiertas para invernaderos fueron las láminas de polietileno normal, cuya única función era la de proteger a los cultivos de las inclemencias del tiempo. Este tipo de películas, no sometidas a tratamiento alguno presentaba una resistencia y una duración muy limitada. A medida que las estructuras de los invernaderos, se fueron haciendo más estables surgió la necesidad de obtener mejores cubiertas y se inició la investigación buscando algunos aditivos para estabilizar los plásticos y darles otras propiedades. Así surgieron los materiales de larga duración, que no son más que el polietileno normal tratado con inhibidores de los rayos ultravioleta, los cuales evitan su degradación al menos durante un período determinado. Estos plásticos aparecen en general coloreados de amarillo, pues suelen estabilizarse con sales de níquel. Sin embargo, las películas de larga duración utilizadas en zonas geográficas de luminosidad limitada y cambios bruscos de temperatura no han sido suficientes para mejorar la productividad. Para cubrir esta deficiencia, el siguiente paso en la evolución de los materiales de cubierta, se produjo con la aparición de las películas térmicas de larga duración, éstas además de la protección contra los rayos UV, son sometidas a un tratamiento térmico que

impide que el calor se escape a través de las mismas (Decoteau y Friend, 1991c; Alpi y Tognoni, 1991).

#### Copolímero Etil-Acetato de Vinilo (EVA)

Su transparencia a la luz visible cuando el material es nuevo es más alta que la del polietileno térmico, la opacidad a las radiaciones térmicas depende del contenido de acetato de vinilo (AV), siendo necesario del 15 al 18% de AV para conseguir un buen nivel térmico. De entre los filmes plásticos es el que presenta más resistencia a los UV. Muestran excesiva plasticidad, gran adherencia al polvo, difíciles de lavar debido a su alta carga electrostática. La duración es de 2 años para grosores de 800 galgas y de 1 año para los de 400 galgas. Las láminas de alto contenido AV, son los recomendables para cubierta de invernadero en lugares geográficos con excesiva luminosidad y temperaturas elevadas, por las grandes dilataciones que sufre este material, pero luego da lugar a bolsas de agua de lluvia y la rotura por el viento (Alpi y Tognoni, 1991; Infoagro, 2000). El problema de la flacidez, causada por las altas temperatura ha sido solucionado con el uso de láminas coextrusionadas (Guzmán, 2000).

**A partir de aquí, lo que ha revolucionado el mercado de las cubiertas de invernadero no han sido los materiales en sí, sino la tecnología misma. La técnica de coextrusión ha permitido combinar diferentes materiales aprovechando sus ventajas mediante la colocación de capas sucesivas, tratadas en forma independiente; por ejemplo, un material tricapa, en donde una capa está sometida a un tratamiento antigoteo, con una capa que es transparente y térmica y una capa exterior con alta**

**resistencia a los rayos UV y propiedades antipolvo ( Bruggink y Heuvelink, 1987; Nederhoff, 1994).**

### Plásticos fotoselectivos

Los plásticos fotoselectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. En la zona del infrarrojo cercano (700 –1000 nm) se induce un alargamiento en la planta; mientras que en el rojo / rojo lejano (610–700 / 700–800 nm) actúa sobre un alargamiento de los tallos. En el rojo (610–700 nm) y azul (410–510 nm) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación fotosintéticamente activa (Infoagro, 2000). Así una cubierta de color rojo y azul debe aumentar el rendimiento de la plantación, en cambio una cubierta de color verde, al estar situado en una franja del visible que no es absorbida por los pigmentos fotosintéticos disminuye la productividad. Con este tipo de láminas selectivas se han conseguido mejoras de rendimiento y de precocidad en tomate, melón, rosas y otros cultivos hortícolas (Guzmán, 2000).

Las cubiertas de plástico que reducen o aumentan una parte específica del espectro pueden dividirse en varios grupos: cubiertas que bloquean la radiación UV (280-400 nm), que absorben o reflejan parte de la radiación visible, filmes coloreados (400-700 nm), bloquean el rojo lejano (700-800) y la radiación infrarroja corta (800-2500 nm) y cubiertas fluorescentes con tintes o pigmentos que absorben luz en una longitud de onda y la emiten en otra mayor (Espí *et al.*, 1997).

Tseklev y Stoilov (1990) reportan que plántulas de tomate, bajo película de polietileno fluorescente (“Polysvetan”) presentaron un crecimiento más vigoroso en una fase inicial, con un mejor sistema radical, tallos más delgados, más hojas y una mayor área foliar. Se encontró que la película convierte una proporción de la radiación UV a rayos rojo/naranja, resultando en mejoras de las condiciones térmicas y lumínicas en el invernadero e incrementando la producción total del cultivo en un 23.4 % más que el PE de baja densidad o testigo.

En plántulas de chile rojo, la altura, número de hojas, área foliar, peso seco de la hoja, peso seco del tallo y peso seco de la raíz; todos fueron más altos en películas que se les removió el color azul que con la de polietileno. Lo mismo ocurrió con el peso fresco de la hoja, volumen foliar y porcentaje foliar ocupado por los espacios aéreos y el volumen interno de los mismos (Chung *et al.*, 1991).

### Plásticos Multicapa

La coextrusión de varias películas pretende combinar distintas propiedades para mejorar las presentaciones del material plástico. En el mercado destacan los plásticos bicapa y tricapa. Los plásticos tricapa están formados por tres láminas, donde cada una de ellas otorga una característica determinada; la capa externa; resistencia a la degradación por UV y al rasgado, rigidez, transparencia y evitar la fijación de polvo; la capa intermedia; efecto termoaislante, elasticidad y difusión de la luz; la capa interna; efecto termoaislante y antigoteo (Infoagro, 2000;

Guzmán, 2000). La coextrusión de EVA entre dos capas de PE (hasta un 28 % de AV) limita la transmisividad al infrarrojo a valores inferiores al 10%, mejorando la transparencia a la transmisión solar y dando mayor resistencia al material resultante.

El empleo de cubiertas dobles puede disminuir la luz transmitida hasta dejarla en un 60 a 65%. Esta reducción de la luz puede llegar a anular las ventajas del incremento de temperatura obteniendo con la cubierta doble, en especial cuando se produce en momentos de baja luminosidad en invierno, en los que ya las condiciones exteriores están cercanas al nivel de saturación luminosa de la planta que se cultiva. (Guzmán, 2000). Al respecto, Abak *et al.* (1994), estudiaron la influencia sobre la temperatura interna del invernadero de una película doble delgada (1); la misma pero con una pantalla de poliéster aluminizado (LS-17) (2); una película delgada simple con pantalla de polietileno (3); y como testigo película simple delgada y sin pantalla (4). Las temperaturas registradas fueron 2.5, 3.4 y 3.4°C más altas, respectivamente que el testigo. El rendimiento total de tomate también se incrementó en todos los tratamientos, siendo mayor en el tratamiento 3 con 10.33 kg/m<sup>2</sup> y de 8.66 kg/m<sup>2</sup> en el tratamiento 4. En coles y papas, películas de polietileno no perforado (NP), polietileno 500, polipropileno (Agril 17) y PP-PA (Agronet 15) fueron evaluadas solos y en capas dobles como cubiertas plásticas flotantes. Se encontró que las cubiertas en doble capa redujeron la transmisión de la luz entre 34-48% y las simples entre 15-34% (Guttormsen, 1990).

Wu y Wu (1992) estudiaron el comportamiento de tomate en dos invernaderos cubiertos con una capa doble de plástico (polietileno) y al exterior en

el campo. Un invernadero no tuvo control de humedad relativa (A); en el otro, la HR fue mantenida en más del 80% por un humidificador (B). Las temperaturas en ambos casos fueron más altas en invierno y primavera y más bajas en verano que aquellas en el campo. En un segundo año de prueba, el invernadero B fue cubierto con un material negro como pantalla al sol, reduciendo en 50 % la transmisión de luz. Esto resultó en una reducción de temperatura en verano a 26.1°C, comparado con 32.2°C en el campo.

## **Factores Ambientales en el Invernadero**

### **Luz**

#### **Características e Importancia**

Se ha dicho que después del agua, la luz es el principal factor que regula la vida de las plantas. A pesar de que es difícil afirmar que un factor sea más importante que otro, lo esencial es que en múltiples formas, la energía radiante es la clave en la historia vital de las plantas (Benavides *et al.*, 1993). La luz es una porción del espectro electromagnético, el cual ha sido dividido en unidades de longitud de onda y frecuencia. En fotobiología de plantas, la luz se clasifica en longitudes de onda (nm) y energía (fotones o quantum) (Decoteau y Friend, 1991a). La luz es esencial para el crecimiento normal de la planta, porque esta

proporciona energía para fotosíntesis y muchas de las señales ambientales que regulan el desarrollo de las plantas (Weiss, 1995).

Al evaluar y modificar la cantidad, calidad, dirección y duración de la luz se pueden optimizar y controlar los complejos procesos de desarrollo para incrementar el rendimiento y calidad de la producción agrícola (Espí *et al.*, 1997). Bajo condiciones de invernadero es mejor maximizar la iluminación natural con atención cuidadosa a la cubierta, al diseño y orientación óptima y a los cultivos dentro del mismo, ya que la productividad está fuertemente influenciada por la cantidad de luz que se recibe o se transmite (Moens, 1991; Cockshull *et al.*, 1992; Kinet y Peet, 1997). Por cada 1% de pérdida de luz en el rango radiación fotosintéticamente activa, hay 0.5-3.1% de pérdida en rendimiento (Benoit y Ceustermans, 1992; Verhaegh, 1981; Pilati y Favaro, 1999). El rendimiento fotosintético es directamente dependiente del nivel de fotosíntesis, e incrementa con la intensidad radiación fotosintéticamente activa hasta cierto nivel (saturación), lo cual varía de un cultivo a otro y dentro de épocas de producción (Moens, 1991).

La partición de carbono y translocación de fotosintatos en las hojas fuente se afecta directamente por la duración de luz o indirectamente por su efecto sobre la actividad de demanda (Sitheswary y Janes, 1992); aunque la tasa de asimilación instantánea de la unidad de área foliar está en función de la luz absorbida y la eficiencia de la planta al uso de la luz depende de la vía fotosintética ( $C_3$  y  $C_4$ ), el potencial hídrico y los niveles de otros factores de crecimiento como la temperatura y la concentración de  $CO_2$  (Krug, 1997).

Alta disponibilidad de fotosintatos bajo altas condiciones de luz estimula la actividad del meristemo y el crecimiento foliar. La velocidad de producción de hojas se incrementa conforme aumenta la intensidad luminosa (Dieleman y Heuvelink, 1992). Plántulas de *Hopea helferi* y *H. odorata* desarrollaron diferencias en la anatomía y fisiología, propiedades ópticas en condiciones de sombra. La densidad de flujo fotónico influye en las características de la hoja; aunque la calidad espectral afectó profundamente las células de empalizada en ambas especies; la alta exposición a la luz incrementó el espesor de la hoja e influyó en la arquitectura interna del mesófilo (Lee *et al.*, 2000). La anatomía foliar afecta la eficiencia de la absorción de luz al modificarse los pigmentos, principalmente la clorofila a y b, en los cloroplastos. Otros pigmentos, incluyendo los carotenoides y flavonoides (antocianinas), también modifican la absorción. La anatomía foliar es importante en la manera que ésta influencia la distribución de los cloroplastos en las hojas (Lee *et al.*, 1990).

El crecimiento vegetativo en tomate requiere fluctuaciones ambientales y resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad; de lo contrario ocurren ciertos efectos dañinos, induciéndose clorosis foliar, hipertrofia de las células de empalizada, alteración de la estructura de plastidios y desaparición de los gránulos de almidón. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta (Kinet y Peet, 1997; Guzmán y Sánchez, 2000).



**Un análisis comparativo del crecimiento entre tomate y chile indican que éste tiene un 25 % menos que el tomate. La más baja velocidad de crecimiento de chile, no es debida a la poca productividad por unidad de área foliar (tasa de asimilación neta), sino a una reducida producción de área foliar. Las plantas de chile tienen hojas significativamente más delgadas (más alto peso específico foliar) que el tomate (Wien, 1997a). El pimiento es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración. La capacidad fotosintética de la planta de pimiento es menor que la del tomate, por lo que alcanzar un equilibrio adecuado entre parte aérea y radical y conseguir el mayor índice de área foliar específica antes de que se inicien los procesos de diferenciación floral puede ser un factor determinante sobre la calidad de la producción (Guzmán y Sánchez, 2000).**

También la luz influencia la iniciación floral durante el desarrollo inicial de plántulas (crecimiento vegetativo) y el desarrollo floral y expresión en las fases tardías del desarrollo de las mismas (Kinet, 1977). Altas condiciones lumínicas ( $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) en plántulas de tomate incrementaron significativamente el peso seco total, peso seco por unidad de área foliar y adelantaron la floración entre 1-2 días, en comparación a  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (McAvoy y Janes, 1990). Similarmente, con  $28 \text{ MJ m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ , el rendimiento total de chile se redujo en un 19 %, comparado contra plantas ligeramente sombreadas desde el transplante; además, la producción comercial disminuyó en un 50 % (Wien, 1997b).

## **Temperatura**

## Importancia de la Temperatura

La temperatura no es factor que suministre directamente energía ni constituyentes para el crecimiento, pero controla en primer lugar la velocidad de las reacciones químicas ( $Q_{10}$ ). Controla el desarrollo de las plantas, incluyendo los procesos morfogénicos de diferenciación. Estos aspectos, convierten a la temperatura en el factor más importante en el control del crecimiento, la distribución de las plantas, control de zonas climáticas, ciclos de cultivos, velocidades de crecimiento y como consecuencia de esto, la distribución cuantitativa, cualitativa y temporal de la cosecha (Guzmán, 2000).

El crecimiento vegetal es extremadamente sensible a la temperatura. A menudo un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Cada especie o variedad posee, en cualquier estado determinado de su ciclo de vida y en cualquier conjunto determinado de condiciones de estudio, una temperatura mínima debajo de la cual no crece, un rango de temperatura óptima en la que crece con la mayor tasa de crecimiento y una temperatura máximas por encima de la cual no crecerá y con la que incluso puede morir (Salisbury y Ross, 1994). La temperatura óptima varía con la radiación solar; mientras mayor es la energía radiante, mayores son las exigencias térmicas. Los valores elevados de la temperatura diurna o nocturna en el caso de baja disponibilidad luminosa ( $<2-3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), pueden inhibir la floración más que nada en condiciones de día corto (Tognoni, 2000a).

Durante el verano, o desde fines de primavera hasta principios de otoño, se presenta el problema de reducir la energía radiante que penetra en el interior del invernadero, para evitar ya sea que se eleve excesivamente la temperatura interna o reducir los daños causados a las hojas o las flores, más que nada en el caso de las plantas sciáfilas y en muchas especies ornamentales (Hochmuth y Hochmuth, 1991; Antonio *et al.*, 1994; Tognoni, 2000c). Durante la mayor parte del ciclo productivo, la temperatura excesiva del invernadero provoca daños a la planta; por ejemplo, puede haber necrosis de las hojas, se eleva la transpiración, finalmente se afecta el buen rendimiento del cultivo. (Alpi y Tognoni, 1991; Matallana y Montero, 1995; Pilati y Favaro, 1999).

### **Efectos de la Temperatura en Tomate**

Las altas temperaturas limitan o evitan la producción de tomate en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo. Se afectan adversamente los procesos de crecimiento vegetativo y reproductivo y finalmente el rendimiento y calidad del fruto (Abdul-Baki, 1991). Bar-Tsur (1977), citado por Charles y Harris (1972) señala el efecto de altas temperaturas sobre la eficiencia fisiológica en el cv. "Saladette", el cual fructificó mejor que "Roma" a esas temperaturas. La tasa fotosintética de Saladette presentó una adaptación al estrés por calor, pero "Roma" no presentó tal adaptación. Después de 24 hr de pretratamiento a 40/18°C, la tasa fotosintética de "Saladette" fue mayor en 24 y 35°C que en la variedad "Roma".

Vallejos y Pearcy (1987) estudiaron el efecto de la temperatura sobre la respuesta fotosintética y crecimiento, se estimaron en *Lycopersicon esculentum*, *L. hirsutum* y sus híbridos. A 25/18°C todos mostraron similar respuesta en fotosíntesis; pero a 12/5°C sólo *L. hirsutum* y los híbridos mostraron habilidad para aclimatarse a bajas temperaturas por incremento de sus tasas fotosintéticas. *L. esculentum* a 5°C tuvo 4  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; a 15°C 12  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; a 25°C 24  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . La conductancia de la hoja tuvo cambios ligeros en los dos genotipos y en la F1 a bajas temperaturas, con una mayor conductancia en *L. hirsutum* a 10°C de 4.35  $\text{mm s}^{-1}$  y *L. esculentum* 2.03; mientras que a 25°C *L. esculentum* registró 10.03  $\text{mm s}^{-1}$ ; *L. hirsutum* 8.63 y el híbrido 11.86  $\text{mm s}^{-1}$ .

Las altas temperaturas que se presentan durante el día (primavera y verano) ocasionan a las plantas disturbios fisiológicos que causan una disminución en la cantidad y calidad del producto cosechado. Si bien las altas temperaturas adelantan el período de producción, lo que pudiera tomarse como ventaja, ésta queda prácticamente oculta, pues el daño es mayor (Quiroga, 1992).

Temperaturas superiores a 11°C durante el desarrollo de la planta de tomate en almácigo tienen influencia en la inducción floral y cuajado de los primeros frutos y por lo tanto precocidad en la cosecha (Bretones, 1995). En genotipos de tomate tanto de hábito determinado como indeterminado, el rendimiento es influenciado por caída de flor debido a la temperatura (Santiago *et al.*, 1998).

Por otro lado, el crecimiento de plántulas podría ser manipulado al controlar la temperatura y el fotoperíodo (Morone *et al.*, 1995). Noto y Lamalfa (1986) expusieron durante dos semanas plántulas de tomate de los cultivares Precodor, Vemone and Marmande Raf a temperaturas de 7, 14 y 21°C entre 8 y 16 h y a 21°C el tiempo restante. El enfriamiento redujo el número de hojas y longitud del tallo, se acortó el ciclo de siembra a floración en las plantas tratadas con las temperaturas más bajas y expuestas por mayor tiempo. En tomate cv. Sun Cherry cultivado bajo condiciones normales en 1992 y en 1993 en baja temperatura y baja irradiación, el número de frutos cosechados disminuyó y por ende el rendimiento. El porcentaje de fruto rajado se incrementó y la firmeza de la pulpa disminuyó. Sin embargo, el peso del fruto, color y el contenido de sólidos solubles totales y dureza de la piel no fueron afectados (Ohta *et al.*, 1994).

Li *et al.* (1997) trabajaron con bajas temperaturas en la noche (6-12°C) durante el desarrollo de plántulas. Se incrementó la severidad y tipos de malformación en el fruto. El período más susceptible empezó cuando las plántulas tuvieron entre 2-4 hojas verdaderas. Rozek *et al.* (1991) colocaron plántulas de tomate cultivar Celena F1 en una solución nutritiva cuando tuvieron de 3-4, 5-6 y 7-8 hojas desarrolladas; además a una temperatura de 11 y 17°C. Los resultados obtenidos indican que las plantas crecidas a temperaturas nocturnas más altas tuvieron las más grandes láminas foliares, ya que estas afectan el contenido de pigmentos fotosintéticos.

