

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto de Tres Cubiertas Diferentes para Invernaderos Sobre el Desarrollo y
Rendimiento del Cultivo de Tomate Tipo Uva (*Solanum lycopersicon* L. cv. Sweet
Hearts)

Por:

EFRÉN TORRES VÁSQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto de Tres Cubiertas Diferentes para Invernaderos Sobre El Desarrollo y
Rendimiento del Cultivo de Tomate Tipo Uva (*Solanum lycopersicon* L. cv. Sweet
Hearts)

Por:

EFRÉN TORRES VÁSQUEZ

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada



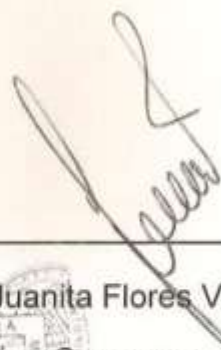
Dr. Manuel De La Rosa Ibarra

Asesor Principal



M.C. Maria Rosario Quezada Martin

Coasesor



M.C. Juanita Flores Velásquez

Coasesor



Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2012

AGRADECIMIENTOS

Primero y antes que nada, dar gracias a DIOS NUESTRO SEÑOR por estar conmigo en cada paso que doy y por guiarme siempre en mi camino, por el cual hice realidad este sueño, por fortalecer mi corazón en momentos tan difíciles de mi vida e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y me han llenado de amor y felicidad.

A mi “ALMA TERRA MATER” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de realizar mi formación profesional y llevar ese BUITRE tatuado en el corazón y seguir volando muy alto.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por todo el apoyo brindado para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A FONDOS MIXTOS CONACYT (FOMIX). Por el apoyo financiero al proyecto: Validación y transferencia de películas para invernadero con características termorreguladoras aplicables para la región sureste de Coahuila “COAH-2022-C19-163415”. Responsable del proyecto M.C. Ma. Rosario Quezada Martín. Del cual se deriva el presente trabajo.

Al Dr. Manuel De La Rosa Ibarra por su constante apoyo para terminar de buena forma esta investigación, gracias por dedicarme un poco de su tiempo, paciencia y brindarme su confianza.

A la M.C. Ma. Rosario Quezada Martin quien es parte fundamental en la realización de este trabajo, gracias por dedicarme un poco de su tiempo y paciencia, ya que en el transcurso de la realización de este trabajo pude conocerlo un poco más y darme cuenta que es una excelente persona.

A la M.C. Juanita Flores Velásquez por su valiosa participación en la revisión del presente trabajo de investigación, además de brindarme su amistad. Muchas gracias.

Al Dr. Marco Antonio Arellano García por haber participado directamente en la realización de este trabajo y por brindarme su amistad y apoyo. Muchas Gracias.

Al Biol. Leopoldo Arce González quien formó parte importante de este trabajo por ser parte del jurado y sin pensarlo dos veces aceptó ser parte de este grandioso sueño.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez por su apoyo y colaboración en este trabajo de investigación.

Al Ing. Felipe Hernández Castillo, al M.C. Eduardo A. Treviño López, al Ing. Josafat Alvarado Camarillo, al Ing. Lehovy Edwards Velásquez Díaz, al Ing. Ramón Zaragoza Nieto, al Ing. Alfredo M. Luckie Navarrete, a los Técnicos Francisco, Jacobo, Arturo, Mario y a los que me faltaron mencionar. Gracias por contribuir en este trabajo agradezco su paciencia y sencillez con la que se entregaron, de igual manera por la amistad que me brindaron, muchas gracias.

A Xenia Verges Prats, a Miriam Laue, a Laura Siñol por el apoyo incondicional que me brindaron, muchas gracias (danke).

A mis amigos Jaime (Pusilla), Sergio (Checo), Manolo (Piña), Dionisio (Nicho), Jesús (Shima), Ana (Ranita), Olivia (Chunda), Gelmy (Escuincla) y a los que me faltan por nombrar. Gracias por su apoyo incondicional, con quienes he convivido y disfrutado grandes momentos de mi vida, les deseo el mejor de los éxitos donde quiera que se encuentren ^(agarrando monte). También a los compañeros de la generación y de la carrera de Ingeniero en Agrobiología.

A los paisanos; Lic. Flavio Vásquez, al Ing. Felipe Gutiérrez, al Ing. Ramiro, al Ing. Guillermo Vásquez, al Ing. Dionisio Vásquez, a la Ing. Ofelia, al ing. Mayolo, al Ing. Yonathan, al Ing. Sergio, a Víctor, Godofredo, Eloy, Cesar, Guillermo. Por su apoyo y amistad que siempre me han brindado, muchas gracias.

Y a un sinfín de personas que me rodean, quiero expresarles mis sinceros agradecimientos por el apoyo y amistad que siempre me han brindado, muchas gracias y quiero que sientan que el éxito es también de ustedes.

DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedico con amor y cariño a todas aquellas personas que siempre confiaron en mí y que no dudaron en apoyarme para que haya terminado mis estudios.

A mi madre **Sra. Matilde Vásquez Jiménez**. Por toda la dedicación, apoyo y enseñanza, por darme tu hombro para ayudarme y por darme la mano cuando me sentía caer, por todos los momentos que hemos pasado, que sin tu fortaleza y apoyo nunca lo hubiera logrado. Muchas Gracias mama por confiar en mí, te amo.

A mi padre el **Sr. Crescenciano Torres Vargas**. Por todas sus enseñanzas y apoyo a lo largo de mi vida, por apoyarme y ayudarme a cumplir este sueño en realidad. Gracias papa eres una persona maravillosa, y es un orgullo llevar tu sangre, te amo.

A mis hermanos **Avito, Rene, Mode, Zaula, Vero, Nancy**, por estar siempre conmigo, y brindarme su apoyo incondicional, quiero que también sientan suyo este sueño hecho realidad. Ustedes son personas a quien más admiro y respeto, por sacar adelante a la familia. Muchas gracias

A mis cuñadas **Ana, Diana, Eufemia** también a mi cuñado **Pepe**. Por su apoyo incondicional. Muchas gracias.

A la **Ing. Ma. Esperanza Hernández Ruiz**. Por su gran amor, apoyo y ternura, cuando mas lo he necesitado siempre has estado ahí para mí, también por inculcarme respeto, la humildad

y la sencillez hacia mis semejantes, le doy gracias a dios por regalarme la dicha de tenerte a mi lado. Muchas Gracias. Te Amo

A mis sobrinos **José, Arlet, Rosa, Karen, Wendy, Yoselin, Aylin, Keyli, Ashli, Kevin, Arturo, Gelmy, Yereni**. Es una muestra para ustedes y decirles que realmente si se puede lograr lo que te propongas haciendo las cosas de manera responsable. Gracias por brindarme felicidad, los considero como si fueran mis hijos. Los quiero mucho.

A las familias **Torres Martínez, Jiménez Torres, Galicia Torres, Vásquez Jiménez y Hernández Ruiz**. Gracias por permitirme ser parte de esta familia tan grande y linda, en ella me he sentido cobijado de parte de todos sus integrantes. Nunca dejare de agradecerles. Muchas gracias.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

EFRÉN TORRES VÁSQUEZ.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVO GENERAL | 4 |
| HIPÓTESIS | 4 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| Uso de plásticos en la agricultura | 5 |
| Producción bajo invernadero o agricultura protegida. | 5 |
| Protección de cultivos mediante películas plásticas y protección de cultivos bajo malla sombra | 6 |
| Películas plásticas | 7 |
| Malla sombra | 8 |
| Películas plásticas utilizadas para invernadero | 9 |
| Plásticos flexibles | 9 |
| Plásticos fotoselectivos | 10 |
| Plásticos multicapa | 10 |
| Películas anti-plagas | 12 |
| Películas térmicas | 12 |
| Películas refrescantes o películas frías | 13 |
| Películas fluorescentes | 14 |
| Formulación de películas con nanopartículas | 15 |
| Películas anti-goteo | 15 |
| Propiedades ópticas de las cubiertas plásticas para invernadero | 16 |
| Termicidad | 16 |
| Transmitancia | 17 |
| Difusión | 17 |
| Efecto de las películas sobre el medio ambiente de los invernaderos | 18 |
| Efecto de las películas sobre la temperatura | 18 |
| Efecto de las películas sobre la humedad relativa | 19 |
| Efecto de las películas sobre algunos procesos de la planta | 21 |
| Efecto de las películas sobre la fotosíntesis | 21 |
| Resultados de investigación de películas en cultivos hortícolas | 22 |
| Resultados de investigación en Cucurbitáceas | 22 |
| Resultados de investigación en Solanáceas | 22 |

| | |
|--|-----------|
| Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de tomate | 23 |
| Temperatura | 23 |
| Humedad | 24 |
| Luminosidad | 24 |
| Suelo | 24 |
| Situación actual de la producción de tomate en invernadero en el mundo y en México | 25 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 27 |
| Descripción del área del experimento | 27 |
| Características de las cubiertas evaluadas | 27 |
| Procedimiento | 28 |
| Desinfección de charolas | 28 |
| Material genético | 28 |
| Siembra | 28 |
| Preparación de terreno | 29 |
| Instalación de cintillas y acolchado | 29 |
| Trasplante | 29 |
| Riego y nutrición | 29 |
| Manejo agronómico del cultivo de tomate tipo uva | 30 |
| Tutoreo | 30 |
| Deshoje | 31 |
| Eliminación de brotes laterales | 31 |
| Deshierbes | 31 |
| Cosecha | 31 |
| Pinzado de plantas | 31 |
| Control Fitosanitario | 32 |
| Diseño experimental y análisis estadístico | 32 |
| Variables independientes | 32 |
| Variables dependientes | 33 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 35 |
| Radiación fotosintéticamente activa (PAR) | 35 |
| Temperatura | 37 |
| Humedad relativa | 40 |

| | |
|-----------------------------|----|
| Déficit de Presión de Vapor | 43 |
| Variables Agronómicas | 46 |
| Altura de plantas | 47 |
| Diámetro de tallo | 48 |
| Peso seco de tallo | 49 |
| Área foliar | 51 |
| Peso seco de hoja | 53 |
| Peso seco de flor | 54 |
| Peso seco de fruto | 55 |
| Numero de frutos por planta | 57 |
| Peso total de frutos | 59 |
| Calidad de fruto | 62 |
| CONCLUSIONES | 67 |
| LITERATURA CITADA | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa (PAR) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 12/06/2012.

Figura 2. Radiación fotosintéticamente activa (PAR) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 27/09/2012.

Figura 3. Temperatura exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 12/06/2012.

Figura 4. Temperatura exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 27/09/2012.

Figura 5. Humedad relativa exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 12/06/2012.

Figura 6. Humedad relativa exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 27/09/2012.

Figura 7. Déficit de presión de vapor (DPV) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 12/06/2012.

Figura 8. Déficit de presión de vapor (DPV) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero 27/09/2012.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable altura de planta, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 2. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable diámetro de tallo, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable peso seco de tallo, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 4. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable área foliar, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 5. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable peso seco de hoja, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable peso seco de flor, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 7. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable peso seco de fruto, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 8. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable número de frutos por planta, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 9. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable peso total de frutos, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 10. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable diámetro polar de fruto, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

Cuadro 11. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable diámetro ecuatorial de fruto, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales (Espí *et al.*, 2010; Reséndez *et al.*, 2011). En las últimas décadas se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas que plantean diferentes alternativas, generan condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región (Juárez *et al.*, 2012).

Los diferentes plásticos utilizados como cubierta están compuestos por diferentes polímeros de base a los que se añaden aditivos que permiten su procesado y aportan o mejoran características deseadas. Dentro de este tipo de plásticos el material más utilizado es el polietileno (PE) (Astiz *et al.*, 2010; López y Losada, 2006). El polietileno es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchado. Esto por su bajo precio, sus buenas propiedades mecánicas, y a la facilidad para incorporar aditivos (Godoy, 2007). Las oportunidades de avance tecnológico en materiales plásticos para la cubierta de invernaderos pasan por el desarrollo y utilización de nuevas cubiertas que permitan una mayor productividad y un mejor control del clima del invernadero (Espí *et al.*, 2010), como son los filmes fotoselectivos (Hernández *et al.*, 2002; Astiz *et al.*, 2010), los filmes antiplagas, filmes fluorescentes, filmes antigoteo (Espí, 2012), además de las películas multicapa (Bonafont, 2005), las películas térmicas (Espí *et*

al., 2002; Papaseit, 2001), y los materiales a base de nanoestructuras (Sánchez *et al.*, 2004). Cada una de las cuales modifica específicamente el espectro de la luz filtrada en las regiones ultra-violeta, visible y rojo lejano, e intensifica su dispersión (luz difusa) (Astiz *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2002; Oren-Shamir *et al.*, 2001), para obtener una mejor calidad de luz dentro de los invernaderos logrando un mejor control del microclima, influyendo en los procesos fisiológicos y el desarrollo de las plantas (Sánchez, 2007), consiguiendo aumentos de producción y mejora de la calidad de la cosecha. (Espí, 2012).

Con los plásticos de polietileno se crea el microclima mas adecuada para las plantas dentro del invernadero de forma que la temperatura, humedad relativa, cantidad y calidad lumínica son las idóneas para el cultivo (Jiménez, 2002). Pero también existen sistemas de cultivo con mallas sombra, estos sistemas son alternativos a los invernaderos cubiertos con polietilenos (Morales y Payán, 2010b; Carluccio *et al.*, 2004). Las mallas sombra son ampliamente utilizadas en el cultivo protegido de plantas hortícolas como técnica de control de la luz y la temperatura (Ayala *et al.*, 2011). Ahora bien, los invernaderos situados en las zonas tropicales o desérticas pueden sufrir problemas al estar sometidos a las temperaturas excesivas prácticamente a todo lo largo de un ciclo de cultivo. El sobrecalentamiento es debido a exceso de la radiación solar del infrarrojo cercano (NIR). Los agricultores suelen solucionar este problema utilizando mallas de sombreo o mediante el blanqueo de las cubiertas. Ambos métodos solucionan el efecto de la transmisión de energía térmica NIR aproximadamente un 45% del total, pero también disminuye la transmisión de la radiación fotosintéticamente activa (PAR). Las cubiertas ideales

para este tipo de clima serian aquellas que filtren la NIR, para mantener fresco en invernadero sin reducir la PAR, estas películas son las conocidas como refrescantes o antitérmicos (Espí *et al.*, 2002). Sánchez *et al.*, (2004), en un estudio menciona que los filmes fríos tienen la habilidad de disminuir la temperatura dentro del invernadero, permitiendo una buena transmisión de luz, logrando un efecto positivo en cuanto al rendimiento de los cultivos.

Debido a las condiciones climáticas que presentan algunas regiones del país, existen regiones en el estado de Coahuila que tienen la característica de alcanzar altas temperaturas en temporadas de primavera-verano del año, por lo que la producción de cultivos se ve afectada. El desarrollo de nuevas películas plásticas para regiones con condiciones adversas es una alternativa para la producción debido a que se puede obtener condiciones adecuadas para aumentar el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos, por lo que los agricultores se verán beneficiados obteniendo un mayor rendimiento, viéndose reflejado en un mejor ingreso económico para los mismos.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de tres cubiertas diferentes para invernaderos con características ópticas diferentes sobre el desarrollo y rendimiento del tomate tipo uva (*Solanum lycopersicon L. cv. Sweet Hearts*).

HIPÓTESIS

Las características ópticas de la película CIQA y su efecto sobre el microclima del invernadero influirán en una mejor respuesta de productividad del cultivo de tomate tipo uva (*Solanum lycopersicon L. cv. Sweet Hearts*).

REVISIÓN DE LITERATURA

Uso de plásticos en la agricultura

El uso de los plásticos en la agricultura surgió como consecuencia de la escasez de agua y la necesidad de producir cultivos fuera del ciclo productivo; la aplicación de los plásticos en la agricultura tiene un impacto principalmente en la horticultura, obteniendo como principal beneficio una mayor productividad de la cosecha; precocidad en los cultivos y mejor calidad de los frutos; además ha provocado que las zonas de baja productividad se hayan convertido en importantes zonas productoras de hortalizas (Hernández, 2011).

Producción bajo invernadero o agricultura protegida.

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad. Los riesgos pueden ser: climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie). Adicionalmente, se establece que la AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores (Reséndez *et al.*, 2011). Las estructuras que se utilizan en la horticultura protegida, además de los invernaderos, son la malla sombra (casa sombra), las cubiertas flotantes (mantas térmicas), los macro túneles y micro túneles. Estas estructuras de protección generalmente se acompañan de sistemas de riego

localizado (fertirrigación), cultivo sin suelo (sustratos) o hidroponía (Juárez *et al.*, 2011).

