

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**Evaluación de tres cubiertas plásticas “Termoreguladoras”
sobre el desarrollo y rendimiento de tomate
(*Lycopersicon esculentum mill*). Var. Floradade**

Por:

AVELINO PEÑA PERÉZ

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
Ing. Agrícola y Ambiental**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Agosto del 2003

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SUELOS**

**Evaluación de tres cubiertas plásticas “termoreguladoras” sobre
el desarrollo y rendimiento de tomate
(*Lycopersicon esculentum mill*). Var. Floradade**

**Por:
AVELINO PEÑA PERÉZ**

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

Ing. Agrícola y Ambiental

Aprobado
Presidente del jurado

M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza.

Asesor Externo

Suplente

Dr. Rubén López Cervantes

Asesor

M.C. M. del Rosario Quezada.

Dr. Arturo Gallegos del Tejo

M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Agosto del 2003.

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres que me dieron la vida, y por hacer su mayor esfuerzo para que yo pudiera continuar mis estudios

Tereso Peña Hernández y Amalia. Pérez Cruz.

Agradezco el apoyo de mis hermanos: Juan, Catalina Domitila, Valerio, Celia, Gorje, y Viki.

Agradezco el apoyo de todos mis primos, Sinceramente gracias por todas las palabras de aliento, fortaleza y perseverancia, en especial al Maestro: Bernardino Sierra peña (+), al Licenciado Eligio Sierra peña, al Ingeniera Socorro sierra peña.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por darme la vida y a Dios por guiarme por el camino del conocimiento y de la verdad.

AMI ALMA TERRA MATER

Gracias por brindarme la educación, para mi formación como profesionista, mil gracias por permitirme vivir cuatro años y medio en esta casa tan maravillosa, gracias a todos los maestros de mi alma "Terra mater" que me dieron lo mejor de sus conocimientos.

Doy gracias al departamento de suelos y a todo los maestros del departamento por sus conocimientos trasmitidos para mi formación como profesionista.

Agradezco al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por permitir la realización de este trabajo de investigación dentro de uno de sus proyectos.

Agradezco a los maestros que participaron en la realización de este trabajo de investigación:

Agradezco al M.C. Luis Miguel Lasso Mendosa por su amistad y su valiosa colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

Agradezco al Dr. Arturo Gallegos del Tejo por su amistad y su valiosa participación.

Agradezco a la M.C. Maria del Rosario Quezada por su valioso apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

Agradezco al M.C. Boanerges Cedeño R. por su gran aportación en la realización de este trabajo.

Agradezco a mis compañeros de la generación 92 de la especialidad Agrícola y Ambiental: Cutberto Alameda p., Daniel Sánchez C., Cristino Castañeda Z., Alejandro Ortiz B., Leonel Barrios R., Omar Alvarado C., Sergio Escobar E., Alfredo Herrera M., Edilberto Cruz C.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE CONTENIDO I

ÍNDICE DE CUADROS..... II

ÍNDICE DE FIGURAS..... III

I. INTRODUCCIÓN..... 1

 OBJETIVOS..... 3

 HIPÓTESIS..... 3

II. REVISION DE LITERATURA 4

 2.1 Producción de tomate 4

 2.1.1 Importancia del cultivo de tomate 5

 2.1.2 Efectos de la temperatura en el tomate 5

 2.1 Exigencias de temperatura para diferentes especies hortícola..... 6

 2.2 Necesidades nutritivas del cultivo de tomate 6

 2.2.1 Densidad de plantas de tomate 7

 2.2.2 Fotosíntesis 7

 2.2.3 Transpiración 9

 2.2.4 Frecuencia estomatica 9

 2.3 Importancia Hortícola en los invernaderos 11

 2.3.1 Importancia de la plásticultura 11

 2.4 Tipos de Invernadero 12

 2.4.1Cubiertas flotantes 12

 2.4.2 Micro túneles 12

 2.4.3 Macro túneles..... 13

 2.4.4 Invernaderos. 13

 2.5. Aplicación de los plásticos en la Agricultura 14

 2.5.1 Características de los Plásticos 14

2.5.2 Plásticos flexibles	14
2.5.3 Cloruro de polivinilo (PVC)	15
Polietileno (PE)	15
Copolimero Etil-Acetato de Vinilo (EVA)	16
2.6 Propiedades de los Plásticos utilizados como Cubierta en Invernadero.....	16
2.6.1 Propiedades físicas	17
2.6.2 Peso	17
2.6.3 Densidad	17
2.6.4 Espesor	17
2.6.5 Resistencia	17
2.6.6 Envejecimiento	17
2.6.7 Propiedades Ópticas	18
2.7. Factores ambientales	18
2.7.1. Importancia de la luz	19
2.7.2 Temperatura	21
2.7.3 Humedad ambiental	22
2.7.4 Radiación	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Localización del terreno	24
3.2 Características climáticas del lugar.	24
3.3 Descripción de los tratamientos	25
3.4 Diseño Experimental.	25
3.5 Descripción de los materiales utilizados.....	26
3.6 Variables climáticas evaluadas	28
3.7 Variables fonológicas evaluadas	29

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
4.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)	32
4.2 Temperatura	33
4.3 Altura de planta	36
4.4 Diámetro de tallo	38
4.5. Numero de Flores	39
4.6 Numero de estomas	40
4.7 Numero de frutos	41
4.8 Rendimiento	42
4.9 Producción de biomasa	44
Conclusiones	45
Literatura citada	46
Apéndice	49

Cuadro 2.1 Exigencias de temperatura para diferentes especies hortícola	6
Cuadro 4.1 Comportamiento de las temperaturas promediadas en diez días durante todo el ciclo del cultivo, máxima y mínima temperatura (°C) interior y exterior.....	35
Cuadro 4.2 Comparación de medias de altura (cm) de plantas de tomate observadas en cada uno de los tratamientos.....	36
Cuadro 4.3 Comparación de medias de diámetro de tallo (cm) de tomate, observadas en cada uno de los tratamientos.....	38
Cuadro 4.4 Comparación de medias de flores en tomate en cada uno de los tratamientos.....	40
Cuadro 4.5 Comparación de medias de numero de estomas.....	41
Cuadro 4.6 Comparación de medias de numero total de frutos.....	42
Cuadro 4.7 Comparación de medias de rendimiento total/Planta.....	43
Cuadro 4.8 Comparación de medias de biomas total.....	44
Cuadro A 01 Análisis de varianza para numero de estomas	53
Cuadro A 02 Análisis de varianza para numero de estomas.....	53
Cuadro A 03 Análisis de varianza del total de frutos.....	53
Cuadro A 04 Análisis de varianza pera rendimiento total.....	53
Cuadro A 05 Análisis de varianza para biomasa total.....	54

Figura 3.1 Distribución de los tratamientos.....25

Figura 4.1. Comportamiento de la radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en un día despejado.....33

Figura 4.2 - Comportamiento de la temperatura, interna y externa registradas al interior del invernadero en las diferentes películas plásticas en el día despejado.....34

Figura A 01 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 28 de junio del 2001.....49

Figura A 02 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 15 de julio del 2001.....49

Figura A 03 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 24 de junio del 2001.....50

Figura A 04 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 19 de agosto del 2001.....50

Figura A 05 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 01 de agosto de 2001.....51

Figura A 06 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 15 de julio del 2001.....51

Figura A 07 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 24 de junio del 2001.....52

Figura A 08 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 19 de agosto de 2001.....52

I. INTRODUCCIÓN.

La agricultura, tanto en México como en otros países, ha ocupado siempre un lugar entre los aspectos socioeconómicos, debido a que en los últimos años la población ha aumentado considerablemente, siendo necesario satisfacer sus requerimientos alimenticios.

Lo anterior indica que el sector agrícola deberá usar más eficientemente los recursos que dispone, aplicando técnicas que permitan producir más y con mayor calidad, para satisfacer la demanda de la población.

En nuestro país, así como en otras partes del mundo se viene incrementando a pasos agigantados la producción de alimentos con técnicas de cultivo en ambientes controlados como son los invernaderos y mediante riego por goteo, en el caso de invernaderos, 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 México el uso de los invernaderos con películas plásticas se a enfocado principalmente a la producción de algunos cultivos con mayor importancia económica, ya que por sus altos rendimientos, son los que cubren los altos costos de producción. Dado que las cubiertas plásticas de un invernadero tiene el efecto de crear un microclima en el interior, que permite un buen desarrollo de las plantas en épocas cuyas condiciones climáticas no son óptimas para las plantas.

Sin embargo existen antecedentes en algunas zonas de México como en otros países, el uso de plásticos en la agricultura aplicando en diversas formas (invernaderos, macro túneles, micro túneles y acolchados) proporciona condiciones adecuadas para el desarrollo de los cultivos hortícola, obteniendo mayor cantidad y calidad de productos, así como adelantar el inicio de la cosecha y producir en épocas no programadas, entre otras ventajas.

En la actualidad, la producción de tomate depende en gran medida de la calidad, para ello se requieren de técnicas integrales para su producción, que permitan desarrollar el máximo potencial de producción en el invernadero, sin embargo, en México pocos agricultores pueden disponer de las últimas tecnologías, o de los más modernos equipos de control climático computarizado.

Pocos trabajos se han realizado con el enfoque de mejorar las condiciones de los invernaderos sin utilizar sistemas automatizados de control ambiental, de mantener y bajar costos, este trabajo pretende encontrar una película termorregulador, con aditivos adecuados que funcione como regulador térmico que disminuya costos y eficiente el uso de los invernaderos, por lo tanto permite permita un microclima adecuado en el interior para obtener buenos

resultados en el rendimiento y calidad en los rendimiento y calidad del tomate y otras hortalizas disminuyendo costos de producción.

Por lo anterior el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), desarrolló dos materiales plásticos para invernaderos con propiedades termorreguladores y de larga duración, como opción para sustituir las películas de polietileno que actualmente se están utilizando en México, sin embargo, es necesario su validación para que pueda ser utilizado con éxito.

Objetivos

Determinar el efecto de dos películas plásticas “termorreguladores” para invernadero sobre la radiación y la temperatura, y su efecto sobre el desarrollo y rendimiento de tomate.

Hipótesis

La radiación y temperatura internas del invernadero, generadas por el efecto de las películas plásticas “termoreguladoras” influyen de forma positiva sobre el desarrollo y rendimiento en el tomate.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Producción de tomate

El concepto de agricultura ha sido tradicionalmente entendido como propio de actividades muy dependientes de las condiciones naturales de determinadas regiones, 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 algunos de estos factores limita el potencial de diversas practicas agrícolas, hasta el punto de que éstas lleguen a perder su interés económico (Alised 1999).

Con la introducción de los materiales plásticos flexibles, a principios de los 70, surge la rápida expansión de los invernaderos. Esta fue facilitado por el abaratamiento de los costos tanto de estructura como de materiales (Gálvez 1999).

La evolución que supone el desarrollo de materiales plásticos y su aplicación en el mundo de la agricultura ésta propiciando un profundo cambio en la concepción de los plásticos agrícolas. Así estos materiales no solo intervienen en la mejora y manejo de aguas (redes de distribución, deposito, reguladores de flujo y sistemas de riego), sino que también permiten alterar las condiciones ambientales, por medios de acolchados, pequeños túneles, mallas de protección e, incluso, con la propia cubierta de invernaderos (Gálvez 1999).

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, Nuevo León. El cultivo de tomate y pimientos ocupan un 80% y un 20% con pepino, berenjena y melones.