### **Requerimientos Climáticos del Cultivo del Tomate**

El tomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas. El rango de temperatura del suelo debe ser de 12 °C a 16 °C (mínima 10 °C y máxima de 30 °C) y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21 °C a 24 °C, siendo la óptima de 22 °C. La temperatura óptima para la maduración del fruto es de 18 °C a 24 °C (Valadez 1998).

Edmond *et al.* (1984) han demostrado que las variedades actuales de tomate producen los más altos rendimientos en regiones que se caracterizan por tener una temperatura media en el verano de 22.8 °C.

Vargas (1974) indica que el tomate es considerado como una planta de clima cálido, que tiene una gran sensibilidad a las heladas y a las temperaturas altas principalmente nocturnas, por lo que se ha recomendado para el establecimiento de este cultivo clima templado con noches frescas y humedad relativa alta. También se menciona que la temperatura afecta notablemente los procesos fisiológicos para el desarrollo favorable de las plantas, y las temperaturas que más determinan el desarrollo del cultivo del tomate son las nocturnas ya que casi todos los procesos del desarrollo ocurren por la noche.

### **Requerimientos de Suelo y fertilización**

El tomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, con valores de pH 6.8 – 5.0. En lo referente a la salinidad, se clasifica como medianamente tolerante, teniendo valores máximos de 6400 ppm (Valadez,1998).

Con respecto a la textura del suelo, el tomate se desarrolla en suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo los mejores los arenosos y limo – arenosos con buen drenaje (Valadez, 1998).

En cuanto a fertilización se puede decir que cada región tiene sus dosis óptimas definidas; por ejemplo, en Sinaloa se recomienda la fórmula de 400-350-200, en el Bajío 140-80-00, en Morelos 150-90-00, y Veracruz 100-80-00; el fertilizante puede aplicarse manualmente o con maquinaria poniéndole al momento del trasplante todo el P y K y 1/3 de N, el otro 1/3 de N a la mitad de la floración y el último 1/3 de N más o menos al 15º corte (Valadez, 1998).

## **Producción de Plántulas**

### **Almácigo**

Dentro de las especies hortícolas existen algunas que forzosamente se deben sembrar de manera definitiva en el terreno donde crecerán hasta producir rendimientos. Por otro lado, hay algunas que son capaces de tolerar el transplante, se siembran en un

terreno denominado almácigo o plantero. Las plántulas permanecen ahí de 1 a 3 meses según la especie, y una vez que ha llegado al tamaño deseado, son sacadas y llevadas al terreno definitivo donde terminarán su crecimiento hasta la cosecha (Loustalot, 1998).

Así pues, un almácigo es un pequeño pedazo de terreno, que se selecciona por sus buenas características para producir allí, planta para varias hectáreas. Al ser una superficie muy reducida, permite al agricultor esmerar sus cuidados, además de ahorrar agua, semilla, agroquímicos, mano de obra, terreno y tiempo (Loustalot, 1998).

En Hortalizas, flores y frutos (1997) citado por Hernández (1998), se menciona que el éxito en la producción de plántulas en invernadero demanda una estricta disciplina para cumplir con todas las normas en el proceso de producción. Algunas empresas han adoptado esta técnica que ha probado su eficiencia al disminuir costos de producción e incrementar los rendimientos de las cosechas.



Se citan tres principales razones:

- 1- El alto costo de las variedades de semillas híbridas para hortalizas
- 2- Mejor control contra enfermedades y malezas
- 3- Mejores rendimientos
- 4- Ahorro de tiempo a la cosecha

La producción de plántulas en invernadero para trasplante crece y se populariza rápidamente. La tradicional siembra directa está siendo sustituida por el trasplante de plántulas de invernadero, que ha probado su eficiencia al disminuir los costos de producción e incrementar los rendimientos de las cosechas (Gómez, 1998).

La inversión que se requiere para producir plántulas para trasplante en invernadero ha sido la razón principal por la que esta técnica no se ha desarrollado como debería. Pero los ahorros y oportunidades que pueden presentar en costos de producción y

tiempo, hacen necesaria su adopción ya sea comprándolas o produciéndolas (Gómez, 1998).

Los ahorros en costos comienzan por la semilla y la mano de obra. Una de las principales ventajas que ofrecen las plántulas es el ahorro de semilla al eliminar el desperdicio que lleva consigo la siembra directa (Gómez, 1998).

### **Calidad de Plántulas**

El éxito en la producción de plántulas de calidad, radica en la utilización de insumos de calidad (sustrato, fertilizantes, semillas, plaguicidas) y en su manejo. El empleo de semilla certificada (híbridos), de sustratos a base de Peat Moss, adecuado manejo integrado de plagas; control ambiental de ventilación, iluminación y sistemas de riego y fertirrigación permiten al final del ciclo obtener plántula de la más alta calidad (Gómez, 1998; Minero, 1998), con altura uniforme y tallo completamente fuerte que resista el transporte y el estrés al momento del transplante (Leskovar y Stoffella, 1995).

Dentro de los criterios para evaluar el vigor de plántulas de tomate, Navarrete *et al.* (1997) muestran variables agronómicas tales como el área foliar, peso seco

de la planta, diámetro del tallo, salud radical y color del follaje. Morone *et al.* (1995) indican que el número de hojas y área foliar son los parámetros de calidad más apropiados en melón y apio y materia seca de brotes en apio. En tomate, Dumas (1990) encontró fuerte correlación entre peso seco de brotes y área foliar. La partición de materia seca entre brotes y raíces puede indicar la capacidad competitiva de regiones de demanda y el estado fisiológico de la planta (Leskovar *et al.*, 1990).

### **Sistemas de Producción Trasplante**

Los sistemas de flotación son una alternativa viable para mejorar la uniformidad y calidad de trasplantes de chile, comparado con los sistemas de trasplante estándar usando riego superficial (Leskovar y Cantliffe, 1993).

Los sistemas de producción de trasplante influyen en la condición del trasplante en la plantación, afectando subsecuentemente el crecimiento y desarrollo en campo. En la ontogenia inicial, las raíces basales son más prominentes para trasplante en el sistema convencional y las raíces laterales para trasplante en sistema de flotación. Los trasplantes tienen un rendimiento más temprano y más alto que plantas de siembra directa tanto en otoño como en invierno. El uso del sistema de flotación se sugiere si las plantas están sujetas a mínimo endurecimiento antes del trasplante (Leskovar y Cantliffe, 1993).

Los sistemas de producción de trasplante, incluyendo riego por flotación y el superficial, también influyen en la raíz y las características de crecimiento de

brotos en plántulas de chile y tomate en el invernadero (Leskovar y Cantliffe, 1993; Leskovar *et al.*, 1994). En chile jalapeño, el riego superficial aumentó la elongación de la raíz basal y el peso de la raíz comparado con plántulas crecidas con riego por flotación; sin embargo, el sistema de riego por flotación mejoró la eficiencia del uso de agua, redujo la relación brote - raíz y promovió la dureza de plántulas (Leskovar y Heneiman, 1994). Al proporcionar niveles de humedad uniformes alrededor del hipocotilo durante las 2 últimas semanas antes del establecimiento en campo, éste también aumentó el desarrollo de primordios de raíces basales en los trasplantes en chile (Leskovar y Cantliffe, 1993).

Trasplantes de tomate crecidos con flotación, tuvieron excesivo crecimiento radical fuera de la base del recipiente y consecuentemente las raíces nuevas severamente podadas en el invernadero por facilidad en la manipulación del trasplante en campos de producción; sin embargo, esto restringe el restablecimiento del trasplante (Leskovar *et al.*, 1994).

Los sistemas de riego por flotación mejoran la uniformidad y calidad de chile bell, jalapeño y tomate, si crecen con mínimo estrés de nutrientes y sequía (Leskovar y Stofella, 1995).

### **Sustratos**

Se le llama sustrato al material del cual van llenas las cavidades de las charolas. Los sustratos deben tener las siguientes características: estar libres de patógenos, tener bajo contenido de sales, pH homogéneo y ajustado, buen drenaje, buena retención de humedad y nutrientes, tamaño fino y baja densidad. Los sustratos de mejor calidad son las mezclas hechas a base de peat moss, vermiculita y/o perlita de grado muy fino. Un grave inconveniente de estas mezclas es que el peat moss es de origen canadiense o estadounidense lo cual eleva mucho su costo. Esa razón a orillado a algunos productores a probar otros materiales tales como fibra de coco, compostas, fibra de caña de azúcar, cascarilla de arroz, etc. Las mezclas hechas a base de peat moss son las más seguras y homogéneas. Además de los sustratos de base se utilizan otros para tapar la semilla. El más comúnmente utilizado es la vermiculita, aunque se han generado mezclas para tapar que funcionan bastante bien (Loustalot, 1998).

Petrevska *et al.*, (1997) evaluaron la influencia del tipo de sustrato sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate, después de 7 días de la siembra hubo 100% de plántulas en Agrofoam; mientras que en musgo se mostró menos desarrollo y el 27% no emergió. Las longitudes promedio para musgo, agrofoam y musgo luego agrofoam después de la emergencia fueron de 11.65, 29.0 y 26.78 cm, respectivamente; y en el mismo orden los valores promedio para número de hojas por planta fueron 6.29, 9.33 y 8.22.

Los mejores resultados con respecto al rendimiento del cultivo de tomate, altura de la planta y tamaño del fruto, fueron obtenidos con plántulas producidas

en un sustrato de musgo de Grahovo y enriquecido con Zeolita (2:1) (Marcovic *et al.*, 1997).

Wu y Wu (1992) muestran una germinación y crecimiento de plántulas muy rápido en una composta como sustrato en proporción 1:1:1 de musgo, vermiculita y estiércol de cerdo compostado.

### **Nutrición en Plántulas**

En este aspecto existen en el mercado fertilizantes especiales para el uso en invernadero. Sin embargo, los de uso agrícola también dan muy buenos resultados. Utilizando uno y otros es importante que se prueben bien la dosis y el modo de aplicación, ya que pueden existir daños por quemaduras si no se tiene el debido cuidado. Altas cantidades de nitrógeno promueven el crecimiento de las plantas hasta hacerlas desuniformes (Loustalot, 1998).

Plántulas de tomate c.v. Alistar fueron tratados con fertilizantes  $\text{NH}_3\text{NO}_3$  a 0, 15, 30, 45, 60, 75 mg/L. Todas las características de crecimiento evaluadas (longitud de tallo, área foliar, peso seco de brotes y raíz) fueron incrementadas linealmente conforme se incrementó el nivel de N. Se concluye que hay respuestas diferenciales entre épocas de producción y que el crecimiento del trasplante podría ser dirigido por modificaciones en aplicaciones de N entre primavera y otoño (Vavrina *et al.*, 1998).

Por otro lado, se evaluaron tres niveles de N (100, 200, 400 mg/L) y tres de P (15, 30, 60 mg/L). 400 mg/L de N y 30 mg/L de P produjeron las plántulas más grandes a las 5 semanas después de sembradas. 100 de N produjeron la mayor relación raíz: brote, pero el P no tuvo efecto. Las plantas fertilizadas con niveles moderados y altos de N en el invernadero, y más tarde trasplantados, produjeron gran rendimiento temprano en el campo, pero dentro del invernadero los niveles de N y P no tuvieron efecto sobre el rendimiento total. Plántulas trasplantadas con edad de 4 ó 5 semanas produjeron rendimientos totales mayores que los de 3 ó 6 semanas de edad de plántulas (Weston y Zandstra, 1989).

Plantas que crecen bajo alta intensidad lumínica, con relativamente bajos niveles de nitrógeno disponible, producen una densa mata de raíces adventicias en comparación con plantas en bajo estatus de carbohidratos (Wien, 1997b).

Nicola *et al.* (1994) en su estudio con diferentes niveles de N y relación N: P: K mostraron que el crecimiento de las plántulas es afectado al incrementar el porcentaje de N. El peso fresco de tallo y total de las plántulas fue más bajo en la relación de N P K (1.0: 0.8: 2.4), sin diferencias significativas en otras relaciones (1.0: 0.4: 1.2; 1.0:1.2: 3.6 y 1.0: 1.6: 4.8). La altura de la planta, área foliar, peso fresco de hojas y pesos secos de hoja, tallo y total de las plántulas se incrementó con el aumento en las proporciones de P y K hasta la relación 1.0:1.2: 3.6. La interacción entre porcentaje de N y relación N P K fue significativa en peso fresco de raíz y peso seco, tasa relativa de crecimiento y tasa de asimilación neta.

Nicola *et al.* (1994) evaluaron N, P y K en plántulas de *Capsicum annuum* L. cv. Sonar. El crecimiento de las plántulas fue significativamente afectado por el porcentaje de N usado. La altura de la planta, número de hojas, peso seco de hojas, tallo y brotes, se incrementó a más de 60 mmol/L. El número de frutos inicial, tamaño y rendimiento se incrementó con la concentración de N superior a 60 mmol/L. El rendimiento total óptimo fue a 15 mmol/L.

Liptay *et al.* (1992) alimentaron plántulas de tomate con solución nutritiva y niveles incrementales de N (50 – 350 mg/L). El crecimiento radical y de brotes en el campo se incrementaron conforme aumentaron los niveles de N en el invernadero. La sobrevivencia en campo fue altamente correlacionada con la firmeza estructural de los tallos de las plántulas. Los rendimientos iniciales incrementaron conforme el aumento de N, pero los rendimientos totales fueron similares. El óptimo de N estuvo entre 100 y 200 mg/L. La variación en los niveles de P entre 5 y 200 mg/L no tuvo efecto sobre el establecimiento de las plántulas. No hubo interacción entre N y P. Bajos niveles de K (< 100 mg/L) tuvieron poco efecto sobre el crecimiento, pero en 200 mg/L el crecimiento fue reducido. Variando los niveles de K no hubo efecto sobre los rendimientos.

Aloni *et al.* (1991) evaluaron el efecto de la nutrición nitrogenada en *Capsicum* cv. Maor aplicando dosis de 0, 30, 100 o 200 mg/L por 14 días en el invernadero. Niveles por debajo de 100 mg/L inhibieron el crecimiento de brotes y el contenido de clorofila de la hoja. El crecimiento radical tuvo una relación negativa con suplementos de N; un aumento en la relación raíz: brotes fue



observada bajo regímenes bajos de N. Las plántulas que recibieron 100 mg/L tuvieron la más alta tasa de crecimiento después del trasplante y precosidad en la floración.

Ácidos húmicos (HA) a razón de 0, 640, 1200 y 2560 mg/L, se añadieron a la solución nutritiva en la producción de plántulas de tomate Cv. Mountain Pride. La adición de 1280 mg/L produjo incrementos significativos en el brote en la acumulación de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, y Zn; además de incrementar la acumulación de N, Ca, Fe, Zn y Cu en las raíces. Los pesos frescos y seco de raíces fueron también incrementados (David *et al.*, 1994).

El acondicionamiento nutricional pretrasplante (ANP) puede incrementar significativamente el contenido y concentración de N, P, K total y de NO<sub>3</sub> en tejidos de brotes de plántulas de tomate cultivados en celdillas de volumen pequeño dentro de 3 – 5 días. En los totales N, P y K en los tejidos incrementó en mas de 1%, 0.15% y 15% de peso seco, respectivamente cuando la solución de fertilizante PNC contuvo un mínimo de 300, 128 y 248 mg 1-1, N, P y K. Períodos más largos de PNC (mayores de 5 días) no resulto en efecto continuo en la concentración del tejido (Widders y Garton, 1992).

Dufault y Schultheis (1994) evaluaron la efectividad de un condicionamiento nutricional pretrasplante (PNC) en plántulas de chile bell cv. Gatorbelle. Encontraron que el N interactúa con el P, afectando el peso fresco y seco, área foliar, peso seco de la raíz, altura de la planta y cantidad de hojas. El PNC con 50

mg de N y 15 mg P/L pueden ser usados, sin tener efectos dentrimentales a largo plazo sobre la calidad y rendimiento del cv. estudiado.

### **Recipiente para Plántulas**

Se utilizan charolas con el fin de preservar la totalidad de las raíces que genera una plántula hasta el momento del trasplante. Éstas son piezas rectangulares que contienen una retícula de pequeñas cavidades. Cada cavidad tiene orificio al fondo para el drenaje del agua. Las hay de diferentes dimensiones, pero las más usadas miden 33.5 cm. Pueden tener de menos de 100 hasta casi 400 cavidades. Las charolas más comúnmente utilizadas son de 338 y 392 cavidades y están fabricadas en poliestireno (Loustalot, 1998).

Cuando las plántulas de hortalizas crecen en recipientes comunes de trasplante, la tasa de crecimiento tiende a ser proporcional al volumen de la celda del recipiente. A mayor disponibilidad de espacio para la planta, esta tiende a ser más grande, y más rápidamente alcanza sus fases de crecimiento. En chile bell y en tomate, las respuestas son similares y el rendimiento es proporcional al volumen de las celdillas del recipiente. Hay probablemente un proceso simple que controla la reducción de la tasa de crecimiento superior cuando el sistema radical es físicamente restringido (Wien, 1997b).

Liptay y Edwards (1994) evaluaron el crecimiento de plántulas de tomate en respuesta a la variación de la forma del recipiente. La altura de la planta se

incrementa conforme la forma de la celdilla fue cambiando de un cuadrado (1.36 x 1.36 cm) a un rectángulo elongado (1.74 x 1.06). Celdillas más estrechas causaron que la altura de las plántulas disminuyeran; las plántulas más pequeñas ocurrieron en celdillas de 0.3 x 5.14 cm. El crecimiento radical no se afectó al cambiar la forma de la celda. La rugosidad de la superficie interna de la celdilla; sin embargo, afectó el crecimiento radical; una textura rugosa resultó endurecido y reducido crecimiento radical, pero no tuvo efecto sobre el crecimiento de brotes. El crecimiento radical de plántulas de tomate en charolas multiceladas ocurre principalmente alrededor de la periferia del medio de crecimiento, al lado de la pared interna de las celdillas.

### **Edad del Trasplante**

Investigaciones sobre la edad del trasplante de tomate han incluido plántulas de 2 a 15 semanas de edad, producidas en madera, turba, recipientes de plástico o styrofoam. Los pioneros de la investigación sobre la edad del trasplante usaron plantas de 7 semanas de edad y mayores; mientras que los trabajos en los primeros 30 años, se concentraron en plantas más jóvenes. Después de 60 años de investigación sobre la edad del trasplante, parece ser que trasplantes de 2 a 13 semanas de edad pueden producir rendimientos comparables dependiendo de varios factores involucrados en la producción comercial (Vavrina y Orzolek, 1993).

La respuesta de las plántulas con respecto a varios sistemas culturales y ambientales brotes y raíces iniciales depende del estado fisiológico de las

plántulas. Bajo condiciones favorables de campo, trasplantes jóvenes de tomate tuvieron una tasa relativa de crecimiento más alto y mayor capacidad de reiniciar el crecimiento de brotes que trasplantes más viejos (Leskovar y Cantliffe, 1991).