Las mejoras en la agricultura protegida está siendo cada vez más importante en los últimos años. Las oportunidades de avance tecnológico en materiales plásticos para la cubierta de invernaderos pasan por el desarrollo y utilización de nuevas cubiertas que permitan una mayor productividad y un mejor control del clima del invernadero para poder obtener las cosechas en las épocas más ventajosas económicamente (precocidad, producción tardía, calidad, etc.). Además, será necesario que los materiales de cubierta se adapten a los nuevos desarrollos que se están produciendo en estructuras (invernaderos con cubierta móvil) o en sistemas de cultivo (producción integrada) (Espí *et al.*, 2010).

En México existen muchas regiones con condiciones naturales idóneas para el establecimiento de invernaderos, debido a ello la agricultura protegida se ha desarrollado en forma acelerada (Juárez *et al.*, 2012), La principal fortaleza de México es la condición climática que permite la producción durante el invierno y el potencial que tiene de producir durante todo el año (Padilla *et al.*, 2008).

Protección de cultivos mediante películas plásticas y protección de cultivos bajo malla sombra

Un invernadero se puede definir como un instrumento que permite mejorar el control de las condiciones climáticas en que se desarrolla un cultivo, Los invernaderos se han extendido por muchas zonas del mundo, siendo la función principal la que cumplen las cubiertas plásticas, que son diferentes según las características del

medio en que se encuentren (Cobos, 1998). Seleccionar las mejoras en la agricultura protegida de acuerdo a sus propiedades ópticas está siendo cada vez más importante en los últimos años (Espí *et al.*, 2010). Los invernaderos se pueden clasificar de diferentes formas de acuerdo a las características de sus elementos constructivos, por su perfil externo, por el material de cubierta, por el tipo de estructura, etc. pero de los materiales de la cubierta utilizadas son los que van a generar las condiciones microambientales en las que los cultivos se van a desarrollar, por eso cada día cobra mas importancia en seleccionar aquellas que sean mas adecuadas en función de sus propiedades ópticas, físico-mecánicas y en acuerdo a las condiciones climáticas de la región donde se van a utilizar (Quezada, 2012).

Películas plásticas

El invernadero es una construcción que tiene una cubierta de vidrio, plástico o cualquier otro material traslucido donde se controlan las condiciones ambientales (Morales y Payán, 2010a). El vidrio, el material original de los invernaderos ha sido desplazado por los materiales plásticos en sus diferentes versiones de placas rígidas o plásticos flexibles (Rodríguez y Jiménez, 2002). Los plásticos son el resultado de la mezcla de combinación de los polímeros y los aditivos que les confieren las características específicas para las diferentes aplicaciones. Las aplicaciones de los plásticos en agricultura son muy numerosas. Están presentes en la producción agrícola tanto en forma de filmes (cubiertas de invernadero, tunelillo, acolchado, solarización, etc) como mallas de todo tipo (cortaviento, antigranizo, sombreo, etc.). Los plásticos, en concreto los filmes, se utilizaron en un principio tal solo para

proteger los cultivos de las inclemencias del tiempo, actualmente son uno de los actores principales de la producción bajo invernadero. Con la ayuda de los filmes y demás accesorios plásticos se consigue controlar las condiciones climáticas del lugar de plantación, creando el microclima mas adecuada para las plantas de forma que la temperatura, humedad relativa, cantidad y calidad lumínica son las idóneas para obtener la máxima rentabilidad del cultivo (Jiménez, 2002). Una característica común en las cubiertas para invernadero son de poco peso, esta constituye una ventaja por la facilidad de manipulación, transporte y menores exigencias de estructura de soporte. Los polímeros mas utilizados para esta aplicación son PEBD y PELBD, copolímeros de etileno y monómeros polares, como acetato de vinilo (EVA), policloruro de vinilo (PVC) plastificado (López y Losada, 2006).

Malla sombra

Los sistemas de cultivo con mallas sombra son sistemas alternativos a los invernaderos cubiertos con polietilenos para la producción de hortalizas (Morales y Payán, 2010b; Carluccio *et al.*, 2004). Las mallas sombra negras y aluminadas son ampliamente utilizadas en el cultivo protegido de plantas hortícolas como técnica de control de la luz y la temperatura. Recientemente han salido al mercado mallas de colores con propiedades fotométricas especiales para mejorar el aprovechamiento de la radiación solar (Ayala *et al.*, 2011), cada una de las cuales modifica específicamente el espectro de la luz filtrada en las regiones ultra-violeta, visible y rojo lejano, e intensifica su dispersión (luz difusa), y afecta sus componentes térmicos (región infrarroja), en función de los aditivos cromáticos del plástico y el diseño del tejido (Oren-Shamir *et al.*, 2001). Las estructuras habituales de soporte de

la malla son estructuras metálicas multimodulares y las mallas de cubierta son el polietileno y polipropileno en combinación con aluminio. La coloración de los hilos es blanca, negra o transparente, combinando en muchos casos hilos de diferente coloración, y combinación con aluminio. Recientemente se han empezado a introducir mallas verdes para la reducción del impacto ambiental (Soriano *et al.*, 2006).

Películas plásticas utilizadas para invernadero

Cada vez con mayor intensidad se están utilizando diversos tipos de materiales plásticos en el sector agropecuario (Cháves *et al.*, 1998). Las oportunidades de avance tecnológico en materiales plásticos para la cubierta de invernaderos pasan por el desarrollo y utilización de nuevas cubiertas que permitan una mayor productividad y un mejor control del clima del invernadero (Espí *et al.*, 2010).

Plásticos flexibles

Los diferentes plásticos utilizados como cubierta están compuestos por diferentes polímeros de base a los que se añaden aditivos que permiten su procesado y aportan o mejoran características deseadas. Dentro de este tipo de plásticos los materiales más utilizados son el polietileno (PE) de baja densidad y el copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA). (Astiz *et al.*, 2010; López y Losada, 2006). Los 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. El polietileno 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 incorporar aditivos que mejoran sus prestaciones (Godoy, 2007).

Plásticos fotoselectivos

Son los plásticos conocidos como fotoselectivos son los que se caracterizan por su capacidad de modificar el espectro de luz recibido (Hernández *et al.*, 2002; Astiz *et al.*, 2010; Godoy, 2007), la idea de modificar el espectro de la luz se trata de absorber aquellas longitudes de onda que no son aprovechables para la planta, como la UV y algunas del visible (verde) y su posterior emisión en otras de menor energía y más eficaz para la fotosíntesis (azul rojo en el visible) (López y Losada, 2006). Esto puede ser interesante como medida antivectores de la virosis, ya que los insectos necesitan la luz ultravioleta (UV) para orientarse y hacer sus funciones normales (Hernández *et al.*, 2002; Papaseit, 2001; Armengol y Radiola, 1996; Astiz *et al.*, 2010). Cuando se utilizan cubiertas fotoselectivas como herramienta auxiliar para el control fitosanitario en invernaderos, uno de los aspectos que hay que valorar es la incidencia de la modificación espectral de la luz sobre el desarrollo vegetativo de las plantas y, especialmente, sobre la producción al nivel de calidad y rendimiento (Hernández *et al.*, 2002).

Plásticos multicapa

Los plásticos multicapa permiten reunir en un solo film las características deseadas. Las posibilidades para ensayar mayores prestaciones para que los plásticos sean más eficientes para los agricultores son amplias. (Bonafont, 2005) Dentro de este tipo de plásticos los materiales más utilizados son el polietileno (PE) de baja

densidad y el copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA). (Astiz *et al.*, 2010). La coextrusión, consiste en fabricar films de varias capas, potenciando las características más favorables para los cultivos son cada tipo de filme; por ejemplo, un filme coextruido de tres capas, con la cara externa muy resistente a la radiación ultravioleta, buenas propiedades mecánicas y antiadherentes al polvo; una capa central excelente transparencia y termicidad; y la capa interna con propiedades antigoteo o antipolvo (Armengol y Radiola, 1996). Con las posibilidades de la coextrusión y las mezclas de aditivos para hacer filmes fotoselectivos, “antiblacking”, antivirus, fluorescentes, antitérmicos, etc. La elección de un filme depende más que nunca de la aplicación o programación del invernadero. (Astiz *et al.*, 2010; Bonafont, 2005). Una característica muy cuestionada es el espesor medio de una cubierta plástica. Muchas veces se asegura que esta depende más de la calidad de luz que transmita y no a su espesor. Sin embargo esto es cierto si la calidad de la estructura nos permite el mantenimiento y principalmente la limpieza de las cubiertas al menos una vez al año, en forma practica un plástico de buen espesor brinda a su vez un buen contenido de estabilizadores y aditamentos que aseguran una adecuada duración, buenas propiedades ópticas y mecánicas para el uso que fue creado. El espesor de un plástico se debe medir en micras, milésimas de pulgada, pero también existe una unidad de medida exclusivamente española como galgas. Un buen plástico para invernadero debe tener entre 180 y 200 micras que corresponden a 720 o 800 galgas o bien 8.6 y 9.5 milésimas de pulgada (Astiz *et al.*, 2010; Barquero, 2010).

Películas anti-plagas

Existen filmes especialmente opacos a la radiación ultravioleta que reducen la incidencia de algunas plagas: son los llamados filmes anti-plagas, anti-botritis, antibemisia. En algunos casos se han reportado efectos adversos de estos materiales sobre los insectos polinizadores (abejorros y abejas), pero aun en estos casos puntuales, estos efectos son evitables con un correcto manejo de las colmenas y las ventajas por la reducción de plagas los compensan con creces. Este tipo de filmes fotoselectivos basan su modo de acción en el bloqueo de la transmisión de radiación ultravioleta (290-380 nm) al interior del invernadero. Este proceso dificulta, ralentiza o disminuye el desarrollo de plagas o enfermedades causadas por hongos o por virus transmitidos por insectos que por algún motivo sean sensibles a la disminución o ausencia de este tipo de radiación (Espí, 2012).

Películas térmicas

Las películas térmicas son permeables a las radiaciones de longitudes de ondas cortas (NIR) absorbidas durante el día por la planta y el selo, e impermeables a las radiaciones de longitud durante la noche que son emitidas por el suelo y las plantas. De esa manera mantienen la temperatura dentro del invernadero aun en momentos en que la temperatura exterior es muy baja. Los plásticos térmicos son adecuados para zonas frías o propensas a largos periodos fríos o heladas. Durante el día se busca que el calor acumulado dentro del invernadero no sobrepase la temperatura máxima crítica para el adecuado desarrollo de los cultivos. Este calor es retenido durante la noche debido al efecto termoaislante, que se alcanza por ser opacos a la radiación NIR (Espí *et al.*, 2002).

Películas refrescantes o películas frías

Las plantas dependen principalmente de la energía solar para su crecimiento, desarrollo y producción, ya que mediante esta se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis, el cual es indispensable para su crecimiento. Una de las características primordiales que deben cumplir las películas plásticas para aplicación en agricultura, es de transmitir al cultivo mayor cantidad de luz solar posible, para que las plantas realicen su función fotosintética de forma óptima y por otro lado que se tenga el interior del invernadero un adecuado balance térmico. Una película comercial para invernadero como mínimo debe transmitir 80% de luz total para permitir el desarrollo de las actividades fotosintéticas de los cultivos (Sánchez *et al.*, 2004). Los invernaderos situados en las zonas tropicales o desérticas pueden sufrir problemas al estar sometidos a las temperaturas excesivas prácticamente a todo lo largo de un ciclo de cultivo. El sobrecalentamiento es debido a exceso de la radiación solar principalmente en el rango del infrarrojo cercano (NIR). Los agricultores suelen solucionar este problema utilizando mallas de sombreo o mediante el blanqueo de las cubiertas. Ambos métodos solucionan el efecto de la transmisión de energía térmica en el infrarrojo cercano que es aproximadamente un 45% del total, pero también disminuye la transmisión de la PAR. Las cubiertas ideales para este tipo de clima serían aquellas que filtren la NIR, para mantener fresco el invernadero sin reducir la PAR, estas películas son las conocidas como refrescantes o antitérmicos (Espí *et al.*, 2002). La coextrusión permite el uso de los aditivos específicos en cada capa, permitiendo lograr una película para la protección de los cultivos realmente superior. Plásticos "fríos": en este caso, los aditivos actúan absorbiendo radiación NIR (infrarrojo cercano 780-2500nm), limitando la entrada de calor al recinto

protegido con el plástico (Carluccio *et al.*, 2004). Un estudio realizado por (Sanchez *et al.*, 2004) sobre formulaciones de mezclas de polietileno con diferentes tipos de aditivos para cubiertas de invernaderos, mostró que estas películas tienen la habilidad de disminuir la temperatura dentro del invernadero, con respecto a una película convencional, permitiendo una buena transmisión de luz, logrando un efecto positivo en cuanto al rendimiento de los cultivos, lo cual es importante en lugares del clima cálido. Esta disminución en la temperatura favorece a los cultivos ya que a temperaturas elevadas causan quemaduras en las plantas.

Películas fluorescentes

Los llamados filmes fluorescentes modifican la calidad de la luz solar, en cuanto a su distribución espectral, en la parte ultravioleta y visible del espectro, absorbiendo longitudes de onda poco útiles para la planta (ultravioleta y verde) y emitiéndola en otras más aprovechables para la fotosíntesis (azul y roja) con lo que se conseguirían aumentos de producción y mejora de la calidad de la cosecha. Hasta ahora se ha observado que los efectos de este tipo de cubiertas no son universales sobre todos los cultivos, sino que tanto la producción, como la morfología de los cultivos (longitud de tallo, número de flores, etc.) dependen del tipo de cultivo, incluso de la variedad cultivada. Por tanto, será necesario más trabajo de desarrollo y adaptación de las características de emisión de estas cubiertas a cultivos y zonas específicos. Los nuevos plásticos agrícolas que contienen pigmentos fluorescentes pueden convertir la radiación ultravioleta en luz azul o roja o radiación verde en luz roja (películas coloreadas naranja-rojas). Los parámetros más importantes para este tipo de filmes

son la transmisión de luz total, la distribución espectral, el efecto fluorescente y su fotoestabilidad (Espí, 2012).

Formulación de películas con nanopartículas

La preparación de películas plásticas a base de materiales nanoestructurales encuentran gran aceptación en diferentes áreas siendo una de ellas las películas ambientes controlados en la que se aprovechan las propiedades ópticas, superficiales y de permeación a gases para lograr una cierta selectividad en cubierta de ambientes controlados, lo cual tendrá efecto sobre el control del microclima bajo este ambiente, lo que influirá en los procesos fisiológicos y de desarrollo de plantas. Considerando la aplicación del PE para cubiertas de invernadero estas deben de cumplir con valores estándar de transmisión de luz visible y de opacidad al infrarrojo además de asegurar un tiempo de vida útil de esta película al ser expuesta a la intemperie (Sánchez *et al.*, 2004)

Películas anti-goteo

Los filmes antigoteo están modificados superficialmente para aumentar su higroscopicidad (capacidad de absorber humedad) de forma que, al condensar el agua sobre ellos, lo haga en forma de lámina continua transparente y no de gotas aisladas. Aumentan la transmisión de luz visible hasta en un 30%, por lo que su efecto es en general positivo para el cultivo, reducen las enfermedades criptogámicas al reducir el goteo sobre las plantas y favorecen el bloqueo de la radiación infrarroja por lo que ayudan a reducir las pérdidas de calor nocturnas. El principal inconveniente de este tipo de materiales de cubierta es que el efecto antigoteo puede desaparecer al cabo de un tiempo debido a la extracción de estos

surfactantes por el agua condensada, aunque en la actualidad ya existen en el mercado filmes plásticos cuya duración del efecto antigoteo es al menos la de la vida útil del propio material (Espí, 2012).

Propiedades ópticas de las cubiertas plásticas para invernadero

Termicidad

El saber si un plástico tiene realmente propiedades térmicas válidas o no es importante en dos aspectos. En primer lugar el económico, puesto que el plástico “térmico” es más caro que el que no lo es. En segundo lugar, el agronómico, puesto que si se va a utilizar en zonas más o menos frías, o en la protección de cultivos exigentes en temperatura, puede encontrarse el agricultor cuando llegan los meses fríos con la desagradable sorpresa de que puedan llegar a helarse las plantas o al menos frenarse su desarrollo. Por lo tanto, es fundamental estar informado y conocer cuando un plástico está considerando como térmico y cuando no lo está. Existen algunas láminas de plástico con la característica termoaislante las cuales son relativamente opacas a las radiaciones infrarrojas de longitud de onda larga emitidas por el suelo, por las plantas y por las estructuras de los invernaderos, disminuyendo o eliminando la inversión térmica y mejorando el efecto de abrigo. Según la norma española UNE 53.328 el “efecto termoaislante” de las láminas consideradas como “térmicas” debe de ser inferior al 20 por 100 cualquiera que sea su espesor. Todo esto quiere decir que un plástico podrá considerarse realmente como “térmico” cuando deje escapar por la noche menos del 20 por 100 del calor acumulado durante el día en el interior del invernadero (Robledo, 1987).

