CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

PROGRAMA DE POSGRADO EN AGROPLASTICULTURA

"Evaluación de una Malla Agrícola Anti-Insectos con Propiedades Antitérmicas en el cultivo de tomate." (*Solanum lycopersicum).*

TESIS

Presentada por:
LUIS FRANCISCO PEREZ ANDRADE

Para obtener el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

Saltillo, Coahuila. Agosto 2017

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

"Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

Saltillo, Coahuila a 11 de septiembre de 2017

Coordinación de Posgrado
Presente

Por este conducto nos permitimos informar a esta coordinación que, el documento de tesis preparado por **LUIS FRANCISCO PÉREZ ANDRADE** titulado **Evaluación de una malla agrícola anti-insectos con propiedades anti-térmicas en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)** el cual fue presentado el día 8 de septiembre de 2017, ha sido modificado de acuerdo a las observaciones, comentarios y sugerencias, realizadas por el Comité Evaluador asignado. Por tal motivo, avalamos que el documento adjunto corresponde a la versión final del documento de tesis.

Atentamente,

SINODALES

Dr. Oussama Mounzer
Presidente

M.C. Santiago Sánchez López
Secretario

Dr. Rubén López Cervantes
Vocal

Vo. Bo. Del ASESORES

Dr. Marco Antonio Arellano García

Dr. Juan Munguía López

TESIS CON CARACTER ABIERTO

PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

AUTOR: LUIS FRANCISCO PÉREZ ANDRADE **FIRMA** _____

TITULO: Evaluación de una malla agrícola anti-insectos con propiedades anti-térmicas en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)

ASESOR: Dr. Marco Antonio Arellano García **FIRMA** _____

Dr. Juan Munguia López **FIRMA** _____

El Centro de Investigación en Química Aplicada clasifica el presente documento de tesis como ABIERTO.

Un documento clasificado como Abierto se expone en los estantes del Centro de Información para su consulta. Dicho documento no puede ser copiado en ninguna modalidad sin autorización por escrito del Titular del Centro de Información o del Director General del CIQA.

Saltillo, Coahuila, a 8 **de** Septiembre **de** 2017

CENTRO DE INVESTIGACION EN QUIMICA APLICADA

Sello de la Institución

Dr. Oliverio Santiago Rodríguez Fernández
Director General del CIQA

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CENTRO DE INVESTIGACION EN QUIMICA APLICADA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura

TESIS

Evaluación de una Malla Agrícola Anti-Insectos con Propiedades Antitérmicas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum).*

Presentada por:

LUIS FRANCISCO PEREZ ANDRADE

Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Agroplasticultura

ASESORADO POR:

Dr. Marco Antonio Arellano García
Dr. Juan Munguía López

DECLARACIÓN

Declaro que la información contenida en la Parte Experimental así como en la Parte de Resultados y Discusiones de este documento y que forman parte de las actividades de investigación y desarrollo realizadas durante el período que se me asignó para llevar a cabo mi trabajo de tesis, será propiedad del Centro de Investigación en Química Aplicada.

Saltillo, Coahuila a 8 de septiembre de 2017

LUIS FRANCISCO PÉREZ ANDRADE

Nombre y Firma

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por brindarme el apoyo económico con lo cual me permitió la realización de una maestría.

Al Dr. Marco Antonio Arellano García, por su apoyo incondicional, por compartir su experiencia, conocimiento, y apoyo brindado en la realización de la investigación.

Al Dr. Juan P. Munguía López, por su amable colaboración y seguimiento en la realización del presente trabajo de investigación y por el apoyo brindado a lo largo de mi estancia en CIQA.

Al Dr. Oussama Mounzer, por su amable colaboración en el presente trabajo de tesis.

Al Dr. Rubén López Cervantes, por todas sus atenciones y su apoyo incondicional a través de este maratón profesional que empezó desde mi licenciatura.

Al M.C. Santiago Sánchez López, por su catedra y su amable apoyo en el presente trabajo de tesis.

Al departamento de plásticos en la agricultura por el poyo que recibí para la realización de esta investigación.

Al técnico M.C. Adolfo Baylón Palomino, por su apoyo con el manejo de equipo en las mediciones del trabajo de campo.

Al personal de planta piloto 1 por su amable apoyo

Al equipo de mantenimiento del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por su apoyo en la utilización de equipos y por su valiosa amistad.

A la M.C. Gladys De Los Santos por el apoyo brindado y la pronta atención a las cuestiones académicas que se me presentaron dentro de CIQA.

Al personal de campo, ***Francisco, Claudio y Beto*** por su colaboración.

Al grupo miseria que me acompaño durante la estancia en el centro de investigación (CIQA) tía chilis, doña Alma, Brenda, Flor, Santos, Alberto y Álvaro.

A mis amigos y compañeros que siempre estuvieron acompañándome y ayudando en el desarrollo de esta tesis, en especial a ***Francisco Torres*** *y* ***Gerardo Cardeña*** y a todas aquellas personas que de una u otra forma intervinieron para poder llevar a cabo este trabajo de tesis.

Gracias.

DEDICATORIAS

A Dios, por darme vida y coraje para llegar a donde me he propuesto.

A mi madre, ***Martha Andrade Rodríguez***, por regalarme lo más grande y valioso que una persona puede tener, "la vida".

A mi amigo del alma que pudo brindarme la mejor herencia del mundo, mi estudio, gracias, **mi padre**, ***Martin Pérez Arias***.

A mis hermanos

María Candelaria
María del Carmen
Juan José
Cesar

A mis suegros

Ramón Ignacio Martínez De León
Tere Vásquez García

A mis cuñados y compadres

Marco Antonio
Tania Griselda

Por recibirme en su casa como un hijo y un hermano, por apoyarme en los momentos difíciles.

A mi mejor amiga, compañera, confidente, colega y esposa. ***Jessica Elizabeth Martínez Vázquez***, por brindarme, comprensión, apoyo incondicional y por ayudarme en la terminación esta tesis de investigación, por continuar apoyándome día con día en las decisiones que tomo y por caminar a mi lado en los buenos y malos momentos.

A ***Bárbara Valentina Pérez Martínez*** por haber llegado y cambiado mi vida por ser la princesa grande de la casa por darme amor incondicional por regalarme esos momentos únicos en mi vida gracias hijita.

A ***Regina Victoria Pérez Martínez*** (*Cebolla*) hijita hermosa

Esto es de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL i
ÍNDICE DE CUADROS iv
ÍNDICE DE FIGURAS vi
RESUMEN viii
I.INTRODUCCIÓN 1
I. 1 Agricultura protegida en México 1
I. 2 Cultivo bajo Malla Sombra 2
II.ANTECEDENTES 3
II.1 Factores que inciden en el desarrollo del cultivo dentro de un ambiente controlado. 6
II. 2 Radiación solar 7
II. 3 La radiación PAR y el desarrollo de las plantas 8
II. 4 Generalidades del cultivo de tomate 8
II. 5 Taxonomía y clasificación 8
II. 6 Descripción botánica 9
II. 7 Importancia económica del cultivo del tomate en México 10
II. 8 Requerimientos climáticos del cultivo del tomate 11
III. JUSTIFICACIÓN 15
IV. OBJETIVO 15
V. HIPÓTESIS 15
VI. CONTRIBUCIÓN CIENTÍFICA Y/O TECNOLÓGICA 15
VII. MATERIALES Y MÉTODOS 17
VII.1 Localización Geográfica del Sitio Experimental 17
VII.2 Características de la malla prototipo CIQA con propiedades antitérmicas 18
VII.3 Establecimiento del experimento 18
VII. 3.1 Especificaciones de los túneles 18
VII.3.2 Evaluación agronómica 18
VII.3.3 Producción de plántula 19
VII.3.4 Trasplante 19

VII.3.5 Riego 19
VII.3.6 Manejo agronómico del cultivo 19
VII.4 Diseño experimental y tratamientos. 21
VII.5 Variables evaluadas 23
VII.5.1 Trasmisión de la radiación total 23
VII.5.2 Radiación PAR 23
VII. 5.3 Radiación UV 23
VII.5.4 Temperatura y humedad relativa 24
VII.6 Variables de evaluación. 24
VII.6.1 Materia seca 24
VII.6.2 Área foliar 24
VII.6.3 Fotosíntesis 24
VII.6.4 Potencial hídrico xilemático. 25
VII.6.5 Variables morfológicas 25
Altura de planta se determinó mediante el uso de una cinta métrica a los 25
VII.6.6 La expresión del rendimiento 25
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 26
VIII.1 Radiación total del ciclo del cultivo 26
VIII.2 Radiación PAR en el ciclo de cultivo 28
VIII.3 Radiación UV en el ciclo de cultivo 29
VIII.4 Radiación difusa en el ciclo de cultivo 31
VIII.5 Temperatura 32
VIII.6 Humedad relativa 34
VIII.7 Déficit de presión de vapor (DPV) 36
VIII.8 Efecto de las mallas evaluadas sobre las variables morfológicas del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum).* 37
VIII.8.1 Altura de planta 37
VIII.8.2 Diámetro de tallos 39
VIII.8.3 Distancia de entrenudos 41
VIII.9 Área foliar 43
VIII.10 Número de hojas 45
VIII.11 Acumulación y distribución de materia seca 47

VIII.11.1 Materia seca en hoja 47
VIII.11.2 Materia seca tallo 49
VIII.11.3 Materia seca en peciolo 51
VIII.11.4 Materia seca en flor 53
VIII.11.5 Materia seca en fruto 55
VIII.12 Rendimiento del cultivo de tomate por planta 57
VIII.13 Número de Frutos por planta 59
VIII.14 Fotosíntesis 61
VIII.15 Potencial hídrico xilemático 63
VIII.16 Comparativo de valores medios radiativos 65
IX. CONCLUSIONES 66
X. SUGERENCIAS 66
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción nacional de tomate 2005 - 2015..... **10**

Cuadro 2. Agroquímicos utilizados en la en la zona experimental **20**

Cuadro 3. Aplicación de Nutrientes (gr/superficie 88 m^2) por Etapa Fenológica en Tomate, (SQM)..... **20**

Cuadro 4. Diseño experimental bifactorial 2x2 proporciona la siguiente combinación de tratamientos..... **23**

Cuadro 5. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Altura de planta* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **37**