Leskovar y Cantliffe (1991), muestran que en tomate, las plántulas cultivadas en invernadero y trasplantadas a diferentes edades (2 – 6 semanas), tienen un rendimiento inicial y total similar para todas las edades, aunque inicialmente se mostraron diferencias en el crecimiento de brotes, raíces y contenidos de clorofila (relación a:b). Concluye que los trasplantes tradicional de mayor edad, no dan ventajas sobre el rendimiento y que el uso de plántulas más jóvenes podrían reducir los costos de producción.

Cebula (1992), encontró que las fechas de siembra y plantación influyen en el crecimiento y rendimiento de chile dulce en invernadero. El tiempo de producción de plántulas fluctuó desde 74 – 85 días para una primera fecha de siembra a 56 – 57 días para la sexta. El período entre plantación y cosecha fue también acertado, mostrándose una diferencia de 32 días en uno y de 27 días en otro, entre la primera y última siembra.

Cada tamaño de celdilla del recipiente tiene un óptimo de duración del crecimiento, para un cultivo particular bajo condiciones ambientales recomendadas y esta duración es mas corta para tamaños de celdillas pequeñas que para grandes. Otra importante consideración es que la longitud de tiempo de trasplante de una especie particular puede estar guardada y permanecer en el

recipiente sin efectos adversos sobre el rendimiento, si las condiciones de crecimiento no permiten oportunamente el trasplante (Ne Smith, 1993).

En muchas especies, del 30 al 60% de fotosintatos producidos diariamente son perdidos en la respiración. Una porción significativa de éstas pérdidas ocurre en las raíces. Estos valores tienden a disminuir conforme se incrementa la edad de las plántulas (Lambers *et al.*, 1981)

### **Control del Tamaño del Trasplante (Acondicionamiento)**

Cuando las plántulas están listas para el trasplante, se procede a sacarlas del almácigo, para llevarlas al predio definitivo. En esta operación las raíces que se han desarrollado, son literalmente trozadas y las plántulas se quedan con una mínima parte de raíz. Ésta, al quedar expuesta al aire fácilmente se deteriora o muere. Este hecho hace que la planta sufra un gran atraso en el crecimiento subsecuente al trasplante, es lo que los agricultores llaman “adormecimiento”. Deben de pasar alrededor de 2 semanas para que la planta genere de nueva cuenta suficientes raíces y pueda absorber la suficiente agua del suelo para recuperar su turgencia normal. Este adormecimiento retrasa el tiempo a cosecha entre 15 y 30 días, además de que la planta se vuelve más susceptible a las inclemencias del tiempo y fácilmente puede morir (Loustalot, 1998).

Las plántulas de hortalizas creciendo a altas densidades de población bajo condiciones adecuadas de humedad y nutrientes minerales, resultan ser altas y

etioladas. En invernaderos, la alta humedad relativa y la carencia de movimiento de aire contribuyen al problema. Entonces, al darse la operación del trasplante, las plántulas son susceptibles al daño mecánico y a altos niveles de estrés en el campo. De aquí que haya diferentes métodos y se esté trabajando para mantener las plantas cortas y compactas antes del trasplante. Se pueden señalar: estrés mecánico, retardantes químicos, estrés hídrico, nutrición, calidad de la luz, poda al trasplante y diferencias de temperatura día/noche (Wien, 1997a).

Decoteau y Friend (1991a) demostraron que la exposición de plántulas, en relativamente grandes recipientes de trasplante a la luz roja al final del día, puede reducir la velocidad de extensión del tallo. Las especies de plantas que normalmente crecen en la sombra de otras plantas frecuentemente no tienen una reacción pronunciada a evitar la siembra. Las plántulas desarrollan anormalmente tallos y peciolo elongados cuando son iluminadas con luz que posee relativamente altas cantidades en el rojo lejano (725 nm) en comparación a la parte roja del espectro (650 nm) (Decoteau y Friend, 1991a). Desde que la luz es transmitida completamente y reflejada al paso de las hojas es alta en longitudes de onda rojo lejano; esto no es coincidencia de que éstas plantas se parezcan a las crecidas en alta densidad (Kasperbauer, 1987). Así las plantas sensibles a la presencia de plantas cercanas, a través del cambio en la calidad luminosa, les permite evitar la influencia del sombreado, por medio de la respuesta de elongación del tallo. Investigaciones recientes señalan que esta elongación puede ser inhibida por tratamiento de luz.

El ABA aplicado en forma exógena puede tener una aplicación como un sustituto al estrés por sequía, para controlar el crecimiento del trasplante en el almácigo (Leskovar y Cantliffe, 1992).

El acondicionamiento mecánico es la estimulación física o estrés deliberadamente aplicado para manejar el crecimiento y calidad de la planta. El estrés mecánico aplicado naturalmente o bajo condiciones controlados altera el crecimiento; de este modo reduce la masa y tamaño de partes principales de la planta. Los métodos de acondicionamiento mecánico aplicados en la investigación incluyen frotamientos de tallos, cepillado de brotes, agitado y vibración de macetas o plantas y perturbando las plantas con agua, aire forzado, o viento. Los más estudiados: viento, cepillados y agitación de tallo, han resultado en desplazamiento de los puntos de crecimiento (Latimer y Beverly, 1993).

Dentro de los beneficios del acondicionamiento mecánico se tienen los siguientes:

- Efectividad equivalente a tratamientos con reguladores de crecimiento de las plantas
- Reducción del crecimiento manejable
- Mejora y uniformiza el color de la planta
- Tallos más grandes y peciolo fuerte
- Incremento potencial en la tolerancia al estrés
- Incremento la capacidad de establecimiento en el campo

- Menos efectos sobre el rendimiento del cultivo (Latimer y Beverly, 1993).

Las desventajas del acondicionamiento mecánico son:

Se tiene en potencia dañar físicamente los trasplantes. Por ejemplo, en plántulas de chile bell (*Capsicum annuum* L.) son muy sensibles a dañarse la hoja y el ápice del brote durante el cepillado; la severidad de este daño varía con el cultivar e intensidad de luz. Bajo condiciones de sombra, el cepillado de plantas exhibe más daño que bajo la luminosidad completa (Latimer y Beberly, 1993).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL**

El presente trabajo se desarrolló durante el ciclo primavera verano del 2000 en invernaderos del Campo Agrícola Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noreste de Saltillo, Coahuila, entre las coordenadas geográficas: 25° 27' N y 101° 02' W y a una altitud de 1610 msnm.

El experimento consistió en evaluar como cubiertas de invernadero dos prototipos de películas plásticas "termorreguladoras"; (CIQA 01 y CIQA 02), que potencialmente mantienen condiciones favorables para los procesos fisiológicos



de plántulas de tomate. Las películas fueron desarrolladas en los laboratorios de procesado de plásticos del Centro de Investigación en Química aplicada y se compararon con una película comercial o convencional de color transparente, la cual se definió como testigo.

Para tal efecto, se utilizaron tres invernaderos tipo capilla de 180 metros cuadrados cada uno, de estructura metálica, el polietileno se sujetó con madera, cuatro camas con bancales de madera y metálicos, piso de tierra y cubierto con plástico negro; ventilas laterales con tela mosquitera; y equipados con sistema de riego por aspersión y calefacción.

En dos de los invernaderos se colocaron las películas desarrolladas en CIQA, y en el tercero la película convencional. Su ubicación fue completamente al azar y su disposición espacial fue la siguiente como se muestra en la figura 1:

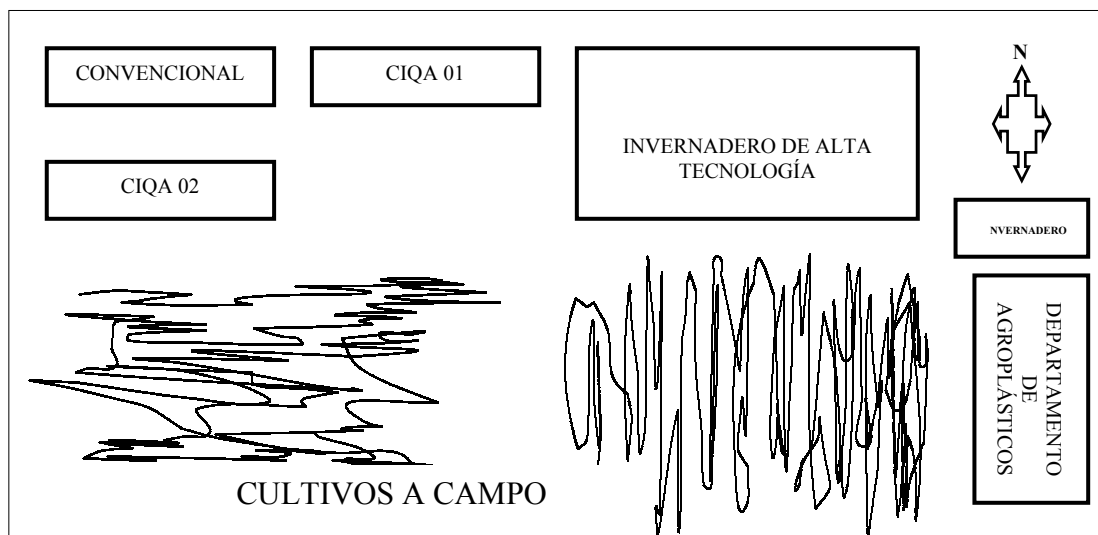


Figura 1. Disposición espacial de los tres tratamientos de películas plásticas, CIQA –01, CIQA –02 y el convencional.

## ARREGLO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó fue un Completamente al Azar. El número de repeticiones, fue de 4 y cada una de 10 plántulas tomadas al azar de 3 charolas. En total se tuvieron 12 unidades experimentales para cada muestreo en el cultivo. En total se realizaron 4 muestreos. Cabe señalar que en cada fecha de muestreo las charolas se iban eliminando y no se volvieron a considerar para muestrear en las subsiguientes mediciones.

Los tratamientos evaluados fueron (T1= película CIQA- 01, T2= película convencional y T3= película CIQA- O2).

## MATERIAL GENÉTICO

Se utilizó un cultivar de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Cv Floradade toda vez que esta variedad es muy sensible, tanto a la falta de luz, como a las temperaturas elevadas; a fin de determinar el efecto causado por las películas plásticas sobre el medio ambiente del invernadero y por consecuencia, sobre la fisiología de las plantas.

## ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

En la Figura 2 se muestra el procedimiento general que se siguió para la conducción del experimento del cultivo en estudio.

**SIEMBRA Y  
MANEJO DEL  
ALMÁCIGO**

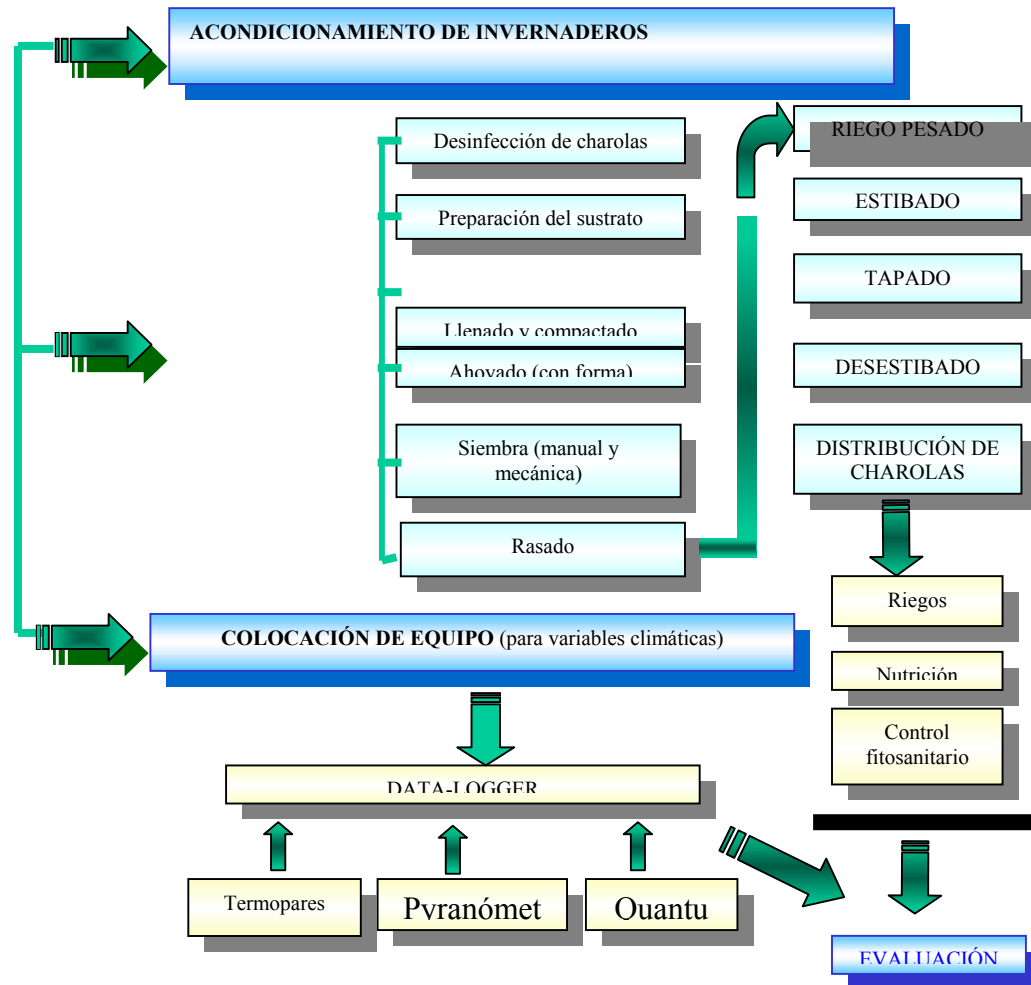


Figura 2. Procedimiento general que se siguió para llevar a cabo el presente estudio.

### Acondicionamiento de los invernaderos

Esta operación se llevó al cabo en los meses de enero y febrero y consistió en retirar de los tres invernaderos las cubiertas de polietileno convencionales que tenían antes del experimento y sustituirlas por las dos de evaluación de CIQA; además de la convencional o comercial transparente. Su ubicación fue al azar y se muestra en la Figura 1. También, se colocó la malla mosquitera, se repararon bancas, y se revisó el sistema de riego y calefacción.

### **Siembra y manejo del almácigo**

El establecimiento y el manejo general del almácigo fue el que se realiza a escala comercial en los invernaderos de CIQA en la propagación de plántulas para la venta a productores de la región y consistió en las siguientes etapas:

#### Desinfección de charolas

Se utilizaron charolas de poliestireno expandido y de 200 cavidades. Previamente se lavaron y se eliminó los residuos de sustrato y raíces de usos anteriores. Poco antes del llenado con sustrato, se hizo la inmersión de las charolas en una solución de hipoclorito de sodio más agua, en proporción de 15:200 L.

#### Preparación del sustrato

El sustrato que se utilizó fue el Peat Moss- Premier Promix PGX-, el cual es una mezcla con base en turba de *Sphagnum* más perlita, agrolita y vermiculita. En un plástico se depositó el sustrato y se le asperjaba agua poco a poco para humedecerlo, a la vez que se le daba vuelta para uniformizar la humedad hasta capacidad de campo. Aproximadamente 36 charolas/bulto de 3.8 pies cuadrados.

#### Llenado y compactado

El mismo día de la siembra de tomate se llenaron las charolas con el sustrato, se cernieron y compactaron en forma manual al ras, posteriormente se estibarón.

#### Ahoyado

Para la siembra, el sustrato de las charolas se apisonó subiéndose a una forma metálica y de doscientas protuberancias de fibra de vidrio que se ajustan al mismo número de cavidades, quedando más o menos un centímetro libre de la superficie o de profundidad para colocar una semilla por orificio.

#### Siembra

El tomate Cv. Floradade, se sembró el 17/03/00 en forma manual un 80% y en 20% con una máquina sembradora (Vandana Seeder Growing Systems)

eléctrica, la cual funciona con vacío y deposita las 200 semillas en el mismo número de cavidades de la charola.

En total, se sembraron 216 charolas de tomate, con la finalidad de realizar 6 muestreos de 12 charolas por invernadero, dependiendo del comportamiento en crecimiento de las plántulas. Finalmente se hicieron 4 muestreos.

#### Rasado, riego pesado y estibado

Una vez terminada la siembra de todas las charolas cuidando la uniformidad del experimento, se procedió a añadir sustrato húmedo para cubrir la semilla y se rasaron al nivel las charolas. Después se procedió a dar un riego pesado en forma manual y en aspersion con pistola hasta que el agua empezó a drenar.

Finalmente, las charolas fueron colocadas en el invernadero, se hicieron las estibas y se taparon totalmente con un plástico negro.

#### Tapado, desestibado y distribución de charolas

En la fase de tapado, las charolas de tomate permanecieron entre 5 y 6 días. La revisión de charolas, en rotación fue diariamente por la mañana y por la tarde a partir del tercer día y todas aquellas que tenían plántulas en “punteo” eran

desestibadas y colocadas al interior del mismo invernadero. Las estibas se volvían a tapar y así sucesivamente hasta finalizar el punteo de todas las charolas.

Las charolas de tomate permanecieron en un invernadero hasta que la germinación se uniformizó en aproximadamente 85%.

Posteriormente las charolas se trasladaron a los bancales definitivos en los tres invernaderos, donde el tomate permaneció 6 semanas. El acomodo de charolas en los bancales fue en forma aleatoria o completamente al azar, quedando una cama de tomate con 72 charolas en cada invernadero.

#### Manejo técnico del transplante

**Riego.** El riego se aplicó por aspersión manual 2 ó 3 veces al día, cuidando mantener el sustrato sólo húmedo para evitar la presencia de enfermedades fungosas. En algunas ocasiones se aplicó el riego a través del sistema de aspersión. La frecuencia dependió de las condiciones ambientales, si se secaba o no el sustrato. Las primeras cuatro semanas se aplicaron 200 L de agua por invernadero; las semanas posteriores fue de 400 L. También, se mojaban los pasillos, una vez finalizado el riego normal.

**Nutrición.** El fertilizante se aplicó diariamente en el primero de los riegos, en forma manual para dar uniformidad y evitar el taponamiento del sistema y regar el área del invernadero que no tenía plántula. Se aplicaron fertilizantes solubles



(Nitrato de calcio, Nitrato de potasio) y foliares (Superfos 12-60 o Grofol, Raizal, Nitrocel o Lobi 44, Foltron Plus, Poliquel Mult, Sequestrene). La cantidad de fertilizante a aplicar previamente se diluía en un pequeño recipiente con agua, luego se añadía al tinaco con la cantidad de agua para el riego y se agitaba con el reflujo del sistema de bombeo que operaba a una presión de 40 lb/in. La dosis y fuente de fertilizante variaron conforme el crecimiento de las plántulas, y en las primeras etapas se alternaba el Raizal y Superfos. Sólo en caso de deficiencia muy marcada de hierro se aplicó Sequestrene.

**Control fitosanitario.** En este caso, básicamente se hicieron aplicaciones preventivas para enfermedades; dos con Tecto 60 en 1g/L de agua, una aplicación por semana con Captán en 2 g/L de agua y una de Bavistín (Prosycar) en proporción similar al Captán. Hubo rotación de fungicidas. En el caso de plagas de forma preventiva se hizo sólo una aplicación de Confidor a razón de 1.3 ml/lit de agua; y en todos los casos se añadió como adherente 1 ml de Bionex por un litro de agua.