Transmitancia

El propósito que se persigue con el invernadero es crear un ambiente propicio para el crecimiento de las plantas. La energía del sol se transmite a través de la cubierta transparente hasta la planta, y es necesaria para la realización del proceso fotosintético la capacidad de la cubierta para transmitir la luz, correspondiente a las longitudes de onda útiles para la planta es muy importante. La radiación que influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas verdes se denomina radiación fotosintéticamente activa (PAR) y esta entre 400 y 700 nm (Flores *et al.*, 2012; López y Losada, 2006). La radiación recibida directamente del sol sin reflexión previa, se denomina directa. La radiación difusa es considerada como la luz desviada en varias direcciones por la atmosfera o la cubierta del invernadero. El material de cubierta transmite tanto radiación directa como difusa, la proporción de cada una depende de las propiedades físicas del material de cubierta y este es un aspecto importante ya que la cantidad de radiación interceptada y su penetración por todo el cultivo varían según la proporción de estas dos formas de luz. La transmisividad, es una propiedad física del material de cubierta y es el cociente entre las intensidades de radiación medidas por encima y por debajo de la cubierta respectivamente para la misma longitud de onda. (López y Losada, 2006).

Difusión

La radiación difusa es la que proviene de diversas direcciones al haber sido reflejados, desviados o dispersados los rayos solares por las nubes, la turbidez atmosférica, los accidentes topográficos o simplemente difundidos al atravesar un material transparente o traslucido (Hernández *et al.*, 2002)

Es la propiedad que tienen las cubiertas de cambiar la dirección de los rayos solares distribuyéndola equitativamente por toda el área para beneficiar a todo el invernadero en su conjunto a la vez impedir que lleguen directamente a la planta. Este factor permite el desarrollo armónico del cultivo y ayuda a obtener frutos más homogéneos y sanos. La luz puede hacerse difusa mediante las películas de recubrimiento para los invernaderos. Dichas películas contienen pigmentos micro o macro estructurados en a superficie que son capaces de transformar la luz directa entrante en luz difusa. Dependiendo en diseño de los pigmentos de la estructura de la superficie, se dispersa la luz entrante y se cambia el ángulo de incidencia. Los pigmentos o estructuras de la superficie hacen la luz difusa, sin reducir la transmisión de la radiación total (Hemming, 2008).

Efecto de las películas sobre el medio ambiente de los invernaderos

Efecto de las películas sobre la temperatura

La temperatura es un factor determinante de la actividad metabólica y del crecimiento y desarrollo de los vegetales (Lorenzo, 2012) al igual que el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero. Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada (Caldari, 2007). La temperatura en el interior del invernadero, depende de la radiación solar incidente, comprendida en una banda entre 200 y 4000nm. El aumento de la temperatura en el interior del invernadero se origina cuando el infrarrojo cercano, proveniente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transforma en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta

absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta, se emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero. El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección, tanto calentando como enfriando (Caldari, 2007). Para una determinada práctica agrícola tenemos que conocer la temperatura mínima letal que es aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta y las temperaturas máximas y mínimas biológicas que indican valores, por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc. Las temperaturas nocturnas y diurnas indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta. (Caldari, 2007; Lorenzo, 2012). conociendo las necesidades del cultivo y las condiciones del medio ambiente de la región donde se va a producir, se puede seleccionar la película para cubierta que module mas el microclima del cultivo para una mejor respuesta (Quezada, 2012).

Efecto de las películas sobre la humedad relativa

La humedad del aire es importante, su impacto es mas perceptible cuando la radiación solar es baja o cuando la humedad es o muy baja o muy alta. En condiciones “normales” para un cultivo adulto, durante las horas del día y con humedad del aire moderada, la radiación solar tiene un efecto abrumador en la cantidad de transpiración. La radiación solar es la principal fuente de entrada energética al invernadero, la mayor parte es absorbida por la propia planta, un porcentaje menor lo absorbe el suelo y algo lo estructura del invernadero. A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la HR y

el CO₂ hasta cierto límite para que la fotosíntesis sea máxima, por el contrario si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores (Huertas, 2008).

López y Losada (2006), mencionan que las variaciones de la temperatura afectan a la evaporación, y por lo tanto, condicionan la humedad del aire. Una masa de aire al enfriarse puede alcanzar una temperatura en la que llega a quedar saturado, si continua enfriándose, el vapor de agua, contenido en la atmósfera se condensa y pasa al estado líquido. La temperatura crítica en que el vapor del agua inicia su condensación se llama punto de rocío. Las causas que influyen en el enfriamiento del aire húmedo y, por consiguiente, producen la condensación son las siguientes:

- directamente, por irradiación nocturna, por el paso del aire de una región más caliente a otra más fría.
- Mezcla de masas de aire saturadas a diversas temperaturas
- Elevación del aire templado. Próximos a la superficie terrestre, a zonas más frías.

En el invernadero la principal fuente de vapor de agua es la transpiración de cultivo y el contenido de humedad de la atmósfera incide sobre: el turgor celular, la expansión foliar, el crecimiento y desarrollo aéreo y radicular de la planta, la transpiración del cultivo, la absorción de nutrientes y la producción de materia seca (Lorenzo, 2012; Montero, 2012). Las características ópticas de las películas principalmente la transmisión de radiación que influye sobre la temperatura afectan directamente la humedad relativa del invernadero, la temperatura y humedad relativa determinan el

déficit de presión de vapor del cultivo que influye a su vez sobre la productividad (Quezada, 2012).

Efecto de las películas sobre algunos procesos de la planta

Efecto de las películas sobre la fotosíntesis

La importancia de la radiación solar en un invernadero puede juzgarse desde dos puntos de vista: por un lado, ésta constituye la principal fuente de energía para la formación del efecto invernadero y, por otro, es la principal fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La fracción de la radiación solar que es útil para el proceso de la fotosíntesis es designada como Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR), ésta corresponde a lo que es llamado luz: aquel fenómeno que es perceptible por el ojo humano y que comprende el espectro electromagnético de longitud de onda entre 400nm y 700nm (Flores *et al.*, 2012). La longitud de onda e intensidad de la radiación que reciben las plantas es importante en las distintas etapas de su crecimiento, influyendo en la floración, maduración, aumento de la distancia internodal, etc. Es posible aprovechar mejor los rangos de longitudes de onda que son útiles a la planta a través de cubiertas con modulación de transmisión de luz y con películas fotoselectivas, cuya función es transmitir o incluso incrementar la radiación incidente en aquellos rangos de longitudes de onda que estimulan la actividad fotosintética. (Flores *et al.*, 2003), y en otros procesos como la morfogénesis y regula también en mayor o menor medida otros procesos como la respiración, movimientos estomáticos, metabolismo del carbono, entre otros (Benavides y Ramírez, 2002)

Resultados de investigación de películas en cultivos hortícolas

Resultados de investigación en Cucurbitáceas

Reche (2009), indica que los rendimientos dependen de múltiples factores: de la variedad cultivada, duración del ciclo de cultivo, de la fertilidad del suelo, marco de plantación, sistema de cultivo rastro o entutorado, poda realizada, incidencia de plagas y enfermedades, cultivo al aire libre o en invernadero, etc., etc. El cultivo de melón al aire libre son, 21.175 kg/ha a diferencia en la producción del cultivo protegido con un total de, 37.615 kg/ha335 kg/ha. Indicando que la producción bajo protección es mucho mejor que al aire libre. (López *et al.*, 2011) En un experimento del cultivo de pepino en invernaderos obtuvieron que el número de frutos por planta, el peso del fruto, al igual que los parámetros de calidad estuvieran dentro de los estándares establecidos para pepino americano.

Resultados de investigación en Solanáceas

Ishikawa (2006), en un experimento en pimiento menciona que debe realizarse exclusivamente bajo invernadero para obtener una producción de alta calidad y rentabilidad, Los productores con buen manejo del cultivo lograron producciones de más de 120 t/h. Al igual que Lenscak *et al.* (2007), probando el mismo cultivo bajo dos sistemas de protección mencionando que obtuvo mayores rendimientos en el invernadero con malla antiinsectos a diferencia del testigo. Cano *et al.*, (2002), en un experimento sobre la producción de híbridos de tomate bajo condiciones de invernadero tuvieron como resultado dos híbridos que pueden ser recomendados para su producción comercial bajo las condiciones de invernadero debido a su mayor producción y aceptable calidad del fruto. Mollinedo y Tapia (2007a), en una

evaluación del efecto de películas para invernadero de con la característica fotoselectiva sobre la producción de tomate y pimiento menciona que con este tipo de láminas selectivas se han conseguido mejoras de rendimiento y de precocidad en tomate. En tomate Para lograr altos rendimientos y buena calidad en los frutos (color, tamaño, forma, aspecto, ausencia de podredumbres, resistencia al transporte, espesor de pulpa, etc.) es necesario realizar la producción en invernaderos debido al alto potencial de producción que tienen estos materiales.

Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de tomate

El tomate es una planta que se adapta bien a una gran variedad de climas, con sola excepción de aquellos en que producen heladas, pues resulta sensible a este fenómeno. Por ello es importante la protección de los cultivos, no obstante, existen factores climatológicos que ejercen una gran influencia sobre el cultivo como es la temperatura, humedad, luminosidad.

Temperatura

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como son la transpiración, fotosíntesis, germinación etc. Teniendo cada especie vegetal y en cada momento de su ciclo de biológico una temperatura optima (Rodríguez *et al.*, 1997). La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 15 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está

muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas (Caldari, 2007).

Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se apelmaza, abortando parte de las flores. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Caldari, 2007).

Luminosidad

Rodríguez *et al.*, (1997) mencionan que la luminosidad tiene una gran influencia tanto en la fotosíntesis como sobre el fotoperiodismo, crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos. (Caldari, 2007) En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.

Suelo

Respecto al suelo, el tomate no es una planta especialmente exigente, creciendo en las más variadas condiciones y, aunque prefiere suelos profundos y con buen drenaje, su sistema radículas poco profundo le permite adaptarse a los suelos pobres y de poca profundidad con tal de que tenga asegurado un buen drenaje (Rodríguez *et al.*, 1997).

Situación actual de la producción de tomate en invernadero en el mundo y en México

Lo que en un principio inició (en los años 60 en Europa) como una tecnología adaptada para tener productos alimenticios frescos, en lugares donde las condiciones ambientales lo impedían, ha venido evolucionando, multiplicándose y ganando terreno frente a la agricultura convencional (incluso en lugares donde sí es posible producir a campo abierto), por representar una mejor respuesta a las demandas y necesidades de los consumidores de productos de calidad, sanos, inocuos, nutritivos y disponibles en todas las estaciones del año (Garza y Molina, 2008).

Aunque la industria de los invernaderos nació y se desarrolló en Europa, para principios de los 80's empezó a tomar impulso en América, sobretodo en Canadá y algunas regiones de Estados Unidos, y en México, aunque desde los 70's nacen en el altiplano con flores (sobretodo en el Estado de México y Morelos), es a finales de los 90's que comienzan a desarrollarse en forma importante en la producción intensiva de las hortalizas, pasando de 1998 al 2006 (tan solo ocho años), de 600 a más de 6,500 hectáreas. Como se observa en la (Tabla 1).

Así, de tener zonas muy delimitadas para la producción de hortalizas en campo abierto como Sinaloa, Sonora, Baja California, Michoacán y el Bajío, en la actualidad, es posible producir en todos los estados de la república y durante los 365 días del año bajo agricultura protegida. (Garza y Molina, 2008).

Tabla 1: Estados de la republica mexicana con agricultura

| Estados | Número de Hectáreas | Por construir |
|----------------------------|---------------------|---------------|
| Sinaloa | 2,180 | 750 |
| Baja California | 1,881 | 403 |
| Jalisco | 788 | 174 |
| Sonora | 707 | 180 |
| Chihuahua / Coahuila | 273 | 104 |
| San Luis Potosí | 218 | 20 |
| Aguascalientes / Zacatecas | 130 | 21 |
| Edo de México | 74 | 21 |
| Guanajuato | 70 | 21 |
| Michoacán | 70 | 14 |
| Quintana Roo | 60 | 0 |
| Querétaro | 56 | 0 |
| Nuevo León | 53 | 5 |
| Hidalgo | 36 | 20 |
| Puebla | 39 | 0 |
| Tamaulipas | 28 | 0 |
| Veracruz | 19 | 2 |
| Yucatán | 10 | 0 |
| Gran total | 6,692 | 1,720 |

Tomado de: Garza y Molina, 2008

Si bien es cierto que América del Norte representa el mercado consumidor más grande del mundo y esto nos pone en una situación ventajosa, es cierto también que la globalización ha acortado distancias en todo el mundo, permitiendo distribuir alimentos desde cualquier parte del mundo, así podemos ver en nuestra mesa kiwis de Nueva Zelanda, uvas de Chile, manzanas del Estado de Washington, lichis de China, etc. (Garza y Molina, 2008)

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área del experimento

La presente investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2012 en tres invernaderos de media tecnología en el rancho “Las Motas” perteneciente al municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. Ubicado por la carretera castaños-Salttillo. Ubicado bajo las siguientes coordenadas: 25°71' latitud N, 101°13' longitud W, con una altitud de 1083 msnm.

Características de las cubiertas evaluadas

Se evaluaron tres invernaderos con diferentes materiales plásticos, al T1= CIQA: invernadero con una cubierta plástica formulada en el centro de investigación en química aplicada (CIQA) con propiedad de difusión de luz moderando la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (PAR) y antitérmica. T2= ICUSA: invernadero con una cubierta plástica convencional producida por Industrias de Culiacán, S.A. de C.V. (ICUSA), con alta transmisión de luz visible (PAR) y poca difusión. T3= MALLA-SOMBRA: malla tejida tipo raschel (anulada) de cinta de polietileno color negro, con un 35% de sombreo, la cual es utilizada por el productor del ejido para la producción de hortalizas.

Los invernaderos herméticos tipo túnel con una longitud de 23m, y ancho de 6m con una altura de 4.5m, con una orientación de norte a sur, los cuales tenían ventilación cenital y lateral por medio de cortinas manuales, todas las ventilas cubiertas con mallas antiafidos. El tercer invernadero donde estaba la malla raschel como cubierta

no tenía ventanas ya que el flujo del aire era continuo por el tipo de malla utilizado por el agricultor.

Procedimiento

Desinfección de charolas

Se utilizó una charola de poliestireno con 200 cavidades, la cual fue desinfectada con cloro a una concentración de 10% y posteriormente lavada con agua limpia, esto con el fin de eliminar residuos en la charola y que pudieran alterar los resultados del experimento.

Material genético

Se utilizó (*Solanum lycopersicon L. cv. Sweet Hearts*) de la empresa SAKATA la cual menciona que, es un tomate tipo uva de crecimiento indeterminado, muy prolífico, planta de vigor medio, altamente productiva. En México se está convirtiendo en la variedad número uno de tomate tipo uva para cultivo protegido, en manejo de poda. Recomendado para cultivos en malla-sombra y/o invernadero, en donde expresa su mayor potencial de calidad y rendimiento. Sus frutos tienen el tamaño y sabor ideal para el mercado. Los frutos pesan de 8 a 14 gramos. y sus contenido de grados Brix oscila de 8 a 10°, dándole un sabor y dulzura muy apreciado en el mercado.

Siembra

Para la siembra se empleó semilla de tomate tipo uva, las charolas de poliestireno se llenaron con el sustrato Peat Moss P6X y después se sembró una semilla por cada cavidad de la charola, posteriormente se regaron y se estibarón hasta que

empezaran a emerger y se desestibarón regándose y fertilizándose hasta que estuvieran listas para el trasplante.

Preparación de terreno

El barbecho y rastreo del suelo en cada uno de los invernaderos se realizó con maquinaria agrícola, mientras que el levantamiento de camas fue de forma manual agregando gallinaza en cada invernadero, dejando el suelo en condiciones óptimas para la instalación de cintilla y acolchado. En total fueron tres camas por invernadero con dimensiones de 60cm x 23m y dejando un espacio de 1m entre camas.

Instalación de cintillas y acolchado

La instalación del sistema de riego se realizó colocando dos líneas de cintilla en la parte superior de la cama, utilizando cintillas con goteros a 30cm de distancia con un gasto de litros 380L/hr/100m a una presión de 8 a 12 psi; y enseguida se instaló el acolchado plástico con una película coextruida en blanco y negro, dejando la parte blanca hacia el exterior.