Cuadro 6. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Diámetro de tallo* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **39**

Cuadro 7. Comparación de medias entre mallas evaluadas, comercial y prototipo CIQA, empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Longitud de entrenudos* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **42**

Cuadro 8. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Área foliar* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **43**

Cuadro 9. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Número de hojas* en el ciclo marzo junio de 2017..... **45**

Cuadro 10. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en hoja* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **47**

Cuadro 11. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en tallo* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **49**

Cuadro 12. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en peciolo* en el ciclo marzo junio de 2017..... **51**

Cuadro 13. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en flor* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **53**

Cuadro 14. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en fruto* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **55**

Cuadro 15. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Rendimiento por planta* en el ciclo marzo junio de 2017..... **57**

Cuadro 16. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *número de frutos por planta* en el ciclo marzo junio de 2017..... **59**

Cuadro 17. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Fotosíntesis* en el ciclo Marzo-Junio de 2017. ..... **61**

Cuadro 18. Comparación de medias entre mallas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable, *Agua en la planta* en el ciclo marzo junio de 2017. ..... **63**

Cuadro 19. Concentrado de valores medios registrados pre-evaluatorios y evaluados en campo para las mallas prototipo CIQA y comercial vs. Radiación exterior interceptada..... **65**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio experimental. **17**

Figura 2. Arreglo en campo de la distribución de los materiales vegetativos del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*). **22**

Figura 3. Radiación total incidente al interior y exterior de los túneles registrada en W m^{-2} (12-15 h.) 2017. ..... **27**

Figura 4. Radiación PAR incidente al interior y exterior de los túneles registrada en µmol $m^{-2}s^{-1}$ (12-15 h.) 2017. ..... **28**

Figura 5. Radiación UV incidente al interior y exterior de los túneles registrada en µmol $m^{-2}s^{-1}$ (12-15 h.) 2017. ..... **30**

Figura 6. Radiación difusa al exterior e interior de túneles registrada en µmol $m^{-2}s^{-1}$ (12-15 h.) 2017. ..... **31**

Figura 7. Comportamiento de la temperatura ambiental exterior e interior de los túneles cubiertos con malla comercial y prototipo CIQA, (12-15 h.) 2017. ..... **33**

Figura 8. Comportamiento de la humedad relativa del ciclo del cultivo al exterior e interior de los túneles cubiertos con malla comercial y prototipo CIQA, (12 -15 h.) 2017. ..... **35**

Figura 9. Déficit de presión de vapor promedio del ciclo exterior e interior de los túneles cubiertos con malla comercial y prototipo CIQA, (12-15 h.) 2017. ..... **37**

Figura 10. Comparación de la altura de planta para los genotiposde tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo. **38**

Figura 11. Comparación del diámetro de tallo para los genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo. **40**

Figura 12. Comparación de la distancia entre nudos para los genotiposde tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo. **42**

Figura 13. Comparación del área foliar (AF) para los genotiposde tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo. **44**

Figura 14. Comparación del número de hojas para los genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo. **46**

Figura 15. Comparación del peso de materia seca acumulada en hoja para los materiales vegetales de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo..... **48**

Figura 16. Comparación del peso de materia seca acumulada en tallo para los materiales vegetales de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo..... **50**

Figura 17. Comparación del peso de materia seca acumulada en peciolo para los materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo..... **52**

Figura 18. Comparación del peso de materia seca acumulada en flor para los materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo..... **54**

Figura 19. Comparación del peso de materia seca acumulada en fruto para los materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo..... **56**

Figura 20. Rendimiento de frutos cosechados de acuerdo a su clasificación según la norma Oficial "México Calidad Suprema", de un cultivo de tomate tipo bola bajo dos tipos de malla en 2017..... **58**

Figura 21. Número de frutos por planta cosechados de acuerdo a su clasificación según la norma Oficial "México Calidad Suprema", de un cultivo de tomate tipo bola. **60**

Figura 22. Fotosíntesis de dos materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) tipo bola (Horus, Floradade) cultivadas bajo dos tipos diferentes de mallas plásticas (Prototipo CIQA, Comercial)..... **62**

Figura 23. Potencial hídrico xilemático (Ψx) de dos genotipos de tomate tipo bola (Horus, Floradade) cultivados bajo dos tipos diferentes de mallas plásticas (Prototipo CIQA, Comercial)..... **64**

RESUMEN

En las regiones productoras de tomate del estado de Sinaloa, por las altas temperaturas, es difícil mantener el ciclo de producción en la temporada de verano. Por lo anterior se trabajó para encontrar una solución que pudiera extender los periodos de cosecha e incrementar los rendimientos y calidad de los cultivos en estas temporadas y regiones. Una de las soluciones fue formular un prototipo de malla anti-insectos con propiedades anti-térmicas.

La investigación se realizó durante el periodo de marzo al mes de junio del 2017 dentro de las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila; se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial 2 x 2.

La radiación PAR dentro de la malla comercial mostro un promedio 500 µmol $m^{-2}s^{-1}$ mientras que la malla prototipo CIQA registró 467 µmol $m^{-2}s^{-1}$ Para la radiación difusa tuvo un valor de 510 µmol $m^{-2}s^{-1}$ dentro de la malla comercial y 583 µmol $m^{-2}s^{-1}$ dentro de la malla prototipo CIQA. Los resultados de radiación UV en el interior de la malla comercial fue de 79 µmol $m^{-2}s^{-1}$ y para el prototipo con un total de 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ de radiación UV. Los resultados registrados de temperatura durante el ciclo de evaluación dentro de los túneles, como al exterior, alcanzan los picos máximos la tercera semana de mayo registrando 35 °C al exterior, 32°C dentro de la malla comercial y 33°C dentro de la malla prototipo CIQA.

Los resultados obtenidos indican que no se encontraron diferencias significativas, en las variables estudiadas: altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, materia seca, fotosíntesis, etc., para los tratamientos en estudio.

Palabras clave: radiación tomate temperatura

I.INTRODUCCIÓN

I. 1 Agricultura protegida en México.

En México existen más de 51,179 hectáreas bajo agricultura protegida de las cuales aproximadamente 12,694 son de invernadero y las otras 38,484 corresponden a malla sombra y macrotúnel, entre otras estructuras. Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son tomate (21 %), pimiento (4 %) y pepino (3 %) (SIAP, 2015).

El tomate (*Solanum lycopersicum.*) es de los productos hortícolas de mayor importancia a nivel mundial, cuenta con niveles importantes de exportación aportando alrededor de un 35% de la producción de México al mercado de Estados Unidos (USDA, 2015). En México, el tomate es una de las especies hortícolas más importantes de nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera (Castellanos y Borbón, 2009).

Durante 2008, se produjeron en todo México 2.26 millones de toneladas de tomate, en lo que respecta a los genotipos de tomate que se producen en el territorio mexicano, la de mayor distribución es el tomate saladette, representa el 56% del total de la producción (SAGARPA, 2010).

El cultivo de tomate gracias a su alta demanda y con vistas a lograr producciones durante todo el año, ha exigido mejorar las prácticas de manejo, por lo cual se han desarrollado diferentes técnicas para su protección en condiciones climáticas adversas, dentro de este contexto esta la protección de los cultivos bajo plástico (polietileno), ya sea con túneles altos o invernaderos, genera cambios en las condiciones ambientales de luz, temperatura y humedad relativa (Lamont, 2005) y como consecuencia, deberían afectarse aspectos productivos y fisiológicos en la planta (Li *et al*., 2012)

La tecnología de producción de tomate en ambiente controlado abre amplios horizontes para la economía de los horticultores. Dentro de las ventajas que ofrece el uso de malla sombra se tienen las siguientes: disminución de hasta el 25% del agua requerida para el cultivo, menor tiempo a inicio de cosecha, rendimientos que superan hasta en 300% más a los que se obtienen en condiciones de campo

abierto y finalmente la obtención de alta calidad de las cosechas (Cook, 2007).

I. 2 Cultivo bajo Malla Sombra

La técnica de cultivo bajo mallas se refiere al sombreado de las plantas por mallas plásticas para filtrar la radiación solar interceptada. Esto se produce gracias a que el material de las mallas absorbe preferentemente la banda luminosa del espectro solar correspondiente a su color complementario, modificando las propiedades de reflexión, absorción y transmitancia de la radiación que pasa a través de ellas, además de su función protectora (Shahak *et al*., 2008 a).

La utilización de mallas plásticas para sombrear o como pantallas termorreflectoras para control de la temperatura se extiende cada vez más en la horticultura protegida, con la cual se busca disminuir la intensidad de la radiación, para evitar altas de temperatura durante los períodos cálidos (Valera *et al*., 2001).

Dichas mallas son utilizadas ordinariamente por los horticultores para reducir la radiación solar y la temperatura, pero no se logra optimizar la fotosíntesis y la fotomorfo-génesis, trascendentales en el crecimiento y desarrollo vegetal (Cummings *et al.*, 2008; Ayala-Tafoya *et al.*, 2011).

En los últimos años se ha iniciado con el desarrollo de mallas plásticas de sombreo con propiedades ópticas especiales como la transmisión y la reflexión de luz, como un nuevo enfoque para mejorar el uso de la radiación solar en los cultivos agrícolas (Fallik *et al.*, 2009; Ganelevin, 2008).

Sin embargo, se presentan ciertos problemas como lo es el exceso de temperatura y la baja humedad ambiental en primavera-verano, típico de zonas con climas seco (árido y semiárido), árido y verano seco (mediterráneo, oceánico mediterráneo y subpolar oceánico) según la clasificación climática de Köppen. La acción conjunta de las altas temperaturas y bajas humedades relativas resultan en un déficit de presión de vapor extremo al mediodía. Este déficit de presión extremo, provoca en la planta periodos de estrés que afectan su metabolismo, con pérdidas en el amarre de frutos y disminución en el rendimiento y la calidad del fruto (López-Marín *et al.*, 2009; Saltveit, 2005; Fleisher *et al.*, 2006; Romero-Gamez *et al.*, 2009).