### **Colocación de equipo**

Para determinar las variables climáticas se colocaron, tanto al interior como al exterior, sensores de diferentes tipos; un sensor Quantun; para medir la Radiación Fotosintéticamente Activa, un sensor tipo Pyranómetro; para medir la Radiación total y termopares para medir la temperatura.

Para registrar las dos primeras variables, en la parte media de cada invernadero, se colocó un sensor Quantum y un Pyranómetro a 40 cm del nivel del piso o parte superior de las charolas. Para medir la temperatura, se colocaron dos termopares en cada invernadero dentro de garitas de madera, a dos niveles de altura; uno de ellos, a 80 cm sobre las charolas, y el otro, en la parte superior del invernadero, a 40 cm de la cubierta, ya que es donde se acumula más calor.

En forma similar, en el exterior y entre los tres invernaderos, se ubicó un sensor de radiación fotosintéticamente activa, otro de radiación total, y dentro de garitas, dos termopares; uno de ellos, a 80 cm sobre el piso y el otro a 2.20 m para ser utilizados como referencia.

Al exterior de cada invernadero también dentro de una garita se dispuso de un equipo Data Logger Li-cor LI-1000, al cual se conectaron los diferentes sensores (internos y externos). Se programó para registrar datos cada minuto, luego obtener una media cada hora y durante las 24 horas del día, a partir de las cero horas del día 29 de marzo del 2000. Posteriormente, cada quince días la información se transfirió a una computadora.

### **Variables evaluadas**

#### Variables climáticas:

Radiación Fotosintéticamente Activa. Registrada con sensores Quantum

Radiación total. Registrada con sensores de tipo Pyranómetro.

Temperatura ambiental. Registrada con termopares

Las tres variables se midieron tanto al interior como al exterior del invernadero.

### Variables fenológicas de la planta

Se realizaron muestreos cada ocho días, a partir del día 10 de Abril en adelante.

En los tres invernaderos se hicieron 4 repeticiones, cada una consistió en elegir al azar 3 charolas y de éstas, aleatoriamente, 10 plántulas, las cuales se extrajeron con cepellón y trasladaron al laboratorio para hacer la evaluación.

Número de hojas. Se contabilizó como hoja, aquella que al menos tenía un tercio de una hoja verdadera.

Área foliar. Se eliminaron las hojas cotiledonares y defoliaron las plántulas, dejando el tallo hasta el ápice de crecimiento. Como parte de la hoja también se consideró el raquiz o pedicelo. Para su completa extensión, las hojas se aplanaron en cartones lisos, y de aquí se depositaron en el medidor de área foliar (LI-COR 3100  $\text{cm}^2$ ), el cual acumuló la lectura de las diez plántulas. El equipo, previamente fue calibrado con una forma metálica de  $50 \text{ cm}^2$ .

Antes de la medición de las siguientes variables se eliminó el sustrato de las plántulas con ligeras sacudidas y con agua de la llave a presión de la llave. Se

procuró la eliminación total de residuos ajenos a la raíz y evitar la pérdida de la misma.

Altura. Se midió con una escala (cm), considerándose desde el cambio de color de la parte radical o la base del tallo blanco a púrpura, hasta el vértice de la última hoja, aunque esta fuera diminuta.

Diámetro del tallo. Considerando la misma situación de la variable anterior, entre los cambios de color, con ayuda del Vernier se midió el diámetro en cm.

Materia seca. Para los cuatro muestreos y por separado, los distintos componentes de las plántulas (hojas, tallo y raíz) de las variables anteriores, fueron colocados dentro de bolsas de papel estraza, se secaron en una estufa Blue M Electric Company a 65-70 °C por un período de 48 hr. Posteriormente se les determinó el peso seco (g) en una balanza electrónica AND-HR-120.

En este caso los tres componentes se constituyeron en otras variables, así como la suma de ellos en Peso Seco Total.

Con los pesos secos se procedió a realizar un análisis de crecimiento del cultivo, siguiendo la metodología descrita por Hunt (1982).

### **Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB)**

Utilizando la ecuación:

$p_i$

$$CPB = \frac{P_i}{P}$$

CPB = Coeficiente de partición de biomasa

$P_i$  = Peso seco del componente

$P$  = Peso seco total

### Tasa de Crecimiento Relativo

Representado por la sigla ( TCR )

Para lo cual se utilizó la ecuación:

$$TCR_{1-2} = \frac{LN P_2 - LN P_1}{t_2 - t_1}$$

TCR =Tasa de crecimiento relativo

LN = Logaritmo natural

$P_2$  = Peso seco del componente en el tiempo dos (g)

$P_1$  = Peso seco del componente en el tiempo uno (g)

$t_2$  =Tiempo dos

$t_1$  =Tiempo uno

Unidades de medida =  $g g^{-1} día^{-1}$  ó  $mg g^{-1} día^{-1}$

### Tasa de Asimilación Neta

Representado por la sigla ( TAN )

Ecuación utilizada:

$$TAN_{1-2} = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{LN AF_2 - LN AF_1}{AF_2 - AF_1}$$

TAN = Tasa de asimilación neta

$P_1$  = Peso seco total en el tiempo uno

$P_2$  = Peso seco total en el tiempo dos

$T_1$  = Tiempo uno

$T_2$  = Tiempo dos

LN= Logaritmo natural

$AF_1$  = Área foliar en el tiempo uno

$AF_2$  = Área foliar en el tiempo dos

Unidades de medida =  $g\ cm^{-2}\ día^{-1}$  ó  $g\ m^{-2}\ día^{-1}$

### Razón de Área Foliar

Representado por las siglas ( RAF ) ( AF )

Utilizando la ecuación:

$$RAF = \frac{(AF_1 + P_1) + (AF_2 / P_2)}{2}$$

RAF = Razón de área foliar

AF<sub>1</sub> = Área foliar en el tiempo uno

AF<sub>2</sub> = Área foliar en el tiempo dos

P<sub>1</sub> = Peso total en el tiempo uno

P<sub>2</sub> = Peso total en el tiempo dos

Unidades de medida = cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> ó m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>

### **Razón de Peso Foliar**

Representado por las siglas ( RPF ) (PSF )

Ecuación utilizada

$$RPF = \frac{(PSF_1 / P_1) + (PSF_2 / P_2)}{2}$$

RPF = Razón de peso foliar

PSF<sub>1</sub> = Peso seco foliar en el tiempo uno

PSF<sub>2</sub> = Peso seco foliar en el tiempo dos

P<sub>1</sub> = Peso seco total en el tiempo uno

P<sub>2</sub> = Peso seco total en el tiempo dos

Unidades de medida = Adimensional

### **Área Foliar Específica**

Representado por la sigla ( AFE )

Ecuación utilizada:

$$AFE = \frac{RAF}{RPF}$$

AFE = Área foliar específica

RAF = Razón de área foliar

RPF = Razón de peso foliar

Unidades de medida =  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  o  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$

### Variables fisiológicas

A mediados de Febrero, bajo la cubierta del invernadero convencional, se establecieron almácigos de tomate para determinar una curva de respuesta a fotosíntesis durante 10 horas en un día, con la finalidad de detectar previamente las horas de máxima actividad y, por ende, el lapso en que se harían las posteriores mediciones del experimento.

Considerando que estas evaluaciones debían ser lo más rápido posible por el cambio de condiciones de temperatura y radiación, se optó por evaluar sólo tres plántulas (tres repeticiones) por invernadero, tomadas al azar de diferentes charolas, en días soleados y aproximadamente cada hora en tres ocasiones (13:00, 14:00 y 15:00 p.m.), coincidentes con las de mayor actividad fisiológica.



Previo a la medición, en cada invernadero, se muestrearon 10 hojas, una de cada plántula para determinar por hoja en tomate un área foliar promedio, la cual fue base para el equipo portátil LI-6400 de LI-COR.

La secuencia de medición en los tres invernaderos y en las tres ocasiones (repeticiones) fue completamente al azar. El equipo de medición hizo tres lecturas momentáneas, las cuales también se consideraron como repeticiones. El tomate se evaluó tres veces.

El procedimiento de medición, fue: programar el equipo, extraer con cepellón o seleccionar la plántula, abrir e introducir la hoja o foliolo rápidamente a la cámara, accionar el sistema de flujo de aire y dejar que se estabilizara el CO<sub>2</sub> del interior. Después, la toma de las tres lecturas momentáneas, grabar la información y apagar el sistema de la cámara. Así sucesivamente con todas las plántulas y en los tres invernaderos.

Las variables consideradas fueron:

- Fotosíntesis ( $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
  
- Resistencia estómatica ( $\text{m.s}^{-1}$ )

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables Microclimaticas

En el cuadro 1 se muestra la comparación de medias de temperatura y de radiación registrados al interior y en el exterior de los invernaderos cubiertos con diferentes películas plásticas.

**Cuadro 1. Comparación de medias de temperatura y de radiación registrados al interior y al exterior de los invernaderos con diferentes películas plásticas.**

Tratamientos	RT ( $W \cdot m^{-2}$ )	RFA ( $\mu m \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )	Temperatura inferior ( $^{\circ}C$ )	Temperatura superior ( $^{\circ}C$ )
CIQA – 01	427.70C	639.24 C	30.64 B	33.29 B
CIQA – 02	528.31B	860.43 B	31.07 B	32.07 B
Convencional	532.02 B	903.83 B	32.64 A	35.86 A
Exterior	778.44 A	1460.20 A	27.67 C	26.83 C
DMS	53.2134	88.7390	1.4124	1.4885
C.V. (%)	21.96	21.48	10.82	10.87
Sig.	* *	* *	* *	* *

Diferencia Mínima Significativa ( $P \leq 0.05$ ).

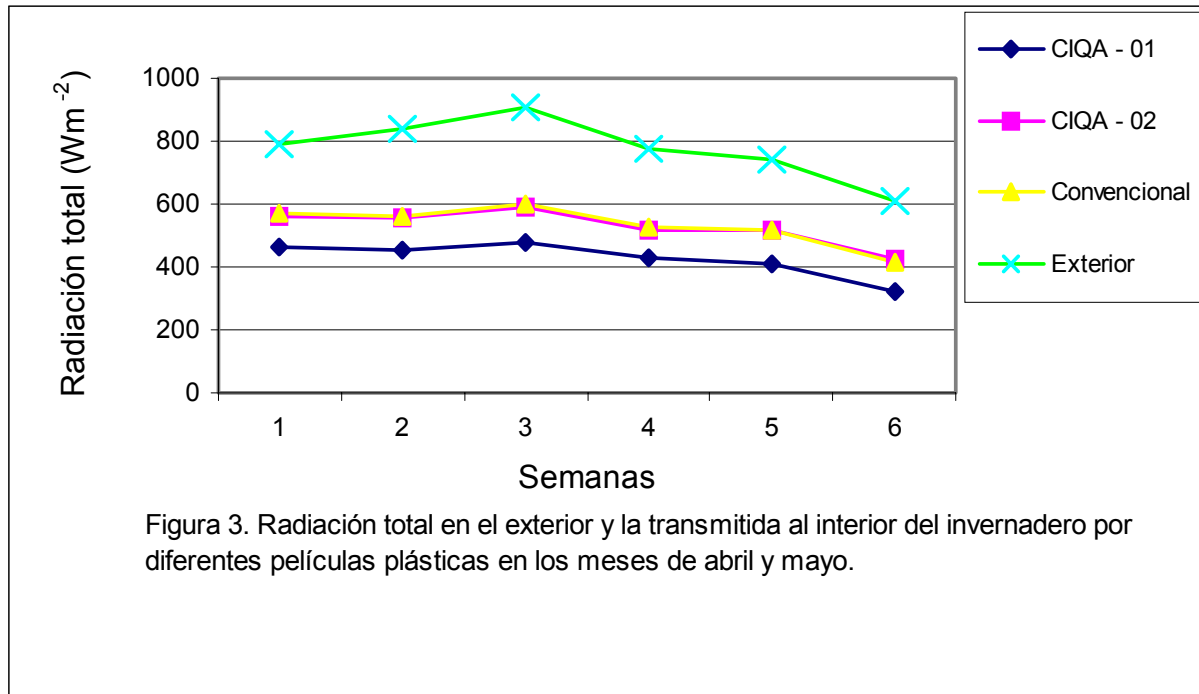
C.V: Coeficiente de variación

\* \*: Diferencia altamente significativa

La transmitancia de los polietilenos (PE) a la radiación total (RT) mostró diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ). El plástico CIQA -01, registró un incremento del 14% con respecto al convencional; aunque en la comparación de medias (DMS,  $P \leq 0.05$ ) fue estadísticamente igual al CIQA –02. La radiación dentro de los invernaderos, con respecto al exterior, disminuyó en un 46, 33 y

32 % para el CIQA -01, CIQA - 02 y el convencional respectivamente. Tognoni (2000b) señala que del 100%, el 35 - 25% disminuye al interior del invernadero; por otro lado Krug (1997) reporta una disminución del 50 - 30% y Cockshull *et al.* (1992) un 48% en los meses de enero y febrero, atribuyéndolo, entre otros aspectos, a la época del año y a pérdidas de reflexión y absorción de los materiales de la cubierta.

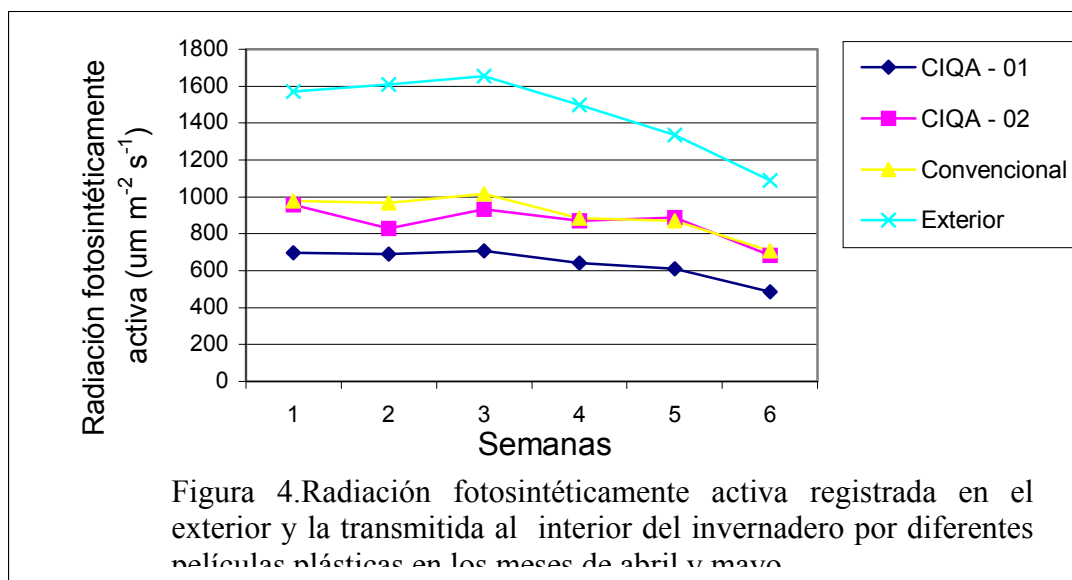
La figura 3 muestra la respuesta de los polietilenos a la Radiación total en el exterior y la transmitida al interior del invernadero durante 6 semanas en los meses de abril y mayo. La radiación total en el exterior y la transmitida en el interior del invernadero fue superior entre la 1, 2 , 3 semana, comparado con la 4, 5, 6, semana ya que fue disminuyendo la radiación total, además conforme fluctúa la RT del exterior, también se manifiesta en las películas, mostrándose en orden decreciente de plásticos, el convencional, CIQA -02 y CIQA -01. Los polietilenos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional presentaron la misma fluctuación.



Al analizar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), esta mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos y la comparación de medias fue similar a la RT. Con relación a la RFA exterior, hubo reducciones del 57, 42 y 39% de transmitancia para el CIQA -01, CIQA -02 y el convencional respectivamente. Ryu *et al.* (1999) y Cerny *et al.* (1999) citan reducciones de 25 – 35%, en este tipo de radiación pero no especifican las características del polietileno.

La figura 4 muestra la respuesta de los polietilenos a la RFA durante 6 semanas correspondientes al mes de abril y mayo. Esta fue superior entre la 1, 2 y 3 semanas, además conforme fluctúa la RFA del exterior, también se manifiesta en las películas, mostrándose en orden decreciente de plásticos, el convencional,

CIQA -02 y CIQA -01. Al respecto, Moens (1991) señala que el nivel de fotosíntesis se incrementa conforme lo hace la intensidad de RFA y varía de un cultivo a otro. En estos resultados se obtuvo una disminución drástica de radiación fotosintéticamente activa en el plástico CIQA -01 ( $639.24 \mu\text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). No obstante, Mc Avoy y Janes (1990) en plántulas de tomate refieren a  $300 \mu\text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  como alta y  $150 \mu\text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  como baja. Esto permite inferir que la cantidad de aditivo de los polietilenos puede aumentarse sin afectar la RFA que modifique de forma significativa la morfología y anatomía de las plántulas, que luego influya en su capacidad fotosintética.



Respecto a la temperatura exterior, la diferencia fue de 2.9, 3.4 y 4.9 para los PE CIQA -01, CIQA -02 y el convencional respectivamente. El análisis de varianza para la temperatura inferior (Cuadro 1) mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos. El CIQA -01, con una diferencia de  $2^{\circ}\text{C}$  menos y

el CIQA -02 de 1.5°C con respecto al convencional. No obstante el CIQA -01, con una diferencia de 0.4°C más fue estadísticamente igual al CIQA -02 (DMS,  $P \leq 0.05$ ).

La figura 5 muestra que la temperatura en la parte inferior del invernadero con plástico, CIQA -01 y CIQA -02 con relación a la exterior, tienen el mismo comportamiento, incluso en las fluctuaciones. Sin embargo el PE convencional entre las 2 y 4 semanas registran temperaturas más altas, registrándose en la 3 semana la temperatura más alta de las 6 semanas. Se puede observar que el CIQA -01, CIQA -02 y el convencional tuvieron un comportamiento similar.