Trasplante

El trasplante de plántulas de tomate tipo uva se realizó a los 35 días de la fecha de siembra, depositando una plántula por perforación del acolchado, utilizando el sistema a tresbolillo, con una distancia de 30cm entre perforaciones.

Riego y nutrición

Antes del trasplante se realizó un riego pesado y posteriormente al trasplante se realizó otro riego, para lograr así un trasplante eficiente. Sin embargo durante el desarrollo del cultivo la nutrición de las plantas se realizó con solución nutritiva los

cuales incluían macronutrientes y micronutrientes, mediante el sistema de riego. Los riegos se efectuaron cada 3 a 4 días mediante un sistema presurizado de cintillas, utilizando tensiómetros para conocer la humedad del suelo y programar los riegos, la duración del riego variaba según indicaba la lectura de los tensiómetros

Manejo agronómico del cultivo de tomate tipo uva

La planta de tomate requiere un manejo muy cuidadoso, en este caso se realizó poda a un solo tallo a lo largo del ciclo, iniciando desde que la planta presentara las primeras 3 a 4 hojas después del primer racimo floral, hasta el final del cultivo.

Tutoreo

Para el tutoreo de las plantas a un tallo, se utilizó una rafia de polietileno que se enredo a 3 metros en un gancho metálico, que cuelga de un alambre paralelo al surco, para así poder guiar a la planta verticalmente y obtener un manejo eficiente. La rafia se amarró en la parte inferior del tallo a unos 5 centímetros arriba de la superficie del acolchado y se va enredando a la planta de manera espiral de acuerdo al desarrollo de la planta. Cuando las plantas llegaron a la altura del alambre se bajaron para facilitar las tareas de deshoje, la eliminación de brotes laterales y cosecha, al bajar las plantas a 50cm estas se movieron hacia la derecha simultáneamente se acomodó el tallo en forma horizontal al acolchado para evitar que pudiese quebrarse.

Deshoje

El deshoje se efectuó para eliminar de hojas viejas para mejorar la ventilación de la planta, además de sacar del invernadero un posible inoculo o infección y con ello se tuvo un mejor y mayor aprovechamiento de la radiación.

Eliminación de brotes laterales

Posteriormente se fueron quitando todos los brotes que salían de las axilas de las hojas para evitar que consumieran nutrimentos que son utilizados para el desarrollo de la planta, esto con el fin de facilitar el manejo del cultivo y ayuda a tener un óptimo desarrollo de la planta. Para así solo guiar un solo ápice o también conocido a un solo tallo.

Deshierbes

Se realizaron en forma manual y de manera periódica para evitar el desarrollo las hierbas que pudieran actuar como hospedero de plagas o enfermedades.

Cosecha

Los cortes se realizaron por cada 8 días, cosechando todos los frutos que habían alcanzado su madurez fisiológica, los colores del fruto variaron de amarillo, anaranjado y rojo. Se realizaron 8 cosechas durante el ciclo

Pinzado de plantas

Se realizó a los 4 meses después de la siembra y consistió en cortar el ápice de las plantas con una tijera, esto con el fin de favorecer el crecimiento lateral.

Control Fitosanitario

Durante el desarrollo del cultivo se presento una población de la plaga mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual el control de dicha plaga fue con aplicaciones periódicas de jabón en polvo a una concentración de 0.5gr por litro. Cada semana se aplicó el producto GIRO (insecticida de amplio espectro). En el caso de enfermedades las aplicaciones fueron preventivas y los productos aplicados fueron PCNB (Quintoceno), Previcure (Propamocarbclorhidrato), Cupertran, Oxidocuprico, y Benomilo (Promyl)

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó en la investigación fue un diseño general lineal con, con 3 tratamientos (T1= CIQA, T2= ICUSA, T3= MALLA-SOMBRA) para la variable altura y diámetro de tallo fueron 8 muestreos con 10 repeticiones, para las variables pesos seco de tallo, pesos seco de hojas, pesos seco de flor, pesos seco de fruto y área foliar 4 muestreos con 3 repeticiones y, para rendimiento 8 muestreos con 20 repeticiones, para la variable calidad de fruto 3 muestreos con 15 repeticiones.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico del SAS versión 9.1 for Windows.

VARIABLES INDEPENDIENTES

Para los datos de radiación se utilizaron sensores (LI-COR, modelo QUANTUM) los cuales almacenaban la información en un data logger (LI-COR, modelo LI-1000) cada 10 minutos, para la temperatura y la humedad relativa se utilizaron sensores

(HOBO, modelo Pro V2) los cuales tomaban datos cada 10 minutos, para la obtención de información de los datos almacenados de radiación, temperatura y humedad relativa, se descargó la información del data logger a una computadora para poder después analizarlos.

Variables dependientes

Las variables dependientes o variables agronómicas que se tomaron en cuenta en esta investigación fueron las siguientes: altura de la planta, diámetro de tallo, peso seco de tallo, peso seco de hoja, peso seco de flor, peso seco de fruto peso seco total, área foliar, calidad de fruto y rendimiento.

Los muestreos se iniciaron cuatro semanas después del trasplante, para altura y diámetro de tallo, estos se realizaron con una diferencia de 7 días entre cada uno. Se tomaron 10 plantas de cada tratamiento, para obtener la altura de las plantas se utilizó un flexómetro (Truper, modelo REP-3M), para el diámetro de tallo se utilizó un calibrador digital Vernier (Truper, modelo 14388). Para las variables peso seco y área foliar se realizaron 4 muestreos con 3 repeticiones por tratamiento con una diferencia de 20 días. Para obtener las variables de peso seco se colocaron cada una de las partes de la planta en bolsas de papel estraza y posteriormente fueron llevadas a una estufa de secado (Felisa, modelo 293A) a una temperatura de 75 °C durante 48 horas para deshidratarla, finalizando con el pesado de las muestras en una balanza analítica (Denver Instrument Company, modelo AL-3K) para obtener los resultados de peso seco de cada variable. Para la variable de área foliar se utilizó el medidor de área foliar (LI-COR.inc, modelo LI-3100). La medición de esta variable consistió en tomar cada una de las hojas y pasarla por la banda sin fin que

automáticamente da los resultados de área en cm². Para la variable calidad de fruto se realizaron 3 muestreos con 15 repeticiones tomando 5 frutos chicos, 5 frutos medianos, 5 frutos grandes, obteniendo el diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos con un calibrador digital Vernier (Truper, modelo 14388). Para la variable rendimiento se realizaron 8 muestreos con 20 repeticiones por tratamiento, tomando datos de número de frutos cosechados por planta y el peso total, para esto se contaron los frutos por planta y después se pesaron en una balanza (OHAUS, modelo Triple Beam 700/800 Series).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Se determino la radiación PAR exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero, los datos se obtuvieron en dos fechas, el 12/06/2012 (4ddt) y 27/09/2012 (121ddt). Como se muestra enseguida;

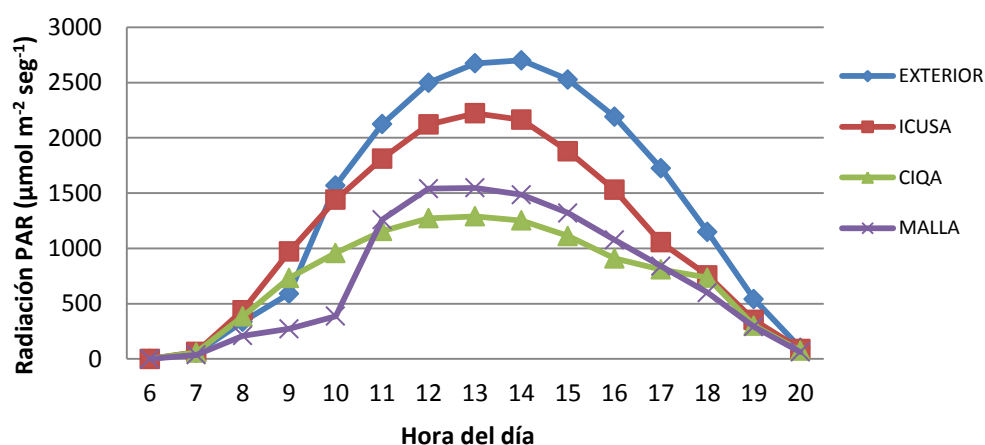


Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa (PAR) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (12/06/2012).

Por la mañana cuando sale el sol se observa que de 6am a 7am existe poca radiación, a partir de las 7am se empieza a registrar incidencia de la radiación fotosintéticamente activa, siendo hasta las 2pm cuando en el exterior alcanza la radiación máxima con $2701\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$, mientras en las cubiertas alcanzaron la radiación máxima la 1pm, como en la cubierta convencional ICUSA que alcanzó $2222\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$, en la película CIQA alcanzó $1290\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ y en la MALLA-SOMBRA $1548\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ (Figura 1). A partir de que se alcanzó la radiación máxima se empieza a disminuir la incidencia de radiación con un comportamiento de campana de GAUSS. Con el resultado se puede observar que con la cubierta CIQA se disminuyó en un 52.3% de radiación en relación a la radiación exterior, en la

película ICUSA con 17.8% y en la MALLA-SOMBRA con 42.7%. Siendo la película CIQA la que propició un mejor microclima dentro del invernadero. A medida que transcurren las horas del día el comportamiento de las condiciones de radiación cambia como se observa en la Figura 2.

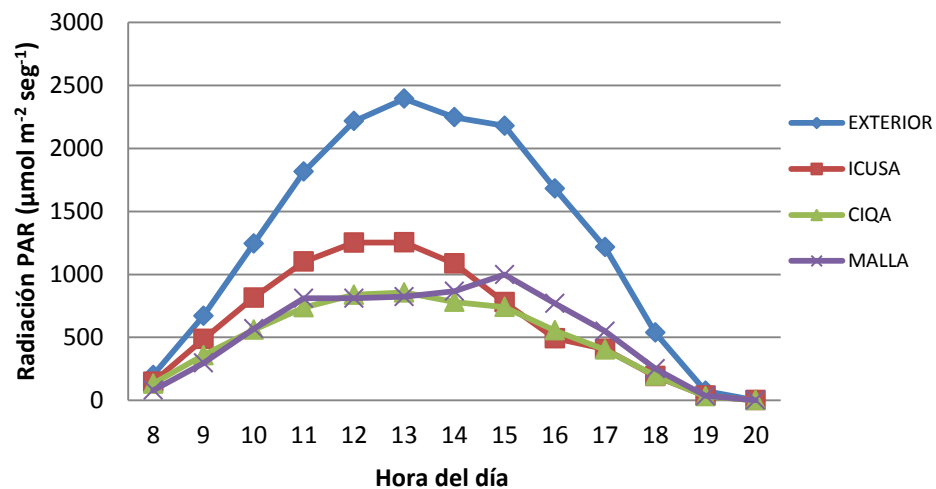


Figura 2. Radiación (PAR) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (27/09/2012).

Posteriormente a medida que cambia la época de año y después de cuatro meses la incidencia de la radiación cambia, como se observa en la Figura 2, a partir de a las 8am cuando inicia la incidencia de la radiación del sol, empieza a aumentar la intensidad de ello hasta la 1pm cuando en el exterior alcanza una radiación máxima de $2394\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ (aproximadamente 300 micromoles menos que en junio), mientras que la película convencional alcanzó hasta $1253\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$, (1000 micromoles menos que en junio), en la película CIQA alcanzó $856\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ (440 micromoles menos que en junio) y en la MALLA-SOMBRA $997\mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ (550 micromoles menos que en junio). Se observa que la película convencional disminuye la radiación un 47.7% esto se debe a que la película pierde sus características de

transmisión de luz, mientras que en la película CIQA disminuye la radiación un 64.3% y en la MALLA-SOMBRA un 58.4%. En este periodo de septiembre las tres películas proporcionan un microclima mas adecuado para el cultivo, cabe mencionar que por condiciones físicas a medida que pasa el tiempo las películas se pueden llenar de polvo y así pueden ser afectados en gran parte en la transmisión de radiación fotosintética, en algunos casos como en la película CIQA podría haber en las primeras horas del día y las ultimas una radiación por debajo de los optimo para el cultivo.

(Guzmán, 2000; Togoni, 2000) mencionan que de un valor de 100% de la radiación externa, solo el 65-70% logra penetrar en el interior del invernadero, mientras que el resto es reflejado y absorbido por el techo o cobertura y por la estructura de soporte. De la radiación interna, una parte variable entre el 10 y el 20% es reflejada por el cultivo. De esta manera, solo el 50-60% de la radiación es interceptado por el cultivo. En un experimento realizado por Samaniego (2001) menciona que las películas termorreguladoras modificaron la cantidad de radiación incidente en el interior de los invernaderos, mostrando una transmisión de radiación fotosintéticamente activa de hasta un 42% en comparación al testigo con 59% de transmisión.

Temperatura

Se determinó la temperatura exterior e interior en los invernaderos con las diferentes cubiertas plásticas para invernadero, los datos se obtuvieron en dos fechas, como en el caso de la radiación a los 12/06/2012 (4 ddt) y 27/09/2012 (121 ddt). Como se muestra enseguida.

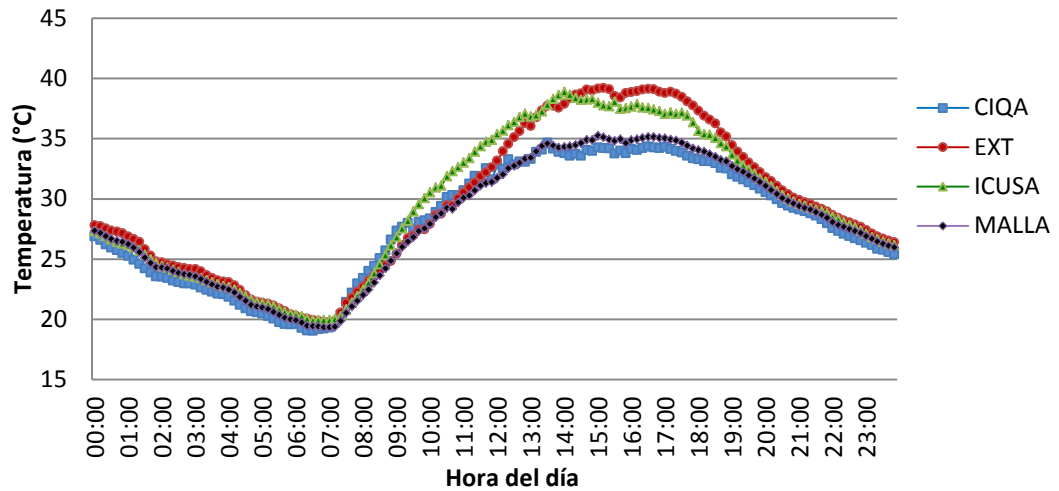


Figura 3. Temperatura exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (27/06/2012).

De acuerdo a los datos de la temperatura obtenidos con los sensores a los cuatro días después del trasplante se observó que, a partir de las cero horas se tienen 27°C aproximadamente en todos los invernaderos y en el exterior, disminuye 8°C hasta las 7am en el exterior e interior de todos los invernaderos, pero a partir de que se empieza a existir incidencia de radiación del sol se empieza a aumentar la temperatura siendo de las 7 am a las 3 pm cuando el exterior alcanza la máxima temperatura con 39°C, mientras que en el interior de la película convencional ICUSA fue mas rápido el aumento de temperatura alcanzando una máxima de 38°C a las 2pm, en la película CIQA se alcanzó una temperatura de 34°C, y en la MALLA-SOMBRA con 35°C. Cuando se alcanzan las temperaturas máximas, se mantiene constante las temperaturas fluctuando 2°C más y menos por un tiempo de cuatro horas, después se empieza a disminuir a medida que existe menos incidencia de radiación. Con los datos se puede observar que la película convencional ICUSA disminuyó la temperatura por 1°C en relación a la temperatura exterior, en cambio en la película CIQA logró disminuir la temperatura hasta 5°C en relación al exterior y 4°C

menos en relación a la película convencional, y en el caso de la MALLA-SOMBRA disminuyó 4°C y 3°C respectivamente. El comportamiento de la temperatura cambia a medida que transcurre el tiempo como se observa después de 121 ddt (Figura 4)

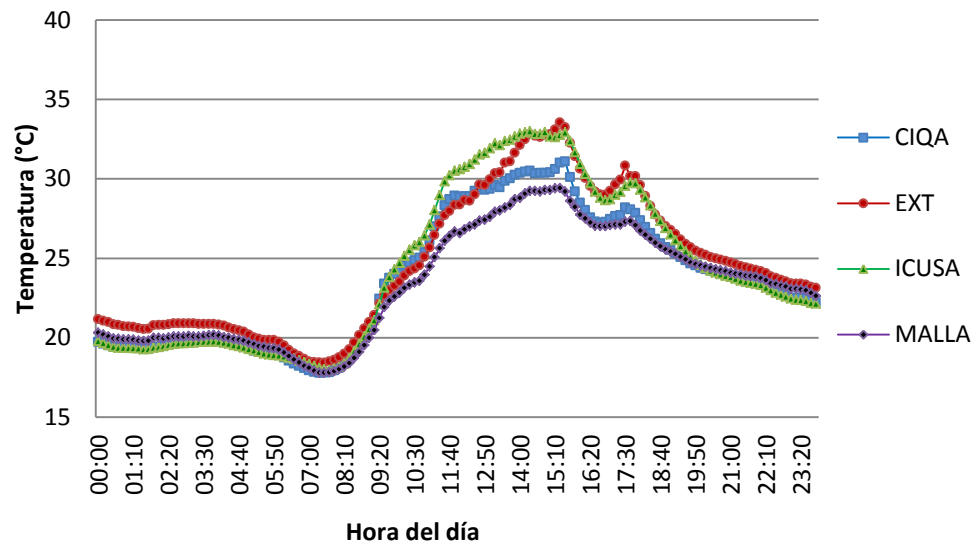


Figura 4. Temperatura exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (27/09/2012).