II.ANTECEDENTES

II. 1 El uso de mallas plásticas en la agricultura

Los esfuerzos para manipular la morfología y fisiología de las plantas usando mallas fotoselectivas ha estado en curso desde hace décadas, especialmente en estructuras diseñadas para permitir la entrada de radiación solar y bloquear la terrestre generada en su interior (Cerny *et al*., 2003; Ilias y Rajapakse, 2005; Kambalapally y Rajapakse, 1998; Li *et al.,* 2000; Mortensen y Stromme, 1987; Rajapakse y Kelly, 1991, 1992, 1995; Rajapakse *et al*., 1999; Wilson y Rajapakse, 2001a, 2001b). Más recientemente, la malla sombra de color (Shade Cloth) diseñada específicamente para la manipulación del desarrollo de la planta y el crecimiento, se ha vuelto disponible. Estas mallas pueden utilizarse al aire libre, así como en invernaderos, pueden proporcionar protección física (pájaros, granizo, insectos, radiación excesiva), modificar el medio ambiente (humedad, sombra, temperatura) (Pérez *et al.,* 2006), y aumentar la proporción relativa de la luz difusa, así como absorber varias bandas espectrales, sin que ello afecte a la calidad de la luz. Estos efectos pueden influir en los cultivos, así como los organismos asociados con ellos.

El avance más reciente, corresponde a la fabricación de mallas con propiedades para manipular la calidad de la luz que llega a las plantas protegidas. En estos avances llevan la delantera empresas israelitas e italianas. Entre los aspectos relevantes están el uso de los aditivos que filtran la radiación para fabricar mallas con propiedades ópticas especiales que seleccionan varios componentes (Shahak*, et al*. 2008 b).

Varios estudios realizados en zonas semiáridas han demostrado que los cultivos que crecen bajo mallas experimentan un notable incremento en la producción (Kitta, Katsoulas, y Savvas, 2012; Kittas, Katsoulas, Rigakis, Bartzanas, y Kitta, 2012) y / o en la calidad (WhaleyEmmons & Scott, 1997) con respecto a cultivos establecidos a cielo abierto.

La transmisión de un material depende no sólo del tipo de radiación incidente sobre el material (directo o difuso) y del ángulo de incidencia de los rayos solares

(en condiciones de radiación directa), sino también de la estructura y las características del material en sí, porosidad, color y forma y diámetro del hilo) (Soni *et al*., 2005, Sica & Picuno, 2008) y las propiedades de absorbancia y reflectancia de la pantalla.

Las mallas con hilos negros son los revestimientos más comunes utilizados para las estructuras de sombreado, aunque el uso de mallas de hilos de color está aumentando debido a su capacidad para modificar las características de calidad de la radiación solar, por su impacto estético más favorable en el campo (Castellano *et al*, 2008b) y su capacidad para mejorar el microclima proporcionando la protección física requerida (Shahak *et al*., 2002).

En los últimos años el consumo de plástico para fabricación de mallas en Italia ha aumentado debido a las exportaciones a los países de clima cálido, donde se utilizan mallas como estructuras de sombra. En 2002, alrededor de 5300 toneladas de polietileno de alta densidad (Castellano *et al*., 2008) se utilizaron en Italia para la fabricación de mallas para agricultura. Las mallas se utilizan en los invernaderos para excluir los insectos de los conductos de ventilación y ventanas, también como protección antigranizo, y en el interior para el sombreado o como pantallas térmicas, con el fin de reducir el consumo de energía para refrigeración o calefacción (Bailey, 1981; Bailey, 1988). El sombreado que producen las mallas se traduce como el porcentaje de la radiación entrante que pasa a través de la malla con respecto a la radiación incidente y es proporcionado por los fabricantes en las especificaciones técnicas de sus productos. Italia es el único país de la UE que tiene un estándar "UNI 10335/94 - Cuantificación de la capacidad de sombreado de las mallas de fibra de polietileno". Cuantificación y codificación del efecto de sombra proporcionada por la malla plástica.

En colaboración con la empresa Polysack plástico Industries (Israel), se ha desarrollado un nuevo grupo de mallas de protección, lo que puede alterar tanto la calidad como la cantidad de luz interceptada por las plantas que crecen por debajo, además de proporcionar la protección deseada (Shahak y col., 2004).

El contenido relativo de la luz sin modificar vs. modificado, así como el factor de sombra, se definen por el diseño de tejido/densidad, y los aditivos que dispersan la

radiación, todos los cuales se pueden ajustar para adaptarse a las necesidades de cada cultivo y para la caracterización adicional de las mallas foto-selectivas (Shahak *et al*., 2004a, y Rajapakse y Shahak, 2007).

Durante la última década se han probado las respuestas de numerosos cultivos agrícolas para determinar la foto-selectividad de las mallas. En la actualidad el uso de esta tecnología influye de manera positiva sobre los cultivos ornamentales y hortalizas bajo mallas en Israel. (Shahak *et al*, 2004a, Rajapakse y Shahak, 2007).

En España, se estudió y caracterizó la transmisividad de la radiación solar en mallas fabricadas con filamentos de polietileno de alta densidad, en sus tipos trasparentes (cristal) y negras. Se encontró que la malla transparente, transmitió el 83.5% (1054.6 µmol m^{-2} s^{-1}) en la configuración de 20 x 10 hilos/cm^2 y el 84.8% (1071 µmol m^{-2} s^{-1}) en la configuración de 16 x 10 hilos/cm^2 con respecto a la radiación PAR a cielo abierto (1263 µmol m^{-2} s^{-1}) y con respecto a la malla negra, se encontró que transmitió el 38.7% (488.7 µmol m^{-2} s^{-1}) en la configuración de 20 x 10 hilos/cm^2 y el 43% (543 µmol m^{-2} s^{-1}) en la configuración de 16 x 10 hilos/cm^2 (Gámez, 2010).

En Florida, Estados Unidos, se han estudiado diferentes mallas tipo Raschel las cuales incluyeron las de color rojo, azul, negro y perla ChromatiNet®; Polysack plástico Industrias (D. N. Negev, Israel); todas ellas con un factor nominal del 50% de sombreo, en un periodo de doce meses. Se encontró que la radiación PAR se redujo en un mayor porcentaje en las mallas negras con una tasa de 900 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (39%) de radiación transmitida y un menor porcentaje en la malla color perla con una trasmisión de 800 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (34%). La radiación exterior alcanzó una radiación PAR máxima de 2300 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$. La radiación UV-A y UV-B fueron reducidas en la malla de color perla. Por otra parte, se obtuvo una mayor temperatura ambiental en la malla de color perla, comparada con la temperatura obtenida en la malla negra. Especulan que esto puede ser debido a las diferencias en porosidades de cada una de las mallas; sin embargo, no se proporciona el dato de porosidad. Los diferentes valores registrados de cada una de las mallas en el mes de mayor temperatura, fueron de 37°C para la malla sombra de color negro, 38°C para el exterior y 40°C para la malla de color perla (Steven *et al.,* 2013). Por

lo tanto, es factible disminuir la temperatura en el interior de las estructuras de malla destinadas a la agroplasticultura, por medio de mejorar sus características ópticas, favoreciendo así al crecimiento, rendimiento y calidad de hortalizas.

En México el aumento en la superficie de agricultura protegida por malla sombra ha aumentado, de cerca de 9,000 ha en el año 2010 a 38,484 ha al año 2016 (SAGARPA. 2016). Debido a que brindan condiciones climáticas óptimas para los cultivos, buscando así mayores rendimientos y calidad de producción. La investigación realizada en el país en cuanto a las propiedades ópticas de las mallas es aún reciente por lo cual la formulación y caracterización de las mallas que brinden las características idóneas para los cultivos favorecerá el buen desarrollo de las plantas. Por lo tanto se requiere de investigación para su implementación.

La malla a evaluar y caracterizar es la resultante de la formulación de un prototipo con la característica principal de obtener un alto bloqueo a longitudes de onda de alta energía de la radiación infrarroja cercana, causante de la elevación de temperaturas en el interior de estas estructuras.

II.1 Factores que inciden en el desarrollo del cultivo dentro de un ambiente controlado.

II.1.1 Humedad relativa

Barker (1990), menciona que la humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre el 70% y el 80% promedio día, y que mayor del 90 % favorece al desarrollo de enfermedades criptogamitas, especialmente Botrytis sp., y en condiciones muy bajas de humedad relativa, la tasa de transpiración crece y se reduce la fotosíntesis.

II. 1.2 Temperatura

Según Leskovar, (2001), la planta controla su temperatura mediante la transpiración, disipando hasta un 50% de la energía que absorbe. Todas las especies responden a un rango de temperatura, dado que las relaciones bioquímicas están controladas por enzimas sensitivas al calor. Las altas temperaturas durante la fructificación provocan caída de la flor y limitan el cuajado,

tal como han descrito Stevens y Rudich, (1978) aunque hay diferencia entre los cultivos, de origen genético. Muñoz (2003), menciona que las temperaturas óptimas para el desarrollo del tomate son de 23 a 25 °C en el día y de 15 a 17 °C por la noche.

II. 1.3 Luminosidad

En condiciones de baja luminosidad, los procesos de crecimiento, desarrollo, floración, polinización, como también la maduración de los frutos pueden verse negativamente afectados en el cultivo de tomate. La iluminación diaria total es el factor que más afecta el desarrollo vegetativo. Un valor de 990.63 µmol m^{-2} s^{-1} es el mínimo, para floración, así como para el cuajado, de radiación total diaria. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos tanto de la floración, como de la fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta (Castro et al., 2014). (Jiménez-Borjas, 2009).

Tratar de superar las limitaciones utilizando luz artificial rara vez se justifica económicamente. Se estima que para que el cultivo de tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJ/m^2 día (Castilla, 2005). Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de manera negativa sobre los procesos de floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo del cultivar y la fotosíntesis. Durante el período vegetativo resulta importante la interrelación que existe entre las temperaturas diurnas, nocturnas y la radiación

II. 2 Radiación solar

La radiación representa la forma principal de intercambio de materia (Co^2 y vapor de agua) y energía entre las plantas y la baja atmósfera, la cual se encuentra en contacto con la superficie terrestre; esta energía, es convertida en calor y conduce a otros intercambios de radiación y transpiración. También determina las temperaturas de los tejidos con consecuencias en los procesos metabólicos y los balances entre ellos (Nobel, 1991; Villa *et. al*, 2005).