En los invernaderos se cultiva todo el año de manera que representa una solución para aquellos agricultores que siembran sólo cultivos de temporada y no tienen ocupado 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)

2.1.1 Importancia del cultivo de tomate

Gracias a la gran adaptabilidad que posee el cultivo es posible obtener elevadas producciones, ya que permite establecerse tanto en climas tropicales como templados en diversas regiones. (Gallegos et al. 1980).

2.1.2 Efectos de la temperatura en el 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, finalmente el rendimiento y calidad del fruto.

Las altas temperaturas que se presentan durante el día (primavera y verano) ocasionan en las plantas disturbios fisiológicos que causan una disminución en la calidad del producto cosechado. Si bien las altas temperaturas adelantan el periodo de producción, lo que pudiera tomarse como ventaja, ésta queda prácticamente oculta, pues el daño es mayor (Quiroga, 1992). En genotipos tomate, tanto de habito determinado como indeterminado, el rendimiento es influenciado por caída de flores debido a la temperatura (Santiago et al., 1998).

Cuadro 2.1 Exigencias de temperatura para diferentes especies hortícolas

	Tomate	Pimiento	Berenjena	Pepino	Melón	Sandia
T° Mínima letal	0 - 2	(-1)	0	(-1)	0 - 1	0
T° Mínima biológica	10 - 12	10 - 12	10 - 12	10 - 12	13 - 15	11 - 13
T° Optima	13 - 16	16 - 18	17 - 22	18 - 18	18 - 21	17 - 13
T° Máxima biológica	21 - 27	23 - 27	22 - 27	20 - 25	25 - 30	23 - 37
T° Máxima letal	33 - 38	33 - 35	43 - 53	31 - 35	33 - 37	33 - 37

2.2. Necesidades nutritivas del cultivo de tomate

En cuanto a fertilización, cada región tiene dosis óptimas definidas: Sinaloa recomienda la fórmula 400-350-200, el Bajío 140-80-00, Morelos 150-90-00, y Veracruz 100-80-00; el fertilizante puede aplicarse manualmente o con maquinaria poniéndolo al momento de trasplante todo el P y K en un tercio a la mitad de la floración y el último tercio de N más o menos lleva un 15% de corte (Valadez, 1998).

En general los fertilizantes se aplican según las extracciones estimadas del cultivo. Aunque la variabilidad de extracciones es enorme (Zuñang 1982; Castilla y Fereres; 1990).

En cultivos en invernaderos, las bajas temperaturas de suelo (15°C) pueden limitar en invernadero la absorción de nutrientes, especialmente de fósforo y nitratos, mientras que en las temperaturas altas favorece la absorción de nutrientes, (Cornillo, 1977, y Nisen et al., 1990)

2.2.1 Densidad de plantas de tomate

En óptimas condiciones de fertilidad del suelo han sido recomendados densidades de 1.0 a 1.3 plantas/m² en cultivares determinados, sin entutorar ni podas, de 1.1 a 1.4 plantas/m² cultivados en espaldera y de 1.8 a 2.1

plantas/m² entutorado y podas. Para cultivos al aire libre y densidades más altas, propias de tomate de industria, se manejan densidades a 5.0 a 6.0 plantas/m² en cultivares enanas de tomate tipo cereza (Cherry). (Geisemberg y Stewart, 1986). (Geisemberg y Stewart, 1986).

En invernadero (Rodríguez et al., 1984) las densidades más usuales oscilan entre 2.2 y 2.5 plantas/m².

En invernaderos climatizados las densidades más frecuentes son de 2.5 plantas/m² en ciclos largos de trasplante, precoz y de 3.3 a 2.5 plantas/m² en ciclos cortos, aunque también se emplean densidades inferiores inicialmente, que luego se incrementa con trasplantes complementarios a mitad del ciclo (Van de vooren et al., 1986).

2.2.2 Fotosíntesis

Russildi (1981), menciona que la fotosíntesis es un proceso bioquímico por el cual las plantas transforman la energía del sol en energía química para realizar sus procesos metabólicos, también menciona que la luz es la única fuente de energía para llevarse a cabo la fotosíntesis. La eficiencia fotosintética depende de la edad de la hoja y el genotipo de la planta, así como la demanda de asimilados en la floración y el efecto del medio ambiente. Bajo condiciones medio ambientales comparables, la porción de fotosíntesis declina con la edad y la expansión completa de la hoja (Dwyer y Stewart, 1996).

La actividad fotoquímica está relacionada positivamente con el contenido de clorofila, especialmente en los niveles de N, Mg, y Fe (Peterson y Onken, 1992). (Miller, 1981) menciona que la cantidad de agua que necesita la fotosíntesis es sumamente pequeña, comparado con todo el volumen que circula dentro de la planta por transpiración, en realidad menor del 1 % de toda el agua absorbida.

La deficiencia de agua, afecta la fisiología y el rendimiento de la planta a través del potencial hídrico de las hojas. El descenso del potencial hídrico afecta muchos procesos fisiológicos, un ejemplo de la deficiencia del agua es que la fotosíntesis es sensible al estrés hídrico, pero los estomas se cierran cuando la planta no absorbe agua y por lo tanto no hay absorción de CO₂, un efecto más expresado por la planta es la marchitez, flacidez de los tallos y hojas. Todas las plantas estudiadas hasta ahora han dado un mejor rendimiento

cuando la concentración de CO₂ se incrementa por encima del nivel que se encuentra presente en la atmósfera (Gaffron, 1974).

Nederhoff et al; (1989) hicieron mediciones de las concentraciones de CO₂ dentro y fuera del invernadero, cambiando los con mediciones lineales proporcionales de ventilación, observaron una correlación positiva entre la fotosíntesis y la concentración de dióxido de carbono (CO₂).

El dióxido de carbono normalmente incrementa la fotosíntesis en las plantas, según Gaasrtral 1959; Potvin y Strain 1985; Pero la mayoría del incremento de esta depende de la temperatura según Hopen, (1962).

Hofstra y henskenh (1969), mencionan que la temperatura optima es de 35 a 40 °C, para incrementar la fotosíntesis con el enriquecimiento de CO₂ en la planta; cuando la temperatura se incrementa arriba del optimo, trae como consecuencia una reducción de la actividad fotosintética, el enriquecimiento con dióxido de carbono y la temperatura, actúan en la producción de carbohidratos.

La materias primas que utiliza las plantas para la fotosíntesis, son el dióxido de carbono, agua y luz solar. Miller (1967), menciona que la atmósfera normalmente contiene 0.03 % de dióxido de carbono.

2.2.3 Transpiración

La transpiración es la evaporación existente dentro de la plantas. Efectuándose en los hidratados, los estomas y la cutícula. Los hidratados se encuentran en las hojas, y están relacionadas con la gustación (Ivanoff, citado por Pantastico 1984).

2.2.4 Frecuencia estomatica

La superficie epidérmica de las hojas presenta un gran número de poros microscópicos llamados estomas. La apertura de dichos poros se controla a través de los cambios en el tamaño y forma de dos células especializadas, llamadas células guarda, que flanquean la apertura estomática. Los estomas se encuentran en todas las partes aéreas de la planta, pero son más abundantes en las hojas. Los estomas son rodeados por células subsidiarias, que no difieren en forma del resto de las células epidérmicas tabloides, siendo importantes en la regulación de la apertura del poro estomático (Esau, 1977). Dado que la epidermis y la cutícula de los órganos aéreos forman una capa continua, los estomas son las discontinuidades por donde la planta realiza la mayor parte del intercambio de O₂, CO₂, vapor de agua y otros gases (Gates, 1980).

La forma de los estomas es una característica distintiva de los diferentes grupos de plantas, siendo por ejemplo muy conocida la diferencia entre mono y dicotiledóneas en la forma y distribución estomática (Thomasson, 1997). Por otro lado, la cantidad de estomas presentes en la superficie adaxial (haz) en comparación con la abaxial (envés) es característica distintiva de diferentes especies. Las plantas con mayor número de estomas en el haz son llamadas epiestomáticas, las que tienen mayor número en el envés son hipoestomáticas (caso de la mayoría de las hortalizas), mientras que aquellas con un número aproximadamente igual de estomas en haz y envés son ambiestomáticas (Gates, 1980). Como se mencionó el carácter epiestomático o hipoestomático se supone es una característica fija, pero fue demostrado que es susceptible de cambiar en ciertas etapas de crecimiento de la planta o en respuesta a estímulos ambientales (Piña, 1994).

La frecuencia o densidad estomática, que es el número de estomas por unidad de área, presenta una gran componente de variación ambiental, por lo que puede diferir entre plantas de la misma especie, entre hojas de la misma planta y entre sectores de una misma hoja (Esau, 1977). Como número promedio para plantas C_3 se tiene un rango que va desde 40 hasta 300 estomas por mm^2 en el envés (Leegod, 1993). Se sabe por ejemplo que para un mismo genotipo la frecuencia estomática puede ser menor en presencia de acolchado plástico (Piña, 1994) o al aumentar la concentración de CO_2 en la atmósfera de crecimiento de plantas C_3 (Woodward, 1987). Dicha respuesta inversa se utiliza incluso en estudios paleontológicos (Wagner *et al.*, 1998), aunque en algunos trabajos como el de Radoglou y Jarvis (1992) y el de Ryle y Stanley (1992) no se observaron respuestas en esta característica frente al enriquecimiento con CO_2 . Incluso en el estudio de Ramonell *et al.* (1997) se afirma que el enriquecimiento con CO_2 tiene un efecto positivo sobre la densidad estomática. En este último caso los autores trabajaron con un nivel muy bajo de densidad de flujo fotónico ($200 \mu mol m^{-2} s^{-1}$) lo cual obviamente cambia todo el esquema de la respuesta. La presencia de dichas inconsistencias es difícil de explicar, excepto por el hecho de que las respuestas morfológicas son muy dependientes de otras condiciones ambientales y son por lo general particulares para cada especie y variedad.

2.3 Importancia Hortícola en los invernaderos

El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles y obteniéndose mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación agrícola mejorando el desarrollo económico de México, así como teniendo sistemas de riego localizado, que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad de la producción final, derivado de la

protección que se desempeña contra ciertos agentes devastadores (sequías, heladas, vientos, polvos, granizos, etc.) (Robledo y Martín, 1981).

2.3.1 Importancia de la plasticultura

La plasticultura es la tecnología del uso de plásticos en la agricultura, esta empezó cuando se desarrolló el primer sustituto del vidrio para uso agrícola general. El polietileno fue desarrollado como una película plástica en 1938 y en la actualidad, el mayor volumen de plástico agrícola es de películas para cubiertas de invernaderos (Splittstoesset y Brown, 1991).

La introducción de los plásticos cambió radicalmente las técnicas culturales más tradicionales de los cultivos, principalmente en las regiones con climas no aptos para su desarrollo al aire libre o en regiones que compiten fuertemente en los mercados de exportación (Díaz,1995; De Santiago y Randolph, 1996).

La industria de la fabricación de los plásticos ha entrado en una etapa de rápida evolución, donde las características físicas, ópticas, mecánicas y térmicas juegan cada vez un papel más importante para obtener resultados específicos; por ejemplo respuestas y mejoras en el rendimiento y calidad de diferentes cultivos hortícolas (Robledo y Vicente, 1981; Matallana y Montero, 1995; Lozano *et al.*,1996)

2.4 Tipos de Invernadero

El término puede aplicarse a toda estructura cerrada cubierta por materiales translúcidos, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclimas y con ello cultivar hortalizas, flores y plantas verdes fuera de estación en condiciones más cercanas a los óptimos para crecimiento y fructificación, en cuanto a temperatura y luz se refiere (Alpi y Tognoni, 1999).