La temperatura anda en 20°C a partir de las cero horas hasta las 8am, a partir de que existe incidencia de radiaciones emitidas por el sol empieza a aumentar la temperatura hasta las 3:30pm cuando en el exterior e interior alcanzan las máximas temperaturas, teniendo en el exterior 33°C, en la película convencional con 32.5°C, en la película CIQA alcanzo los 30°C y en la MALLA-SOMBRA 29.5°C. Indicando que la película convencional disminuyó 0.5°C de temperatura en relación al exterior, como también la película CIQA disminuyo hasta 2.5°C en relación al exterior y 2°C en relación a la película convencional. En el caso de la MALLA-SOMBRA se logró disminuir 3.5°Cy 3°C respectivamente. Se observa que en la MALLA-SOMBRA existe menor temperatura debido al flujo constante de aire existente en ella.

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 de fruto (Abdul-Baky, 1991). En un experimento realizado por Samaniego (2001) utilizando películas termorreguladoras obtuvo una reducción de 1.5°C en comparación a una película convencional, y (Sánchez *et al.*, 2004) en un estudio sobre formulaciones de mezclas de polietileno con diferentes tipos de aditivos, mostró que estas películas tienen la habilidad de disminuir hasta 5°C de temperatura dentro del invernadero, con respecto a una película convencional, esto es semejante a los resultados de la presente investigación comparado con la película CIQA.

Humedad relativa

Se determinó también la humedad relativa (HR) del exterior e interior de los invernaderos, de igual manera tomando datos en dos fechas como se observa en la figura 5 que a partir del registro a las cero horas existe 50% de humedad relativa, a medida que pasan las horas y hasta las 7 am se observa que alcanzan la máxima humedad relativa en el exterior e interior de los invernaderos, pero se observa que en la película CIQA existe mayor humedad relativa a comparación del exterior y bajo las demás cubiertas. En el exterior se observa un 80% de HR, en la película convencional se aumento solo 1% de HR en relación al exterior, mientras que en la película CIQA aumento 4.5% y la MALLA sombra con 3% de HR. A partir de que se alcanzaron las máximas de humedad relativa se empieza a disminuir, eso se debe a que se inicia la incidencia de radiación y por consecuente existe un aumento de temperatura y por lo tanto disminuye la HR.

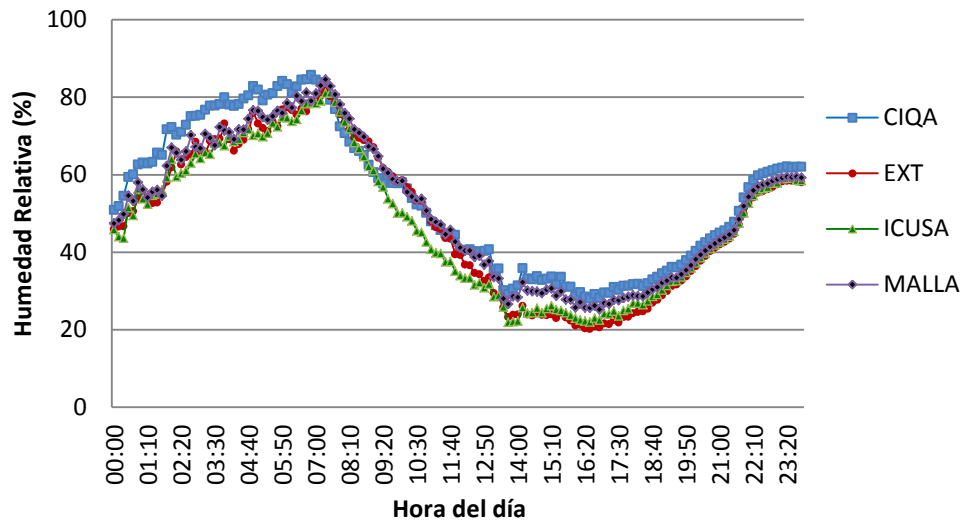


Figura 5. Humedad relativa exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (12/06/2012).

Es hasta las 2pm cuando se alcanza la humedad relativa mínima, siendo constate y fluctuando poco por 4 horas, se observa que la película CIQA es la que mantiene mayor humedad relativa con 33% seguida por la MALLA-SOMBRA con 29% y después por la película convencional con 24% y por ultimo en el exterior tuvo un 22% de HR, es a partir de las 6pm cuando se empieza a aumentar de nuevo la HR del exterior e interior de los invernaderos hasta las 11:20pm se alcanzó 61% de HR en la película CIQA y en las demás se alcanzó hasta 50% de HR. Con los resultados de la humedad relativa en esta fecha es que la película es la que proporciona mejor humedad relativa ya que para la planta la humedad relativa óptima oscila entre los 60% y 80%.

En la segunda fecha del muestreo de la humedad relativa que fue a los 121 días después del trasplante, el comportamiento de la fluctuación de la humedad relativa cambia esto es debido al comportamiento de la radiación y la temperatura en el exterior e interior de los invernaderos, esto se puede observar en la Figura 6.

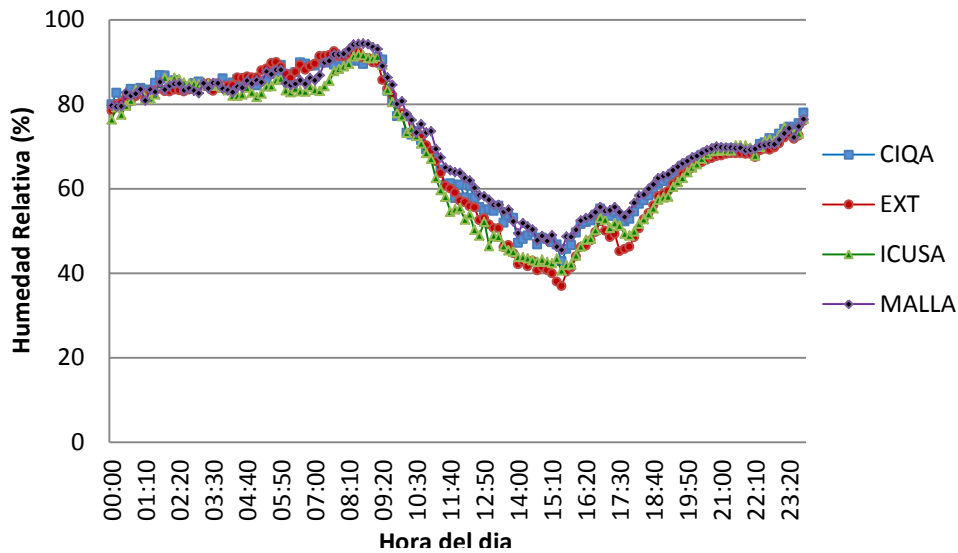


Figura 6. Humedad relativa exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (27/09/2012).

A la cero horas hasta y las 8am la humedad oscila entre el 80% 90% en el exterior e interior de los invernaderos, pero en la humedad relativa exterior alcanzó una máxima de 91% al igual que en la película convencional que alcanzó 91% de HR, mientras que en la película CIQA alcanzó el 90.5% y en la MALLA-SOMBRA alcanzó 94% de HR. A partir de que se alcanzaron las máximas de HR se empezó a disminuir debido a que empezó a aumentar la temperatura, hasta las 3:30pm se obtuvieron las mínimas de humedad relativa del exterior con 38% en la película convencional ICUSA y la película CIQA con 43% y en la MALLA-SOMBRA con 46%. A partir de que se alcanzaron las mínimas de humedad relativa y empezó a disminuir la temperatura, la humedad relativa aumento hasta 76% hasta las 23:20 en el exterior e interior de todos los invernaderos por igual.

González (2010) en estudio de comparación con diferentes películas menciona que la humedad relativa de las cubiertas sin aditivos, mostraron una tendencia normal aumentando durante la noche y disminuyendo durante el día, en este caso es muy semejante el comportamiento de la humedad relativa a lo que se observa en las

graficas de la HR, pero en la película CIQA se logra observar que incrementa la HR dentro del invernadero, a niveles iguales a la malla, en comparación a la humedad relativa del invernadero convencional y esto es debido a la menor temperatura que se tiene con respecto al invernadero con película convencional.

Déficit de Presión de Vapor

Con respecto al déficit de presión de vapor (DPV) evaluadas en dos fechas que se midió temperatura y humedad relativa, en la figura 7 se observa el comportamiento del DPV a los 4ddt, en todos los tratamientos y en el exterior desde las cero horas y hasta las 7am disminuye 1.5 kPa, observándose en ese transcurso de tiempo que en la película CIQA donde se presenta menos déficit de presión de vapor dentro del invernadero a comparación del exterior e interior de los demás invernaderos. Es a partir de a las 7am cuando empieza a aumentar el DPV y a las 3pm se empieza a alcanzar las máximas de DPV en las cubiertas, como en la película convencional que alcanzo 5.5 kPa, mientras que en la película CIQA alcanzó los 3.8 kPa y en la MALLA-SOMBRA alcanzó 4.1 kPa, para el déficit exterior hasta las 4pm alcanzó los 4.1kPa.

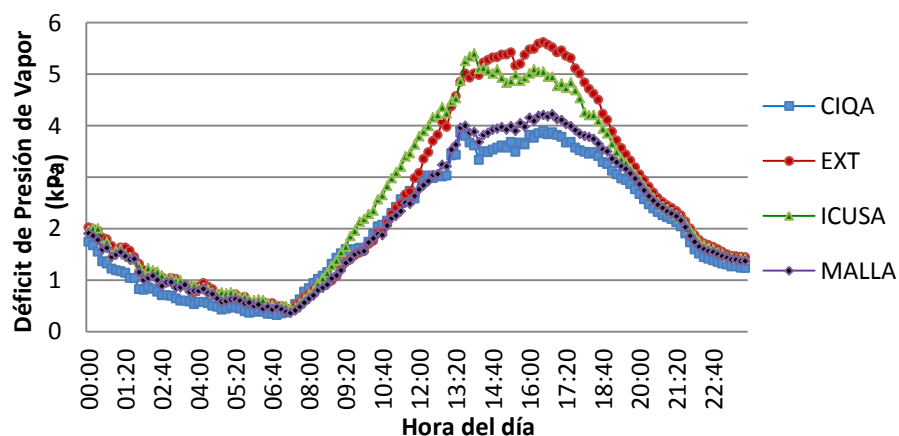


Figura 7. Déficit de Presión de Vapor (DPV) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (12/06/2012).

Sabiendo que la temperatura y la humedad relativa influyen directamente en el DPV, a partir de que alcanzan la máxima se mantiene el comportamiento así por cuatro horas como en el caso de la temperatura y la humedad relativa. Y a partir de las 5pm empieza a disminuir el DPV cuando existe menor temperatura y un aumento en la humedad relativa, esto indica que a mayor temperatura y una menor HR se obtiene un DPV alto, también cuando existe una temperatura menor y una mayor HR se obtiene un DVP menor. el DPV es uno de los factores que menos afecta al desarrollo y productividad de los cultivos, y las optimas valores son entre 2 y 3 kPa.

El comportamiento del DVP tiene mucha relación con la temperatura y la humedad relativa, en la segunda fecha de muestreo cambia de igual manera como el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa a los 121 días después del trasplante como se observa en la figura 8.

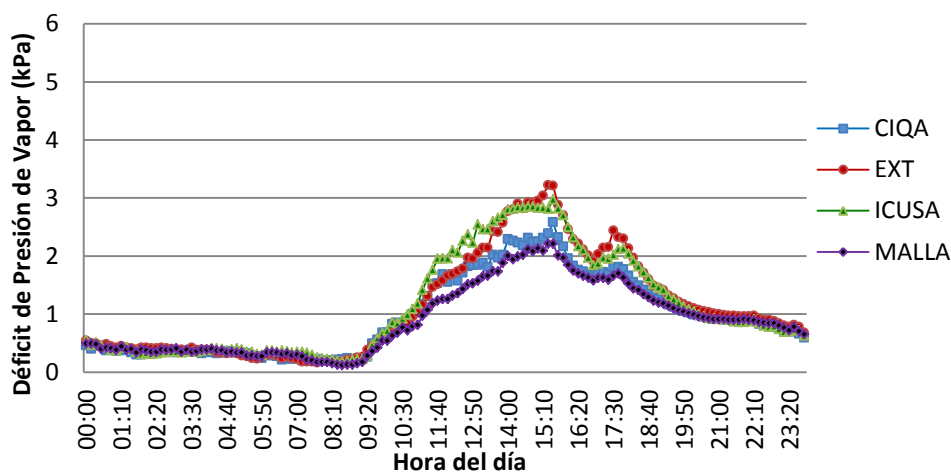


Figura 8. Déficit de Presión de Vapor (DPV) exterior e interior de los invernaderos con diferentes cubiertas plásticas para invernadero (27/09/2012).

La grafica 8 muestra que de las cero horas hasta las 9am el comportamiento del DPV oscila entre los 0.5 kPa y 0.1 kPa en el exterior y en las cubiertas. Es a partir de las 9am cuando empieza a aumentar y siendo hasta las 3:30pm cuando en el exterior e

interior de los invernaderos alcanzan las máximas de DPV, como en el caso del exterior que alcanzó hasta 3.2 kPa, seguida por la película convencional ICUSA con 2.9, mientras que en la película CIQA alcanzó los 2.5 kPa y en la MALLA-SOMBRA alcanzó 2.2 kPa. A partir de que alcanzaron la máxima de DPV en el exterior y en las diferentes cubiertas empezó a disminuir teniendo la misma diferencia hasta 6pm y después de ese tiempo al final el exterior y las diferentes cubiertas alcanzaron a bajar del DPV hasta 0.7 kPa. se puede observar que los DPV en este periodo de septiembre y posterior son mas adecuadas para el cultivo y que las plantas presentan menos estrés que las DPV que se tenían en junio, cuando las plantas estaban mas pequeñas y en el invernadero con película convencional si se notaba un estrés muy marcado en las plantas, lo que no se observó en la película CIQA un en la MALLA-SOMBRA.

La temperatura y la humedad relativa influyen directamente sobre el DVP López *et al.*, (2000) mencionan que generalmente no consideran el déficit de presión de vapor (DPV) en los valores de consigna a mantener, siendo el DPV un indicador de primera importancia en las necesidades de riego o en la respuesta de la planta al ambiente. A veces los controladores tampoco combinan bien la apertura de ventanas y el aporte de humedad en los periodos más cálidos. Se piensa que la mejora del control de los humectadores es una línea de trabajo para los invernaderos de zonas cálidas, en combinación con películas de características frías como es la CIQA evaluada en este trabajo con buenos resultados en control ambiental.

Con las graficas anteriores de radiación, temperatura, humedad relativa y Déficit de presión, se observa que en los meses en que se realizó el trasplante del cultivo se

presentaron condiciones de microclima no adecuadas para el cultivo, debido a que las condiciones del exterior se observaron radiaciones muy altas teniendo como consecuencia alcanzar temperaturas altas y humedad relativa muy bajas y por consiguiente un DPV muy alto, es el mismo comportamiento que existe en la película convencional, a diferencia de la película CIQA y la MALLA-SOMBRA, los cuales le dan una condición mas adecuada al cultivo en los meses con condiciones adversas, en especial la película CIQA donde existe mejor modulación de transmisión de radiación, y una disminución de temperatura hasta 5°C. Pero a medida que pasa el tiempo, el comportamiento de las condiciones cambia de acuerdo a la estación del año donde se observa que existe mejora en las condiciones de microclima, se debe a que son meses donde no se presentan condiciones tan extremas, por ello se observa que en la película convencional existe una mejora en el microclima, se debe también a que la cubierta pierde características de transmisión de luz, y también por condiciones físicas se llenan de polvo las cubiertas afectando la transmisión de radiación fotosintética.