II. 3 La radiación PAR y el desarrollo de las plantas

La radiación solar es la principal fuente de energía y tiene relación prácticamente con todos los procesos fisiológicos de la planta. La radiación solar puede medirse en forma instantánea: Radiación global (W/m^2), RFA ($\mu mol/m^2s^{-1}$), RFA (W/m^2), y en forma acumulada en MJ m^{-2} $día^{-1}$.

La radiación solar total que incide en el dosel de los cultivos, tiene un intervalo de longitud de onda de 300 a 4000 nm del cual los cultivos para realizar fotosíntesis utilizan solo la radiación de 400 a 700 nm, definida como la radiación fotosintética activa (PAR) y corresponde aproximadamente al 48 % de la radiación total incidente (Nobel, 1991). El resto de la radiación solar absorbida por las la hojas induce efectos térmicos, afectando la temperatura foliar y la tasa de transpiración (Gallo y Daughty, 1986).

II. 4 Generalidades del cultivo de tomate

El tomate es una especie dicotiledónea pertenecientes a la familia de las solanáceas. Esta familia, es una de las más grandes e importantes entre las angiospermas, comprende unas 2,300 especies agrupadas en 96 géneros (D´Arcy, 1991). Las plantas de tomate, tienen un sistema radical compuesto por una raíz principal o pivotante, de la que se originan raíces laterales y fibrosas pudiendo lograr los 1.5 m de radio. Más del 80% de las raíces se desarrollan entre los 20 y 45 cm de profundidad, aunque en condiciones apropiadas pueden llegar hasta los dos metros. Es muy frecuente la formación de algunas raíces adventicias, especialmente en los nudos inferiores del tallo principal, siempre y cuando esta parte de la planta esté en contacto con suelo húmedo.

II. 5 Taxonomía y clasificación

De acuerdo a Hunziker (1979), la taxonomía generalmente aceptada del tomate es:

Clase: *Dicotiledóneas.*

Orden: *Solanales (Personatae).*

Familia: *Solanaceae.*

Subfamilia: *Solanoideae.*

Tribu: *Solanae.*

Género: *Lycopersicon.*

Especie: *Lycopersicon esculentum.*

II. 6 Descripción botánica

De acuerdo con Peralta y Spooner (2007) y Benton Jones (2008), los tomates silvestres son plantas herbáceas perennes, aunque en su hábitat natural muy probablemente se comportan como anuales y pueden morir después de la primera estación de crecimiento debido a las heladas o la sequía. Son de hábito de crecimiento indeterminado erecto o postrado, aunque a través del mejoramiento en los genotipos de crecimiento determinado, estas terminan con un racimo floral en el ápice. Las hojas son pinnadas con 2-6 pares de foliolos opuestos o sub-opuestos, sésiles, subsésiles o pecioladas. Existe una gran variación interespecífica en la disección de la hoja con foliolos primarios, secundarios, terciarios e interpuestos. La inflorescencia básica es una cima con diferentes patrones de ramificación (mono, di y policotómico), y con o sin brácteas axiales, contando con tres nudos entre cada inflorescencia. Las flores son típicamente amarillas, las anteras están unidas lateralmente para formar un cono en forma de botella con una punta alargada estéril en el ápice (excepto en S. pennellii). Los sistemas de polinización han jugado un papel importante en la evolución de la naturaleza especies de tomate, que van desde alógama autoincompatible, a facultativos alógamas, y de auto-compatible, a autógamas y auto-compatible (Rick 1963, 1979). El tamaño del fruto, el color y pubescencia son variables, al igual que el tamaño de las semillas, el color y el desarrollo de las paredes radiales de las células de la testa (Möller, 1940; Luckwill 1943). Las frutas son bayas generalmente bilocular en las especies silvestres, y bilocular o multiloculares en el las genotipos cultivadas.

II. 7 Importancia económica del cultivo del tomate en México

En México el tomate es la hortaliza que ocupa el primer lugar en términos del valor de la producción. Es el segundo producto más cultivado después del chile y es uno de los productos agrícolas que genera más divisas al país. La mayor parte de la producción bajo agricultura protegida se concentra en los estados de Sinaloa, Baja California y Jalisco, este tipo de producción también existe en los estados de Colima, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (FIRA, 2017).

Cuadro 1. Producción nacional de tomate 2005 - 2015.

Variable	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Valor de la producción (Millones de pesos)	Rendimiento (t/ha)	Precio medio rural ($/t)
2005	74,355	71,086	2,246,246	9,914	31.6	4,414
2006	66,509	63,954	2,093,432	12,314	32.7	5,882
2007	66,635	64,779	2,425,403	11,528	37.4	4,753
2008	57,248	55,942	2,263,202	12,700	40.5	5,611
2009	53,573	52,384	2,043,815	12,233	39	5,986
2010	54,511	52,089	2,277,791	14,887	43.7	6,536
2011	53,780	44,932	1,872,482	10,337	41.7	5,520
2012	55,888	55,237	2,838,370	13,146	51.4	4,632
2013	48,234	47,099	2,694,358	15,046	57.2	5,584
2014	52,375	50,963	2,875,164	15,736	56.4	5,473
2015	50,596	49,703	3,098,329	20,640	62.3	6,661.65

www.siap.sagarpa.gob.mx

Los principales estados exportadores de tomate son Sinaloa y Baja California, aprovechando las condiciones favorables del clima y la cercanía de Estados Unidos de América, principal país consumidor (Calvin *et al*., 2005). En general, los invernaderos contribuyen con el 44 % y la malla sombra con 51 % de la superficie total de agricultura protegida. Los estados donde se concentra la mayor cantidad

de invernaderos son: Sinaloa (22 %), Baja California (14 %), Baja California Sur (12 %) y Jalisco (10 %); estas cuatro entidades aportan más del 50 % de la producción total de cultivos protegidos (Perea, 2011). En relación al nivel de tecnificación de invernaderos en México, se consideran de baja y media tecnología, en función de lo siguiente:

1) Tecnología baja: 100 % dependiente del ambiente, uso de tecnologías simples, similares a las utilizadas en cultivo a la intemperie.
2) Tecnología media: semiclimatizados, riegos programados, suelo o hidroponía.
3) Tecnología alta: climatización automatizada (mayor independencia del clima externo), riegos computarizados, inyecciones de CO_2, uso de sustratos (SAGARPA, 2009).

Estas son algunas de las principales causas de la rápida expansión de la superficie de tomate bajo agricultura protegida (Padilla *et al*., 2012).

II. 8 Requerimientos climáticos del cultivo del tomate

II. 8.1 Radiación solar

La radiación solar principal fuente de energía, tiene un carácter preponderante entre todos los factores ambientales determinantes en la producción de materia seca y el rendimiento de la planta (Fischer y Orduz-Rodríguez, 2012). Mavi y Tupper (2004) consideran tres aspectos de la radiación solar que son biológicamente significativos. La primera es la intensidad de la radiación que refleja la cantidad de energía radiante que cae sobre una unidad de superficie en una unidad de tiempo. La segunda es la distribución espectral de la radiación que rige el proceso fotoquímico de la fotosíntesis. El tercer aspecto es la distribución de la radiación en el tiempo, lo cual es importante para el fenómeno fotoperiódico.

II. 8.2 Temperatura

La planta de tomate necesita un período entre 3 y 4 meses entre su establecimiento y la cosecha del primer fruto. La temperatura media mensual óptima para su desarrollo varía entre 21 y 24°C, aunque se puede producir entre los 18 y 25°C. Cuando la temperatura media mensual sobrepasa los 27°C, las plantas de tomate no prosperan. Temperaturas sobre los 30ºC afectan la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la etapa de cuajado, pues debe ser suficientemente fresca (15 a 22°C). Las temperaturas inferiores a 12 - 15ºC también originan problemas en el desarrollo de la planta y pueden provocar frutos deformes. En general, con temperaturas superiores a 25ºC e inferiores a 12ºC 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 10ºC así como superiores a los 30ºC originan tonalidades amarillentas. La planta detiene su crecimiento entre los 10ºC y 12ºC y se hiela a -2ºC.

II. 8.3 Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el desarrollo del tomate varía 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 compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede también tener su origen en un exceso de humedad en el suelo o riego abundante a continuación de un período de estrés hídrico. Por otro lado, la humedad relativa demasiado baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

II. 8.4 Radiación PAR

Se denomina radiación fotosintéticamente activa (PAR) a la radiación en longitudes de onda útiles para la fotosíntesis de las plantas. Se acepta que PAR abarca desde 400 a 700 nm (McCree, 1972) aunque algunos autores incluyen en PAR desde 350 hasta 850 nm. Los valores de radiación global se miden, por convención, sobre una superficie horizontal, admitiéndose como norma general que el 48% de la radiación global es de tipo PAR (Hanan, 1998). La radiación PAR

puede cuantificarse por su intensidad en unidades energéticas o irradiancia fotosintética por unidad de superficie ($W \cdot m^{-2}$) o en unidades fotónicas también por unidad de superficie (moles de fotones$\cdot m^{-2}$ s^{-1}). La transmisividad a radiación PAR (400-700 nm) es la propiedad radiométrica más importante de los materiales de cubierta desde el punto de vista agronómico, ya que es necesaria para la fotosíntesis de las plantas.

II. 8.5 CO_2 y Fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas usan la energía solar para transformar los nutrimentos del suelo, el CO_2 y el agua en azúcares que les sirven para realizar sus actividades metabólicas. Para esta actividad se requiere de la presencia de clorofila, sustancia presente principalmente en las hojas; aunque también se encuentra en otros órganos de color verde. La tasa de asimilación de CO_2 se refiere a la velocidad de fijación de carbono en cada metro cuadrado de superficie. Sirve como un indicador para conocer qué tan eficiente está siendo la planta para producir materia seca, es decir, generar nuevos órganos, (flores, frutos etc.) y seguir creciendo. La concentración de CO_2 en el invernadero, también juega un papel fundamental en la tasa de asimilación del mismo, su efecto se puede ver con claridad. Normalmente, en el ambiente hay una concentración de CO_2 de alrededor de 380-400 ppm, aunque esta concentración es menor dentro del invernadero debido al consumo y limitaciones en ventilación. Por ello es vital que éste cuente con una buena área de ventilación, que favorezca las tasas de renovación de aire. Estas concentraciones más bajas de CO_2 se deben básicamente a que gran parte del carbono atmosférico es fijado por las plantas, además de que cuando la estructura no está bien ventilada, el carbono capturado no es repuesto como normalmente ocurre en los sistemas a campo abierto.