2.4.1 Cubiertas flotantes

Las cubiertas flotantes, también conocidas como material térmico, son protecciones de textiles de textura suave y películas de plástico muy ligeros, que se colocan sobre el terreno una vez sembrada la semilla o trasplantada la plántula para protegerla del ataque de insectos, daños por la acción del viento, lluvias, granizadas y bajas temperaturas. Con el empleo de las cubiertas flotantes se crea un micro clima más favorable para el crecimiento de la planta favoreciendo una calidad más homogénea y una mayor precocidad, que puede ser de uno a dos semanas con respecto a los cultivos a campo abierto. Las cubiertas ayudan en la sanidad de los cultivos disminuyendo la necesidad de tratamientos fitosanitarios, ayudando en el control de temperatura s externas y disminuyendo el daño por lluvias granizo y vientos (Papaseit y col. 1997).

En México esta técnica ha tenido poco desarrollo, en 1995 se reportaban menos de veinte hectáreas (Reyes, 1995).

2.4.2 Micro túneles

Los micro túneles son estructuras pequeñas, de poca altura y angosta. Los materiales más usados para la construcción de los micro túneles son; varilla, alambón, alambre, madera , caña, carrizo, bambú, de forma semicircular, elíptica y triangular, se emplean para el establecimiento de almácigos en la producción de plántula de hortalizas. Papaseit y col. (1997), reportaron 372,700 hectáreas de micro túneles, la mayoría de ellos en Asia, mientras que para México se reporto 4,170 hectáreas de microtúneles.

2.4.3 Macro túneles.

Los macro túneles son construcciones cuya estructura tienen un ancho de cuatro a cinco metros y dos a dos y medio metro de altura en la parte mas elevada, con longitudes variables que se recomienda que no exceda los 50 a 60 metros para facilitar su manejo (Rodríguez e Ibarra, 1991)

2.4.4. Invernaderos.

Los invernaderos son estructuras construidas con diversos materiales, cuya altura es mayor de dos metros en la parte útil, con ancho mayores de seis metros y largo variables. Uniendo varias naves o módulos se obtiene grandes dimensiones de superficie cubiertas, conocidas como invernaderos en batería. Por su tamaño permiten que todas las labores y practicas que requiere los cultivos se realiza en el interior del invernadero, así mismo permiten el uso de diferentes tipos de maquinaria.

Al respecto se ha optado por considerar como elemento divisorio entre invernadero y macrotúnel el volumen de aire encerrado por metro cuadrado de piso cubierto. La estructura que supera los 2.75 a $3 \text{ m}^3 / \text{m}^2$, son a las que se les considera como invernaderos, lasque presentan una relación menor son macro túneles (Franquet, 1995).

Para el año de 1992 se reportaban unas 280,000 hectáreas de invernadero cubiertas de plástico en todo el mundo. De ellas en Europa se concentraban unas 127,000, en el área oriental otras 140,000, mientras que en el continente Americano se reportaban 13,000 hectáreas cubiertas de plástico flexible. (XII Congreso de plásticos en la Agricultura).

2.5. Aplicación de los plásticos en la agricultura

El plástico en agricultura se utiliza en invernaderos, macro túneles, micro túneles, acolchados, mallas. La ventaja del empleo de los invernaderos son: posibilidades 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 fertilizantes, mejora en el control de insectos y enfermedades (Guzmán y Sánchez,2000).

2.5.1 Características de los Plásticos

La importancia del material de cobertura en un cultivo bajo invernadero estriba en que construye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el invernadero. La elección del material de cobertura dependerá de una serie de criterios o indicadores, que interaccionados entre sí, ayudarán al agricultor en la elección del material apropiado (Mantallano; Montero, 1995).

2.5.2 Plásticos flexibles

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

2.5.3. Cloruro de polivinilo (PVC)

Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las laminas se fabrican por calentado lo que limita el ancho de la lamina a 2 m., llegando hasta 8 m. mediante sucesivas soldaduras. Su densidad es de 1250 a 1500 kg/m³, siendo mas pesado que el polietileno (PE) su resistencia al rasgado es muy bajo, por lo que requiere de estructura poco agresiva que mantenga 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 adhiere fácilmente, restándole transmisibilidad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto barrera al infrarrojo. Se estima su duración entre 2 ó 3 años para laminas flexibles (Splittsoesser y Brown, 1991; Alpi y Tonnoni, 1991; Infoagro 2000).

2.5.4. Polietileno (PE)

Es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchados. Esto se debe principalmente en su bajo precio, a sus propiedades mecánicas y a la facilidad par incorporarle aditivos que mejoran sus presentaciones. El PE junto al polipropileno (PP) y al (PVC), son los termoplásticos de mas consumo. Los PE se clasifican en densidades bajas, menores de 930 kg/m³, densidad media, 930 – 940 kg/m³, densidades altas mayor a 940 kg/m³ (Splittsoesser y Brown, 1991; Alpi y Tonnoni, 1991; Infoagro 2000).

El PE se degrada por la radiación UV y el oxígeno, por lo que la exposición permanente ala intemperie provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas (Splittsoesser y Brown, 1991).

2.5.6 Copolímero Etil-Acetato de Vinilo (EVA)

Su transparencia ala luz visible cuando el material es nuevo es más alta que la del polietileno térmico, la capacidad a la radiación térmica depende del contenido de acetato de vinilo (AV), siendo necesario del 15 al 18 % de AV para

conseguir un buen nivel térmico. Entre los filmes plásticos es el que presenta más resistencia a los UV, muestra excesiva plasticidad, gran adherencia al polvo, difícil de lavar debido a su carga electrostática. La duración de dos años, las laminas de alto contenido AV, son los recomendables para cubiertas de invernaderos en lugares geográficos con excesiva luminosidad y temperatura 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 Tonnoni, 1991; Infoagro, 2000).

2.6. Propiedades de los plásticos utilizados como cubierta en invernaderos

Las propiedades de los plásticos son: permeabilidad a vapores y líquidos, efecto invernadero, modificación de la temperatura del suelo bajo la película. La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbrera y forma del techo (Infoagro 200).

2.6.1. Propiedades físicas

2.6.2. Peso. Los filmes de plástico tienen poco peso lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreado. Los materiales rígidos además de un peso mayor acostumbran a tener un tamaño más reducido con lo cual requieren un mayor número de soportes, y influirá también en una menor estanqueidad. (<http://infoagro.com>.)

2.6.3 Densidad. Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad

baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio. (<http://infoagro.com>.)

2.6.4 Espesor. Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para vidrio y plásticos rígidos y micras para los filmes, 100 mm equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 M). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 50 – 200 mm. (<http://infoagro.com>.)

2.6.5 Resistencia. A la rotura (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas. (<http://infoagro.com>.)

2.6.6. Envejecimiento. El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas. (<http://infoagro.com>.)

a) Envejecimiento Físico. El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc. (<http://infoagro.com>.)

b) El Envejecimiento radiométricas Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz. (<http://infoagro.com>.)

2.6.7 Propiedades Ópticas

Son las propiedades más importantes de las películas para invernadero, ya que son las que determinan la respuesta fisiológica de las plantas y su desarrollo y rendimiento.

Transmitancia. Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar, se expresaría como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta. (<http://infoagro.com>.)

2.7. Factores ambientales

Los factores ambientales para la producción y desarrollo de los cultivos protegidos ésta constituido por todos los factores y elementos climáticos, modificados por la estructura del invernadero y su cubierta; el medio de crecimiento de las raíces; formado por suelos naturales o sustratos artificiales; las interacciones de los cultivos con otros organismos con los que las plantas se relacionan. Así como todas las modificaciones y practicas realizadas por el hombre para acondicionar y manejar de la mejor manera posible ese ambiente, aspecto que tiene como finalidad que los cultivos expresen todo su potencial productivo. 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 mas difícil afirmar que un factor sea más importante que el 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).

2.7.1. Importancia de la luz

Las señales de la luz son empleadas a través del ciclo de la vida para sincronizar el desarrollo, permitir reacciones apropiadas a la competencia e iniciar oportunamente la adaptación a los cambios ambientales (Thompson y White,1991). Los procesos ecológicamente significativos, en los que hay respuesta o control por señalización de luz, son la germinación de semilla, crecimiento de tallos, pigmentación, apertura estomatica, inducción a floración y tasa de floración, senescencia, inducción de dormancia. La luz es una porción del espectro electromagnético, el cual ha sido dividido en unidades de longitud de onda (nm) y energía (fotones) (Decoteau y Friend, 1991). La luz es esencial para el crecimiento de las plantas, provee de energía para la fotosíntesis que regulan el desarrollo de las plantas. (weiss, 1995).

El rendimiento fotosintético es directamente dependiente del nivel de fotosíntesis e incrementa con la intensidad de RFA hasta cierto nivel (saturación), lo cual varía de un cultivo a otro y dentro de épocas de producción (Moens, 1991).

La luz y la temperatura son dos factores de gran importancia para el desarrollo de los cultivos, ambos tienen como origen la energía irradiada por el sol. Esta energía llega hasta la superficie de la tierra en forma de ondas electromagnéticas, ondas que son parcialmente eléctricas y parcialmente magnéticas, de diferentes longitudes de onda y diferentes frecuencias, que comprende de los rayos cósmicos a las ondas hertzianas (Hewitt,1995, Serrano, 1994).

La energía solar radiante es el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas. De ella depende la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis, que es el proceso de conversión de la materia inorgánica en materia orgánica, constituyendo la base de todas las cadenas alimenticias en la tierra. La transformación de energía

luminosa en energía química, la luz, interviene en todos los procesos bioquímicos de la planta. La luz actúa sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas como fuente energética para la asimilación fotosintética de CO₂, así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo de todos los tejidos vegetales. (Alpi yTognoni, 1999; Elías y Castellvi, 1996).

La respuesta fisiológica de las plantas para distintas longitudes de onda difiere con la especie y las variedades. El proceso de la fotosíntesis se activa, con diferentes intensidades, en presencia de la luz azul-verde-amarilla-naranja-rojo. Energía comprendida entre los 400 a 700 nm. El fototropismo, fenómeno que consiste en el crecimiento de los vegetales orientándose hacia la luz, ocurre entre los 400 a 490 nm que corresponde al color azul, mientras que longitudes del orden de los 660 a los 800 nm inhiben la germinación de la semilla, por ello no es apropiado que se empleen colores rojos como cubiertas en las camas de germinación. La germinación ocurre mayor facilidad en el color amarillo y naranja, entre los 540 a 680 nm de longitud de onda. (Serrano,1995; Halfacre y Barden; 1994; Alpi y Tognoni; 1991; Elías y Castellvi,1996).

2.7.2 Temperatura

Basándose en la temperatura, se han propuesto algunas metodologías como el sistema de Unidades de Calor que postula, que el crecimiento y el desarrollo de un cultivo dependen de la cantidad de unidades calor que la planta recibe y que esta cantidad es determinante para alcanzar la madurez, independientemente del tiempo requerido para ello. Este sistema se ha aplicado con éxito en la producción hortícola ya que constituye la base para la programación de practicas agronómicas específicas en función de la etapa fenológica, en el manejo integrado de plagas y para predecir la época de cosecha (Galván, 1994).