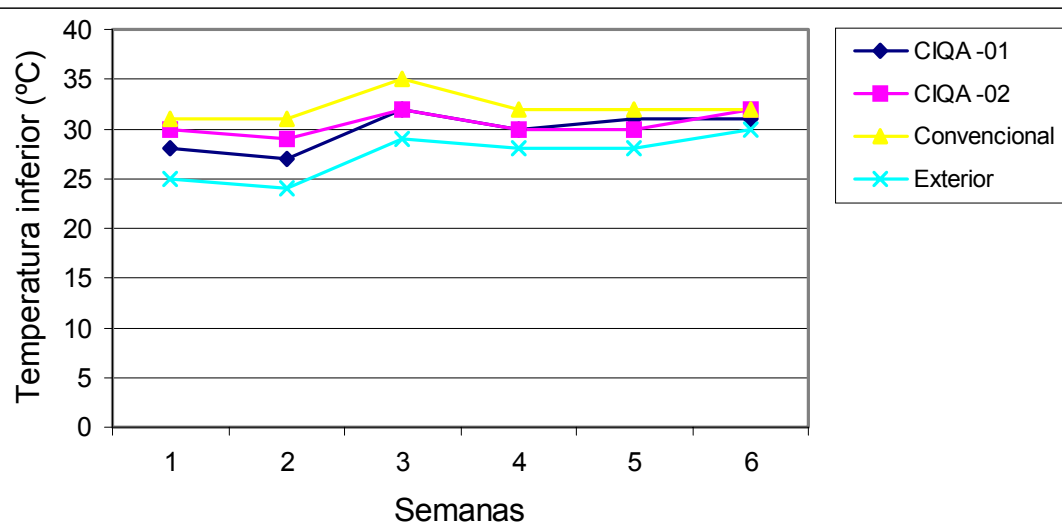
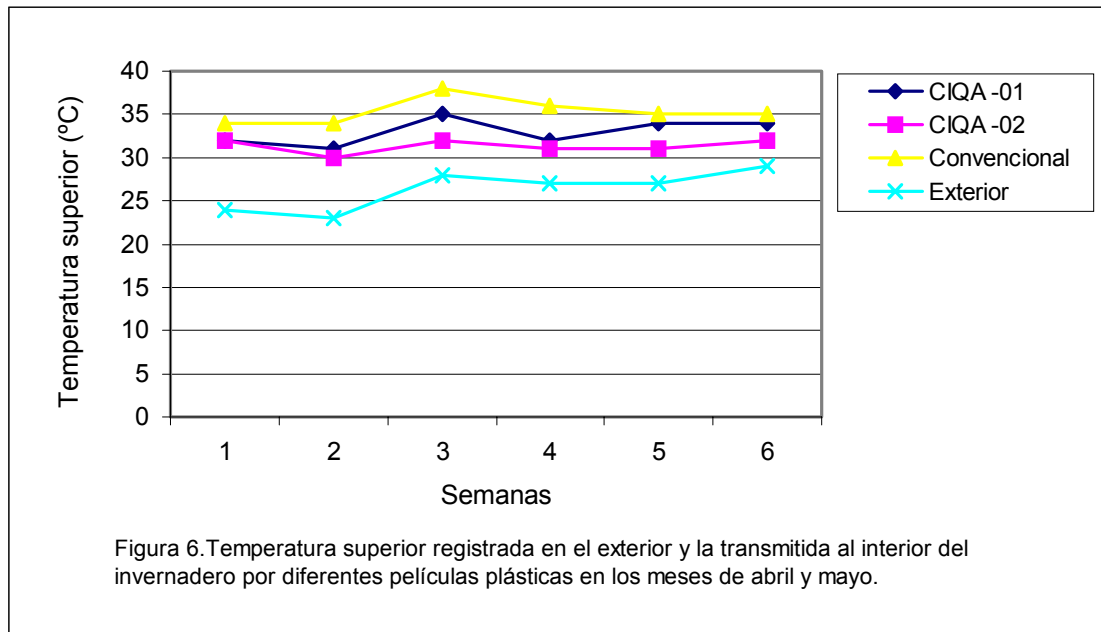


Figura 5. Temperatura inferior registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por diferentes películas plásticas en los meses de abril y mayo.

Se observó que los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 presentaron menor temperatura inferior dentro del invernadero comparado con el convencional.

La temperatura en la parte superior del invernadero presentó diferencias altamente significativas, siendo estadísticamente iguales en la comparación de medias los polietilenos CIQA -01 y CIQA -02 con 2.5 y 3.7°C menos con relación al convencional. Respecto a la temperatura exterior, se registraron 6.4, 5 y 9°C mas de temperatura superior más dentro del invernadero, para los PE CIQA -01, CIQA -02 y el convencional respectivamente.

La figura 6 muestra que la temperatura en la parte superior del invernadero con CIQA -01 y CIQA -02, con relación al exterior, tienen el mismo comportamiento, incluso en fluctuaciones. Otro aspecto observado es que el plástico convencional entre la 1 y 4 semana ocasionó temperaturas más altas, registrándose la temperatura más alta en la 3 semana de abril.



También se observó que los tratamientos CIQA -01, CIQA -02, registraron menor temperatura superior en el interior comparado con el plástico convencional, que tiene el valor más alto de temperatura en la parte superior del invernadero.

En general, los cambios de temperatura que provocan los plásticos, CIQA -01 y CIQA -02, aparentemente son bajos; sin embargo, pueden alterar de manera importante el crecimiento de las plántulas. En estos resultados, las temperaturas son ligeramente más altas que las recomendadas, ya que Wien, (1997a) reporta 25 – 27°C para crecimiento vegetativo y 20 –22°C para materia seca total y área foliar óptima de plántulas de Chile. En la misma especie, Choe *et al.* (1988) obtuvo un mayor peso seco y área foliar a 28°C, pero mayor tasa fotosintética a 23°C. En tomate se reportan 18 – 26°C para el crecimiento óptimo en la etapa de plántula.



Con relación a otros métodos, la reducción de temperatura lograda con estas películas se puede considerar relevante, ya que Matallana y Montero (1995) en el cultivo de tomate citan reducciones de temperatura de 2 – 3°C con el encalado; 1°C con la aplicación de un velo de agua a la cubierta y de 3.5°C, con agua también pero se le añadió un colorante. En el cultivo de chile, Jovicich (1999) con mallas de sombreo (30%) color negro redujo la temperatura máxima del ambiente en 4°C. La pantalla evaporadora puede reducir hasta 23°C; pero requiere estructuras especiales y es de mayor costo, por lo que sólo se ha recomendado para ornamentales. El uso de nebulización fina, disminuye la temperatura en 10-15°C respecto a la exterior; pero no para regiones con alta humedad relativa (Alpi y Tognoni, 1991; Tognoni, 2000a).

### **Variables agronómicas**

Con respecto a las variables altura, número de hojas, los resultados del análisis de varianza en los tres primeros muestreos no hay diferencias significativas y en el último muestreo hay diferencias significativas, en el diámetro del tallo no hay diferencias significativas en el primero y último muestreo, en el segundo y tercer muestreo existen diferencias significativas, en la variable área foliar, los resultados del análisis de varianza muestra diferencias significativas entre los tratamientos en el tercero y último muestreo, en los dos primeros no hay diferencias significativas (cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables altura, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

<b>Tratamiento</b>	<b>Fechas de muestreo</b>	<b>Altura ( cm)</b>	<b>No. Hojas</b>	<b>D. Tallo (mm)</b>	<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>planta<sup>-1</sup>)</b>
1)					

CIQA-01	10/abr./00		2.34 A	2.0 A	0.14 A	2.85
A						
CIQA -02		2.36 A	2.02 A	0.15 A	3.64 A	
Convencional		2.26 A	2.0 A	0.15 A	3.05 A	
C.V. (%)		6.27	4.03	4.28	10.37	
DMS		0.8337	0.1869	0.0154	4.4098	
Sig.		NS	NS	NS	NS	
CIQA -01	17/abr./00	3.17 A	2.17 A	0.18 B	9.50A	
CIQA -02		3.08 A	2.20 A	0.19 AB	9.14A	
Convencional		3.25 A	2.22 A	0.20A	9.67 A	
C.V. (%)		6.27	4.03	4.28	10.37	
DMS		0.8337	0.1869	0.0154	4.4098	
Sig.		NS	NS	*	NS	
CIQA -01	24/abr./00	10.45 A	4.05 A	0.27 B	36.81 A	
CIQA -02		9.14 A	3.92 A	0.29 A	31.02 B	
Convencional		10.59 A	3.97A	0.30 A	33.33 AB	
C.V. (%)		6.27	4.03	4.28	10.37	
DMS		0.8337	0.1869	0.0154	4.4098	
Sig.		NS	NS	*	*	
CIQA -01	01/may./00	21.74 B	4.62B	0.36 A	85.12 A	
CIQA -02		20.02 C	4.67B	0.36 A	71.56 B	
<b>Convencional</b>			<b>22.74 A</b>	<b>4.92A</b>	<b>0.36 A</b>	
		<b>59.60 C</b>				
C.V. (%)		6.27	4.03	4.28	10.37	
DMS		0.8337	0.1869	0.0154	4.4098	
Sig.		*		*		NS
*						

\*, NS: Diferencia significativa y no significativa, respectivamente.

C.V, DMS: Coeficiente de variación, diferencia mínima significativa, respectivamente.

## **Altura**

La altura de las plántulas de tomate se fue incrementando en las fechas de muestreo en todos los tratamientos. Se observó que en la primera fecha, las plántulas de tomate obtuvieron mayor altura en el tratamiento CIQA -02, seguido por el CIQA -01 y el convencional y en las 3 fechas de muestreo obtuvieron mayor altura en el tratamiento convencional, seguido por el CIQA -01 y el CIQA -02. El incremento de altura de las plántulas de tomate en el CIQA -02 y CIQA -01 en el segundo muestreo fue mayor en un 4.42% y 3.53% respectivamente comparado con el convencional. En el muestreo del 17 de abril el incremento de altura bajo el efecto del plástico convencional fue de un 2.46% a un 5.23% mayor con respecto a los tratamientos CIQA -01 y CIQA -02 respectivamente. En la siguiente fecha de muestreo (24 de abril), la altura se fue incrementando en el tratamiento convencional en un 1.322% y en 13.6% con respecto al CIQA -01 y al CIQA -02 respectivamente. Los incrementos en el último muestreo (1 de mayo) de las plántulas de tomate bajo el efecto del plástico convencional fue 4.39% hasta un 11.9% con respecto a los tratamientos CIQA -01 y CIQA -02. Estos resultados se deben a que unas diferencias de pocos grados da lugar a cambios significativos en la tasa de crecimiento, de aquí que el PE CIQA -02 con temperaturas de 31.07 a 32.07° C en el invernadero hayan mostrado mayor altura en el primer muestreo y el convencional con temperaturas de 32.64 a 35.86° C en el invernadero hayan mostrado mayor altura en las tres últimos muestreos.

## **Número de hojas**

Los resultados de la comparación de medias DMS,  $P \leq 0.05$  (cuadro 2), muestran que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales en las fechas de muestreo 10 de abril, 17 de abril y 24 de abril.

Las plántulas de tomate, que presentaron más hojas por el efecto del plástico fue en el CIQA -02, seguido por el CIQA -01 y el convencional que presentaron el mismo número de hojas en la primera fecha de muestreo, en la segunda y cuarta fecha de muestreo, las plántulas presentaron más hojas en el convencional, seguido por el CIQA - 01 y el CIQA -02 y en el tercer muestreo, el tratamiento CIQA -01 fue donde se presentaron más hojas, seguido por el convencional y el CIQA -02. El número de hojas en el tratamiento CIQA -02 en la fecha 10 de abril fue mayor de un 1.1% comparado con el CIQA -01 y el convencional, en la fecha 17 de abril el número de hojas bajo el efecto del plástico convencional fue de 0.90% a 2.25% con respecto al tratamiento CIQA -02 y CIQA -01. Así mismo, en la siguiente fecha de muestreo (24 de abril) el número de hojas de las plántulas de tomate en el CIQA -01 fue mayor de 2.01% y el CIQA-02 menor en 1.25% con respecto al convencional. En el último muestreo, el número de hojas bajo el tratamiento convencional fue mayor de 5.08% a 6.09% para el CIQA -02 y CIQA -01 respectivamente. Al respecto, Choe et al (1998) señalan que el peso seco y el área foliar son mayores a 28° C, de aquí que quizás el PE CIQA -02 Con temperaturas de 31.07 a 32.07° C haya mostrado más hojas en el primer muestreo, el convencional con temperaturas de 32.64 a 35.86° C en el invernadero hayan mostrado mayor número de hojas en el segundo y cuarto muestreo y el CIQA -01 con temperaturas de 30.64 a 33.29° C en el invernadero hayan mostrado mayor número de hojas en el tercer muestreo.

### **Diámetro de tallo**

En lo que respecta a esta variable, se encontró que el tratamiento CIQA -02 y el convencional, fue donde las plántulas obtuvieron mayor diámetro en el primer muestreo, seguido por el CIQA -01, en el segundo y tercer muestreo obtuvieron mayor diámetro en el tratamiento convencional, seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01 y en el último muestreo el diámetro fue igual en todos los tratamientos. En el muestreo 10 de abril el incremento del diámetro del tallo fue mayor de un 6.66% CIQA -02 y el convencional comparado con el CIQA -01, en la fecha 17 de abril el incremento de esta variable bajo el efecto del convencional fue mayor de un 5% a 10% comparado con el CIQA -02 y CIQA -01 respectivamente. En el siguiente muestreo (24 de abril) el incremento del diámetro del tallo de las plántulas de tomate en el convencional fue mayor de un 3.33% a 10% comparado con el CIQA -02 y el CIQA -01 respectivamente y en la fecha de muestreo 1 de mayo el diámetro de tallo fue igual en todos los tratamientos. Conforme se incrementa la temperatura, la tasa de elongación del tallo también se incrementan (Kinet y Peet, 1997), esto concuerda con lo encontrado ya que el diámetro de tallo fueron significativos en el tratamiento CIQA -01, CIQA -02 y el convencional a temperaturas arriba de los 30° C.

### **Área foliar**

En lo que respecta a esta variable, los resultados de la comparación de medias indican que los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente iguales en las fechas de muestreo 10 de abril y 17 de abril. En el tercer muestreo, el tratamiento CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente

iguales, pero el CIQA -01 y CIQA -02 fueron diferentes y en el último muestreo, los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente diferentes

El área foliar, fue mayor en el muestreo 10 de abril en el plástico CIQA -02, seguido por el convencional y CIQA -01. El incremento de esta variable bajo el efecto del plástico CIQA -02 fue mayor de un 19.3% con respecto al convencional y el CIQA -01 fue menor de un 6.55% comparado con el convencional. Se encontró que el área foliar fue mayor en el tratamiento CIQA -02 en las siguientes fechas de muestreo, seguido por el convencional y el CIQA -01. El área foliar en la fecha de muestreo del 17 de abril el incremento bajo el efecto del convencional fue mayor de un 1.75% a 5.48% comparado con el CIQA -01 y el CIQA -02 respectivamente, en la fecha 24 de abril el incremento de esta variable en el tratamiento CIQA -01 fue mayor de un 10.4 comparado con el convencional y el tratamiento CIQA -02 fue menor de un 6.93% comparado con el plástico convencional. En el último muestreo el área foliar se incrementa en el CIQA -02 de un 42.8% con respecto al tratamiento convencional y el CIQA -01 de un 20% comparado con el convencional.

Con respecto a las variables agronómicas: la altura, número de hojas, diámetro de tallo, área foliar, el tratamiento CIQA -02 fue donde las plántulas mostraron mejor incremento de estas variables seguido por el tratamiento convencional y el CIQA -01 en la fecha de muestreo del 10 de abril, aunque la variable diámetro de tallo mostró mejor incremento en los tratamientos CIQA -02 y el convencional seguido por el CIQA -01.

En el segundo muestreo las variables, altura, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar fue mayor en el tratamiento convencional en todas las variables, seguido por el

CIQA -01 y el CIQA -02 en la variable altura y área foliar y seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01 en las variables números de hojas y diámetro de tallo. Sin embargo, en el tercer muestreo las variables números de hojas y área foliar de las plántulas mostraron mayor incremento en el tratamiento CIQA -01, seguido por el convencional y CIQA -02, en las variables altura, diámetro de tallo, el tratamiento convencional fue el que presentó mayor incremento, seguido por el CIQA -01 y CIQA -02 en la variable altura y por el CIQA-02 y el CIQA -01 en la variable diámetro de tallo.

En el último muestreo, las variables altura, número de hojas, el tratamiento convencional fue donde las plántulas mostraron mejor incremento de estas variables, seguido por el CIQA -01 y CIQA -02 en la variable altura y por los tratamientos CIQA -02 y CIQA -01 en la variable número de hojas, en lo que respecta a la variable diámetro de tallo presentó el mismo diámetro en todos los tratamientos, aunque en la variable área foliar el tratamiento CIQA -01 fue donde las plántulas mostraron mayor incremento, seguido por el CIQA -02 y el convencional. Estos resultados se deben a que unas diferencias en la temperatura da lugar a cambios significativos en la tasa de crecimiento. Al respecto, Choe et al (1998) señalan que el peso seco y el área foliar son mayores a 28°C, de aquí que quizás el PE CIQA -01 con temperaturas de 30.64 a 33.29°C haya mostrado mayor área foliar en el tercero y cuarto muestreo, el CIQA -02 con temperaturas de 31.07 a 32.07°C haya mostrado mayor área foliar en el primer muestreo y el convencional con temperaturas de 32.64 a 35.86°C en el invernadero hayan mostrado mayor área foliar en el segundo muestreo.

Por lo que corresponde a las variables, peso seco de hojas, peso seco de tallo, peso seco de raíz y peso seco total, los resultados de los análisis de varianza indican diferencias significativas entre tratamientos en el último muestreo y también para el tercero en peso seco de tallo y total. En los dos primeros muestreos, los resultados del análisis para peso seco de hojas, tallo, raíz y total muestran que no hay diferencias significativas, también para el peso seco de hojas y raíz en el tercer muestreo.

Cuadro 3. Comparación de medias de variables agronómicas, peso seco de hojas, tallo, raíz y peso seco total para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Tratamiento	Fechas de muestreo	Peso seco hojas (gr)	Peso seco tallo (gr)	Peso seco raíz (gr)	Peso seco total (gr)
CIQA-01	10/abr./00	0.2125 A	0.0530 A	0.1581 A	0.4235 A
CIQA -02		0.2536 A	0.0560 A	0.1070 A	0.4166 A
Convencional		0.2521 A	0.0609 A	0.1232 A	0.4362 A
C.V. (%)		10.35	13.68	25.37	9.30
DMS		0.2076	0.1201	0.1828	0.3351
Sig.		NS	NS	NS	NS
CIQA -01	17/abr./00	0.5076 A	0.1047 A	0.2498A	0.8621 A
CIQA-02		0.5426 A	0.1097 A	0.2505 A	0.9028 A
Convencional		0.6156 A	0.1265 A	0.2558 A	0.9979 A



C.V. (%)		10.35	13.68	25.37	9.30
DMS		0.2076	0.1201	0.1828	0.3351
Sig.		NS	NS	NS	NS
CIQA -01	24/abr./00	1.5247 A	0.4715AB	0.4442A	2.4403AB
CIQA -02		1.4513 A	0.4351 B	0.4416 A	2.3280 B
Convencional		1.6005 A	0.5557 A	0.5370 A	2.6931 A
C.V. (%)		10.35	13.68	25.37	9.30
DMS		0.2076	0.1201	0.1828	0.3351
Sig.		NS	*	NS	*
CIQA -01	01/may./00	3.0712 B	1.7077 B	1.3783A	6.1572AB
CIQA -02		3.5348 A	1.7720AB	1.1133B	6.4201A
Convencional		3.2024 B	1.8891 A	0.9630 B	6.0545A
C.V. (%)		10.35	13.68	25.37	9.30
DMS		0.2076	0.1201	0.1828	0.3351
Sig.		*	*	*	*

\* , NS: Diferencia significativa, No significativa, respectivamente.

C.V, DMS: Coeficiente de variación, Diferencia mínima significativa, respectivamente.