La concentración de CO_2 juega un papel tan importante que incluso, en sistema de producción de tomate de alta tecnología, se usa como una práctica de manejo el enriquecimiento atmosférico con anhídrido carbónico. Esta actividad no suele realizarse para invernaderos de baja tecnología o de tecnología intermedia, pues la inversión suele ser muy elevada y no se justifica si el precio del producto no es

muy alto. En ocasiones, durante el invierno, es necesario cerrar las ventanas del invernadero durante la tarde para acumular calor y para proteger al cultivo de las bajas temperaturas nocturnas. No obstante, esta práctica limita el flujo de aire y recuperación de CO_2 durante el día.

III. JUSTIFICACIÓN

En las regiones productoras de tomate del estado de Sinaloa, por las altas temperaturas, es difícil mantener el ciclo de producción en la temporada de verano. Por lo que productores de la región realizaron una petición en el año 2014 para obtener una solución para extender los periodos de cosecha e incrementar los rendimientos y calidad de los cultivos en estas temporadas y regiones, una de las soluciones fue formular un prototipo de malla anti-insectos con propiedades anti-térmicas. El empleo de este tipo de mallas permitirá, evadir los excesos de temperatura y la baja humedad ambiental, ya que la temperatura media anual del estado de Sinaloa se registra alrededor de 25°C, las temperaturas máximas promedio pueden ser mayores a 36°C durante los meses de mayo a julio, donde se registran altas lecturas de radiación, por lo que la producción de frutos, la calidad y los rendimientos de los cultivos, se ve afectada.

IV. OBJETIVO

Evaluar un prototipo de mallas con propiedades antitérmicas que modifique las propiedades ópticas para obtener una disminución en la temperatura interior, que permitan una modulación del microclima en el interior de la malla, evitando un sobrecalentamiento y mejorando la respuesta productiva de los cultivos.

V. HIPÓTESIS

La malla prototipo CIQA ejercerá una respuesta diferente a la malla comercial en las variables radiativas y micro-climáticas, así como en las variables que se evaluaran tales como: crecimiento vegetativo, producción de materia seca, fotosíntesis, rendimiento y calidad del cultivo de tomate.

VI. CONTRIBUCIÓN CIENTÍFICA Y/O TECNOLÓGICA

El prototipo de malla antitérmica formulado es el único a nivel mundial ya que sus aditivos incorporados que modifican las propiedades ópticas, no se han evaluado en ningún otra investigación que incluya este tipo de mallas anti-insectos. Si su

evaluación, resulta positiva, contribuirá a la solución tecnológica para el incremento del potencial de producción en estas temporadas y regiones.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

VII.1 Localización Geográfica del Sitio Experimental

La investigación se realizó en el Centro de Investigación en Química Aplica (CIQA). Ubicado en Saltillo, Estado de Coahuila, a 25º 27´ N, 101º 02´ O con una altitud de 1520 msnm. En el periodo comprendido al mes de Enero – Agosto del 2017.

Figura 1. Ubicación del sitio experimental. 25º 27´ N, y 101º 02´ O con una altitud de 1520 msnm.

VII.2 Características de la malla prototipo CIQA con propiedades antitérmicas

Se trabajó con una malla prototipo con propiedades antitérmicas formulada y patentada por el centro de investigación en química aplicada (patente registrada en el IMPI con folio MX/E/2016/092452).

Los materiales utilizados en la fabricación de esta malla prototipo fueron:

- Resina de polietileno de alta densidad
- Aditivos estabilizadores de luz ultravioleta
- Aditivos antioxidantes
- Pigmento bloqueador de radiación infrarroja.

Este prototipo de malla con propiedades antitérmicas incluye en su formulación el pigmento de bloqueo de la radiación infrarroja cercana, el cual provoca una menor transmisión de la radiación total que se traduce en una menor temperatura al interior de esta malla anti-térmica, y de esta forma continuar produciendo en los meses de altas temperaturas típicos de regiones áridas y semiárida.

VII.3 Establecimiento del experimento

VII. 3.1 Especificaciones de los túneles

El experimento se realizó en dos túneles con dimensiones de 9 m de largo por 6 m de ancho y 3.5 m de alto, uno cubierto con malla comercial bicolor de Textiles Agrícolas$^{M.R}$ que cuenta con un sombreo del 43%. Y el otro túnel con un prototipo (cristal) ambos con Mesh de 16 por 20 hilos cm².

VII.3.2 Evaluación agronómica

Material Vegetativo a evaluar:

Floradade. Variedad

- Variedad rústica, de crecimiento determinado.
- Frutos redondos de calibre medio (140 – 150 g).
- Cosecha a partir de 75 días después de la siembra.
- Resistencias: Verticillium, Fusarium 0-1, Stemphylium.

Horus. Hibrido

- Planta indeterminada
- Pisos florales a corta distancia uno a otro.
- Peso del fruto 140 gr.
- Excelente tomate de larga vida de anaquel.
- Resistencia: HR ToMV/Vd/Fol: 0,1/Ff:c.

VII.3.3 Producción de plántula

Para el establecimiento y manejo del cultivo de tomate, se produjo la plántula en charolas de poliestireno de 200 cavidades hasta alcanzar el desarrollo óptimo.

VII.3.4 Trasplante

El trasplante se efectuó el día 15 de marzo cuando las plántulas alcanzaron una altura de 15 a 20 cm y formaron de cuatro a seis hojas verdaderas. Se tuvo una densidad de plantación de 3.7 plantas por m^2 a una distancia de separación entre surcos de 0.90m y distancia entre plantas de 0.30 m en hilera sencilla. Se utilizó un sistema de suelo cubierto con acolchado plástico blanco-negro de 1.20 m de ancho y 7.40 m de largo.

VII.3.5 Riego

Se instaló un sistema de riego por goteo para el cual se utilizó cinta de riego de la marca T-Tape 500 con una distancia entre goteros de 30 cm y con un gasto de 1 L de agua por hora a 8 PSI. Y un Venturi para la inyección de fertilizantes.

VII.3.6 Manejo agronómico del cultivo

El momento del riego, se proporcionó cuando los tensiómetros marcaban de 20 a 30 Cb que corresponde a un 30% y un 35% del abatimiento de la humedad disponible para las condiciones edáficas del suelo CIQA. El valor del contenido de humedad en el suelo en base a volumen ($\underline{\Theta v}$) al 30% de abatimiento es de un 29.5% y un $\underline{\Theta v}$ de 28.6% para un 35% de abatimiento y la densidad aparente del suelo de CIQA es $1.24 g^{-1} cm^3$,con una textura migajón arcillosa el riego se dio para humedecer un perfil de 30 cm de profundidad, con estos datos y los valores de capacidad de campo y (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) se utilizó la siguiente ecuación para calcular la lámina de riego (Lr).

$$Lr = \frac{(CC - \Theta v_{ar})\ Zr}{100 p_w}$$

- Lr = Lamina de riego en cm
- Cc= Capacidad de campo
- Θw_{ar} = contenido de humedad del suelo en base a volumen, al abatimiento establecido
- Zr= Profundidad radicular en cm

  p_w= densidad del agua

Se aplicaron los productos químicos necesarios desde el trasplante hasta cosecha para evitar problemas de plagas y enfermedades (Cuadro 2).

Cuadro 2. Agroquímicos utilizados en la en la zona experimental

Producto	Control	Intervalos de aplicación	Dosis	Modo de acción
Imidacloprid	Preventivo	Inicio	1 ml/litro de agua	Sistémico
Mancozeb	Correctivo	Semanal	1 gr/ litro de agua	Contacto
Oxicloruro de cobre	Preventivo	Días nublados	1 gr/ litro de agua	Contacto
Cipermetrina	Preventivo	semanal	1.5 ml/ litro de agua	Contacto

La nutrición proporcionada al cultivo fue distribuida en función de la etapa de desarrollo y la demanda del mismo. Utilizando la Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad del cultivo de tomate de la Sociedad Química y Minera de Chile S.A (SQM) como referencia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Aplicación de Nutrientes (g/superficie 88 m^2) por Etapa Fenológica en Tomate, (SQM).

Aplicación de Fertilizantes por Etapas Fenológicas (Agrupadas)	***Ddt***	***N***	***P_2O_5***	***K_2O***	***CaO***	***MgO***	***S***
		g	***g***	***G***	***g***	***g***	***g***
Trasplante - Establecimiento a Desarrollo	0 – 28	413.6	159.8	282	141	117.5	89.3

Desde Inicio de Floración	29 – 63	517	155.1	869.5	282	188	141
Desde formación de Fruta al final de la cosecha.	64 – 112	441.8	155.1	846	249.1	164.5	122.2
Desde plena cosecha hasta final de la cosecha.	113 – 140	117.5	0	352.5	37.6	0	0

El tutoreo se realizó con hilo tipo (rafia), las plantas se manejaron con podas a un solo tallo.

La polinización se realizó mecánicamente realizando vibración a las plantas por medio del sistema de tutores.