Por otra parte, las temperaturas externas son importantes en la producción comercial de cultivos. Así, las temperaturas bajas pueden dañar a la planta por frío o por congelamiento y las temperaturas altas pueden ocasionar un choque de calor. Los resultados pueden ser tan dañinos que la planta muera. En el daño por frío, se incrementa el rompimiento de proteínas y enzimas y la permeabilidad de la membrana (se pierde la semipermeabilidad de la membrana y frecuente mente aparece un verde más intenso y anegramineto ligero en agua). En el daño por congelamiento se presenta un daño celular directo. Cuando el congelamiento es rápido se forma hielo en el citoplasma y hay ruptura celular. Cuando el congelamiento es lento se forma en la pared celular y el citoplasma se deshidrata. También se presenta desecación, daños a la corteza, rompimiento físico y quemaduras de sol. Cuando se presenta altas temperaturas la planta es dañada rápidamente por desnaturalización de la proteína o lentamente por desecación, quemaduras por el sol (por abrasión) y la tasa respiratoria es mayor que la tasa fotosintética con lo cual se agota las sustancias de reserva (Reed 1990).

La temperatura es la expresión cuantitativa que indica la intensidad del calor que tiene un cuerpo, por lo tanto la temperatura es la medida del calor. El calor es una forma de energía resultado del estado de agitación de las moléculas o partículas de la materia. La temperatura es mayor en la medida en que el estado de agitación de las moléculas sea mayor. Así la temperatura es la medida que determina la condición de la transmisión del calor de un cuerpo a otro, del mas caliente al más frío (Hewitt, 1995).

La temperatura es el factor mas importante en el control de crecimiento, la distribución de las plantas, control de zonas climáticas, ciclos de cultivos, velocidad de crecimiento y como consecuencia de esto, la distribución cuantitativa, cualitativa y temporal de la cosecha (Guzmán 2002).

Este es el parámetro más importante de tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. 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).

2.7.3 Humedad ambiental

El vapor de agua es uno de los constituyentes más variables de la atmósfera. La concentración de este elemento varía entre 0 y 4 por ciento en el volumen de la atmósfera, cerca de la superficie del suelo y representa un 3 por ciento del peso de la misma (Elías y Castellvi, 1996).

La mayor o menor capacidad del aire caliente para contener vapor de agua depende de la temperatura ambiental, así el aire caliente puede contener mayor cantidad de vapor que el aire frío (Elías y Castellvi, 1996; García, 1983).

2.7.4 Radiación

Por radiación se entiende la energía emitida por un cuerpo bajo la forma de onda electromagnética. La temperatura del cuerpo condiciona la cantidad de energía emitida, así como la longitud de onda. La radiación solar que llega a la superficie terrestre se encuentra comprendida entre 300 y 3000 nm de longitud de onda. En este intervalo podemos individualizar cuatro regiones fundamentales: la región de los ultravioletas ($uv < 400$ nm), la del visible (VIS, entre 390 y 750 nm) y la de la infrarroja cercano (NIR), entre 780 y 3000 nm). En la VIS, que comprende casi el 50 por ciento de la radiación global (RG) podemos distinguir la banda entre 400 y 700 nm, que corresponde a la

radiación fotosintéticamente activa (RFA) y en términos energéticos a cerca del 45 por ciento de la RG (Tognoni, 2000).

El uso de la energía para fotosíntesis en los cultivos se restringe a la necesidad de flujo ($J s^{-2}$ ó $W m^{-2}$) de la radiación incidente en el rango de absorción de la clorofila (400 –700 nm) Acorde al proceso de absorción de la dimensión mas adecuada es la densidad de flujo de fotones ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$) y corresponde a la radiación fotosintéticamente activa (RFA) (Krug,1997)

La disposición de los colores de la luz, de menor a mayor longitud de onda son; el violeta (390-420 Nn),el azul (420- 492 Nn), el verde (492 – 535Nn),el amarillo (535 – 586 Nn), el naranja (586- 647 Nn) y el rojo (647 – 760Nn). La mezcla de estos colores da origen a la luz blanca y cuando se presenta por separado en secuencia forma el arco iris (Torres, 1983; Hewitt, 1995; Elías y Castellvi, 1996: Fuentes 1996).

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Localización del terreno

El presente trabajo experimental se estableció en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicada en Saltillo Coahuila, México, en el año 2001, cuya área se encuentra en las coordenadas geográficas 25° 27' de latitud norte y 101° 02' de longitud oeste del meridianos Greenwich con una altitud de 1610 metros sobre el nivel del mar. (Baca, 1990).

3.2 Características climáticas del lugar

El clima se define como seco estepario, según clasificaciones de Wilhelm Kööpen, modificado por García (1998), para la Republica Mexicana. El clima de Saltillo, Coahuila se define como seco estepario (BsoK(x')(e)).

Bso = El clima más seco de los BS con un coeficiente de P/T menor de 22.9.

K = Templado con verano cálido, con una temperatura media anual entre 12 y 18°C .

X'' = Régimen de lluvias con oscilaciones entre 7 y 14°C o más.

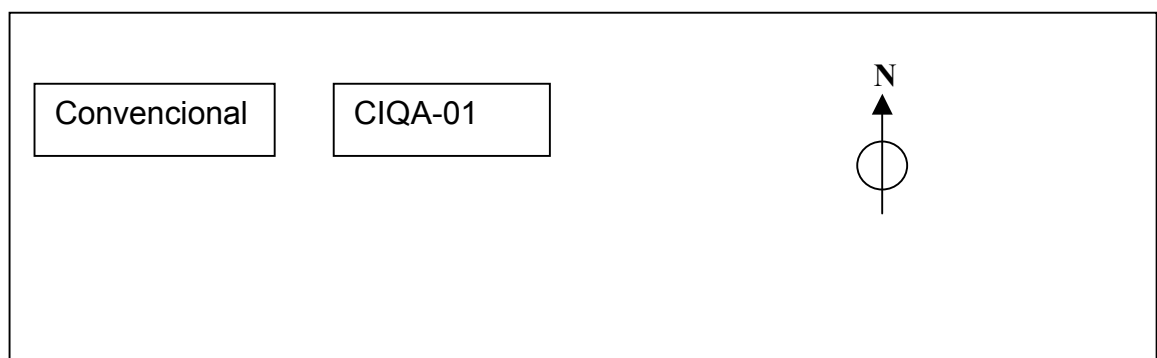
e= Extremosa con oscilación entre 7 y 14 °C y mayores.

La temperatura media anual es de 18°C y la precipitación media anual es de 365 mm, los meses más lluvioso son Junio – Septiembre. La evaporación promedio anual es de 178 mm, y la más intensa en los meses de Mayo y Junio, con 236 a 234 mm respectivamente (Trejo ., 1995)

3.3. Descripción de los tratamientos.

El experimento consistió en evaluar tres cubiertas plásticas para invernadero, dos prototipos de películas plásticas "termoreguladoras", (CIQA-01 y CIQA-02) y uno comercial. Los dos prototipos (CIQA-01 y CIQA-02) fueron desarrollados en los laboratorios de procesados plásticos de Centro de Investigación en Química Aplicada, se comparo con una película comercial de color transparente, la cual se definió como testigo, las tres películas de polietileno y tenían un calibre de 720 micras.

Figura 3.1 Distribución de los tratamientos



CIQA-02

Campo experimental

Invernadero de alta tecnología

3.4. Diseño experimental

Los resultados se sometieron a un análisis estadístico, bloques al azar, utilizando el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) para realizar los análisis de varianza y las pruebas de medias. (Tukey, $\alpha = 0.01$).

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = V + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde: Y_{ij} = Observación del i -ésimo tratamiento.

V = Efecto general de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = Efecto verdadero de la j -ésima repetición

ϵ_{ij} = Efecto verdadero del error experimental.

3.5. Descripción de los materiales utilizados

Para esta investigación se utilizaron tres invernaderos tipo capilla de 180 metros cuadrados cada uno, de estructura metálica, con ventilación laterales el polietileno se sujeto con madera, y en las ventanas tenia tela mosquitera; además estaban equipados con sistema de riego por goteo.

Híbrido que se manejo en la investigación

Se manejo una variedad de polinización abierta, de precocidad media, el promedio en el tamaño de fruto es de 200 gramos, con características de crecimiento determinado, esta variedad es muy sensible, tanto a la falta de luz, como a las temperaturas elevadas; a fin de determinar el efecto fisiológico causado por los prototipos.

Trasplante

El trasplanta se realizo manualmente, después de haber sido regada las macetas, esta practica se realizo al 06 de junio del 2001, en el riego se aplico pentacloro F 10 ml/l, y Tecto 60 7 gs/l.

La plántula se desarrollo en charolas de poli estireno expandido, y como sustrato se utilizo "peat-most", propagadas en el mismo campo experimental de CIQA.

Riego y Fertilización

El sistema de riego que se utilizo fue por goteo localizado, con un gasto de 1lts / hora /maceta.

La fertilización se aplico cada tercer día, la forma de aplicación, fue en el riego. Se aplicaron fertilizantes solubles: Nitrato de Calcio, Nitrato de potasio, Ácido fosforico y nitrato de amonio.

	Trasplante	Floración
Nitrato de Calcio, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	= 36 gr	280 gr
Nitrato de Potasio $\text{K}(\text{NO}_3)_2$	= 44gr	490 gr
Ácido Fosforico	= 32 ml	73 ml
Nitrato de Amonio $\text{NH}_4 \text{NO}_3$	= 67 gr	81 gr

Control fitosanitario

Se hizo aplicaciones preventivas para enfermedades fungosas, aplicación de insecticidas, adherentes etc. En el control de estas enfermedades se aplicaron los siguientes productos: Pentacloro 600 F 10 ml/mochila de 15 lts. de agua, Tecto 60 7gr./mochila , se aplico en tres ocasiones, Proscycar 15 gr./mochila, Prebicur 20 ml./mochila, se aplico en dos ocasiones, Mencozeb 90 gr./mochila, Promyl 12 gr./mochila, Captan 30 gr./mochila. En el caso de insecticidas se aplico Methomyl 12 gr./mochila, Triglar 9 gr./mochila, Bonanza 30ml./mochila, Agrimec 9 ml./mochila en dos ocasiones y como adherente se aplico Inex 7.5 ml./mochila.

3.6 Variables climáticas evaluadas

Para determinar las variables climáticas se tenían colocados, en el interior y en el exterior de los invernaderos, sensores de diferentes tipos; un sensor Quantum, para medir la Radiación fotosintéticamente Activa, un sensor tipo Pyranómetro modelo, para medir la radiación Total y sensores para medir la temperatura.

Para registrar las variables en el interior de los invernaderos se colocó un sensor Quantum y un pyranómetro a 40 cm del nivel del piso. Para medir la temperatura, se colocaron dos termopares en cada invernadero dentro de garitas de madera, a dos niveles de altura en el interior del invernadero, uno a 80 cm. Sobre el piso y el otro a 2.20 m, ya que en la parte superior es donde se acumula más calor.

En forma similar, en el interior y en el exterior y entre los invernaderos, se colocó un sensor de radiación fotosintéticamente activa, otro sensor de radiación total, y dentro de garitas, dos termopares; uno de ellos, a 80 cm sobre el piso y el otro a 2.00 m para ser utilizados como referencia. Al exterior de cada invernadero también dentro de una garita se dispuso un equipo Data Loger LI-COR LI-1000, conectados con diferentes sensores (internos y externos), estos equipos estaban programados para registrar datos cada minuto, luego obtener una media cada hora y durante las 24 horas del día. A partir del día 06 de junio al 19 de septiembre del 2001. La información en el Data Loger, era transferida a una computadora, para su posterior análisis.