### Peso seco de hojas

El mayor peso seco de hojas en el muestreo 10 de abril se obtuvo en el tratamiento CIQA -02 con 0.2536 g, seguido por el CIQA -01 con 0.2525 g y el convencional con 0.2521 g, esto se puede observar claramente de acuerdo a la prueba de DMS para la comparación de medias (cuadro 3); así mismo, los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente iguales. En el muestreo 17 de abril, los resultados comparación de medias muestran que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, el tratamiento convencional fue donde las plántulas

**obtuvieron mayor peso seco de hojas con 0.6156 g, seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01 con 0.5426 y 0.5076 g respectivamente.**

En lo que respecta a los muestreos 24 de abril y 1 de mayo, los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente diferentes. En el muestreo 24 de abril en el convencional las plántulas obtuvieron mayor peso seco de hojas con 1.6005 g, continuándole el CIQA -01 con 1.5247 g y el CIQA -02 con 1.4513 g, sin embargo; en el último muestreo 1 de mayo el mayor peso seco de hojas se obtuvo en el CIQA -02 con 3.5348 g, seguido por el convencional y el CIQA -01 con 3.2024 g y 3.0712 g respectivamente.

Los resultados de peso seco de hojas, muestran que el tratamiento CIQA -02 fue el tratamiento donde las plántulas obtuvieron mayor biomasa en las hojas en la fecha de muestreo del 10 de abril, seguido por el convencional y el CIQA -01. En los muestreos 17 de abril y 24 de abril, el tratamiento convencional fue el que obtuvo mayor biomasa en las hojas, seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01 en el muestro 17 de abril, y por el CIQA -01 y CIQA -02 en el muestreo 24 de abril. En el último muestreo, el tratamiento CIQA -02 fue donde las plántulas obtuvieron mayor biomasa en las hojas, seguido por el convencional y el CIQA -01. También se encontró que el peso seco de hojas va aumentando en todos los tratamientos en las cuatro fechas de muestreo.

En el muestreo 10 de abril el tratamiento CIQA -02 fue mayor en peso seco de hojas con 0.59% comparado con el convencional y el CIQA -01 fue menor de

un 15.7% con respecto al convencional. En la fecha 17 de abril, el convencional fue mayor de un 11.8% a 17.5% de peso seco de hojas con respecto al tratamiento CIQA -02 y CIQA -01. En el siguiente muestreo 24 de abril, los porcentajes de incremento del convencional con respecto al CIQA-01 y CIQA -02 fue de 4.73% a 9.32% y en el último muestreo 1 de mayo el incremento de esta variable en el CIQA -02 fue de 10.3% comparado con el convencional y el CIQA -01 fue menor de un 4.09% con respecto al convencional. Estos resultados se justifican ya que las temperaturas alcanzadas en el interior del invernadero oscilaron arriba de los 30° C en los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional, lo cual se manifestó en el área foliar y el peso seco fueron significativos en los tratamientos ya mencionados, al respecto Choe *et al* (1998) quienes señalan que el peso seco y el área foliar son mayores a 28° C.

### **Peso seco de tallo**

La comparación de medias DMS,  $P \leq 0.05$  (cuadro 3) muestra que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales en las fechas de muestreo 10 de abril y 17 de abril.

El mayor peso seco de tallo del muestreo del 10 de abril, se obtuvo en el convencional con 0.0609 g, seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01 con 0.0560 g y 0.0530 g respectivamente, en lo que se refiere al muestreo del 17 de abril, las plántulas obtuvieron un mayor peso de tallo en el tratamiento convencional con 0.1265 g, continuándole el CIQA -02 con 0.1097 g y el CIQA -01 con 0.1047 g.

En el muestreo del 24 de abril, se obtuvo mayor peso seco de tallo en el tratamiento convencional con 0.5557 g, después siguió el CIQA -01 con 0.4715 g y el CIQA -02 con 0.4351 g, la comparación de medias indica que los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente iguales, pero el CIQA -02 y el convencional fueron diferentes.

En el último muestreo (1 de mayo) del peso seco de tallo, la comparación de medias indica que los tratamientos CIQA-01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente iguales, y los tratamientos CIQA -01 y el convencional fueron diferentes, pero en el convencional fue donde las plántulas obtuvieron mayor peso seco de tallo con 1.889 g, seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01 con 1.7720 g y 1.7077 g respectivamente.

En peso seco de tallo, los porcentajes de incremento del convencional con respecto al CIQA -02 y CIQA -01 fue de un 8.04% a 12.9% en la fecha del 10 de abril y el 17 de abril los incrementos del peso seco de tallo fue desde un 13.2% a 17.2%. Sin embargo en el tercer muestreo (24 de abril) el plástico convencional fue mayor en peso seco de tallo al CIQA -01 y CIQA -02 con 15.1% y 21.7%. En el muestreo del 1 de mayo, el convencional fue mayor de un 6.19% a 9.60% más de peso seco de tallo que el tratamiento CIQA -02 y CIQA -01. Los resultados de peso seco de tallo, muestran que el tratamiento convencional fue el tratamiento donde las plántulas obtuvieron mayor biomasa en el tallo en las 4 fechas de muestreo, seguido por el CIQA-02 y CIQA -01 en el primero, segundo y cuarto muestreo y en el tercer muestreo seguido por el CIQA -01 y CIQA -02. Estos resultados se deben a que el PE convencional con temperaturas de 32.64 a 35.86

° C en el invernadero haya mostrado mayor peso seco de tallo en las 4 fechas de muestreo.

#### **Peso seco de la raíz**

**En los resultados de la prueba de la comparación de medias DMS  $P \leq 0.05$ , (cuadro 3) se observa claramente que en el muestreo 10 de abril que el CIQA -01 fue donde las plántulas de obtuvieron mayor peso seco de raíz con 0.1581 g, seguido por el convencional y el CIQA -02 con 0.1232 y 0.1070 g respectivamente; pero estadísticamente los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron iguales.**

En el muestreo del 17 de abril, la comparación de medias indica que los tratamientos CIQA - 01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente iguales, el tratamiento convencional fue donde se obtuvo el mayor peso seco de raíz con 0.2558 g, seguido por el CIQA -02 con 0.2505 g y el CIQA -01 con 0.2498 g.

En el siguiente muestreo (24 de abril), todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales y en el último muestreo, los tratamientos CIQA -02 y el convencional fueron iguales, entre sí pero diferentes al CIQA -01. En este mismo muestreo, las plántulas obtuvieron mayor peso seco de raíz en el convencional con 0.5370 g, continuando el CIQA -01 con 0.4442 g y el CIQA -02 con 0.4416 g y en el último muestreo (1 de mayo) se obtuvo mayor peso seco de raíz en el

tratamiento CIQA -01 con 1.3783 g, seguido por el CIQA -02 con 1.1133 g y el convencional con 0.9630 g.

En los resultados de peso seco de la raíz en el muestreo del 10 de abril, se encontró que el CIQA -01 fue mayor en peso seco de raíz que el convencional, con 28.3% y el CIQA -02 fue menor de un 13.1% comparado con el convencional. En el muestreo del 17 de abril, el plástico convencional fue mayor en peso seco de la raíz con respecto al CIQA -02 y CIQA -01 con 2.07% A 2.34%. Por otro lado, en los resultados del muestreo del 24 de abril, los incrementos de peso seco de raíz en el plástico convencional con respecto al CIQA -01 y CIQA -02 fueron de 17.2% a 17.7% y en el último muestreo el incremento de esta variable del CIQA -01 fue de 43.1% comparado con el convencional y el incremento del CIQA -02 fue de 15.6% con respecto al convencional. En las evaluaciones 10 de abril y 1 de mayo de peso seco de raíz, el tratamiento que mejor respuesta tuvo fue el CIQA -01, seguido por el convencional y CIQA -01 en el primer muestreo y por el tratamiento CIQA -02 y el convencional en el último muestreo. Los resultados de peso seco de raíz, muestran que el tratamiento convencional fue el tratamiento donde las plántulas obtuvieron mayor biomasa en la raíz en las fechas de muestreo del 17 y 24 de abril, seguido por el tratamiento CIQA -02 y el CIQA -01 en el segundo muestreo y en el tercero seguido por el CIQA -01 y CIQA -02. Conforme se incrementa la temperatura, la tasa de elongación del tallo y la relación de peso seco brote: raíz también se incrementan (Kinet y Peet, 1997), esto concuerda con los resultados encontrados ya que la temperatura alcanzadas en el interior del invernadero oscilaron arriba de los 30° C en los tratamientos

CIQA -01, CIQA -02 y el convencional. La elongación inicial de la raíz y ramificación son mecanismos altamente dependientes de la temperatura, e incluso en Chile se altera directamente el estatus nutricional de plántulas al afectarse la absorción de nutrientes y el transporte de las raíces a los brotes (Dufault y Melton, 1990), esto se manifestó en el peso seco de la raíz que fue significativo en todos los tratamientos. Choe *et al* (1994) reportan que el área foliar y el peso seco de plántulas de Chile se incrementó conforme lo hizo la temperatura nocturna del aire y del suelo, similarmente se manifestó con el peso seco de la raíz.

#### **Peso seco total**

Concerniente a la variable del peso seco total, la comparación de medias muestra que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales en las 2 fechas de muestreo y en el último muestreo. En el tercer muestreo, la comparación muestra que los tratamientos CIQA -01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente iguales, pero el CIQA -02 y el convencional fueron diferentes.

Los resultados del primer muestreo, las plántulas obtuvieron mayor peso seco total en el convencional con  $0.4362 \text{ gr} \cdot \text{planta}^{-1}$ , seguido por el CIQA -01 y el CIQA -02 con  $0.4235$  y  $0.4166 \text{ gr} \cdot \text{planta}^{-1}$  respectivamente.

En la segunda fecha de muestreo, el mayor peso total se obtuvo en el convencional con  $0.9979 \text{ gr} \cdot \text{planta}^{-1}$ , continuándole el CIQA -02 con  $0.9028 \text{ gr} \cdot \text{planta}^{-1}$  y el CIQA -01 con  $0.8621 \text{ gr} \cdot \text{planta}^{-1}$ .

El mayor peso seco total de las plántulas en la tercera fecha de muestreo, se obtuvo en el convencional con  $2.6931 \text{ grplanta}^{-1}$ , seguido por el CIQA -01 con  $2.4403 \text{ grplanta}^{-1}$  y el CIQA -02 con  $2.3280 \text{ grplanta}^{-1}$ . Los resultados del último muestreo, indican que en el tratamiento CIQA -02 fue donde se obtuvieron el mayor peso seco total con  $6.4201 \text{ grplanta}^{-1}$ , seguido por el CIQA -01 y el convencional con  $6.1572$  y  $6.0545 \text{ grplanta}^{-1}$  respectivamente.

Los resultados del peso seco total, indican que el tratamiento convencional, fue donde se obtuvieron los valores mayores en las 3 primeras fechas de muestreo, seguido por el tratamiento CIQA -01 y el CIQA -02 en la primera y tercera fecha de muestreo y en el segundo muestreo seguido por el tratamiento CIQA -02 y CIQA -01. En el último muestreo, el tratamiento CIQA -01 fue donde se obtuvo mayor peso seco total de las plántulas, seguido por el CIQA -02 y el convencional. En el muestreo 10 de abril, el plástico convencional fue mayor en peso seco total con  $2.91\%$  y con  $4.49\%$  al CIQA -01 y CIQA -02 respectivamente. En la fecha 17 de abril, el convencional incrementó de  $9.53\%$  a  $13.6\%$  de peso seco total con respecto al tratamiento CIQA -02 y CIQA -01. En el siguiente muestreo 24 de abril, los porcentajes de incremento del convencional comparado con el CIQA -01 y CIQA -02 fue de  $9.38\%$  a  $13.5\%$  y el muestreo 1 de mayo el incremento de esta variable en el CIQA -01 y CIQA -02 fue de  $1.69\%$  y  $6.03\%$  comparado con el convencional.



Con respecto a las variables agronómicas: peso seco de hojas, tallo, raíz y peso seco total, se encontró que el CIQA -02 fue donde las plántulas obtuvieron mayor peso seco de hojas, seguido por el tratamiento convencional y CIQA -01 en el primer muestreo, en las variables peso seco de tallo y peso seco total, indican que el tratamiento convencional fue donde se obtuvo mayor biomasa en el tallo y peso seco, seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01 en peso seco de tallo y el tratamiento CIQA -01 y CIQA -02 en peso seco total, en el peso seco de raíz el tratamiento CIQA -01 fue donde se envió mayor biomasa a la raíz de las plántulas seguido por el convencional y CIQA -01 en la primera fecha de muestreo.

En la segunda fecha de muestreo las variables peso seco de hojas, tallo, raíz y peso seco total, obtuvieron mayor biomasa en el tratamiento convencional, seguido por el CIQA -02 y el CIQA -01. En lo que respecta al tercer muestreo de estas variables, se encontró que el tratamiento convencional fue donde las plántulas lograron acumular mayor biomasa de hojas, tallo, raíz y peso seco total, seguido por el tratamiento CIQA -01 y CIQA -02. Sin embargo en el último muestreo, en el tratamiento CIQA -02 fue donde se obtuvo mayor biomasa de hojas, seguido por el convencional y CIQA -01, en peso seco de tallo el tratamiento convencional fue donde se obtuvo mayor biomasa de esta variable seguido por el CIQA -02 y CIQA -01, con respecto a las variables peso seco de raíz y peso seco total en el último muestreo, el tratamiento CIQA -01 fue donde se obtuvo mayor biomasa de estas variables seguido por el tratamiento CIQA -02 y el convencional, esto fue por unas diferencias de pocos grados en la temperatura da lugar a cambios significativos en la tasa de crecimiento. Al respecto, Choe *et al*

(1998) señalan que el peso seco y el área foliar son mayores a 28°C, de aquí que quizás el PE CIQA –01 con temperaturas de 30.64 a 33.29°C, CIQA –02 con temperaturas de 31.07 a 32.07 °C y el convencional con temperaturas de 32.64 a 35.86°C en el invernadero, también hayan mostrado mayor área foliar e incluso con diferencias significativas. Otro aspecto a que se deben estos resultados es la reflexión de la luz que emiten los plásticos CIQA –01, CIQA –02 y el convencional, ello quizás ayuda a incrementar la tasa fotosintética y por lo tanto, causa mayor producción de materia seca en las plántulas de tomate.

### **Tasa de asimilación neta**

La tasa de asimilación neta es uno de los principales índices fisiológicos utilizados para medir la capacidad del área foliar para producir biomasa, ya que representa la cantidad que se acumula de esta por unidad de área foliar y unidad de tiempo. Frecuentemente es representada en  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$ .

En el cuadro 4 se muestra el análisis de varianza y comparación de medias de la tasa de asimilación neta para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Los análisis de varianza para la tasa de asimilación neta indican que en la fecha 10 abril – 17 de abril existen diferencias significativas entre tratamientos, en las siguientes evaluaciones 17 abril al 24 abril y 24 abril al 1 mayo, no hay diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes fechas de muestreo.

Se puede observar en la comparación de medias para el muestreo realizado el 10 abril - 17 abril, que el tratamiento CIQA -01 y CIQA -02 fueron estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al testigo. El testigo presenta el valor más alto de tasa de asimilación neta comparado con CIQA -01 y CIQA -02. El incremento de esta variable del testigo con respecto a CIQA -02 y CIQA -01 va desde un 15 hasta un 23 % más.

**Cuadro 4. Comparación de medias de tasa de asimilación neta para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.**

Tratamiento	Tasa Asimilación Neta ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$ )		
	10 abril - 17 abril/00	17 abril - 24 abril/00	24 abril - 1 mayo/00
CIQA -01	0.001140 b	.001117	0.000923
CIQA - 02	0.001169 b	.001135	0.001204
Convencional	0.001396 a	.001272	0.001072
C.V (%)	11.03	9.27	13.81
DMS	0.0002		
Sig.	*	NS	NS

\* : Diferencias significativas

NS: No significativas.

C.V : Coeficiente de variación.

DMS: Diferencia mínima significativa.

Los resultados anteriores parecen indicar que la capacidad fotosintética del dosel fue lenta como la producción de área foliar, debido principalmente al autosombreo que ocurre entre las hojas ubicadas en los diferentes estratos de la planta (Reta, 1986), y el incremento marcado del testigo con respecto al CIQA -02 y CIQA -01 en las fechas de muestreo (10 abril - 17 abril), pueden atribuírsele a

que los plásticos reflexivos colaboran para que las plantas cultivadas en estos tratamientos mantuvieran una capacidad fotosintética superior a los demás. Bruggink y Heuvelink (1987) reportan que una baja RFA de 400 a 300 J/cm<sup>2</sup>día<sup>-1</sup> redujo la tasa de asimilación neta en plantas de tomate, pepino y chile dulce cultivadas en invernadero, sin embargo, la tasa relativa de crecimiento permaneció casi sin cambio, debido a un incremento en la razón de área foliar (cm<sup>2</sup>/g).

Un análisis comparativo del crecimiento entre tomate y chile indican que este tiene un 25 % menos que el tomate. La más baja velocidad de crecimiento de chile, no es debido a la poca productividad por unidad de área foliar (tasa de asimilación neta), sino a una reducida producción de área foliar (Wien, 1997a). Shaheen *et al.* (1995) en plántulas de chile y tomate evaluaron diferentes intensidades luminosas e indican que conforme estas disminuyen, también lo hace la tasa de asimilación neta, el contenido de clorofila y el peso fresco y seco.

### **Tasa de crecimiento relativo de raíz**

En el cuadro 5 se muestra el análisis de varianza y comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de raíz para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

En tasa de crecimiento relativo de raíz, las fechas de muestreo se realizaron del 10 abril al 17 abril, 17 abril al 24 abril, 24 abril al 1 mayo, los resultados de los análisis de varianza muestran que en las fechas 10 abril – 17 abril, 24 abril – 1 mayo existen

diferencias significativas entre tratamientos pero no así en el muestreo 17 abril –24 abril. En la comparación de medias para la fecha de muestreo de 10 abril - 17 abril, se puede ver que el CIQA –01, CIQA -02 y el convencional fueron estadísticamente iguales, pero el CIQA –01 y el CIQA –02 fueron diferentes. El CIQA -02 fue el que obtuvo el valor más alto de tasa de crecimiento relativo de raíz con respecto al CIQA -01 y el convencional. El incremento de la tasa de crecimiento relativo de raíz del CIQA -02 con respecto al CIQA -01 que presentó el valor más bajo fue de 54%. Los incrementos de esta variable del CIQA -02 con respecto al convencional y el CIQA -01 fueron desde 16 hasta 46 % más respectivamente.

En la última determinación (24 abril - 1 mayo), el cuadro de comparación de medias muestra que el CIQA -01 y el CIQA -02 fueron estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al convencional. El CIQA -01 fue el que presentó el valor más alto de tasa de crecimiento relativo de raíz, con respecto al CIQA -02 y al convencional. Los incrementos de esta variable del CIQA –01, comparado con el CIQA -02 y el convencional fue de un 17 a 49 % más respectivamente.

Cuadro 5. Comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de raíz para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Tratamiento	Tasa crecimiento relativo raíz ( $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ )		
	10 abril – 17 abril/00	17 abril – 24 abril/00	24 abril – 1 mayo/00
CIQA -01	0.0674 b	0.08196	0.1583 a
CIQA -02	0.1233 a	0.08091	0.1320 a
Convencional	0.1048 ab	0.10620	0.0826 b
C.V. (%)	26.15	16.37	23.86
DMS	0.0412		0.0474
Sig.	*	NS	*

\* : Diferencias significativas  
 NS: No significativas.  
 C.V : Coeficiente de variación.  
 DMS: Diferencia mínima significativa.