VII.4 Diseño experimental y tratamientos.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial 2 x 2. Donde los niveles correspondientes al factor (a), serán la malla anti insectos con propiedades antitérmicas y la malla comercial, mientras que los niveles correspondientes al factor (b) serán los materiales genéticos Horus y Floradade. Se utilizó la comparación de medias mediante la prueba Duncan comparando todos los tratamientos entre sí. Se analizó la posibilidad de obtener algunas regresiones entre variables que pudieran explicar los resultados obtenidos. Se utilizó un software estadístico InfoStat. Versión 2015e. El comportamiento de la variable respuesta Y en el experimento con k réplicas se escribió mediante el siguiente modelo estadístico:

$Y_{ijk}=\mu+\alpha_i+\beta_j+(\alpha\beta)_{ij}+\varepsilon_{ijk}$

$i=1,2,\ldots,a \quad j=1,2,\ldots,b \quad k=1,2,\ldots,n$

Dónde:

- μ es la media general
- α_i es el efecto del i-ésimo nivel del factor A
- β_j es el efecto del j-ésimo nivel del factor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$ representa el efecto de interacción en la combinación ij y

- ε_ijk es el error aleatorio

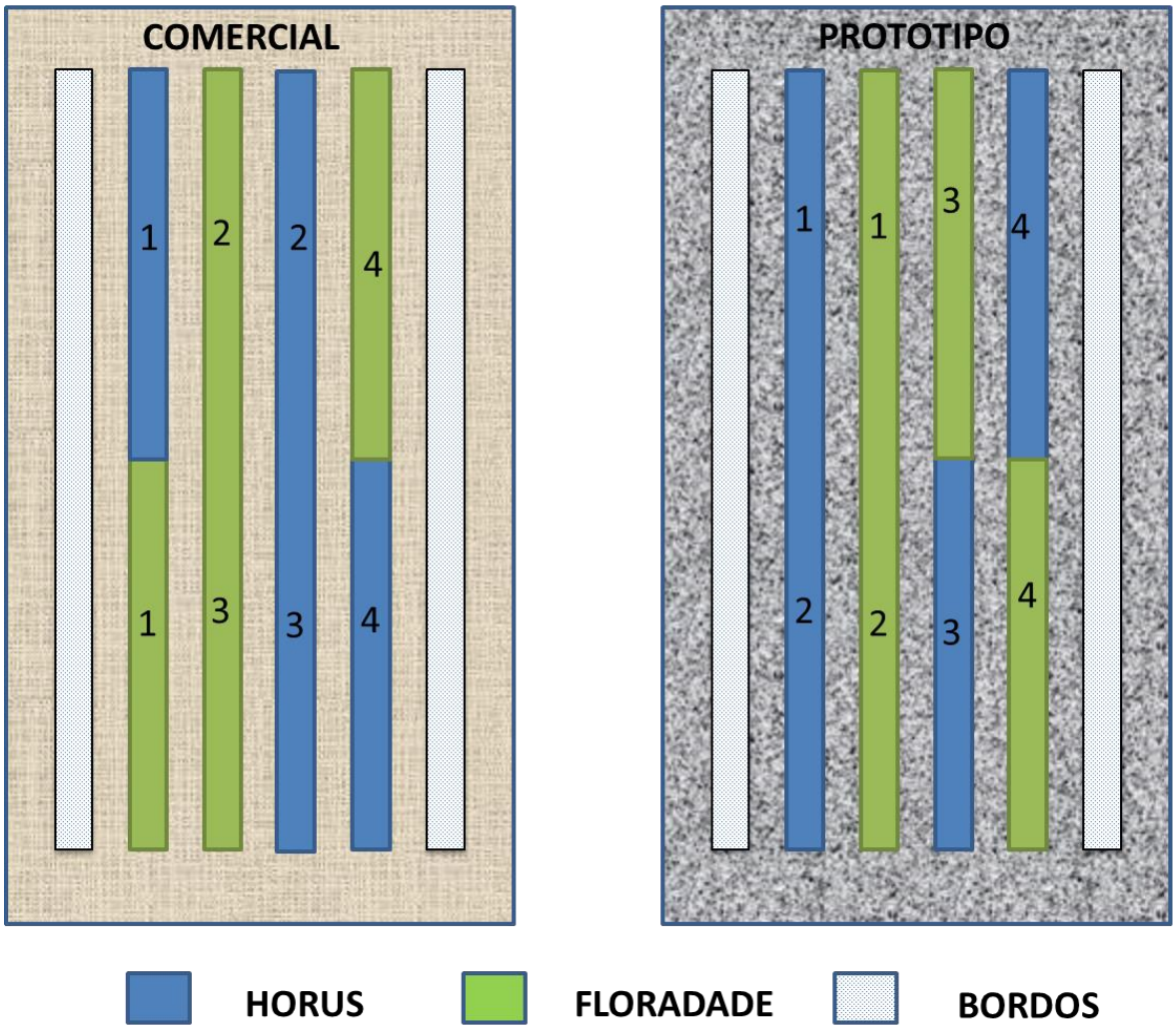

Figura 2. Arreglo en campo de la distribución de los materiales vegetativos del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*).

Cuadro 4. Diseño experimental bifactorial 2x2 proporciona la siguiente combinación de tratamientos.

- T1 = Horus + malla comercial
- T2 = Floradade + malla comercial
- T3 = Horus + malla prototipo
- T4 = Floradade + malla prototipo

VII.5 Variables evaluadas.

VII.5.1 Trasmisión de la radiación total

La radiación total fue medida con un piranómetro modelo SP-110 marca Apogee Instruments Inc. Tanto al exterior como al interior de los túneles. Programando la toma de datos cada hora, los cuales se recolectaron periódicamente para ser analizados.

VII.5.2 Radiación PAR

Al igual que los sensores de radiación total, dentro de los túneles se colocaron los sensores de radiación fotosintética activa y radiación difusa, modelos FB3 de la marca Delta-T Divice. El modelo BF3 es capaz de tomar lecturas de radiación total, radiación fotosintética activa y radiación difusa, las unidades de salida son µmol m^2 s^{-1}, Watts/m^2. El cual se programó para tomar datos cada 10 minutos y medias de cada hora durante las 24 horas del día y durante el periodo que dure el experimento.

VII. 5.3 Radiación UV

La radiación UV fue monitoreada con un sensor marca Apogee Instruments Inc. modelo SU-100, este sensor puede detectar el rango de longitud de onda entre 200 y 400 nm en unidades de en µmol m^{-2} s^{-1}.

Estos sensores se conectaron a un Datalogger DL2E Delta Device, Cambridge Inglaterra. El cual se programo para registrar cada 10 minutos y calcular medias cada hora durante 24 horas del dia, durante el periodo del experimento, Los datos obtenidos se descargaron a una computadora y fueron interpretados.

VII.5.4 Temperatura y humedad relativa

Durante el periodo del desarrollo del experimento se registró con sensores HOBO® (Onset Computer Corporation) con una programación de toma de datos cada 10 minutos para promediar cada hora, los datos obtenidos se analizaron con el programa HOBOware® Pro versión 2.7.3.

VII.6 Variables de evaluación.

VII.6.1 Materia seca.

Para la determinación de la biomasa (peso seco de hojas, tallos, flores y frutos), se tomó una planta que presentara competencia completa de la unidad experimental en las cuatro repeticiones por muestro. Las muestras fueron colocadas en una estufa de secado a una temperatura de 70 ºC durante 72 horas. A los 33, 51, 69 y 85 días. Se usó una báscula digital marca Ohaus Pionner con una capacidad máxima de carga de 3100 g. Con un grado de error de 0.1 gramos.

VII.6.2 Área foliar.

El área foliar se determinó en un integrador de área foliar modelo (LI-3100, Inc. Lincoln, Nebraska, EU). Se realizaron muestreos destructivos a los 33, 51, 69 y 85 días utilizando una planta por unidad experimental por muestreo.

VII.6.3 Fotosíntesis.

La medición se realizó mediante un analizador de gases en infrarrojo LI-6400 XT (LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, EU.). Las lecturas se tomaron en condiciones de cielo despejado, sobre hojas jóvenes completamente desarrolladas. Las mediciones se realizaron desde las 6 horas del día concluyendo hasta las 18 horas del día realizando mediciones cada 2 horas.

VII.6.4 Potencial hídrico xilemático.

Para conocer el estado hídrico de los dos genotipos de tomate durante el periodo experimental, se realizaron 3 mediciones del potencial del agua en la planta a los 69, 84 y 102 ddt.

Las mediciones se realizaron empleado una cámara de presión Scholander modelo 3115 portable (marca Soil Moisture Equipament Corp. California USA) Las lecturas se tomaron entre las 14:00 y las 15:00 h, tomando una planta por unidad experimental por muestro. Fueron seleccionadas hojas bien desarrolladas y libre de enfermedades de las plantas, que fueron cubiertas con bolsas plásticas y papel aluminio por 90 minutos, logrando un equilibrio entre el potencial hídrico de planta con el de la hoja (Naor, 1998). La medición se realiza en días despejados, a mediodía solar, donde existe la máxima demanda de la atmósfera (Sellés *et al*., 2002).

VII.6.5 Variables morfológicas.

Altura de planta se determinó mediante el uso de una cinta métrica a los 33, 51- 69 y 85 días después del trasplante utilizando 4 plantas de la unidad experimental, se determinó una media de las cuatro plantas, representativa del tratamiento.

Diámetro de tallo se determinó mediante un vernier digital a los 33, 51- 69 Y 85 días. Utilizando 4 plantas por unidad experimental por muestreo, realizando la medición al tercer entrenudo presente en el tallo, se determinó una media como dato real.

VII.6.6 La expresión del rendimiento.

Los datos de rendimiento por superficie cultivada fueron obtenidos mediante una báscula digital marca Ohaus Pioneer, los muestreos se dieron de acuerdo a maduración de frutos. Se usaron 4 plantas correspondientes a una superficie de 1.08 m^2 como parcela útil para determinar el rendimiento.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VIII.1 Radiación total del ciclo del cultivo

La radiación total exterior registró en promedio 842 W m^{-2} en el ciclo del cultivo, la malla comercial bloqueo 41 % de la radiación total incidente y la malla prototipo CIQA bloqueo el 35 % (Figura 3). La intensidad de la radiación solar en el interior de una estructura cubierta por un material plástico es siempre menor que la que hay en el exterior debido a la reflexión y absorción del material de cerramiento, que dependen del tipo, espesor, grado de limpieza (polvo), condensación de agua y estado de degradación del plástico usado, así como de la orientación y forma de la cubierta, de la época del año y del resto de los elementos que configuran el túnel (estructura, tutorado, mallas, etc.). La pérdida de transmisión debida al material se puede estimar entre un 5 y un 40 % en función de los distintos puntos comentados (Espí, 2012).

(Guzmán, 2000; Tognoni, 2000). Mencionan que del 100% de la radiación externa solo el 65 -70% logra penetrar al interior del área protegida, mientras que el resto es reflejado y absorbido por el techo de la cubierta y por la estructura de soporte. De la radiación interna una parte, variable entre el 10 y el 20% es reflejada por el cultivo quedando solo el 50-60% de la radiación interceptada por el cultivo.