3.7 Variables fenológicas evaluadas

Altura de planta, diámetro de tallo, número de flores, número de frutos, fotosíntesis, clorofila, número de estomas, rendimiento y biomasa en la toma de datos fue para las diez repeticiones de cada invernadero.

Las evaluaciones se realizaron semanalmente, una vez que la planta respondiera a los cambios fisiológicos. Iniciando el 04 de julio y terminando el 16 de octubre del 2002. El inicio de la floración fue el día 04 de julio del 2002.

Se midió la fotosíntesis el día 21 de julio y el día 22 de agosto del 2002, con un analizador de gases infrarrojo (IRGA) LI – 600 de LI – 6200 de LI-COR. El procedimiento es colocar dentro de una cámara una hoja, totalmente expandida, entre las 13:00 y las 16:00 horas, que es cuando el tomate tiene la mayor respuesta, se introduce la hoja en la cámara, accionar el sistema de flujo de aire y dejar que se estabilizara el CO₂ del interior. Después de la toma de la lectura, gravar la información y apagar el sistema, para su posterior análisis de la información.

Se midió la clorofila por espectrofotometría, donde se midió la cantidad que absorbe los pigmentos para la clorofila. El procedimiento fue tomar 0.25gr de la hoja de la planta, se molieron extrayendo la savia de la hoja con la aplicación de acetato al 80 %, se realizó dos veces, el día 5 y 19 de Septiembre del 2002.

El conteo de estomas se realizó el 12 de Septiembre del 2002, mediante un microscopio graduado, el procedimiento es realizar una copia en el haz de la hoja en el invernadero, los materiales utilizados son: Porta objetos, cinta escoch, la sustancia química que se utilizó fue el Xilol. Realizando seis repeticiones por invernadero.

Para determinar el rendimiento total, se pesó el total de frutos por cada repetición, realizando un conteo de los frutos, para determinar el total de frutos por tratamiento y repetición.

En esta variable se aplicó la fórmula de IOWA para realizar un ajuste por pérdidas de plantas en cada invernadero, para esto se tomó el número de plantas del invernadero que mayor número tenía.

La formula es:

Producción calculada = producción real X $\left(\frac{H - 0.3 M}{H - M} \right)$ En donde:

H = Número de plantas.
M = Número de fallas.
0.3 = Factor de corrección.

La materia seca se determino muestreando cinco repeticiones de cada tratamiento, se coloco la materia húmeda en bolsas de papel, pesando la materia húmeda para después meterlos a la estufa (Blue M Electric Company) a temperatura de 65 a 70 °C durante 48 horas, se determino el peso seco en una balanza electrónica (AND-HR-120).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Aspectos ambientales

Para el análisis de estas variables se graficaron los valores aportados por el censor Quantun, el análisis consistió en graficar los datos diarios para representar las variaciones en todo el ciclo del cultivo y en los días más críticos. La figura 01 y 02 muestran las variaciones de radiación fotosintéticamente activa.

4.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

La transmisión de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) difiere altamente en las tres películas evaluadas, se observa una reducción de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) con respecto a la exterior de 60, 22.5 y 41 % de transmitancia para CIQA-01, CIQA-02 y el convencional respectivamente. Ryu et al. (1999) y Cemy et al. (1999).

Conforme fluctúa la radiación fotosintéticamente activa del exterior, también se manifiesta en las películas, mostrando en orden decreciente de los plásticos, CIQA-01 y CIQA-02. Al respecto, Monees (1991) señala que el nivel de fotosíntesis se incrementa conforme lo hace la intensidad de radiación fotosintéticamente activa, varía de un cultivo a otro. La cantidad de aditivo de los polietilenos puede aumentarse sin afectar la radiación fotosintéticamente activa, modificando el ambiente en el invernadero, teniendo así condiciones más adecuadas para las plantas.

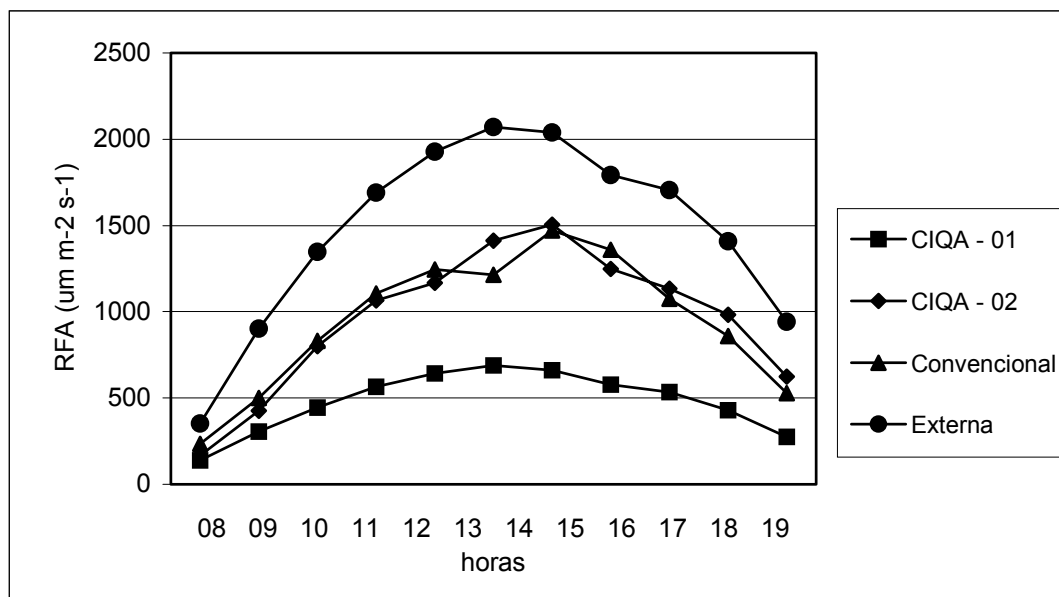


Figura 4.1. Comportamiento de la radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en un día despejado.

4.2 Temperaturas

Con respecto a la temperatura, juega un papel muy importante en el desarrollo de todos los cultivos, las óptimas son las que más favorecen a las plantas.

En este caso la temperatura exterior, difiere con respecto a la interna en cada uno de las películas plásticas. Analizando las gráficas 03, 04 y graficas en el apéndice, CIQA-01 reporta temperaturas de 34 – 36 °C en promedio, para CIQA-02, se observan temperaturas de 36 – 38 °C y para el polietileno convencional se observan temperaturas de 38 – 40 °C, en algunos días se observa temperaturas mayores de 40 °C. Las altas temperaturas en el invernadero con películas convencionales afecta en gran medida en un buen desarrollo de las plantas, ya que estas se veían más estresadas y esto afecto su rendimiento, respondiendo negativamente.

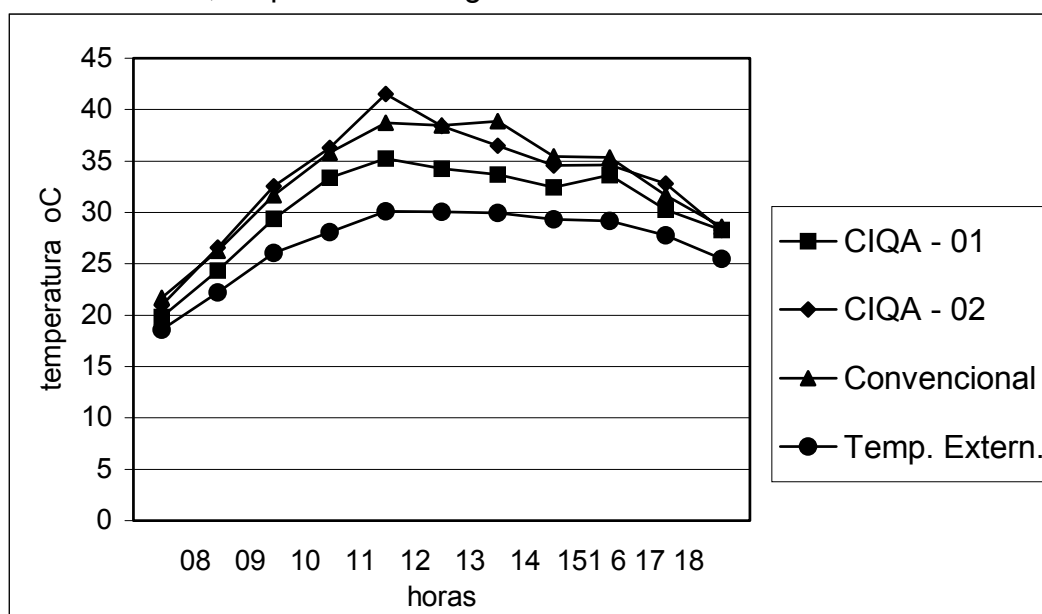


Figura 4.2 - Comportamiento de la temperatura, interna y externa registradas al interior del invernadero en las diferentes películas plásticas en el día despejado.

16.5	32.6	17.7
17.3	36.5	19.16
17.4	32.0	18.66
17.44	35.1	19.6
17.45	32.45	18.8

16.0	32.7	17.0
15.4	30.0	16.8
15.0	26.0	15.8

Otras investigaciones en tomate se encontró que se afectan adversamente los procesos de crecimiento vegetativo y reproductivo, finalmente el rendimiento y calidad del fruto (Abdul-Baki, 1991). Bas-Tsur (1977), citado por Charles y Harris (1972), señala el efecto de las altas temperaturas sobre la eficiencia fisiológica en el tomate.

4.3 Altura de planta

Cuadro 4.2 Comparación de medias de altura (cm) de plantas de tomate observadas en cada uno de los tratamientos.

Trat.	Julio				Agosto					septiembre	
CIQA-01	46.09	52.39	60.59	64.00	68.80	73.09	77.80	79.50	82.59	89.19	91.19
Conv.	34.29	40.20	44.09	48.40	49.40	52.59	56.70	59.50	63.70	65.19	66.09
CIQA-02	31.40	41.40	47.50	53.50	55.90	59.79	61.09	63.70	67.30	68.19	71.30
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.	10.8%	10.8%	10.2%	8.32%	7.7%	7.8%	7.9%	8.1%	7.2%	7.0%	5.6%

Tukey	5.995	6.721	7.74	6.816	6.707	7.168	7.697	8.173	7.567	7.8125	6.361
DMS	5.1916	5.820	5.902	5.902	5.808	6.20	6.666	7.07	6.567	6.76	5.509

** Altamente significativo, * significativo y NS No significativo

Se evaluó el comportamiento de altura de planta realizando 11 lecturas, realizando una evaluación cada semana, esta variable se midió desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta. Al realizar el análisis de varianza se observó diferencias altamente significativo en cada uno de los análisis, en el cuadro 4.2 se muestra el comportamiento promedio de altura en cada uno de los tratamientos.

La altura de planta se incrementa gradualmente, observando que desde el primer muestreo hay un incremento en la altura y este incremento lo presenta el tratamiento uno, CIQA-01, convencional y CIQA-02 con alturas de 46.09 cm, 34.29 cm, y 31.40 cm respectivamente.