Variables Agronómicas

En seguida se puede observar el comportamiento de la respuesta agronómica del cultivo dentro de los invernaderos con cubiertas plásticas diferentes, tomando en cuenta las siguientes variables como: altura de planta, diámetro de tallo, peso seco de tallo, área foliar, peso seco de flor, peso seco de fruto, numero de frutos por planta, peso de frutos por planta y la calidad del fruto como son el diámetro polar y diámetro ecuatorial del fruto.

Altura de plantas

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de la variable altura de la planta, mostraron diferencias altamente significativas en todos los muestreos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza y comparación de medias de la variable altura de planta, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Altura de plantas (m) | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | | | | | |
| | 34 ddt | 41 ddt | 55 ddt | 62 ddt | 69 ddt | 76 ddt | 84 ddt | 91 ddt |
| T1 CIQA | 1.27 A \diamond | 1.57 A | 2.03 A | 2.29 A | 2.48 A | 2.84 A | 2.81 A | 2.81 A |
| T2 ICUSA | 1.12 C | 1.34 C | 1.77 C | 1.91 C | 2.18 C | 2.37 C | 2.42 B | 2.42 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | 1.23 B | 1.49 B | 1.96 B | 2.25 B | 2.37 B | 2.59 B | 2.49 B | 2.49 B |
| C.V. (%) | 2.14% | 4.23% | 3.00% | 1.93% | 1.78% | 1.67% | 3.79% | 2.64% |
| | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |

C.V.= Coeficiente de Variación; ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Valores Medios seguidos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

De acuerdo a los resultados de la altura de planta, en todos los muestreos las plantas bajo la cubierta CIQA fueron mas altas, seguido por las plantas bajo la MALLA-SOMBRA, superando a las plantas bajo la película convencional ICUSA. A los 76 y 86 ddt se observa que no existe un aumento en el crecimiento debido a que entre el los 69 y 76 ddt se realizo el pinzado (corte de crecimiento apical) de las plantas. De esta manera, la altura máxima que alcanzaron las plantas bajo la película convencional ICUSA fue de 2.42 m mientras que las plantas bajo la película CIQA fue de 2.84 m, 16% mas altas que las plantas del testigo de la película convencional ICUSA, y en la MALLA-SOMBRA una altura de 2.59 m con un 2.8% mas altas respectivamente.

Estos resultados son superiores a los resultados obtenidos por Márquez y Cano (2005) en la producción de tomate cherry bajo invernadero obtuvieron una altura de plantas de los 30 y 80 días después del trasplante (ddt), con 0.86 m y 2.26 m

respectivamente, la mayor altura de las plantas de invernadero CIQA y la MALLA-SOMBRA con respecto a la de ICUSA se debe a la menor radiación recibida en esta, y a las mejores condiciones ambientales generadas en ellas.

Diámetro de tallo

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) del diámetro de tallo de la planta mostraron diferencias no significativas en los primeros seis muestreos y hasta los 76 ddt, a los 84 y 91 ddt si se muestran diferencias estadísticas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza y comparación de medias del variable diámetro de tallo, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Diámetro de tallo de plantas (mm) | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | | | | | |
| | 34 ddt | 41 ddt | 55 ddt | 62 ddt | 69 ddt | 76 ddt | 84 ddt | 91 ddt |
| T1 CIQA | 11.69 A \diamond | 11.15 A | 12.40 A | 12.37 A | 12.45 A | 13.28 A | 13.50 A | 13.82 A |
| T2 ICUSA | 11.24 A | 10.98 A | 12.14 A | 13.14 A | 11.58 A | 13.20 A | 12.44 B | 13.06 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | 11.04 A | 10.78 A | 11.47 A | 12.62 A | 11.68 A | 12.75 A | 12.72 B | 13.51 AB |
| C.V. (%) | 10.47% | 12.40% | 8.91% | 11.31% | 12.67% | 7.54% | 4.58% | 4.69% |
| | NS | NS | NS | NS | NS | NS | ** | * |

C.V= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

en los muestreos de 34 ddt hasta los 76 ddt existe una diferencia no significativa, pero numéricamente se logra observar que de los 34 ddt a los 55 ddt las plantas bajo la cubierta CIQA desarrollaron mayor grosor de tallo, seguido por el las plantas bajo la película convencional ICUSA superando a las plantas bajo MALLA-SOMBRA, a los 62 ddt es el mismo comportamiento entre las plantas de la película convencional y la MALLA-SOMBRA pero en el muestreo las plantas bajo la cubierta CIQA fue menor el diámetro de tallo, es en el siguiente muestreo a los 69 ddt cuando las plantas CIQA desarrollaron mayor grosor de tallo seguido por las plantas de la MALLA-SOMBRA superando a las plantas de la película convencional, en el sexto muestreo que fue a

los 76 ddt el comportamiento es como en los primeros tres muestreos, en el séptimo muestreo a los 84 ddt existe una diferencia altamente significativa siendo las plantas CIQA las que superaron a las plantas de la película convencional y la MALLA-SOMBRA. Para el último muestreo existe una diferencia significativa siendo las plantas bajo la cubierta CIQA las que desarrollaron mayor grosor de tallo con 13.82 mm que estadísticamente es igual a las plantas de la MALLA-SOMBRA con 13.51 mm, pero diferente a las plantas de la película convencional ICUSA con 13.06 mm. Se observa que en los últimos muestreos existieron diferencias estadísticas esto se debe a que antes de los últimos dos muestreos se realizó el pinzado de plantas, y se promovió el engrosamiento del tallo.

Estos resultados superan a los resultados obtenidos por Barragán (2011), en un experimento de producción de tomate cherry a campo abierto donde obtuvo un diámetro de tallo de 11.59 mm de las plantas testigo. Entonces se puede mencionar que la producción bajo cubiertas influye de manera positiva en la respuesta del cultivo para la acumulación de biomasa, debido a las condiciones de microclima existentes en ella.

Peso seco de tallo

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de peso seco de tallo mostraron que no existen diferencias estadísticas significativas en ninguno de los muestreos sin embargo si se observan diferencias numéricas importantes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias de peso seco de tallo, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Peso Seco de Tallo (gr) | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------|---------|----------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | |
| | 24 ddt | 48 ddt | 73 ddt | 91 ddt |
| T1 CIQA | 25.12 A \diamond | 60.87 A | 92.80 A | 116.26 A |
| T2 ICUSA | 17.71 A | 44.86 A | 67.40 A | 91.23 A |
| T3 MALLA-SOMBRA | 16.78 A | 66.92 A | 53.77 A | 86.52 A |
| C.V. (%) | 34.63% | 33.30% | 39.99% | 24.03% |
| | NS | NS | NS | NS |

C.V.= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

Para la variable peso seco de tallo en todos los muestreos numéricamente las plantas bajo la película CIQA produjeron mas biomasa en tallo, seguida por las plantas de la película convencional ICUSA superando a las planas de la MALLA sombra, excepto en el segundo muestreo donde las plantas de la MALLA-SOMBRA desarrollaron mas biomasa que las plantas bajo la película convencional, con esto se observa que de acuerdo a los resultados de microclima en el invernadero con cubierta CIQA fue la condición mas adecuada, por ello existe una respuesta positiva.

De acuerdo a estos resultados podemos observar que los resultados obtenidos superan a los resultados de Koning (1993) que obtuvo 43 g de peso seco de tallo de tomate cv. Calypso bajo invernadero. Pero son semejantes a los resultados que obtuvo Rodríguez (2007) para peso seco de tallo del cultivo de tomate híbrido Big Beef. Como también Hernández *et al.*, (2009) alcanzó hasta 128.73 g de peso seco de tallo en la acumulación de biomasa en tomate híbrido HA-3019, en condiciones de invernadero con cubierta de polietileno, resultados que no necesariamente pueden ser comparados con los resultados de este trabajo ya que son tomate de tipo diferente al uva evaluada en este trabajo.

Área foliar

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de área foliar, reflejan que en todos los muestres hubo diferencias en significancia estadística entre los muestreos (Cuadro 4).

Se observa que en el primer muestreo a los 24 ddt existe una diferencia altamente significativa, siendo las plantas bajo cubierta CIQA los que desarrollaron mayor área foliar superando a el área foliar de las plantas de la MALLA-SOMBRA y el área foliar de las plantas de la película ICUSA. A los 48 ddt existe una diferencia significativa donde el área foliar de las plantas CIQA son estadísticamente iguales a la de las plantas de la MALLA-SOMBRA, superando así el área foliar de las plantas ICUSA.

Cuadro 4. Análisis de varianza y comparación de medias de peso seco de fruto, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Área Foliar (cm ²) | | | |
|------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | |
| | 24 ddt | 48 ddt | 73 ddt | 91 ddt |
| T1 CIQA | 2185.0 A \diamond | 3533.6 A | 3478.2 A | 3604.9 A |
| T2 ICUSA | 1365.6 B | 1673.0 B | 1447.4 B | 1352.8 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | 1528.4 B | 3549.2 A | 3181.8 A | 1935.0 B |
| C.V. (%) | 15.24% | 17.85% | 21.63% | 21.76% |
| | ** | * | * | ** |

C.V.= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

Para el muestreo tres con 73 ddt el comportamiento de los tratamientos es el mismo como en el segundo muestreo. En el ultimo muestreo existe una diferencia altamente significativa siendo las plantas bajo la película CIQA los que desarrollaron mayor área foliar superando así a las plantas de la MALLA-SOMBRA y las plantas de ICUSA. Con estos resultados se observa que en la película CIQA hubo mejor desarrollo de área foliar debido a la radiación existente dentro del invernadero por

eso las plantas desarrollaron hojas delgadas con mayor tamaño, a diferencia de las plantas de la película convencional las que desarrollaron menor área foliar siendo hojas mas pequeñas y mas gruesas, esto se debe a que las plantas se encontraban en condiciones de estrés debido a la alta radiación que existía dentro del invernadero, El comportamiento de las plantas para producción de hojas en la MALLA-SOMBRA es un poco semejante al comportamiento de las plantas bajo cubierta CIQA. Sin embargo se observa que las plantas de la MALLA-SOMBRA en el ultimo muestreo tiene mucho menor área foliar que en el muestreo anterior, esto significa que las plantas ya estaban en esta fecha en senescencia y había perdido muchas hojas por envejecimiento mas acelerado y por enfermedades que provocaron perdida de follaje, lo que no ocurrió todavía en las plantas del invernadero CIQA que fue donde duró el cultivo en mejores condiciones por mucho mas tiempo que en las otras dos cubiertas. Entonces esta respuesta de las plantas para la producción de dependen mucho del tipo de cubierta y del microclima que propician dentro de los invernaderos.

Cepeda (2010), menciona que el índice de área foliar e indica la relación que existe entre el área foliar cubierto por las hojas y el área de un metro cuadrado de suelo donde se encuentra creciendo la planta, esta relación es expresada cm^2/m^2 . En un experimento sobre la producción de tomate cherry obtuvo $2242.4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ de área foliar. Pero la expansión de las hojas pueden disminuir con el estrés (Balaguera *et al.*, 2008). En este trabajo se tuvieron los siguientes resultados de índice de área foliar: a los 73 ddt en la película CIQA $11477 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, en la película ICUSA $4874 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ y en la MALLA-SOMBRA $10947 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, mientras que a los 91 ddt en la

MALLA-SOMBRA solo había 6385 cm²/m², en ICUSA 477 cm²/m² y en la CIQA 11893 cm²/m². Rodríguez *et al.*, (2007) menciona que a medida que existe un incremento en número de hojas incrementa la fotosíntesis, lo que redundará en aumento del peso de fruto y consecuentemente en el rendimiento.

Peso seco de hoja

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan p=0.01) de peso seco de hojas, muestra que no existen diferencias significativas en el muestreo uno y tres mientras en los muestreos dos y cuatro si existen diferencias estadísticas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza y comparación de medias de peso seco de hoja, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Peso Seco de Hoja (gr) | | | |
|------------------------|-----------------------------------|-----------|----------|----------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | |
| | 24 ddt | 48 ddt | 73 ddt | 91 ddt |
| T1 CIQA | 18.480 A \diamond | 26.823 AB | 28.000 A | 32.487 A |
| T2 ICUSA | 13.850 A | 17.707 B | 17.027 A | 16.027 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | 12.520 A | 30.050 A | 26.567 A | 16.540 B |
| C.V. (%) | 28.97% | 21.68% | 23.54% | 24.97% |
| | NS | * | NS | ** |

C.V.= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa (p=0.05); ** = Diferencia altamente significativa (p=0.01); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

para la variable peso seco de hoja a los 24 ddt existe una diferencia no significativa siendo las plantas de CIQA los que obtuvieron mayor peso de ello, seguido por el peso de hojas de las plantas de la película convencional ICUSA siendo casi igual el peso de hojas de las plantas de la MALLA-SOMBRA. Para el segundo muestreo con 48 ddt existe una diferencia significativa, siendo las hojas de plantas de la MALLA-SOMBRA los que tuvieron mas peso seco seguido por las plantas de CIQA superando al peso de las hojas de las plantas de la película convencional. Para el

tercer muestreo existe diferencia no significativa, siendo las plantas de la película CIQA con mayor peso seco de hojas, seguido por las plantas de la MALLA-SOMBRA, y por ultimo las plantas de la película convencional. Para el último muestreo con 91 ddt se muestra una diferencia altamente significativa siendo las plantas de la película CIQA con 32.48 g superando a las plantas de la MALLA-SOMBRA con 16.54 g y las plantas de la película convencional con 16.02 g que estadísticamente son iguales. Nuevamente se observa la pérdida de follaje en las plantas de la MALLA-SOMBRA por envejecimiento más rápido.

Los resultados de la presente investigación coinciden con los resultados obtenidos por Hernández et al., (2009) donde obtuvieron una acumulación de biomasa para peso seco de hoja de 32 g de un cultivo protegido con polietileno y malla sombreadora (35 %) por los laterales y el frente.

Peso seco de flor

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de peso seco de flor, muestran que no existen diferencias significativas en todos los muestreos excepto en el tercer muestreo donde existe diferencia altamente significativa (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de medias de peso seco de flor, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Peso Seco de Flor (gr) | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | |
| | 24 ddt | 48 ddt | 73 ddt | 91 ddt |
| T1 CIQA | 1.754 A \diamond | 3.183 A | 1.466 B | 0.343 A |
| T2 ICUSA | 0.853 A | 2.757 A | 3.500 A | 0.456 A |
| T3 MALLA-SOMBRA | 1.114 A | 2.887 A | 0.600 B | 0.420 A |
| C.V. (%) | 42.58% | 49.78% | 23.42% | 42.67% |
| | NS | NS | ** | NS |

C.V.= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

Como se muestra en la tabla 6 a los 24 ddt las plantas bajo cubierta CIQA desarrollaron mayor número de flores obteniendo mayor peso, seguido por las plantas de la MALLA-SOMBRA, superando a las plantas de la película convencional ICUSA. Para el muestreo dos con 48 ddt las plantas bajo cubierta CIQA obtuvieron mayor peso seco de flor, pero en este muestreo el peso seco de flores de las plantas de la película ICUSA y MALLA-SOMBRA resultan casi iguales numéricamente. En el muestreo con 73 ddt se observa diferencia altamente significativa siendo las plantas de la película ICUSA las que desarrollaron mayor número de flores obteniendo mayor peso de ello, seguido por las plantas de la película CIQA, superando a las plantas de la MALLA-SOMBRA. A los 91 ddt numéricamente se observa que las plantas de la película convencional tuvieron mayor peso de flores seguido por las plantas de la MALLA-SOMBRA y por último a las plantas de la película CIQA. Estos resultados muestran mejor precocidad en las plantas CIQA y más retraso en la ICUSA, debido a las condiciones más adversas en este invernadero.

Los resultados obtenidos para esta variable fueron más altos a los resultados obtenidos de por Ramírez y Nienhuis (2012) en la producción de tomate bajo invernadero donde obtuvieron 0.29 g en peso seco de flor en tomate.

Peso seco de fruto

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de peso seco de fruto, en el primer muestreo hasta el tercero existe significancias estadísticas, mientras que en el último muestreo existen diferencia no significativa (Cuadro 7).

De acuerdo a los resultados de peso seco de fruto, en el muestreo con 24 ddt se observa una diferencia significativa siendo la plantas bajo la cubierta CIQA los cuales obtuvieron mayor peso seco de frutos seguido por el peso seco de los frutos de la MALLA-SOMBRA, superando a el peso de frutos de la película ICUSA.