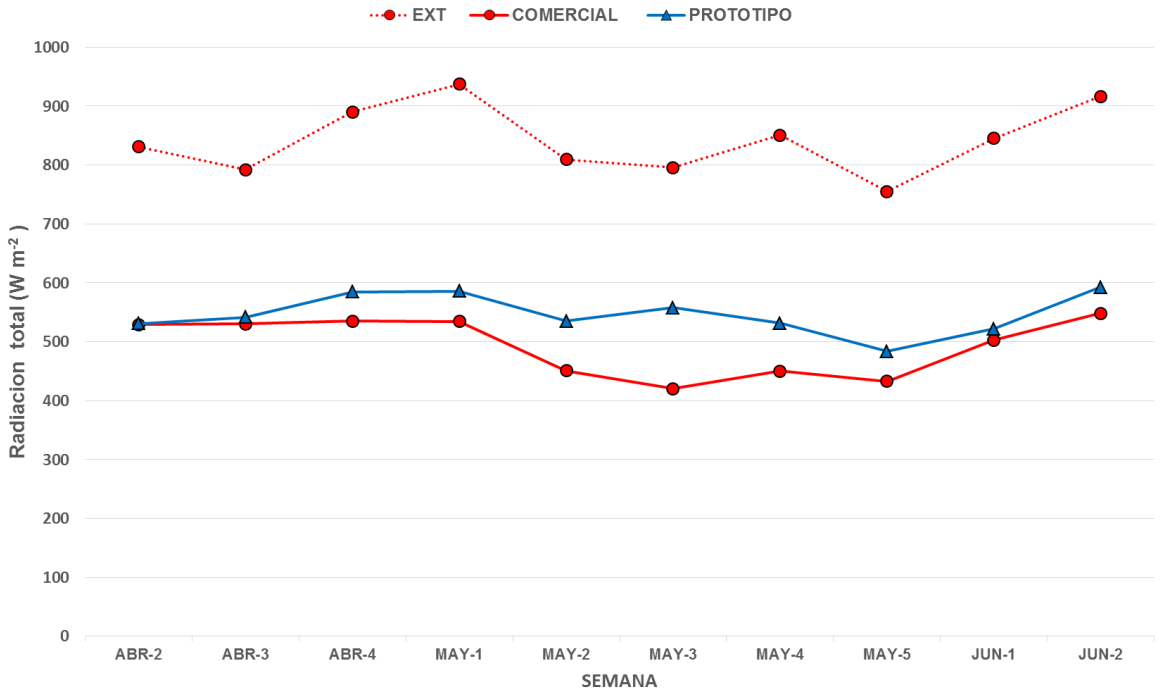

Figura 3. Radiación total incidente al interior y exterior de los túneles registrada en W m^{-2} (12-15 h.) 2017.

VIII.2 Radiación PAR en el ciclo de cultivo

Se registró la radiación PAR exterior e interior de los túneles (Figura 4), encontrando una disminución del 70% dentro de la malla comercial en promedio 500 µmol $m^{-2}s^{-1}$ y un 71 % dentro de la malla prototipo CIQA con 467 µmol $m^{-2}s^{-1}$. En comparación con la radiación PAR exterior que alcanzó un promedio de 1685 µmol $m^{-2}s^{-1}$. Valores encontrados en la banda de 400–720 nm considera radiación fotosintéticamente activa (PAR) (Sellers *et al*., 1997) que prácticamente coincide con el espectro visible. Y representa aproximadamente el 48% de la radiación solar (Monteith y Usworth, 1990). La composición de la radiación varía en el tiempo, en función de la elevación del sol y de la nubosidad que reduce la cantidad de energía, disminuyendo la radiación infrarroja corta. La proporción de PAR respecto a la global aumenta con la difusión (Castilla, 2007).

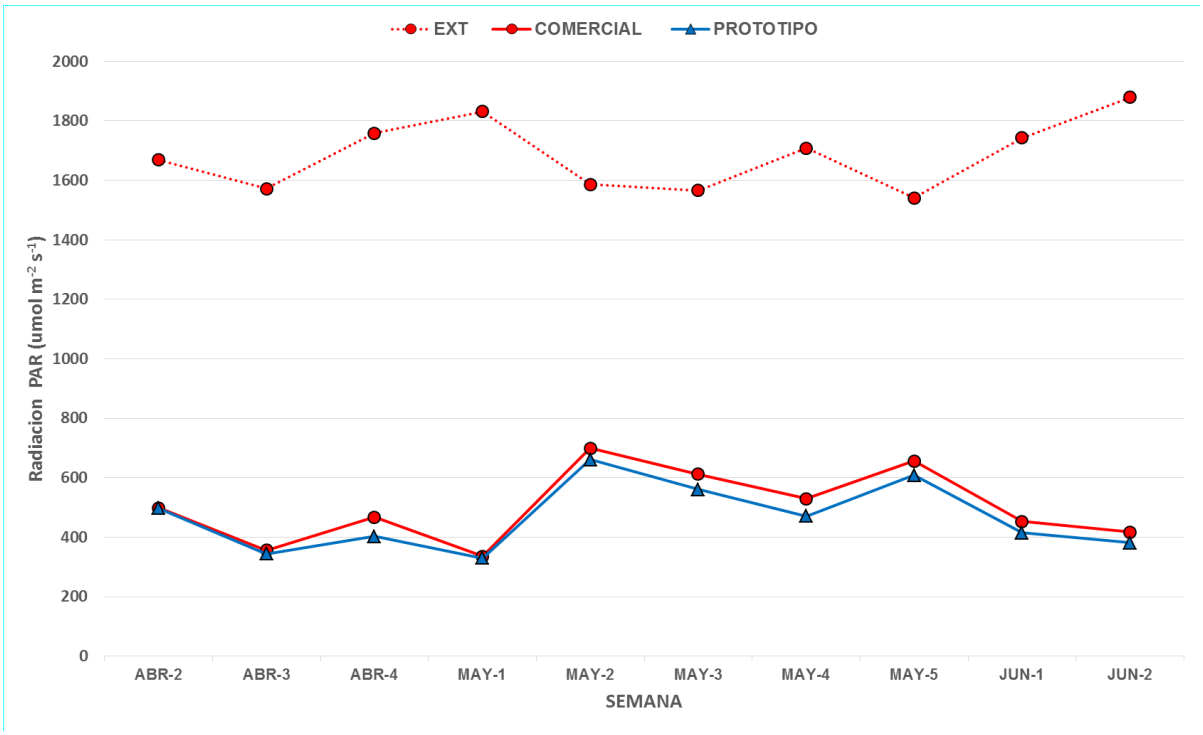

Figura 4. Radiación PAR incidente al interior y exterior de los túneles registrada en µmol $m^{-2}s^{-1}$ promedio (12-15 h.) 2017.

VIII.3 Radiación UV en el ciclo de cultivo

El exceso de radiación UV, que aumenta especialmente con la altitud, induce mutaciones irreversibles en el material genético (Tudela y Tadeo, 1993); tiene efectos negativos profundos sobre el crecimiento y el metabolismo de la planta, a causa de su absorción por las proteínas. La radiación UV penetra por entre las células, se absorbe e induce lesiones agudas, a causa de su energía cuántica elevada.

Los materiales plásticos fotoselectivos que basan su modo de acción en el bloqueo de la transmisión de radiación ultravioleta (290-380 nm) dificultan, ralentizan o disminuyen 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. Muchos insectos tienen fotorreceptores sensibles al espectro ultravioleta en sus órganos visuales (Espí, 2012). Un ambiente oscurecido en esas longitudes de onda no les resulta atractivo por lo que, o bien no entran al área protegida, o bien su movilidad se ve reducida, lo que provoca que su capacidad para causar virosis en los cultivos disminuya sensiblemente. En un estudio realizado en 2006 en Almería, España, se encontró que en los cultivos de tomate y sandia mini cultivados bajo plástico con máxima absorción UV (100%), la presencia de *B. tabaci* y *F. occidentalis* era un 65% menor que el tratamiento testigo (Pérez *et al*., 2009).

La radiación UV incidente sobre las mallas se redujo un 45 % dentro de la malla comercial mientras que la malla prototipo CIQA tuvo una disminución del 65 % con respecto a la radiación total UV exterior, debido a la incorporación de aditivos con propiedades bloqueadoras de radiación UV a la mezcla de la cual se elaboró el filamento de la malla (Figura 5).

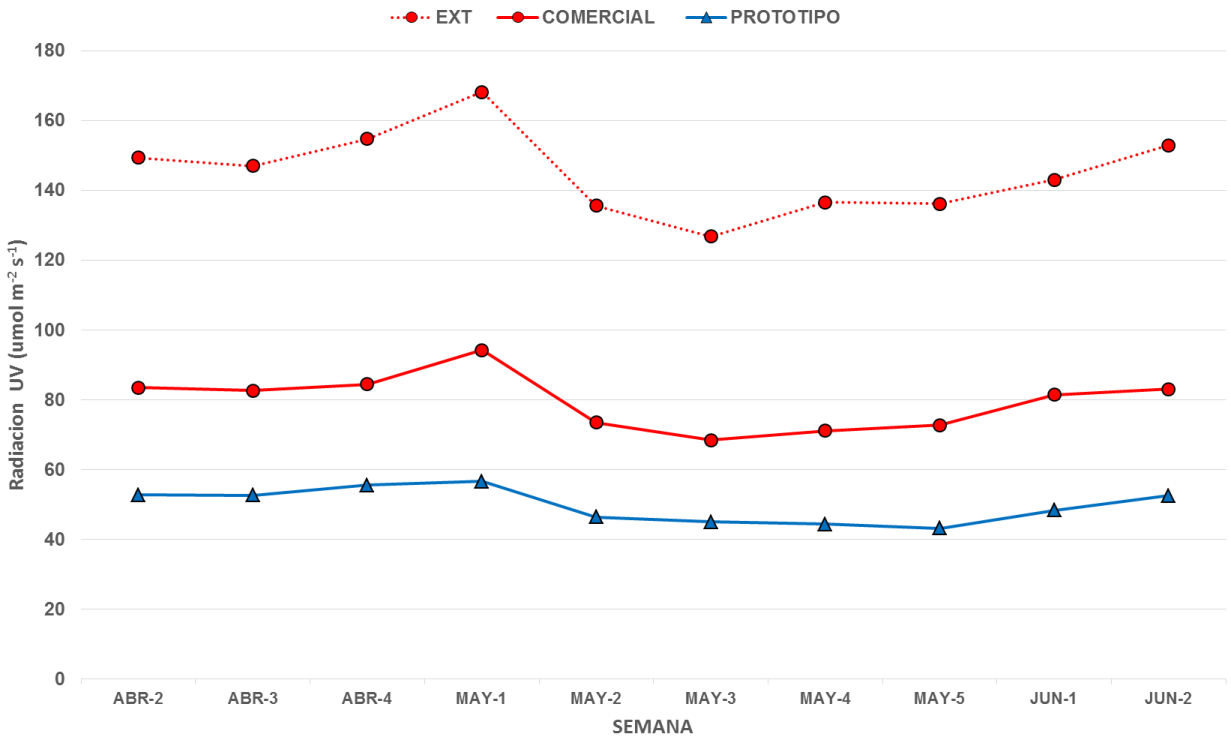

Figura 5. Radiación UV incidente al interior y exterior de los túneles registrada en µmol $m^{-2}s^{-1}$ promedio (12-15 h.) 2017.