Para el segundo muestro, presentan diferentes alturas, CIQA-01, CIQA-02 y convencional, presentan alturas de 52.39 cm, 41.40 cm y 40.20 cm respectivamente, esta tendencia de altura continua de forma similar con incrementos de altura en los tratamientos uno y tres que corresponden a CIQA-01 y CIQA-02, el convencional es el que menor altura presenta.. En la última toma de datos CIQA-01, CIQA-02 y el convencional presentan alturas de 91.19

CIQA-0 1	1.01	1.02	1.23	1.28	1.35	1.49	1.44	1.59	1.59	1.64	1.68
Conv.	0.83	0.83	1.07	1.19	1.27	1.35	1.43	1.45	1.55	1.64	1.66
CIQA-02	0.85	0.85	1.09	1.33	1.42	1.49	1.59	1.74	1.74	1.82	1.87
Signf.	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.	14.0%	10.15	8.29%	9.4%	8.90%	16.3%	8.9%	9.9%	11.9%	11.3%	9.8%
Tukey	0.175	0.158	0.1436	0.176	0.178	0.352	0.270	0.229	0.278	0.285	0.254
DMS	0.152	0.137	0.1244	0.153	0.547	0.305	0.230	0.198	0.241	0.247	0.220

** Altamente significativo, * significativo y NS No significativo

Al final del cultivo, el tratamiento que mayor diámetro presentó fue el CIQA-02, 1.87 cm, siguiéndole el CIQA-01, 1.68 cm y el d menor diámetro el convencional 1.66 cm. CIQA-02 supera a CIQA-01 y el convencional con 0.19 y 0.21 cm sucesivamente. Al relacionar el diámetro de tallo con el rendimiento se observa que existe relación, los resultados muestran que un mayor diámetro de tallo concuerda con mayor rendimiento. En estudios realizados en el campo experimental CIQA (1997) por Ibarra J. Rodríguez P. En la producción de tomate a campo abierto se encontraron diámetros similares.

4.5. Número de flores

Para el numero de flores, se contabilizo al inicio de la floración, esto se realizó para todos las repeticiones de cada uno de los tratamientos. Los

resultados obtenidos se muestran en el cuadro 4.4, con un total de 11 evaluaciones en todo el ciclo del cultivo.

No se observó diferencia significativa entre los tratamientos, para las diferentes evaluaciones que se realizaron.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de flores en tomate en cada uno de los tratamientos.

Numero de flores											
Trat.	Julio				Agosto					Septiembre	
	04	11	18	25	01	08	15	22	29	05	12
CIQA01	1.66	6.40	5.40	17.70	11.00	17.10	17.10	13.10	7.80	8.50	6.6
Conv.	1.69	7.00	5.10	10.90	7.80	16.29	21.50	18.60	12.60	5.60	3.20
CIQA02	1.53	6.00	7.60	17.20	16.20	21.90	20.70	3.60	2.0	3.70	5.60
Signf.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.	29.9%	12.2%	22.1%	12.6%	28.4%	24.9%	30.3%	23.5%	26.1%	31.9%	34.8%
Tukey	3.1185	0.166	0.7175	0.0769	1.0285	0.9986	1.2852	0.8933	0.8202	0.9474	0.9595
DMS	0.6409	0.3608	0.6213	0.4598	0.8906	0.8647	1.1130	0.7736	0.7102	0.8204	0.8309

** Altamente significativo, * significativo y NS No significativo

4.6 Número de estomas

Se evaluó el comportamiento de número de estomas en las hojas, después de realizar el análisis de varianza, se observó que existen diferencias significativas para los tres tratamientos. El tratamiento que mayor número de estomas por mm^2 , presentó es el convencional, con una diferencia de 33 % más que el CIQA-01 y un 40 % que el CIQA-02, (Cuadro 4.5). Comparando con la producción de biomasa el mejor tratamiento es el tercero CIQA-02, el que presentó menor número de estomas y mayor producción de biomasa.

Por encima de los 30-35 °C la intensidad de la fotosíntesis empieza a declinar hasta anularse del todo si la temperatura está comprendida entre los 40 y 50 °C según la especie. La causa de la inhibición son diversas y atribuibles en parte a un mayor cierre de los estomas para contener la pérdida de agua por transpiración y, en parte, a un efecto directo de la temperatura sobre la fotosíntesis, por la inhibición del transporte fotosintético de electrones a los cloroplastos (A. Alpi y F. Tognoni, 1999).

Cuadro 4.5 Comparación de medias de número de estomas

Tratamientos	Medias				Tukey ($\alpha = 0.01$) = 1.8717
Convencional	66.50	A			DMS ($\alpha = 0.01$) = 1.5917
CIQA-01	40.16		B		
CIQA-02	36.16			C	

4.7 Número de frutos

Se evaluó el número total de frutos por repetición, iniciando el conteo el día 25 de julio del 2001 y terminando el día 12 de septiembre del 2001, para cada uno de los tratamientos, sumando el total de cada uno de las repeticiones, se analizaron los datos y los resultados que se obtuvieron en el análisis de varianza muestran que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, (Cuadro 4.6).

La comparación de medias de frutos por tratamiento muestran para CIQA-01 33.90 frutos, para CIQA-02 60.79 frutos y para el convencional fue de 30.00 frutos, el tratamiento CIQA-02 fue el mejor y el peor tratamiento fue el convencional, (Cuadro 4.6).

El número de frutos por planta es un aspecto que está ligado por la genética de la planta y en este caso es influenciado por el medio ambiente, el invernadero CIQA-02 propició mejores condiciones por lo que la respuesta de la planta se refleja en una mayor producción de frutos y como consecuencia refleja mayores rendimientos.

Cuadro 4.6 Comparación de medias de número total de frutos

Tratamientos	Medias				Tukey ($\alpha = 0.01$) = 1.2485
CIQA-02	60.79	A			
CIQA-01	33.90		B		DMS ($\alpha = 0.01$) = 1.0812
Convencional	30.00			C	

4.8 Rendimiento

Los cortes en la producción de tomate se realizaron en cada uno de los tratamientos, pesando en kg por cada repetición y contando el número de frutos, el total de cortes que se realizaron es de 17, iniciando el día 01 de agosto del 2001 y terminando el día 16 de octubre del 2001.

Para sacar el rendimiento total se sumó la producción de cada corte en cada repetición, en cada uno de los tratamientos. Con los datos se realizó el análisis de varianza, los resultados mostraron diferencias altamente significativas, (Cuadro 4.7). La comparación de medias muestran para CIQA-01 una media de 1.52 kg/planta, para CIQA-02 un rendimiento de 4.22 kg/planta, y para el convencional rendimiento de 0.94 kg/planta (Cuadro 4.7).

Considerando una densidad de plantas de 3 / m². El mejor tratamiento resultó ser el CIQA-02 con un rendimiento por hectárea de 126.6 toneladas, para CIQA-01 se tiene un rendimiento de 46.6 toneladas por hectárea y para el convencional se tiene un rendimiento de 28.2 toneladas por hectárea. De acuerdo a las densidades en los invernaderos se tienen diferentes rendimientos, trabajos realizados reportan: En invernadero (Rodríguez et al., 1984), las densidades más usuales oscilan entre 2.2 y 2.5 plantas /m². En invernadero sin calefacción se citan valores medio de hasta 120 grs. de fruta por m², mientras que en invernaderos climatizados esos valores pueden duplicarse (castilla, 1985).

Con estudios comprobados con densidades de poblaciones, el rendimiento tiene un incremento a mayor densidad, sin embargo la desventaja

es que produce frutos relativamente más pequeñas (Papadopoulus y Ormrod, 1990).

Cuadro 4.7 Comparación de medias de rendimiento total/Planta

Tratamientos	Medias				Tukey ($\alpha = 0.01$) = 0.3077
CIQA-02	4.22	A			DMS ($\alpha = 0.01$) = 0.2665
CIQA-01	1.52		B		
Convencional	0.94			C	

4.9 Producción de biomasa

Al término del cultivo se evaluó biomasa total, se tomó de las primeras cinco repeticiones de cada tratamiento, las medias para cada tratamiento quedaron de la siguiente manera, CIQA-01 acumuló 294.00 grs./ planta, CIQA-02 334.00 grs./ planta y para el convencional acumuló 89.00 grs./ planta.

Los resultados del análisis de varianza muestran que el mejor tratamiento fue CIQA-02, siguiendo CIQA-01 y el peor fue el convencional. Existe una relación entre rendimiento y acumulación de biomasa ya que los tratamientos con mayor biomasa fueron también los que tuvieron más altos rendimientos. Entre las causas que impiden el potencial productivo están las condiciones climáticas no favorables.

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,

finalmente el rendimiento y calidad del fruto (Abdul-Baki, 1991). Bas-Tsur (1977), citado por Charles y Harris (1972), señala el efecto negativo de las altas temperaturas sobre la eficiencia fisiológica en el tomate.

Cuadro 4.8 Comparación de medias de biomas total

Tratamientos	gs.				Tukey ($\alpha = 0.01$) = 95.59
CIQA 02	334.00	A			DMS ($\alpha = 0.01$) = 80.56
CIQA 01	294.00		B		
Convencional	89.00			C	

CONCLUSIONES

Las películas “termoreguladoras” CIQA-01 y CIQA-02, Modificar la cantidad de radiación que insude dentro del invernadero, mostrando resultados favorables, en el rendimiento y producción de biomasa del cultivo de tomate, el mejor tratamiento fue el CIQA-02 con el mas alto rendimiento.

La temperatura en el interior de los invernaderos hay una diferencia de 2 °C. en el interior de los invernaderos, el que mayor temperatura registro es el convencional con una temperatura de 4 °C. El que mejores condiciones presentó fue el CIQA-02, y es el que obtuvo rendimientos mas altos y mayor acumulación de biomasa del tomate.

LITERATURA CITADA

- Abdul-Baky., A. 1991. Tolerance of tomato cultivars and selected germoplasm to heart stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*. 116: 1113 – 1116.
- Aurelio B. T. , José A. R. A. Chapingo, México, 1999. INVERNADEROS EN MÉXICO, Diseño, Construcción y Manejo UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO, Serie de publicaciones AGRIBOT N^o. 5
- Anderlini, R. 1976, el cultivo de tomate 3^a Edición Mundi-Prensa castellano 37, Madrid España.
- Alisedo, M.A. 1999. Chile y tomate. *Rev. productores de Hortalizas y Publicación periódica*. Agosto. pp 14-15
- A. ALPI. F. TOGNONI, 1999. Cultivos en Invernaderos 3 Ed. Mundi Prensa, México.
- Bringas, L.. 1998. Tiempos de invernaderos. *Rev. Productores de Hortalizas Publicación*. Agosto. pp. 32 –35.
- A. Alpi. F. TOGNONI 2000c. Radiación. In: Memorias del Curso Internacional de Ingeniería , Manejo y Operación de Invernaderos para la producción intensiva de Hortalizas Instituto Nacipnal de Capacitación para la productividad Agrícola (INCAPA, S,C,) 21 – 26 de Agosto de 2000. Guadalajara , Jal., México. pp.34-38.
- Barr, H. S. 1998. Invernaderos; la solución para producir y cosechar todo el año. *Rev. Hortalizas, Frutas y Flores*. Abril. pp 7-11.
- Bar-Tsur,A., Rudich, J. and B. Bravdo 1985. Photosynthesis, Transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperature. *J. Hort. SCI.* 60 (3) 405-410.
- Charles, W.B., R.E. Harris. 1972. Tomato fruit seat at high an low temperature. *Can J.*