Cuadro 7. Análisis de varianza y comparación de medias de peso seco de fruto, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Peso Seco de Fruto (gr) | | | |
|------------------------|-----------------------------------|----------|----------|---------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | |
| | 24 ddt | 48 ddt | 73 ddt | 91 ddt |
| T1 CIQA | 14.267 A \diamond | 54.700 A | 99.32 AB | 57.52 A |
| T2 ICUSA | 3.813 B | 20.110 C | 50.20 B | 51.50 A |
| T3 MALLA-SOMBRA | 6.087 AB | 34.363 B | 105.24 A | 55.90 A |
| C.V. (%) | 49.28% | 6.68% | 27.75% | 28.46% |
| | * | ** | * | NS |

C.V= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa (p=0.05); ** = Diferencia altamente significativa (p=0.01); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

A los 48 ddt es la misma tendencia que existe solo que en este muestreo existe una diferencia altamente significativa. Para los 73 ddt se observa una diferencia significativa donde el peso seco de frutos de las plantas bajo MALLA-SOMBRA pesaron mas, seguido por el peso de frutos de las plantas bajo la película CIQA, quedando al ultimo el peso seco de frutos de la película ICUSA, Mientras que en el último muestreo existe una diferencia no significativa, pero numéricamente el peso seco de frutos de la película CIQA fue mayor seguido por la MALLA-SOMBRA, superando estos dos al peso seco de frutos de las pantas de la película convencional ICUSA.

Casierra y Cardozo, (2007) obtuvo en el cultivar en estudio, que los frutos acumularon grandes cantidades de materia seca a partir de los 15 días después de la floración, Hernández *et al.*, (2009) consiguen obtener 41 gr en peso seco de frutos

de cultivo protegido de tomate los cuales se asemejan a los resultados obtenidos de la presente investigación. Koning (1993) dice que para frutos en tomate bajo invernadero la influencia de la luz es muy importante. La materia seca de los frutos del tomate proviene de los fotosintetizados producidos en las hojas y transportados a los frutos, acorde con la relación fuente-demanda (Casierra *et al.*, 2007). Por lo cual es importante que las películas no bloqueen más radiación de la que el cultivo requiere.

Numero de frutos por planta

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de numero de frutos por planta, en los primeros 67 ddt y a los 96 ddt existen diferencias estadísticas, mientras que en los 74 a los 89 ddt se observa una diferencia no significativa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza y comparación de medias de número de frutos por planta, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Numero de frutos por planta | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Días después del trasplante (ddt) | | | | | | | | |
| | 46 ddt | 53 ddt | 62 ddt | 67 ddt | 74 ddt | 81 ddt | 89 ddt | 96 ddt | Total |
| T1 CIQA | 4.20 A \diamond | 11.35 A | 30.85 A | 38.15 A | 93.95 A | 38.40 A | 78.40 A | 59.80 B | 355.10 A |
| T2 ICUSA | 0.55 B | 6.55 B | 20.45 B | 30.95 A | 84.55 A | 50.15 A | 93.90 A | 89.15 A | 376.25 A |
| T3 MALLA-SOMBRA | 1.00 B | 8.70 AB | 13.55 B | 18.80 B | 98.05 A | 50.65 A | 90.70 A | 70.30 B | 351.75 A |
| C.V. (%) | 107.21% | 55.36% | 56.46% | 59.34% | 48.07% | 69.74% | 42.50% | 39.32% | 30.02% |
| | ** | * | ** | * | NS | NS | NS | ** | NS |

C.V= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

siendo las plantas bajo la película CIQA los que desarrollaron mayor numero de frutos, estadísticamente muy altos, comparado con el numero de frutos de la película convencional y la MALLA-SOMBRA los que estadísticamente son iguales. A los 53 ddt en el muestreo existe diferencia significativa siendo las plantas de la película CIQA los que desarrollaron 73% más en comparación al número de frutos de la

película convencional y en la MALLA-SOMBRA un 32%. A los 62 ddt existe diferencia altamente significativa siendo las plantas bajo cubierta CIQA los que tuvieron mayor número de frutos con 50% más en relación a la película convencional, y un 127 % al número de frutos de la MALLA-SOMBRA. Para el cuarto muestreo a los 67 ddt existe diferencia significativa siendo las plantas de la película CIQA los que tuvieron mayor producción de número de frutos con 23 % mayor en relación al número de frutos de la película convencional y un 50 % en relación a la MALLA-SOMBRA. A los 74 ddt existe diferencia no significativa pero numéricamente se observa que las plantas de la MALLA-SOMBRA son los que desarrollaron mayor número de frutos, seguido por las plantas de la película CIQA, superando a las plantas testigo, para el sexto muestreo también existe diferencia no significativa pero numéricamente las plantas de la película convencional y la MALLA-SOMBRA se igualan y superan al número de frutos un de la película CIQA. Para el séptimo muestreo a los 89 ddt existe diferencia no significativa siendo las plantas de la película convencional que numéricamente desarrollaron mayor número de frutos seguido por las plantas de la MALLA-SOMBRA y así superando al número de frutos de las plantas de la película CIQA. En el último muestreo se observa que existe una diferencia altamente significativa, siendo las plantas de la película convencional los que desarrollaron mayor número de frutos por planta dejando superando un 49 % al número de frutos de la película CIQA y un 26 % al número de frutos de las plantas de la MALLA-SOMBRA. Para el número total de frutos por planta existe una diferencia no significativa, pero numéricamente las plantas bajo cubierta convencional ICUSA desarrollaron mayor número de frutos con 376, seguido por las plantas bajo la película CIQA con 355, superando a las plantas de la MALLA-SOMBRA con 351

frutos. Con estos resultados se logra observar que estadísticamente es igual el número de frutos por planta, pero el comportamiento en cada muestreo es muy diferente como es en los primeros cuatro muestreos las plantas de la película CIQA desarrollaron mayor número de frutos debido a que en esos meses con condiciones adversas la película si logro propiciarle a las plantas un mejor microclima dentro del invernadero por ello tuvieron una respuesta fisiológica mas eficiente, a medida que cambiaba las condiciones, el comportamiento de las plantas en las demás cubiertas mejoró, ya que por las condiciones menos adversas las cubiertas mejoraron las condiciones de microclima dentro del invernadero, por eso existe un aumento en el número de frutos por planta en el ICUSA y como resultado se obtiene estadísticamente igual número de frutos.

Cepeda (2010), en un experimento de producción de tomate cherry bajo malla sombra encontró que las plantas desarrollaron 11 racimos florales por planta los cuales se producían entre 8 y 9 frutos por racimo teniendo como un total de 99 frutos por planta. Con estos resultados se puede hacer una comparación de la producción de la presente investigación donde se obtuvo una producción de 351 frutos por planta en la MALLA-SOMBRA, esto nos indica que es mucho mejor la producción con cubiertas de polietileno, como la película convencional ICUSA se logro obtener 376 frutos por planta, y en la película CIQA 355 frutos por planta.

Peso total de frutos

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de peso total de frutos por planta, en los primeros cuatro muestreos y sexto muestreo

existen diferencias estadísticas, mientras que en el muestreo cinco, siete y ocho, existe una diferencia no significativa (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza y comparación de medias de peso total de frutos por planta, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Peso de frutos por plantas (gr) | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | Días después del trasplante | | | | | | | | |
| | 46 ddt | 53 ddt | 62 ddt | 67 ddt | 74 ddt | 81 ddt | 89 ddt | 96 ddt | Total |
| T1 CIQA | 26.79 A \diamond | 108.50 A | 284.40 A | 259.92 A | 572.34 A | 176.98 B | 412.30 A | 358.50 A | 2199.7 A |
| T2 ICUSA | 2.44 B | 33.26 C | 146.20 B | 193.43 AB | 511.61 A | 267.49 AB | 433.60 A | 397.15 A | 1985.2 A |
| T3 MALLA-SOMBRA | 6.70 B | 78.71 B | 124.65 B | 137.58 B | 616.19 A | 311.10 A | 466.60 A | 338.25 A | 2079.8 A |
| C.V. (%) | 116.91% | 62.08% | 51.61% | 54.21% | 41.08% | 64.55% | 38.18% | 32.75% | 24.85% |
| | ** | ** | ** | * | NS | * | NS | NS | NS |

C.V.= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

En la primera cosecha a los 46 ddt existe una diferencia altamente significativa, siendo las plantas bajo la película CIQA los que desarrollaron mayor peso de frutos, estadísticamente muy altos, comparado con el peso de frutos de la película convencional y la MALLA-SOMBRA los que estadísticamente son iguales. A los 53 ddt en el muestreo existe diferencia altamente significativa siendo las plantas de la película CIQA los que obtuvieron 226 % más peso en comparación al peso de frutos de la película convencional y en la MALLA-SOMBRA un 37 %. A los 62 ddt existe diferencia altamente significativa siendo las plantas bajo cubierta CIQA los que tuvieron mayor peso de frutos con 94 % más en relación a la película convencional, y un 128 % al peso de frutos de la MALLA-SOMBRA. Para el cuarto muestreo a los 67 ddt existe diferencia significativa siendo las plantas de la película los que tuvieron mayor producción de número de frutos obteniendo un peso de 34 % mayor en relación al peso de frutos de la película convencional y un 88 % en relación a la MALLA-SOMBRA. A los 74 ddt existe diferencia no significativa pero numéricamente se observa que las plantas de la MALLA-SOMBRA son los que obtuvieron mayor

peso de frutos, seguido por las plantas de la película CIQA, superando a las plantas testigo, para el sexto muestreo existe diferencia significativa siendo las plantas de la MALLA-SOMBRA los que tuvieron mayor peso que estadísticamente es igual al peso de frutos de las película convencional y superior a el peso de frutos de la película CIQA. Para el séptimo muestreo a los 89 ddt existe diferencia no significativa siendo las plantas de la MALLA-SOMBRA los que numéricamente tuvieron mayor peso de frutos seguido por las plantas de la película convencional y así superando al peso de frutos de las plantas de la película CIQA. En el último muestreo se observa que existe una diferencia no significativa, pero numéricamente las plantas de la película convencional fueron los que tuvieron de frutos por planta, seguido por el peso de frutos de la película CIQA, dejando inferior al peso de frutos de las plantas de la MALLA-SOMBRA.

Para el peso total de frutos de todos los muestreos existe una diferencia no significativa pero numéricamente se observa que el peso de frutos por planta bajo la cubierta CIQA fue mayor obteniendo un peso de 2.2 kg por planta, 11 % mayor en relación a el peso de la película convencional, seguido por el peso de frutos de la MALLA-SOMBRA con 2.07 kg, 4.5 % mayor a el peso de frutos de la película convencional, mientras que en el peso total de frutos por planta bajo la película convencional fue de 1.98 kg. De acuerdo a estos resultados se puede obtener como resultado de las cosechas que hasta en la octava cosecha se obtiene en el invernadero bajo cubierta CIQA 7.6 Ton/ha, en la MALLA-SOMBRA 7.1 Ton/ha, mientras que en la película convencional 6.8 Ton/ha. Se puede observar que la película ICUSA tiene mayor numero de frutos que la CIQA y MALLA-SOMBRA, pero

su peso es menor por lo que se deduce que los frutos de la película ICUSA eran de menor tamaño que en la CIQA y en la MALLA-SOMBRA.

Uresti *et al.* (2007), en la producción de tomate cherry alcanzaron un máximo total de hasta 6,920 kg/ha hasta en el octavo corte bajo condiciones de invernadero, menciona también que en las cosechas posteriores la cantidad y tamaño de frutos cosechados disminuyó considerablemente.

Calidad de fruto

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de diámetro polar de frutos (chicos, medianos, y grandes), existen diferencias estadísticas, excepto en el muestreo dos del diámetro polar de frutos medianos y frutos grandes que fue a los 83 ddt, como se observa en el (Cuadro 10)

Cuadro 10. Análisis de varianza y comparación de medias de diámetro polar de fruto, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Variables | Muestreos | | |
|-----------------|-----------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | 62 ddt | 83 ddt | 97 ddt |
| T1 CIQA | | 17.41 A \diamond | 16.47 A | 26.70 A |
| T2 ICUSA | Diámetro polar | 15.24 B | 14.07 B | 22.04 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | Frutos chicos | 15.45 B | 15.40 AB | 21.45 B |
| C.V. (%) | (mm) | 4.58% ** | 6.31% * | 4.98% ** |
| T1 CIQA | | 22.74 A | 20.58 A | 33.62 A |
| T2 ICUSA | Diámetro polar | 18.35 C | 19.44 A | 27.38 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | Frutos medianos | 19.95 B | 20.45 A | 27.39 B |
| C.V. (%) | (mm) | 4.03% ** | 6.87% NS | 6.11% ** |
| T1 CIQA | | 26.98 A | 25.18 A | 42.12 A |
| T2 ICUSA | Diámetro polar | 22.43 B | 23.80 A | 36.12 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | Frutos grandes | 24.89 AB | 24.12 A | 34.36 |
| C.V. (%) | (mm) | 12.39% * | 4.15% NS | 5.81% ** |

C.V.= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

Para el variable diámetro polar de frutos chicos, en el primeros 62 ddt y a los 97 ddt existe una diferencia altamente significativa mientras que en el segundo muestreo 83 ddt se observa una diferencia significativa siendo los frutos de la película CIQA en los tres muestreos los que tuvieron mayor diámetro polar de fruto, seguido por los frutos de la MALLA-SOMBRA, superando a los frutos de la película convencional ICUSA, excepto en el segundo muestreo donde los frutos de la película convencional supera a el tamaño de frutos de la MALLA-SOMBRA. Para el diámetro polar de frutos medianos en los muestreos 62 y 97 ddt existe una diferencia altamente significativa mientras que en el muestreo dos con 83 ddt existe una diferencia no significativa, y el comportamiento en los tres muestreos indica que los frutos de la película CIQA fueron mas grandes, seguido por la MALLA-SOMBRA, así superando a el tamaño de frutos de la película convencional ICUSA. Para el diámetro polar de frutos grandes a los 62 ddt existe una diferencia significativa siendo los frutos de la película CIQA los que tuvieron mayor diámetro en los tres muestreos y así superando a los frutos de la MALLA-SOMBRA y la película convencional ICUSA, es la tendencia que existe hasta los 83 ddt solo que en este muestreo no hubo diferencia significativa, y a los 97 ddt existe una diferencia altamente significativa pero en este caso los frutos de la película ICUSA fue mayor a los el diámetro de frutos de la MALLA-SOMBRA.

La calidad debe definirse en función del uso al que va a ser destinado el producto por lo que en el caso de tomate fresco se debe tender al concepto de “calidad total” considerando todas las características valoradas por los consumidores, no solo la forma, el color y la ausencia de daños, si no también el sabor, el aroma la textura y el contenido nutricional. (Jones, 1999)

Los resultados de análisis de varianza y comparación de medias (Duncan $p=0.01$) de diámetro ecuatorial de frutos (chicos, medianos, y grandes), existen diferencias estadísticas, excepto a los 83 ddt del diámetro ecuatorial de frutos grandes, como se observa en el (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza y comparación de medias de diámetro ecuatorial de fruto, de un cultivo de tomate tipo uva con diferentes cubiertas plásticas para invernadero.

| Tratamientos | Variables | Muestréos | | |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | 62 ddt | 83 ddt | 97 ddt |
| T1 CIQA | | 26.98 A \diamond | 23.00 A | 19.41 A |
| T2 ICUSA | Diámetro ecuatorial | 21.44 B | 20.42 B | 16.05 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | Frutos chicos | 24.47 A | 23.72 A | 15.76 B |
| C.V. (%) | (mm) | 7.84% ** | 7.82% * | 5.50% ** |
| T1 CIQA | | 35.69 A | 30.40 A | 22.98 A |
| T2 ICUSA | Diámetro ecuatorial | 32.66 B | 27.26 B | 19.10 C |
| T3 MALLA-SOMBRA | Frutos medianos | 33.46 AB | 30.54 A | 20.29 B |
| C.V. (%) | (mm) | 5.01% * | 3.86% ** | 4.04% ** |
| T1 CIQA | | 36.25 B | 41.14 A | 25.30 A |
| T2 ICUSA | Diámetro ecuatorial | 42.48 A | 37.73 A | 21.64 B |
| T3 MALLA-SOMBRA | Frutos grandes | 44.43 A | 40.13 A | 23.13 B |
| C.V. (%) | (mm) | 9.73% * | 5.91% NS | 5.83% ** |

C.V.= Coeficiente de Variación; NS = Diferencia no significativa; * = Diferencia significativa ($p=0.05$); ** = Diferencia altamente significativa ($p=0.01$); \diamond = Medias seguidas con la misma letra, en la columna son estadísticamente iguales.