En tasa de crecimiento relativo de raíz, en el muestreo de 10 abril – 17 abril, en el tratamiento CIQA –02 fue donde se encontró el valor más alto de tasa de crecimiento relativo de raíz, continuando el CIQA –01 y el convencional. En el muestreo (24 abril – 1 mayo), el CIQA –01 fue el que tuvo el valor más alto de esta variable, comparado con el CIQA –02 y el convencional. Conforme se incrementa la temperatura, la tasa de elongación del tallo y la relación de peso seco brote: raíz también se incrementan (Kinet y Peet, 1997), esto concuerda con lo encontrado ya que el tallo y la raíz fueron altamente significativos en el tratamiento CIQA-01, CIQA-02 y el convencional a temperaturas arriba de los 30°C. La elongación inicial de la raíz y ramificación son mecanismos altamente dependientes de la temperatura, e incluso en chile se alteran directamente el estatus nutrimental de plántulas al afectarse la absorción de nutrientes y el transporte de las raíces a los brotes (Dufault y Melton, 1990). Tsekleev y Stoilov

(1990) reportan que plántulas de tomate, bajo películas de polietileno fluorescente (Polysvetan) presentaron un crecimiento más vigoroso en una fase inicial, con un mejor sistema radical, tallos más delgados, más hojas y área foliar. Se encontró que la película convierte una proporción de la radiación UV. A rayos rojo/naranja, resultando en mejoras de las condiciones térmicas y lumínicas en el invernadero e incrementando la producción total del cultivo en un 23.4 % más que el PE de baja densidad o testigo.

### **Tasa de crecimiento relativo de tallo**

Los análisis de varianza para tasa de crecimiento relativo de tallo indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes fechas de muestreo (Cuadro 6).

También se observó en las fechas de muestreo como va disminuyendo la tasa de crecimiento relativo de tallo lo cual concuerda, con lo mencionado por Sivori y Montaldi que la tasa relativa de crecimiento es constante durante la fase inicial y a medida que aumenta la edad de la planta, ésta se va haciendo cada vez menor (Sivori y Montaldi, 1980). En tomate y crisantemo se encontró alta tasa de elongación del tallo durante la noche y baja durante el día, ya que alta irradiación en el día se manifiesta durante la siguiente noche (Bertran y Karlsen, 1994).

Cuadro 6 Comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de tallo para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

---

Tasa crecimiento relativo tallo ( $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ )

Tratamiento	-----		
	10 abril – 17 abril/00	17 abril – 24 abril/00	24 abril – 1 mayo/00
CIQA -01	0.009736	0.2143	0.1841
CIQA -02	0.09622	0.1967	0.2003
Convencional	0.10467	0.2111	0.1745
C.V. (%)	13.54	5.03	9.01
<b>DMS</b>			
Sig.	NS	NS	NS

NS: No significativas.

C.V : Coeficiente de variación.

DMS: Diferencia mínima significativa.

### Tasa de crecimiento relativo de hojas

Los análisis de varianza para la tasa de crecimiento relativo de hojas indican que para las fechas 10 abril – 17 abril, 17 abril – 24 abril no existen diferencias significativas entre tratamientos pero en la fecha del 24 abril–1 mayo si existen diferencias significativas entre tratamientos.

En el Cuadro 7 se muestra el análisis de varianza y comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de hojas para plántulas de tomate. Se puede observar en la comparación de medias para el muestreo realizado del 24 abril - 1 mayo, que el tratamiento CIQA -01 fue estadísticamente iguales con el convencional, pero diferentes al CIQA -02. El CIQA -02 es el que tuvo el valor más alto de tasa de crecimiento relativo de hojas. El incremento de esta variable de CIQA -02, comparado con CIQA -01 y el convencional fue desde un 27% a un 28.7% más respectivamente.



**Cuadro 7. Comparación de medias de tasa de crecimiento relativo de hojas para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.**

Tratamiento	Tasa crecimiento relativo hojas ( $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ )			DMS	Sig.
	10 abril – 17 abril/00	17 abril – 24 abril/00	24 abril – 1 mayo/00		
CIQA -01	0.1248	0.1570	0.0999 b		
CIQA -02	0.1091	0.1404	0.1273 a		
Convencional	0.1272	0.1363	0.0989 b		
C.V. (%)	15.50	9.54	13.85	0.0241	
	NS	NS	*		

\* : Diferencias significativas.  
 NS: No significativas.  
 C.V: Coeficiente de variación.  
 DMS: Diferencia mínima significativa.

#### Área foliar específica

En el Cuadro 8 se muestra el análisis de varianza y comparación de medias del área foliar específica, se muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes fechas de muestreo y la comparación de medias fue estadísticamente igual entre CIQA – 01 y CIQA –02 y diferente al convencional en la fecha de muestreo del 10 abril – 17 abril. Pero diferencias estadísticas se presentaron entre el CIQA –01 y CIQA –02 en los siguientes muestreos. Los plásticos CIQA –01 y CIQA –02 registraron un incremento del 16% y 11 más respectivamente comparados con el convencional en la primera fecha, 25% y 5.5% en la segunda fecha y 30% y 5.3% en la última fecha.

Cuadro 8. Comparación media de área foliar específica para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Tratamiento	Área foliar específica (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		
	10 abril – 17 abril/00	17 abril – 24 abril/00	24 abril – 1 mayo/00
CIQA -01	162.83 a	215.20 a	257.39 a
CIQA -02	156.02 a	191.82 b	208.54 b
Convencional	139.49 b	181.75 b	197.93 b
C.V. (%)	4.56	3.32	3.20
DMS	11.15	10.41	11.32
Sig.	*	*	*

\* : Diferencias significativas.

C.V : Coeficiente de variación.

DMS: Diferencia mínima significativa.

Los valores de área foliar específica en todos los tratamientos se fueron incrementando con respecto al tiempo, indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de muestreo. Se pudo observar que en todas las fechas de muestreo las plántulas de tomate bajo el efecto del plástico CIQA -01, tuvieron los valores más altos de área foliar específica seguido por el CIQA -02 y el convencional. En el cultivo de chile, el crecimiento en su fase vegetativa fue mucho mayor en temperaturas de 25 – 27 °C en el día y 18 –22 °C en la noche. Temperaturas más bajas reducen la productividad futura al incrementar el peso específico foliar, además de que disminuyen la relación de área foliar al peso seco total de la planta. La materia seca total y el área foliar se optimizan a temperaturas medias de 20 – 22°C de

temperatura media, y decaen fuera de este rango (Wien, 1997 b). Con los resultados obtenidos se encontró que el área foliar se va incrementando con respecto al tiempo en los tratamientos CIQA –01, CIQA –02 y el convencional, aunque las plántulas de tomate obtuvieron mayor área foliar específica en el tratamiento CIQA –01 con respecto a los demás tratamientos, esto se debe a que las temperaturas inferiores y superiores alcanzadas en el interior del invernadero oscilaron entre 30.64°C y 33.29°C y en los demás tratamientos CIQA –02 y el convencional alcanzaron temperaturas inferiores dentro del invernadero de 31.07 y 32.64 °C respectivamente, y temperaturas superiores de 32.07 y 35.86°C., lo cual estos resultados son totalmente contrario con lo que menciona Wien (1997b). Al respecto Choe *et al.* (1988) evaluaron la temperatura e intensidad luminosa sobre la calidad de plántulas de *Capsicum annuum L.* en la etapa de transplante. Encontraron que el peso seco y área foliar fueron mayores a 28 °C y 33.5 klux de luz y la mayor tasa fotosintética fue a 23 °C. Choe *et al.* (1994) reportan que el área foliar y el peso seco de plántulas de chile se incrementó conforme lo hizo la temperatura nocturna del aire y del suelo, similarmente se manifestó con el peso seco de la raíz.

### **Razón de área foliar**

En el Cuadro 9 se muestra el análisis de varianza y comparación de medias de razón de área foliar. Los análisis de varianza para la razón de área foliar indican que existen diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes fechas de muestreo. Se puede observar en la comparación de medias para el muestreo realizado del 10 abril al 17 abril,

que los tratamientos CIQA -01 y CIQA -02 fueron estadísticamente iguales, pero el CIQA -02 y el convencional fueron diferentes. El CIQA -02 fue el que presentó el valor más alto de razón de área foliar, el incremento de razón de área foliar de CIQA -02, con respecto a CIQA -01 y el convencional varió desde un 6% hasta un 13% más respectivamente.

Cuadro 9. Comparación de medias de razón de área foliar para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Tratamiento	Razón área foliar (cm <sup>2</sup> . g <sup>-1</sup> )		
	10 abril – 17 abril/00	17 abril – 24 abril/00	24 abril – 1 mayo/00
CIQA -01	88.92 ab	130.65 a	144.73
a			
CIQA -02	94.35 a	117.36 b	
122.40 b			
Convencional	83.21 b	109.99 c	111.17
c			
C.V. (%)	5.24	3.60	4.71
DMS	7.44	6.86	9.50
Sig.	*	*	*

\* : Diferencias significativas.

C.V : Coeficiente de variación.

DMS: Diferencia mínima significativa.

**En el siguiente muestreo (17 abril – 24 abril), el CIQA -01 fue el que tuvo el valor más alto de razón de área foliar, siendo estadísticamente diferente a CIQA -02 y al convencional. El incremento en razón de área foliar del tratamiento CIQA -01, con respecto al CIQA -02 y el convencional fue de 11% hasta un 17 % más respectivamente.**

En el último muestreo (24 abril – 1 mayo), el cuadro de comparación de medias muestra que todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes y el análisis de varianza para esta variable nos indica que existen diferencias significativas entre tratamientos. Las plántulas de tomate bajo el efecto del plástico CIQA –01, fue el que tuvo el valor más alto de razón de área foliar, el incremento de razón de área foliar de las plántulas de tomate en el tratamiento CIQA –01 con respecto a los otros dos tratamientos fue de 16 % hasta 24 % más respectivamente.

La razón de área foliar en las fechas de muestreo se fue incrementando en todos los tratamientos, estos resultados se deben a que en el tratamiento CIQA –01 se alcanzaron temperaturas inferiores de 30.64 °C y temperaturas superiores de 33.29°C, en el interior del invernadero lo cual se manifestó en la razón de área foliar de las plántulas de tomate y respecto a los demás tratamientos CIQA –02 y el convencional las temperaturas oscilaron en el interior del invernadero para el CIQA –02 de 31.07 a 32.07°C y para el convencional las temperaturas fueron de 32.64 a 35.86°C, por lo cual se manifestó en el área foliar específico con los demás tratamientos que fueron significativos y el peso seco de la raíz que fue significativo en el último muestreo en los tratamientos CIQA –01, CIQA –02 y el convencional, con lo cual concuerda con lo que reporta Choe *et al.* (1994) reportan que el área foliar y el peso seco de las plántulas de chile se fue incrementando conforme lo hizo la temperatura nocturna del aire y del suelo, similarmente se manifestó con el peso seco de la raíz.

## Razón de peso foliar

En el Cuadro 10 se muestra la comparación de medias de la razón de peso foliar para plántulas de tomate con tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Los análisis de varianza para razón de peso foliar indican que existen diferencias significativas entre tratamientos en los muestreos realizados del 10 abril - 17 abril y 24 abril - 1 mayo, y para la fecha 17 abril - 24 abril no existen diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 10. Comparación de medias de razón de peso foliar para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Tratamiento	Razón peso foliar		
	10 abril - 17 abril/00	17 abril - 24 abril/00	24 abril - 1 mayo/00
CIQA - 01	0.5459 b	0.6069	0.5621 b
CIQA -02	0.6048 a	0.6119	0.5868 a
Convencional	0.5971 a	0.6052	0.5612 b
C.V. (%)	3.18	1.80	1.86
DMS	0.0297		0.0170
Sig.	*	NS	*

\* : Diferencias significativas

NS: No significativas.

C.V : Coeficiente de variación.

DMS: Diferencia mínima significativa

Se puede observar en la comparación de medias para el muestreo realizado del 10 abril - 17 abril, que el tratamiento CIQA -02 y el convencional

fueron estadísticamente iguales pero diferentes a CIQA -01. El CIQA -02 fue el que tuvo el valor más alto de razón de peso foliar con respecto al convencional y al CIQA -01, con un incremento que va desde 2 hasta 11 % más respectivamente.

En el muestreo realizado del 24 abril - 1 mayo, las plántulas de tomate bajo el efecto del plástico CIQA -02, fue el que tuvo el valor más alto de razón de peso foliar con respecto al CIQA -01 y el convencional, la comparación de medias muestra que CIQA -01 y el convencional fueron estadísticamente iguales, pero diferentes a CIQA -02. El incremento de la razón de peso foliar del CIQA -02 con respecto al CIQA -01 y el convencional fue del 5 % y 6% respectivamente.

#### **Coeficiente de partición de biomasa de raíz, tallo y hojas.**

**El coeficiente de partición de biomasa se evaluó en 4 fechas de muestreo, (Cuadro 11) los resultados de los análisis de varianza para los primeros dos muestreos, muestran diferencias significativas para CPB raíz, CPB hojas y en el análisis de varianza de CPB de tallo no hay diferencias significativas. En el tercero y cuarto muestreo, los resultados de análisis para el CPB de hojas y de tallo muestran diferencias significativas pero no así en el de raíz.**

Cuadro 11. Comparación de medias de coeficiente de partición de biomasa de raíz, tallo y hojas para plántulas de tomate bajo tres tratamientos de películas plásticas en invernadero.

Tratamiento	Fechas de muestreo	CPB raíz	CPB tallo	CPB hojas
CIQA-01	10/abr./00	0.3712 a	0.1256	0.5030 b
CIQA -02		0.2565 b	0.1346	0.6088 a
Convencional		0.2830 b	0.1395	0.5773 b
C. V. (%)		14.21	5.23	6.83
DMS		0.0690		0.0615
Sig.		*	NS	*
CIQA -01	17/abr./00	0.2896 a	0.1215	0.5888 b
CIQA-02		0.2775 a	0.1214	0.6008 ab
Convencional		0.2563 b	0.1268	0.6168 a
C. V. (%)		4.66	5.23	2.11
DMS		0.0205		0.0203
Sig.		*	NS	*
CIQA -01	24/abr./00	0.1818	0.1927 b	0.6252 a
CIQA -02		0.1900	0.1868 b	0.6230 a
Convencional		0.1999	0.2063 a	0.5936 b
C. V. (%)		6.86	3.80	2.43
DMS			0.0119	0.0238
Sig.		NS	*	*
CIQA -01	01/may./00	0.2227	0.2781 b	0.4990 b
CIQA -02		0.1735	0.2756 b	0.5507 a
Convencional		0.1592	0.3119 a	0.5288 ab
C. V. (%)		19.29	6.32	4.37
DMS			0.0292	0.0368
Sig.		NS	*	*



\* , NS: Diferencias significativas, No significativas, respectivamente.

C.V, DMS : Coeficiente de variación, Diferencia mínima significativa, respectivamente

En partición de biomasa de raíz, se encontró que la proporción de raíz de las plántulas de tomate se va disminuyendo en todos los tratamientos, siendo de un 37.12% para el CIQA-01, 25.65% para el CIQA -02 y 28.30% para el convencional en el muestreo del 10 de abril, hasta un 22.27% para el CIQA -01, 17.35% para el CIQA -02 y 15.92% para el convencional. Podemos observar que el tratamiento CIQA -02 va aumentando la proporción de raíz hasta el segundo muestreo y va disminuyendo a partir del tercer muestreo.

En lo que se refiere al coeficiente de partición de biomasa de tallo, podemos observar que la proporción de tallo se va incrementando en todos los tratamientos, de 12.56% para el CIQA -01, de un 13.46% para el CIQA -02 y 13.95% para el convencional, hasta un 27.81% para el CIQA -01, 27.56% para el CIQA -02 y de 31.19% para el convencional en la fecha de muestreo 1 de mayo. También se encontró que el coeficiente de partición de tallo va disminuyendo en todos los tratamientos hasta el muestreo del 17 de abril, comparado con el primer muestreo, pero va aumentando la proporción de raíz de las plántulas de tomate en todos los tratamientos a partir del muestreo 24 de abril.

Un aspecto que se puede observar y que ocurre en todos los tratamientos, es que la proporción de hojas se fue incrementando en todos los tratamientos hasta el tercer muestreo, siendo de un 50.30% para el CIQA -01, hasta un 60.88% para el CIQA -02 y 57.73% para el convencional en la fecha de muestreo 10 de abril, hasta un 62.52% para el

CIQA -01, 62.30% para el CIQA -01 y 59.36% para el convencional y para el muestreo 1 de mayo va disminuyendo el coeficiente de partición de biomasa de hojas en el tratamiento CIQA -01, CIQA -02 y el convencional lo que significa que la partición de biomasa no es constante sino que se va modificando probablemente en función de la demanda del cultivo. Así mismo dentro de los tratamientos CIQA -02, convencional y CIQA -01 se observa que en los tratamientos donde inicialmente la proporción de hojas fue mayor, al final fue disminuyendo la proporción de hojas.

## **CONCLUSIONES**

Las películas para invernadero evaluados CIQA –01 y CIQA –02, alteraron el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate con respecto a la película comercial, lo cual se manifestó en la raíz, tallo, área foliar y en el peso seco, así como en tasa de asimilación neta, coeficiente de partición de biomasa, razón de área foliar y en las tasas de crecimiento relativo.

Las películas “termorreguladoras” CIQA –02 y CIQA –01 con respecto a la convencional modificaron la cantidad de radiación recibida en el interior de los invernaderos, mostrando una transmitancia de la radiación fotosintéticamente activa de 58% para CIQA -02 y 43% para CIQA -01; en cambio en el plástico convencional fue de 61%, con respecto a la radiación PAR del exterior de los invernaderos.

Las películas “termorreguladoras” CIQA –01, CIQA –02 y el convencional presentaron el mismo comportamiento o fluctuaciones en la radiación y la temperatura, pero las temperaturas en los invernaderos con las películas CIQA –01 y CIQA –02 fueron sensiblemente menores que en el invernadero cubierto con la película comercial.

## **RESUMEN**

Se estudió el efecto de cubiertas plásticas con aditivos reflejantes sobre la radiación y temperatura internas del invernadero, así como sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate. Se utilizaron dos películas experimentales (CIQA -01 y CIQA-02) y una película de polietileno convencional como testigo. Cada una se colocó en un invernadero tipo capilla de 180 m<sup>2</sup>. Se midió la radiación total, la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y la temperatura a dos alturas, dentro y fuera del invernadero. Como variables de respuesta de las plántulas se determinó: Altura, número de hojas, diámetro de tallo, peso seco de hojas, tallo, raíz y peso seco total, tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento relativo de raíz, tallo, hojas, área foliar específica, razón de área foliar, razón de peso foliar, coeficiente de partición de biomasa de raíz, tallo y hojas. La transmitancia a la RFA fue de 61 por ciento para el testigo y de 58 y 43 por ciento para CIQA-02 y CIQA-01. Así mismo, las películas CIQA -02 y CIQA -01 dieron lugar a temperaturas menores en 1.5 y hasta 5 °C, respectivamente.

En la tasa de asimilación neta, el convencional es el que presenta el valor más alto de esta variable en el muestreo 10 abril – 17 de abril con respecto a los tratamientos CIQA -02 y CIQA -01. La tasa de crecimiento relativo de raíz, el CIQA -02 y el CIQA -01 tienen los valores más altos en las fechas de muestreo, en el tallo podemos observar como van disminuyendo la tasa de crecimiento relativo de tallo y en las hojas el CIQA -02 fue el que tuvo el valor más alto de esta variable en las fechas de muestreo 24 abril – 1 mayo.