- Plant Sci. 52:497 – 506.
- CIQA. (1997)Curso Nacional de Plásticos en la agricultura. VI semana de Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Decoteau, D.R, and H.H. Friend 1990 Seasonal mulch color Transition. Proc. 22 Natl. Agr. Plast. Congr.. pp. 13-18
- Díaz, P.J.C.. 1995. El calor acumulado en su reloj de tiempo. Rev. Productores de Hortalizas. Publicación Periódica. octubre. pp. 17-21.
- Edmond,J.E.Senn.T.L. and Andrews, F.S. 1984. Principios de Horticultura 7ª Ed. Continental México.
- FRANK B. SALISBURY CLEON W. ROSS. 1992. Fisiología Vegetal. G. Ed. Iberoamericana S.A. de C. V. México D.F.
- Gálvez, L.J. 1999. Producción bajo invernadero. Rev. Productores de Hortalizas. Publicación periódica. Agosto. pp 14 –21.
- Garffron,H.1974, Fotosíntesis C.E.C.S.A. México Pp5-10, 10-15.
- Guzmán, P.M. y A. Sánchez. 2000. Sistema de explotación y tecnología de producción. In. Memorias del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos Para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto. Guadalajara, Jal., México. pp.64-94.
- Hernández. M. O. 1999. Evaluación del efecto de microtuneles con películas prototipo para invernadero, sobre el cultivo de calabacita. UAAAN. Buenavista Saltillo. México. Tesis de Licenciatura
- Hernández, O.J. 1993 Curso de fisiología de hortalizas UAAAN, departamento de Horticultura, Buenavista Saltillo, Coahuila México.
- Hassan, F.A. 1999 Calidad de agua para Microirrigación . revista Productores de Hortalizas. Año 8, No. 4. México
- Ibarra J. L. Y P. A. Rodríguez. 1991. Acolchados de suelos con películas plásticas Primera edición. Editorial Limusa. México, D.F.
- Losada, V.A. y A. Gallegos G. 1991. El riego. Fundamentos y Aplicación: Riegos de superficie y Riegos por Goteo. 1er Curso Internacional sobre Agrotecnoa del cultivo en invernadero. Almeria, España.
- Manuel, C,C, 1993. Horticultura manejo simplificado, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Matallano, G. A. Y C.J.J. Montero 1989, invernaderos: Diseño y construcción y

- ambientación, Ed. Mundi -prensa Madrid España.
- Miller, W.B. and R.W. Lalanghans. 1989 Reduced irradiance affects dry weight partitioning in Easter Lily. *J. Amer. Soc.*: 114(2): 306- 309.
- Moens, F..The use of surface active additives as anti-fog agents in agricultural films. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plastics. Mobile, Alabama. Sep. 29 Oct. 3, 1991. pp. 188 – 195.
- Nuez F. 1995 El cultivo de tomate . ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Pedro Reyes Castañeda, 1980, Diseños de Experimentos Aplicados. Ed. Trillas, México.
- PEREZ Papaseit, JORDI B., ENRIC A. (1997) Los plásticos y la agricultura, Ediciones de Horticultura S.L.
- Pilati, R.A. y J.C. FAVARO.. 1999. el cultivo de pimiento bajo invernadero. Internet.
- Piña R.A. Ibarra, J.L. 1999. Semiforzada de cultivos mediante el uso de plásticos. Ed. Limusa. , ED. México.
- Quiroga, CH.O.A. 1992. Análisis de senderos para características relacionadas con resistencia a sequías en 12 genotipos de maíz (*Zea Mays L.*). Tesis de Maestría en Ciencias en fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 173p.
- Robledo, P F. Y V.L. Martín. 1981. aplicación de los plásticos en la agricultura. Ed. Mundi – Prensa, Madrid España.
- R. GORDON HALFACRE, JOH A. BARDEN, 1992, Horticultura, Ed A. G T. Editorial S. A. México D. F.
- Rodríguez, J.L. 1999 Nuevos Calibres. Rev. Productores de Hortalizas. Publicación periódica . Agosto de 1999. pp. 10 – 11.
- R.G.S. Bidwell. Professor de Biología, Queen´s, University, Kingston, Ontario, Canada, Fisiología Vegetal (Editorial Calypso, S.A.) 1987.
- Santiago, L., M. Medoza and F.E. Borrego. 1998 Evaluación of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse conditions: phenological and physiological criteria. *Agronomía Mesoamerica*. 9(1): 59 – 65.
- Sitt. I. 1988. El ABC de la horticultura protegida. Versión española de A. Rodríguez del Rincón Ing. Agrónomo Ed. Mundi –prensa. Madrid, España.
- Socorro A.R. Jesús R.N. et al., (1999) Hortalizas, Plagas y enfermedades Ed. Trillas S. A. De C. V.

Splittstoesser W. E. and J.E. Brown. 1991 Current changer 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.

Thompson, H.F. and M.J. White.1991. Physiological and molecular studies of light regulate nuclear genes in higher plants. ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.. 42: 423 -466

Valadez L. A. 1998, Producción de Hortalizas, Ed. Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. Octava reimpresión. México D. F. 298 p.

Weiss, D.. 1995. Cubiertas de plásticos para invernaderos como filtro lumínico para controlar el desarrollo vegetativo. In: Memoria del Simposium Internacional

APÉNDICE

Figura A 01 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 28 de junio del 2001.

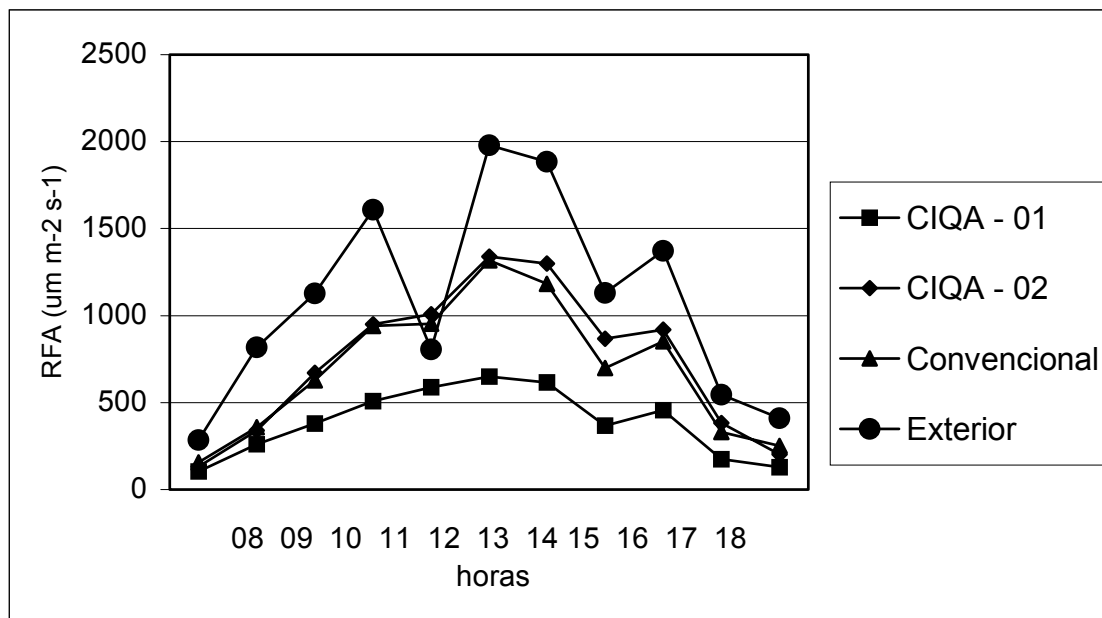


Figura A 02 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 15 de julio del 2001.

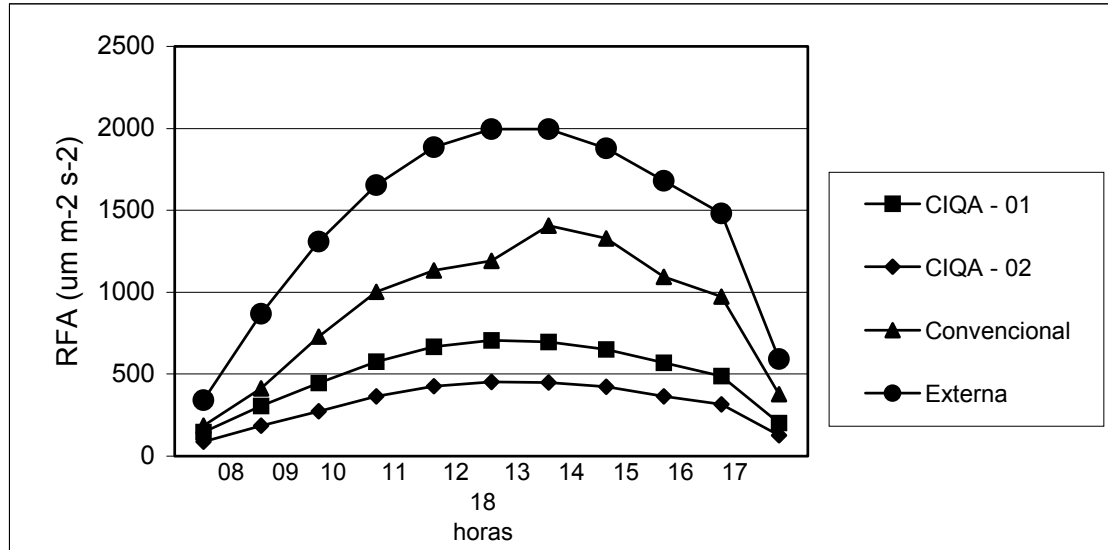


Figura A 03 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 24 de junio del 2001.

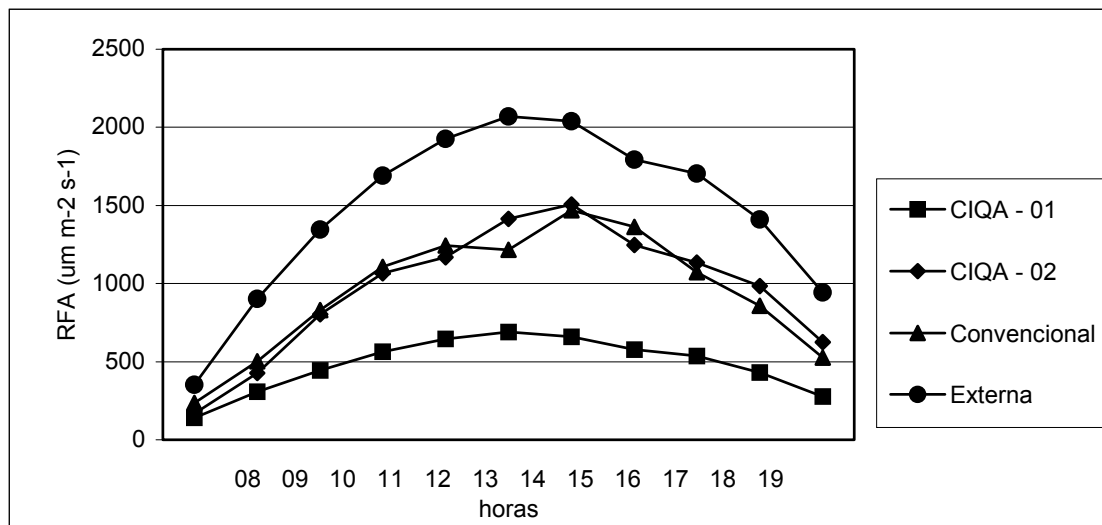


Figura A 04 Comportamiento de la Radiación fotosintéticamente activa registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 19 de agosto del 2001.