Para el variable diámetro ecuatorial de los frutos, en los frutos chicos en el muestreo 62 y 97 ddt existe una diferencia altamente significativa, en el segundo muestreo 83 ddt existe una diferencia significativa. En el primer muestreo los frutos de la película CIQA y la malla sombra son estadísticamente iguales superando a el diámetro ecuatorial el frutos de la película convencional, es la misma tendencia que existe para el segundo muestreo, en cambio en el tercer muestreo los frutos de la película CIQA supera a el diámetro de frutos de la MALLA-SOMBRA y de la película

convencional. Para el diámetro ecuatorial de frutos medianos en el primer muestreo 62 ddt existe diferencia significativa y en el muestreo 83 y 97 ddt existe una diferencia altamente significativa, la tendencia que existió fue de que los frutos de la película CIQA fueron más grandes, seguido por los frutos de la MALLA-SOMBRA, superando a los frutos de la película convencional ICUSA. para el diámetro ecuatorial de frutos grandes en los 62 ddt se observa una diferencia significativa donde los frutos de la MALLA-SOMBRA y de la película convencional ICUSA fueron mas grandes que los frutos de la película CIQA, mientras que en el muestreo a 83 ddt no existe una diferencia significativa los frutos de la película CIQA fueron mas grandes seguido por los frutos de la MALLA-SOMBRA dejando al ultimo los de la película convencional ICUSA, para el muestreo 97 ddt los frutos de la MALLA-SOMBRA y de la película convencional estadísticamente son iguales siendo los frutos de la película CIQA los que desarrollaron mayor tamaño en diámetro ecuatorial de fruto.

Con los resultados de la calidad de frutos en cada uno de las cubiertas (Cuadro 5, Cuadro 6), se observa que las bajo la película CIQA tuvieron mejor tamaño en diámetro polar y ecuatorial de frutos, seguido por los frutos de la MALLA-SOMBRA, indicando que los frutos de la película convencional desarrollaron frutos mas pequeños. Esto también tiene mucha relación en el número de frutos por planta y el peso de frutos por planta (Cuadro 8, Cuadro 9).

La calidad del tomate estándar se basa principalmente en la uniformidad de la forma (dependiendo del tipo puede ser redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada), el color. El tamaño es un factor que define el grado de calidad, pero puede

influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial (Márquez *et al.*, 2006; Rosales, 2008).

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permiten concluir que:

Las diferencias en las características ópticas de las películas evaluadas, afectaron de diferente manera el microclima del invernadero, y por consecuencia también las respuestas fisiológicas involucradas en el rendimiento del cultivo de tomate tipo uva. De las películas evaluadas, la película CIQA con características refrescantes, mejores condiciones ambientales para el desarrollo del cultivo lo que se tradujo en mayor precocidad en la formación de los frutos, mayor rendimiento por planta y mayor calidad de los frutos comparada con la película comercial y con la malla utilizada por el agricultor, esto repercute en mayor ganancia para el agricultor.

Por lo anterior, se permite recomendar a los productores de la región, la utilización de películas refrescantes para cubiertas de invernadero, ya que el uso de este tipo de cubiertas genera mejores condiciones dentro del invernadero, lo que trae consigo una precocidad y mayor producción del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Abdul-Baky A. 1991. Tolerance of tomato cultivars and selected germoplasm to heat stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 1113-1116.
- Armengol, E. y Radiola, J. 1996. Novedades en los plásticos para invernaderos. Invernaderos. Aplicaciones de los plásticos. Revista Horticultura. 114 13- 19
- Astiz, M., Del Castillo J., Uribarri, A., Aguado, G. y Sabada, S. 2010. Nuevos plásticos en invernadero plásticos fotoselectivos antiplagas. Revista Navarra Agraria. 41- 47.
- Ayala, T., López, Z., María, D., López, V., Ruvalcaba, P., Velázquez, A., Díaz, V. y Osuna, S. 2011. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México 4(29): 403-410pp.
- Balaguera, H., Álvarez, H. y Rodríguez, J. 2008. Efecto del déficit del agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Investigaciones Agrícolas. Tunja, Colombia. 26(2):246-255pp.
- Barquero V. 2010. Materiales de cerramiento para invernaderos. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos. 23(4):11.
- Barragán, B. 2011. Uso de Biofertilizantes Para la Producción Orgánica de Tomate

- Cherry (*Solanum lycopersicon* L. Cv. Camelia). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila México. 96pp.
- Benavides, M. A. y Ramírez, R. 2002. Respuestas de la plantas a la radiación electromagnética. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura, Buenavista Saltillo, Coahuila México. 14pp.
- Bonafont, A. 2005. Utilización eficaz de las posibilidades de los plásticos agrícolas. Tecnología y producción. Plásticos y mallas. Revista horticultura. 187: 38-45.
- Caldari, P. 2007. Manejo de la luz en Invernaderos. Los beneficios de Luz de Calidad en el cultivo de Hortalizas. Simposio internacional de invernaderos, Ciba Especialidades Químicas Ltda. Brasil. 5p
- Cano, R., Rodríguez, D., Chávez, G., y Chew, M. 2002. Producción de híbridos de tomate bajo condiciones de invernadero en época de escasez. Investigadores del CELALA-INIFAP. Posgrado de la UAAAN-UL. Torreón Coahuila. Memorias de la XIV semana internacional de agronomía FAZ-USJED.
- Carluccio, C., Lenscak, M., Panelo, M., Del Huerto C. Cáceres S., Molina N., Scaglia, E. y Pernuzzi, C. 2004. Desarrollo Actual de los Cultivos Protegidos en la República Argentina. 44pp.
- Casierra P. y Cardozo M. 2007. Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. Quindio) cultivados a campo abierto. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias agropecuarias. Tunja, Colombia. 62(1):4815-4822.

- Casierra, P., Constanza, C. y Cárdenas, H. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernaderos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Agronomía Colombiana*. 25(2): 299-305pp.
- Cepeda, G. 2010. Respuestas fisiológicas y rendimiento del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. cv. Camelia) producido orgánicamente en condiciones de casa sombra. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 65pp.
- Chaves, A., Fernández, L. y Limongelli, C. 1998. Empleo de películas biodegradables y biodesintegrables en la conservación refrigerada de tomate tipo larga vida. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Cátedra de Horticultura: Frac. Agronomía, UBA. Buenos Aires Argentina. *Revista Argentina Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 13(1-2):173-185pp.
- Cobos D. 1998. Los filmes plásticos para invernadero. Repsol química cubiertas. *Revista Horticultura. Informe extra.* 126: 37-40.
- Espi E., Salmeron A., Garcia Y. y Catalina F. 2002. Pigmentos de interferencia como modificadores del espectro de transmisión de filmes agrícolas. *Revista de plásticos modernos.* 83:50-56.
- Espí, E. 2012. Materiales de cubierta para invernaderos. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios. Centro de Tecnología Repsol. 71-88p.
- Espí, E., Calvo, M., Fontecha, A., Real, A. 2010. Desarrollo de nuevos materiales

plásticos para agricultura. Revista de Plásticos Modernos: Ciencia y Tecnología de Polímeros. 649:108-118

Flores, L., Hernández, A. y Lesino, G .2003. Transmitancia de materiales fotoselectivos para cubiertas de invernaderos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales (INENCO). Universidad Nacional de Salta (U.N.Sa.). Salta Capital, Argentina. 2(7):49-54pp.

Flores, O., Martínez, S., Quiroz, R., Díaz, S., y Romero, V. 2012. Análisis de la transmitancia de luz en un invernadero para producción de jitomate. Acta Universitaria Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado. Universidad de Guanajuato 1(22):5-10.

Garza, A., Molina, V. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. Gobierno de Nuevo León Estado de Progreso. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 183pp.

Godoy, A. 2007. “Análisis de Películas Utilizadas en Invernadero” tesis de posgrado. Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. GUAYAQUIL – ECUADOR. 153pp.

González, A. 2010. Evaluación agronómica de películas para invernadero formuladas con nanopartículas de oxido de zinc. Tesis Maestro en Ciencias en Agroplasticultura. Centro de investigación en química aplicada (CIQA). Saltillo, Coahuila, México. 107pp.

- Guzmán, P. 2000. Respuesta fisiológica y control ambiental. In: 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, Jalisco. México. 44-63pp.
- Hemming, S. 2008. Materiales difusos para cubiertas de invernaderos no solamente para climas cálidos. *Revista Platiculture*. 127:25-39
- Hernandez J., Escobar I. y Castilla N. 2002. La radiación solar en invernaderos mediterráneos. Caja rural de Andalucía y junta de Andalucía. Andalucía España. 10-12.
- Hernandez, J., Escobar I. y Castilla N. 2002. La radiación solar en invernaderos mediterráneos. Caja Rural de Andalucía y Junta de Andalucía. Andalucía España. 10-12.
- Hernández, M., Chailloux M., Moreno V., Mojena M. y Salgado M. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales*. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Quivican, La Habana. 30(4):71-78p.
- Hernández, P. 2011. Desarrollo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. cv. Camelia) en respuesta a la biofertilización bajo condiciones de casasombra y análisis de algunos parámetros fisiológicos. Tesis Maestro en Ciencias en Agroplasticultura. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo,

Coahuila, México.142pp

- Huertas, L. 2008. Invernaderos. Factores que determinan la calidad de la producción. El control ambiental en invernaderos: radiación. Industria Hortícola. Tecnología. Revista Horticultura Internacional. 61:54-54.
- Ishikawa A. 2006. En Corrientes El Cultivo de Pimiento en Invernadero Plástico. Pimiento INTA Bella Vista, Corrientes Argentina. XXI: 112-113.
- Ishikawa, A. 2007. Ensayo comparativo de rendimiento de cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo invernadero plástico. Día de campo hortícola 2008 INTA Bella Vista. Estación Experimental Agropecuaria del INTA Bella Vista. Publicación Técnica 27:38pp
- Jiménez, J. 2002. Filmes plásticos agrícolas en España. Plásticos y mallas. Tecnología de Producción. Repsol YPF. Revisita Horticultura. 165: 69-74p.
- Jones, B. 1999. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, EEUU. 195pp.
- Juárez, L., Bugarín, M., Castro, B., Sánchez, M., Cruz, C., Juárez, R., Alejo, S., y Balois, M. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Revista Fuente. 8(3):21-27.
- Juárez, L., Bugarín, M., Sánchez, M., Balois, M., Juárez, R. y Cruz, C. 2012. Horticultura protegida en Nayarit, México: situación actual y perspectivas. Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Xalisco,

- Nayarit, México. Revista Bio ciencias. 1(4):16-24.
- Koning, A. 1993. Growth Of a Tomato crop. Acta Horticulturae 328. (ISHS). 328:141-146
- Lenscak, M., Eisenberg, P., Cáceres, S., Colombo, M. y Verón Del H. 2007. Efecto de diferentes protecciones (plástico fotoselectivo, malla antiáfidos y polietileno normal) para control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Memoria de Congreso Internacional de Plásticos para la Agricultura, XVII Congreso Internacional CIPA, VIII Congreso Iberoamericano CIDAPA, I Congreso Argentino – CAPPA. (Febrero 2007). Plasticultura. Año 22 168:18- 32.
- López G. y Losada V. 2006. Agroplasticultura y riego localizado. Acuerdo de Cooperación Técnica SEMARNAT/CNA.OMM 2005. Proyecto de fortalecimiento del manejo integrado del agua PREMIA. Región del Acuífero Ojo Caliente Aguascalientes encarnación. 187pp.
- López, E., Rodríguez, J., Huez, M., Garza O., Jiménez, L., y Leyva, E. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Sonora. México. 2(29):21-27
- Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios. (IFAPA). 23-44.
- Márquez, C. y Cano, P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo

- invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura*. 5(1): 219-224.
- Márquez, H., Cano, R., Chew, M. Moreno, R. y Rodríguez, D. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12:183-188pp.
- Mollinedo, V. y Tapia A. 2007a. Evaluación del efecto de películas para invernadero de fotoselectividad específica sobre la producción de tomate y pimiento. Memoria de Congreso Internacional de Plásticos para la Agricultura, XVII Congreso Internacional CIPA, VIII Congreso Iberoamericano CIDAPA, I Congreso Argentino – CAPP. (Febrero 2007). *Plasticultura*. Año 22 168:18-32.
- Mollinedo, V. y Tapia, A. 2007b. Fertirrigación en cultivo de tomate bajo invernadero. Memoria de Congreso Internacional de Plásticos para la Agricultura, XVII Congreso Internacional CIPA, VIII Congreso Iberoamericano CIDAPA, I Congreso Argentino – CAPP. (Febrero 2007). *Plasticultura*. Año 22 168:18-32.
- Montero J. 2012. Desarrollo de estructuras para invernaderos. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (IRTA). 45-70.
- Morales M. y Payán O. 2010a. Invernaderos. *Agricultura Protegida*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Valle de Mexicali Desplegable para productores. 20: 1-2

- Morales M. y Payán O. 2010b. Mallas Plásticas. Agricultura Protegida. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Valle de Mexicali Desplegable para productores. 21:1-2.
- Oren-Shamir, M., Gussakovsky, E., Spiegel E., Nissim-Levi, A., Ratner, K., Ovadia, R., Giller, E. and Shahak, Y. 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. J. Hortic. Sci. Biotech. 76: 353-361.
- Padilla, B., Pérez V. Rumayor R. y Reyes R.2008. Competitividad sistémica de la industria del tomate de invernadero en Zacatecas. Unidad Académica de Contaduría y Administración Universidad Autónoma de Zacatecas. XII Jornadas de Investigación. Revista Investigación Científica. 2(4): 1-8p.
- Papaseit, P. 2001. Plásticos agrícolas en España. Tecnología de producción. Plásticos y mallas. Revista Horticultura 168:1- 15.
- Pérez, P., Montero, J., Baeza, E., Anton, A., 2001. Ventilación y refrigeración de invernaderos. Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). Estación Experimental Las Palmerillas de Cajamar. ed. CAJAMAR. 90pp
- Quezada, M. 2012. Comunicación personal. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Departamento de Agropásticos. Saltillo, Coahuila. México.
- Ramirez, C. y Nienhuis, J. 2012. Evaluación del crecimiento y productividad de

- tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill) bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 25(1):3-15pp. Costa Rica.
- Reche, M. 2009. Cultivo del Melón en Invernadero. Serie Horticultura. Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 307pp.
- Reséndez, M., Alejandro, Aguilar D., Juanita, Luévano, G., Armando. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C: Universidad Autónoma de la Laguna: UAAAN Torreón, México. 29(XV):763-774
- Robledo, F. 1987. Laminas de polietileno y copolimero eva para unos en agricultura. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Publicaciones Agrarias Pesquerías y Alimentarias. Madrid, España. 2:87pp.
- Rodriguez, D., Cano, R., Favela, C., Figueroa, V., Paul, A., Palomo, G., Marquez, H. y Moreno, R. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánicamente en la producción de tomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. *Revista Chapingo*. Serie Horticultura. 13(2):185-192pp. México.
- Rodríguez, M., y Jiménez, D. 2002. Manejo de invernaderos. Memoria de la XIV Semana Internacional de Agronomía (1 del 17 al 20 de Septiembre 2002). Universidad Juárez del Estado de Durango Facultad de Agricultura y Zootecnia Venecia Durango. Sep-Conacyt Cocytod. Centro de Convenciones "Fco.Zarco" de Gómez Palacio, Durango, México. 408pp.

- Rodríguez, R., José, T., José, A. y Juan, M. 1997. Cultivo moderno del tomate. 2da. Edición. Ed. Mundi-prensa México, s.a.de C.V. México D.F.
- Rosales, V. 2008. Producción y calidad nutricional en frutos de tomate cherry cultivados en invernaderos mediterráneos experimentales: respuestas metabólicas y fisiológicas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. Departamento de Fisiología Vegetal. Granada, España. 231pp.
- Samaniengo, C. 2001. Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 100pp.
- Sánchez, L., González, C. y Quezada, M. 2004. Desarrollo de películas para invernadero para clima cálido. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Saltillo México. Memorias del Congreso Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de Plásticos en Agricultura CIDAPA (8 al 10 de noviembre de 2004). Bogotá, Colombia.
- Sánchez, M. 2007. Cambios en la respuesta fotosintética a la luz de las hojas de vid (*Vitis vinífera* L.) por factores biológicos ambientales y culturales. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España. 48-50.
- Soriano, T., Morales M., Hita, O. y Romacho, I. 2006. Cultivos estivales bajo mallas plásticas. CIFA granada. IFAPA. Revista Horticultura 192: 14-19.
- Tognoni F. 2000. Radiación. In: 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, Jalisco. México. 38-43pp.

Uresti, P., Garcia, D., Resendiz, R., Bustos, V., Basanta, C., Padrón, T, Mata, V., y Cervantes, M. 2007. Cultivo de Tomate Cherry en Sistema Hidropónico. Universidad Autónoma de Tamaulipas-Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad Mante, Tamaulipas. México. 7pp.