Se observa en el área foliar específica, el CIQA -01 tuvo los valores más altos de esta variable seguido por el CIQA-02 y el convencional. Los valores de esta variable indican que existen diferencias significativas entre tratamientos en las fechas de muestreo. En los valores de razón de área foliar existen diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes fechas de muestreo, el CIQA -02 fue el que tiene el valor más alto de razón de área foliar en el primer muestreo y el CIQA -01 en los últimos dos muestreos. En los valores de razón de peso foliar, el CIQA -02 tuvo el valor más alto de razón de peso foliar con respecto a los demás tratamientos en las fechas de muestreo.

En el coeficiente de partición de biomasa de raíz, tallo y hojas los resultados nos indican que existen diferencias significativas entre tratamientos en las fechas de muestreo. El CIQA -0 fue el que tuvo los valores más altos de CPB raíz, el convencional tuvo el valor más alto de CPB tallo y el CIQA -02 el valor más alto de coeficiente de partición de biomasa de hojas. La radiación y temperatura, alteraron el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate lo cual se manifestó en la altura, hojas, diámetro de tallo, área foliar y en el peso seco.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abak, K., A. Bascetincelik, N. Baytorun, O. Altuntas and H.H. Ozturk. 1994. Influence of double cover and thermal screens on greenhouse temperature, yield and quality of tomato. *Acta Hort.* 366: 149-154.
- Abdul-Baky, A.. 1991. Tolerance of tomato cultivars and selected germoplasm to heat stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 1113-1116.
- Agroguías.1999c. Generalidades sobre invernaderos. Internet. <http://www.agroguías.com>.
- Alisedo, M.A. 1999. Chile y tomate. *Rev. Productores de Hortalizas*. Publicación periódica. Agosto. pp. 14-15.
- Aloni, B., T. Pashkas; Lokami. 1991. Nitrogen supply influences carbohydrate partitioning of pepper seedlings end transplant development. *J. Amer. Soc. Hort Sci.* 116: 995 – 999.
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1991. Cultivo en Invernadero. Orientación Científica y Tecnológica. 3a ed. Ed. Mundi Prensa. España. 347 p.
- Antonio, F.M., A.M. Silva and R. Rui. 1994. Solar irradiation inside a single-span greenhouse with shading screens. *J. Agric. Engng Res.* 59: 61-72.
- Barr, H. S. 1998. Invernaderos; la solución para producir y cosechar todo el año. *Rev. Hortalizas, Frutas y Flores*. Abril. pp 7 – 11.
- Bertran, L. and P. Karlsen. 1994. Patterns in stem elongation rate in chrysanthemum and tomato plants in relation to irradiance and night temperature. *Sci. Hort.* 58:139 – 150.
- Benavides, M.A; R. Maiti K., G. Terán E.. 1993. El balance espectral de la radiación y la fotomorfogénesis y productividad de los vegetales. Monografía técnica. Centro de Investigación en Química Aplicada. 46 p.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1992. Ecological vegetable with plastics. *Rev. Plast.* No. 95. Belgique.
- Bretones, C.F.. 1995. Producción hortícola bajo invernadero: tomate, pimiento y pepino. In: Memoria del Simposium Internacional de Tecnologías Agrícolas con Plásticos. 5-7 de octubre de 1995. León, Guanajuato, México. pp. 10-23.
- Bringas, L.. 1998. Tiempos de invernadero. *Rev. Productores de Hortalizas*. Publicación periódica. Agosto. pp. 32-35.

- Bruggink, G.T. and E. Heuvelink. 1987. Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: effects on relative growth rate, net assimilation, rate and leaf area ratio. *Sci. Hort.* 31: 161-174.
- Castaños, C.M.. 1993. *Horticultura: Manejo Simplificado*. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección General del Patronato Universitario. Chapingo, México.
- Cebula, S. 1992. The effect of sowing and planting dates on the growth and yields of sweet pepper in greenhouse conditions. *Folia Horticulturae*. 4: 2, 15 – 23.
- Cebula, S. 1995. Black and transparent plastic mulches in greenhouse production of sweet pepper. Conditions and vegetative growth of plants. *Folia Horticulturae*. 7:2 – 8.
- Cerny, A.T., N.C. Rajapakse and O.Y. Ryu. 1999. Recent development in photosensitive greenhouse covers. In: *Proc. Nat. Agric. Plastics Congress*. American Society for Plasticulture. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. pp. 75-80.
- Cockshull, K.E., C.J. Graves and C.R.K. Cave. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J.Hort. Sci.* 67 (1): 11 – 24.
- Charles, W.B., R.E. Harris. 1972. Tomato fruit set at high and low temperature. *Can. J. Plant Sci.* 52: 497-506.
- Choe, J.S., W. S, Lee. M. Nagaoka, G. Dakahaski, S.C. Joo and S.L. Woo. 1988. The effect of temperature and light intensity during the nursery stage on *Capsicum annuum* seedling quality. *Research Reports of the Rural Development Administration Horticulturae*. 30(3): 1-15.
- Choe, Y.C. Um, K.H. Kang and W.S. Lee. 1994. The effects of night temperature and duration of the nursery period on the quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings. *J. Of the Korean Soc. for Hort. Sci.* 35 (1): 1-11.
- Chung, S.J., B.R. Oh and B.S. Seo. 1991. A study of leaf structure and growth potential as affected by blue color removing (BCR) film in protected cultivation of red pepper seedlings. *J. of the Korean Soc. for Hort. Sci.* 2 (3): 286-291.
- David P.P; Nelson P.V; Sanders D.C. 1994 A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*. 17: 1, 173 – 184.

- Decoteau, D.R and H.H. Friend. 1991a. Growth and subsequent yield of tomatoes following end of day light treatment of transplants. HortSci.. 26 (12): 1528-1530.
- Decoteau, D.R and H.H. Friend. 1991c. Plant responses to wavelength selective mulches and row covers: A discussion of lighth effects on plants. Proc. Nat. Agr. Plastics Congress. American Society for Plasticsulture. Mobile, Alabama. Sep. 29-Oct.3, 1991. pp: 46-51.
- Dieleman, J.A and E. Heuvelink. 1992. Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in tomato. J. Hort. Sci.. 67 (1): 1-10.
- Dumas, Y.. 1990. Interrelation of linear measurements and total leaf area or dry matter production in young tomato plants. Advances in Horticultural Science. 4 (3): 172-176.
- Dufaul, R.J; Schultheis, J.R. 1994. Bell pepper seedling growth and yield following pretransplant nutritional conditioning. Hort. Science. 29: 9, 999 – 1001.
- Dufault, R.J. and R.R. Melton. 1990. Cyclic cold stresses, fresh market, yield or quality. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 559-563.
- Edmond, J.E. Senn, T.L y Andrews, F.S. 1984. Principios de Horticultura. 7<sup>a</sup> Edición, Editorial Continental, México.
- Espi, E., A. Salmerón, C. Tamayo, M. Ortiz L. y F. Laborda. 1997. Filmes Fotoselectivos Anti plagas para Cubierta de Invernadero. Repsol, S.A.. Dirección General de Tecnología. Embajadores 193. Madrid, España. s/p.
- Gálvez, L.J.. 1999. Producción bajo invernadero. Rev. Productores de Hortalizas. Publicación periódica. Agosto. pp. 14-21.
- Gómez, B. J.G. 1998. Insumos de calidad: plántulas de calidad. Rev. Hortalizas, Frutas y Flores. Publicación periódica. Abril 1998. pp. 22-24.
- Guttormsen, G.. 1990. Effect of various types of floating plastic films on the temperatures and vegetable yield. Acta Hort. 267: 37-44.
- Guzmán, P.M. y A. Sánchez. 2000. Sistema de explotación y tecnología de producción. En: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto. Guadalajara, Jal., México. pp. 64-94.
- Guzmán, P.M.. 2000. Respuesta fisiológica y control ambiental. En: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de



Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto. Guadalajara, Jal., México. pp. 44-63.

Hernández, H.M.J. 1998. Producción de plántulas de cuatro especies hortícolas utilizando el sistema de flotación en soluciones hidroponicas. Tesis Profesional. Depto. de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 92 p.

Hochmuth, J.G. and B.C. Hochmuth. 1991. Current status and trends of the greenhouse vegetable industry in Florida. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Mobile, Alabama. Sep. 29 Oct. 3, 1991. pp. 88-91.

Infoagro. 2000. Cubiertas para invernadero. Internet. www. Infoagro.com.

Jovicich, E.,D.J. Cantliffe and G.J. Hochmuth. 1999. Plant density and shoot pruning on yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in North Central Florida. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida .pp. 184-190.

Kapésbauer. 1987. Far red reflection from green leaves an effects on phytochrome - mediated assimilate partitioning under fiel conditions. *Plant Physiology*. 85: 350 - 354.

Kinet, J.M. and M.M. Peet. 1997. Tomato. In: *The Phisiology of Vegetable Crops*. Cap. 4. Editor H.C. Wien. Editorial CAB International. pp. 101-179.

Krug, H.. 1997. Enviromental influences on development, growth and yield. In: *The Phisiology of Vegetable Crops*. Cap. 4. Editor H.C. Wien. Editorial CAB International. pp. 101-179.

Kinet, J.M.. 1977. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. *Sci. Hort*. 6: 15-26.

Lambers, H.F. Posthumus, I. Stulen, L. Lanting. S.J. Von de D, J. K; R. Hofstra. 1981. Energy metabolism of plantago major as dependent on the nutrient supply. *Physiol. Plant*. 51: 245 – 252.

Latimer, J.G., and R.B. Beverly. 1993. Mechanical conditioning of greenhouse-grown transplants. *HortTech*. 3(4): 412-414.

Lee, D.W., R. Bone, S. Tarsis and P.S. Nobel. 1990. Correlates of leaf optical properties in tropical forest extreme shade and sun plants. *Amer. J. Bot.* 77: 370-380.

Lee, D.W; S.F. Oberbauer, P.Johnson, B. Krishnapilay, M. Mansor, H. Mohamad and S.K. Yap. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf

- structure and function in seedlings of two southeast asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. *Amer. J. Bot.* 87(4): 447-455.
- Leskovar, D.I. and D.J. Cantliffe. 1991. Tomato transplant morphology affected by handling and storage. *Hort Science* 26: 1377 – 1379.
- Leskovar, D.I. and D.J. Cantliffe. 1992. Pepper seedling growth response to exogenous abscisic acid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 (3): 389 – 393.
- Leskovar, D.I. and D.J. Cantliffe. 1993. Comparison of establishment method, transplant, or direct – seeding on growth and yield of bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 17 – 22.
- Leskovar, D.I.; D.J. Cantliffe; P.J. Stoffella. 1990. Early transplant growth in relation to fruit yield in tomato. *Hort Sci* 25: 140
- Leskovar, D.I.; D.J. Cantliffe; P.J. Stoffella. 1994. Transplant production systems influence growth and yield of fresh marleaf tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 662 – 668.
- Leskovar, D.I. and P.J. Stoffella. 1995. Vegetable seedling root systems: morphology, development, and importance. *HortSci.* 30(6): 1153-1159.
- Leskovar, D.I.; R.R. Heineman. 1994. Greenhouse irrigation systems affect growth of 'TAM – Mild Jalapeño –1' pepper seedlings. *Hort Science* 29:1470 – 1474.
- Li, T.L., P. Wang and H. XU. 1997. Effects of night temperature at the seedling stage on the occurrence of malformed tomato fruit. *China Vegetables.* 2: 1-6.
- Liptay, A. and Edwards, D. 1994. Tomato seedling growth in response to variation in root container shape. *Hort Science.* 29 (6): 633 -635.
- Liptay, A; S. Nicholls ; P. Sikkema.1992. Optimal mineral nutrition of tomato transplant in the greenhouse for maximum performance in the field In: International Symposium on Transplant Production Systems. Biological, Engineering and Socioeconomic Aspects. Yokohama, Japan 21-26 July, 1992. Pp 489-492.
- Loustalot, L. M.E. 1998. Producción de plántulas con alta tecnología en invernadero. *Rev. Hortalizas, Frutas y Flores.* Publicación periódica. Abril de 1998. pp. 16-20.
- Markovic V; Djurovsk M; Illin Z; Jevtic S. Lazic B.1997 The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics. Volume 1. *Acta - Horticulturae.* No 462, 163.

- Matallana G., A. y J.I. Montero C. 1995. Invernaderos: Diseño, Construcción y Climatización. 2ª ed.. Ed. Ediciones Mundi Prensa. México. 209 p.
- McAvoy, R.J. and H.W. Janes. 1990. Cumulative light effects on growth and flowering of tomato seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(1): 119- 122.
- Minero, A.A. 1998. Producción y manejo de trasplantes. II. Sustratos, fertilización y riego. Rev. Productores de Hortalizas. Publicación periódica. Agosto de 1998. pp 14 – 21.
- Moens, F.. 1991. The use of surface active additives as anti-fog agents in agricultural films. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Mobile, Alabama. Sep. 29 Oct. 3, 1991. pp. 188-195.
- Morone, F.I., L. Mancini, V. Ovello and N. Prencipe. 1995. Horticultural crops, relationship between transplanting and yield. Colture Protette. 24 (10): 67-74.
- Navarrete, M; B. Jeannequin and M. Sebillote. 1997. Vigour of greenhouse tomato plants (*Lycopersicon esculentum Mill.*): analysis of the criteria used by growers and search for objective criteria. J. Hort. Sci. 72(5): 821-829.
- Nederhoff, E.M.. 1994. Photosynthesis of stand of tomato, cucumber and sweet pepper measures in greenhouse under various CO<sub>2</sub> concentrations. Rev. Ann. of Bot. 73( ): 353-361.
- Ne Smith, D.S. 1993. Transplant age influences summer squash growth and field. Hort Science. 28 : 618 - 620.
- Nicola, S; Basoccu, L; Serra, G; Tognoni, F; Leoni, S. 1994. Pretransplant nutritional conditioning affects pepper seedling growth and yield. Acta Horticulturae. No 361, 519 – 526.
- Noto, G. and G. Lamalfa. 1986. Flowering of tomato in relation to pre-planting low temperatures. Acta Hort. 191: 275-280.
- Ohta, K., T. Osoki and N. Ito. 1994. Studies on yields and fruit qualities in cherry tomato cv. Sun Cherry grown under low temperature and low irradiance conditions. Bulletin of the Faculty of Agriculture. 28: 1-4.
- Petrevska, J.K. Popsimonova G. Jectic S; Lazic B. 1997. The influence of the type of substrate on growth and development of tomato transplants. Volume 2. Acta Horticulturae. No 462, 659 – 662.
- Pilati, R.A. y J. Favaro C.. 1999. El cultivo del pimiento bajo invernadero. Internet. <http://www.agroguias.com>.

- Quiroga, CH.O.A. 1992. Análisis de senderos para características relacionadas con resistencia a sequía en 12 genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 173 p.
- Reta S., D.G. 1986. Crecimiento y aprovechamiento de la energía solar en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en asociación con maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Méx.
- Rozek, S., W. Ady and J. Yczkowski. 1991. Growing of greenhouse tomato from seedlings at different stages of development at various temperatures of the air and nutrient solution. II. Leaf size and content of photosynthetic pigments. *Folia Hort.* 3 (3): 81-95
- Ryu, O.Y., M.O. Kohgo, M. Iwata, S. Ikado. 1999. Practical approach for photoslective plastics. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticsulture. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. p.80.
- Salisbury, B.F.; C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Grupo Editorial Iberoamérica. p. 539.
- Santiago, L., M. Mendoza and F.E. Borrego. 1998. Evaluation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse conditions: phenological and physiological criteria. *Agronomía Mesoamericana.* 9(1): 59-65.
- Santos, H.A. L. 1994. El uso de Plásticos en la Agricultura. Tesis Profesional. U.A.Ch. Depto. de Irrigación. Chapingo. México. 188 p.
- Shaheen, A.M.,R.M. Helal, N.M. Omar and A. Mahmoud. 1995. Seedling production of some vegetables under plastic houses at different levels of light intensities. *Egyptian J. of Hort.* 22 (2): 175-192.
- Sitheswary, L. and H. W. Janes. 1992. Light duration effects on carbon partitioning and translocation in tomato. *Sci. Hort.* 52: 19-25.
- Sivori M.,E y E. Montaldi R. 1980. Fisiología vegetal. Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina.
- Splittstoesser W.E. and J.E. Brown. 1991. Current changes in plasticulture for crop production. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. Amer. Soc. for Plast.. Mobile, Alabama. Sep. 29 Oct. 3, 1991. pp. 241-253.
- Tognoni, F.. 2000a. Temperatura. En: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la

- Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp. 12-27.
- Tognoni, F. 2000b. Necesidades hídricas de la planta En. Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.) 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp 28-37.
- Tognoni F. 2000c. Radiación. En: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp. 38-43.
- Tsekleev, G. And S. Stoilov. 1990. Fluorescent film for the cultivation of tomatoes in Bulgaria. *Plast.* 86 (2): 47-51.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. Octava reimpresión. México. 298 p.
- Vallejos, C.E. and R.W. Pearcy. 1987. Differential acclimation potential to low temperature in the species of *Lycopersicon*. *Photosynthesis and growth.* *Can. J. Bot.* 65: 1303-1307.
- Vargas, C.S. 1974. Efecto de temperatura y distancia de plantación en pegamento de fruto de tomate, en Apodaca N.L. ITESM, Monterrey, N.L., México.
- Vavrina C.S; Hochmuth G.J; Cornell J.A, Olson S.M.1998 Nitrogen fertilization of Florida-grown tomato transplants: seasonal variation in greenhouse and field performance. *Hort Science.* 33: 2, 251 – 254.
- Vavrina, C.S. and Orzolek, D.M. 1993. Tomato transplant age: A review. *Hort Technology.* 3(3): 313 - 316.
- Verhaegh, A.P.. 1981. The influence of insulation techniques on crop production and profitability in the Dutch glasshouse industry. *Acta Hort.* 115: 453-465.
- Weiss, D.. 1995. Cubiertas de plástico para invernadero como filtro lumínico para controlar el desarrollo vegetativo. En: Memoria del Simposium Internacional de Tecnologías Agrícolas con Plásticos. 5-7 de octubre, 1995. León, Gto.. México. pp. 102-104.
- Weston, L.A.; Zandstra B.H.. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. *HortScience.* 24 (1): 88-90.

- Widders, I. E.; Garton, R.W. 1992. Effects of pretransplant nutrient conditioning on elemental accumulation in tomato seedlings. *Scientia Horticulturae*, 52: 9-17.
- Wien, H.C. 1997a. Transplanting. In: *The Physiology of Vegetable Crops*. Cap. 2. Editor H.C. Wien. Editorial CAB International. pp. 37-69.
- Wien, H.C. 1997b. Peppers. In: *The Physiology of Vegetable Crops*. Cap. 7. Editor H.C. Wien. Editorial CAB International. pp. 259-293.
- Wu, W.S. and C.H.Wu. 1992. Effects of double-layered plastic greenhouse on cultivation of tomatoes. *Memoirs of the College of Agriculture*. National Taiwan University. 32 (3): 179-193.