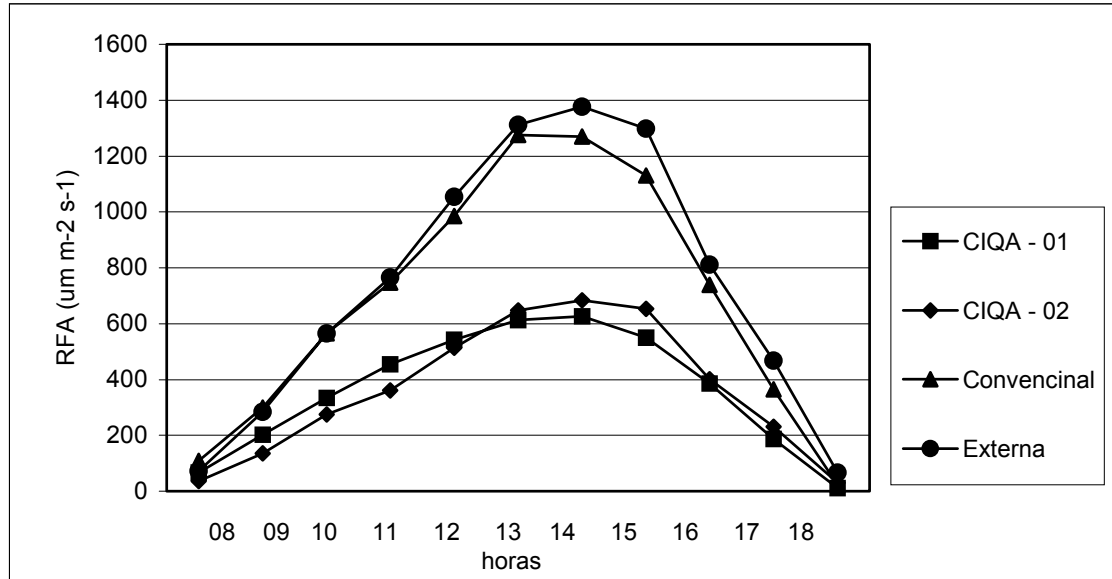


Figura A 05 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 01 de agosto de 2001.

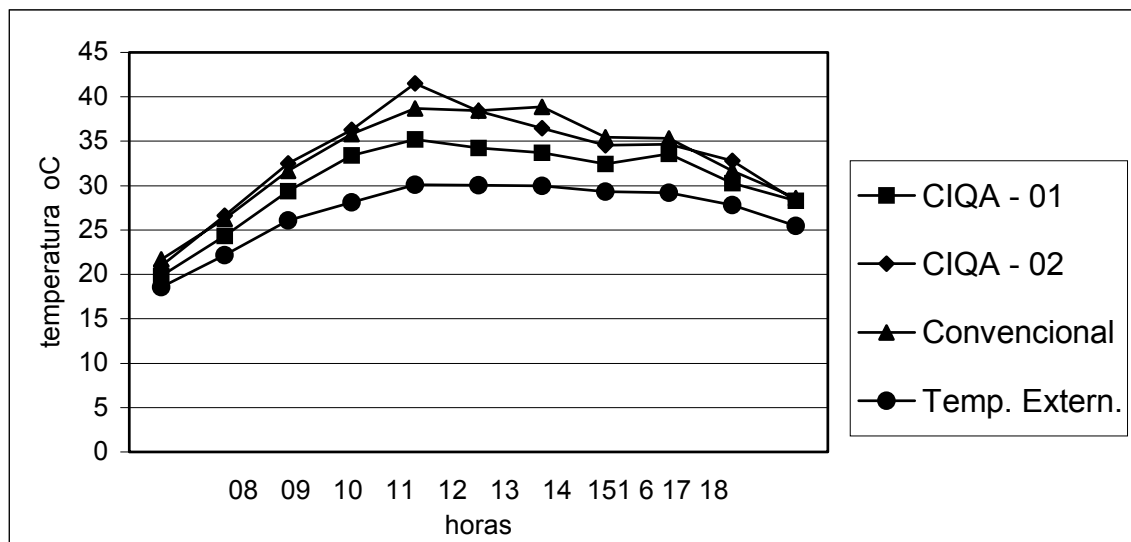


Figura A 06 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 15 de julio del 2001.

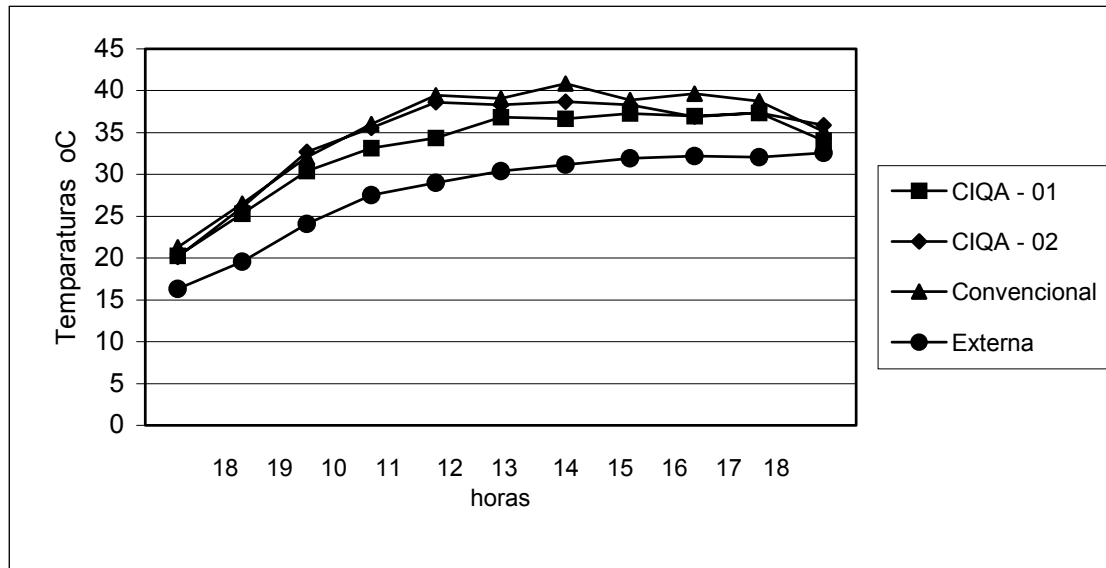


Figura A 07 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 24 de junio del 2001.

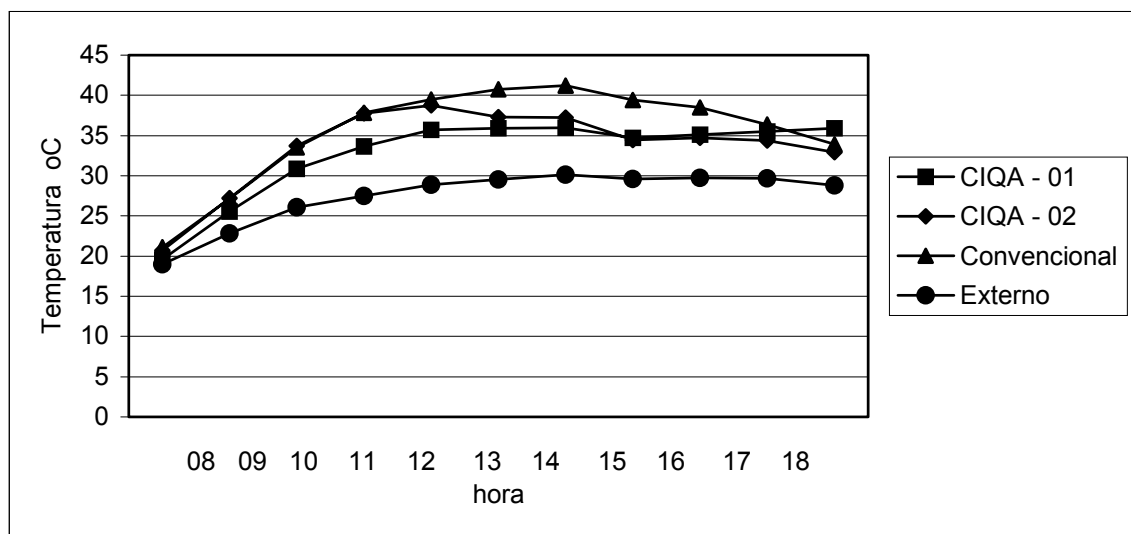
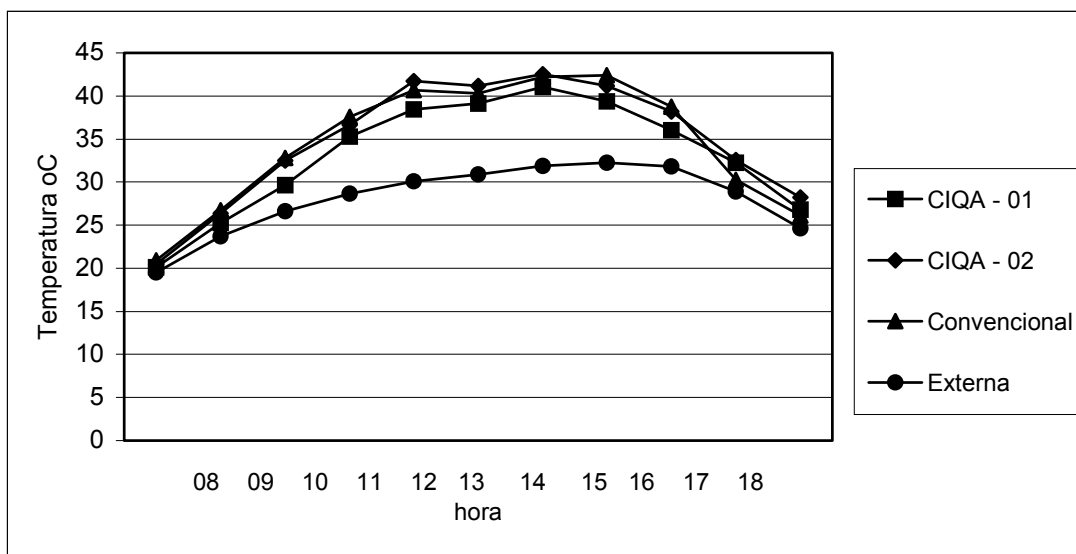


Figura A 08 Comportamiento de la temperatura registrada en el exterior y la transmitida al interior del invernadero por las diferentes películas plásticas en el día 19 de agosto de 2001.



Cuadro A 01 Análisis de varianza para numero de estomas

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	15.45544	7.72772	10.2111	0.004
Bloques	9	3.034546	0.606909	0.8019	0.574
Error	18	7.567993	0.756799		
Total	29	26.05798		* *	CV =12.8%

Cuadro A 02 Análisis de varianza para numero de estomas

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	15.45544	7.72772	10.2111	0.004
Bloques	9	3.034546	0.606909	0.8019	0.574
Error	18	7.567993	0.756799		
Total	29	26.05798		* *	CV =12.8%

Cuadro A 03 Análisis de varianza del total de frutos

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	31.485352	15.742676	22.3091	0.00

Bloques	9	4.222534	0.469170	0.6649	0.73
Error	18	12.701904	0.705661		
Total	29	12.701904		* *	CV =13.3%

Cuadro A 04 Análisis de varianza para rendimiento total

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	6.533340	3.26667	76.2062	0.00
Bloques	9	0.364372	1.040486	0.9445	0.513
Error	18	0.771591	0.042866		
Total	29	7.669304		* *	CV =14.8%

Cuadro A 05 Análisis de varianza para biomasa total

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	172750.00	86375.00	59.9134	0.00
Bloques	9	6076.6876	1519.1718	1.0538	0.439
Error	18	11533.3125	1441.6640		
Total	29	190360.000		* *	CV =15.9%