VIII.4 Radiación difusa en el ciclo de cultivo

La radiación difusa registrada durante el ciclo del cultivo mostro una disminución dentro de la malla comercial del 41 % y un 33 % dentro de la malla prototipo CIQA. Como se muestra en la (Figura 6). Se observa como al inicio del ciclo hasta el final de este la radiación es constante al exterior de los túneles, esto debido a la época del año en la cual se realizó la investigación. La mayor transmisividad de radiación difusa dentro de la malla prototipo CIQA, puede deberse a su coloración clara (cristal) vs. la malla comercial (bicolor) gris, coincidiendo con Oren-Shamir *et al* (2001), que mencionan que dependiendo del color de las mallas, puede aumentar la difusión de la luz en hasta un 50%, siendo aquellas mallas fabricadas con hilos de colores más claro las que aportan una mayor proporción de luz difusa a las plantas.

En estructuras cubiertas por materiales plásticos, la luz incidente es dispersada por el material, lo que hace que el flujo luminoso se distribuya con más uniformidad, disminuyendo las sombras en el interior y homogenizando la luz en el dosel de las plantas (Orden et al., 1997). El agregado de aditivos para mejorar la calidad del plástico puede disminuir la transmisión de la radiación, pero también puede aumentar la difusión de luz (Alpi y Tognoni, 1991).

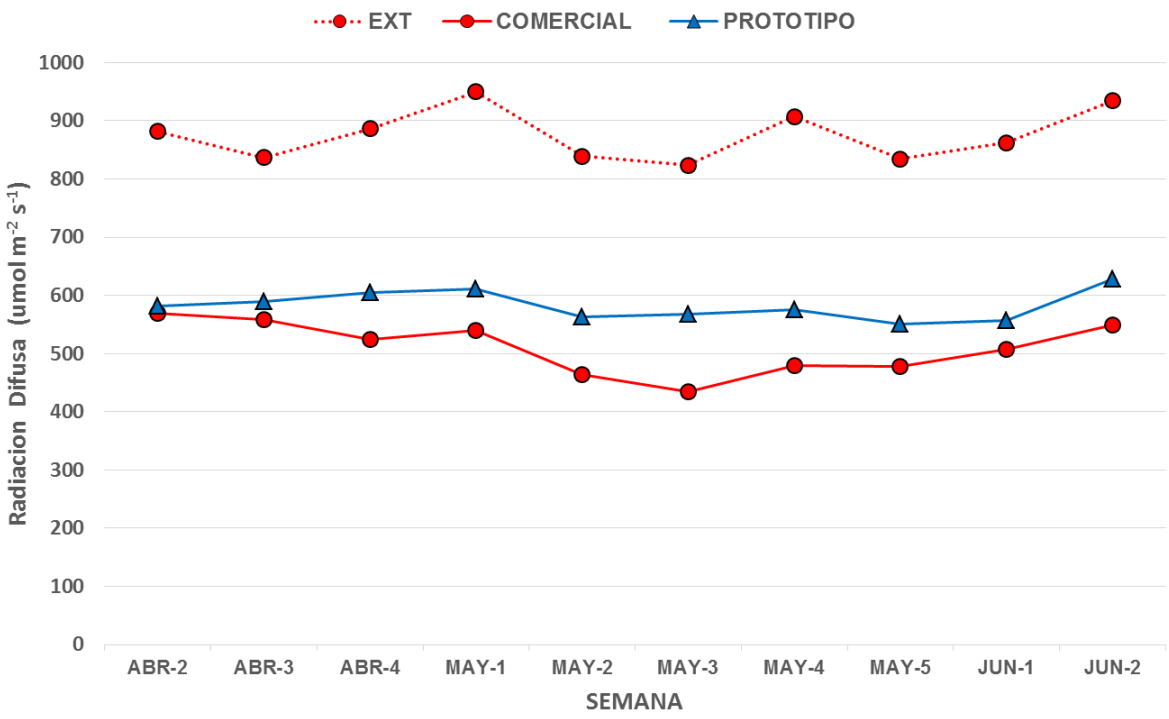

Figura 6. Radiación difusa al exterior e interior de túneles registrada en µmol $m^{-2}s^{-1}$ promedio (12-15 h.) 2017.

VIII.5 Temperatura

El tomate es una planta sensible a cambios extremos de temperaturas y/o humedades, por lo que es necesario mantenerlas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo (Noreña *et al.*, 2013). La temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de tomate se sitúa entre 18 y 25º (Heuvelink y Dorais, 2005).

Durante la evaluación (Figura 7) se obtuvieron los mayores registros de temperatura durante la tercera semana del mes de mayo, alcanzando los 35 ° C al exterior. Los valores obtenidos para el interior de la malla prototipo CIQA fue de 33.4 °C y la comercial de 32.5 °C observando durante todo el ciclo de la evaluación que el comportamiento de temperaturas bajo las mallas fue similar, registrando una menor temperatura en la malla comercial con 0.75 °C de diferencia con respecto a la malla prototipo CIQA, pudiendo atribuir este resultado a las diferentes tonalidades que presentan cada una de las mallas. Este descenso en la temperatura coincide con los valores obtenidos por Fernández, *et al*., (2003)

donde el uso de mallas redujo la temperatura del aire entre 0.4 and 2.8°C durante las horas del mediodía cuando se compararon con un control.

La fotosíntesis al igual que los procesos de translocación, son sensibles a temperaturas superiores a 33º C (Athertom, 1986; Lin, 2006). La temperatura crítica varía de un autor a otro, pero todos opinan que es crítica cuando la producción se ve afectada, y se ve afectada con temperaturas de 40º C o superiores aunque se den en periodos cortos (Athertom 1986; Iba 2002).

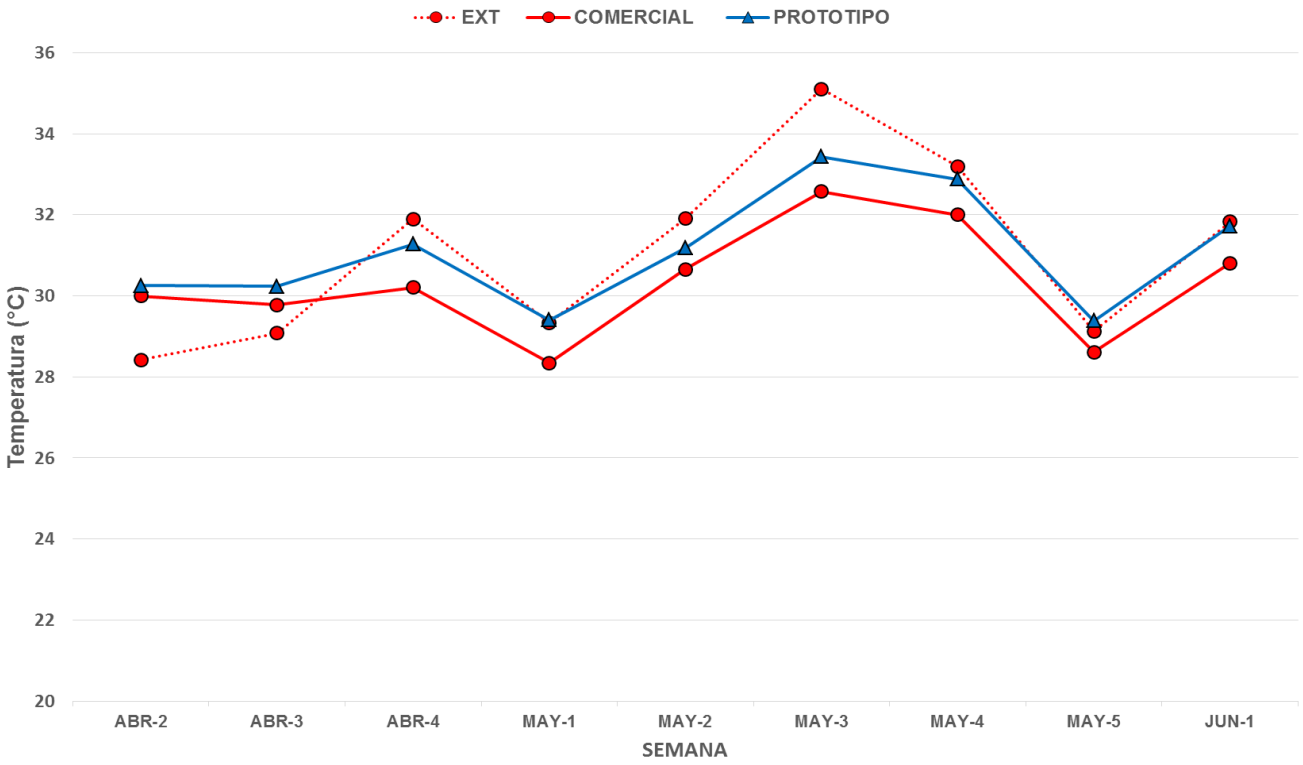

Figura 7. Comportamiento de la temperatura ambiental exterior e interior de los túneles cubiertos con malla comercial y prototipo CIQA, promedio (12-15 h.) 2017.

VIII.6 Humedad relativa

La humedad relativa es de suma importancia y la óptima se encuentra entre el 50 y 60%. Si la humedad relativa es menor puede haber aborto de flores y si es superior a la óptima se incrementa la probabilidad de presentarse problemas por enfermedades causadas principalmente por hongos (Garza y Velázquez, 2008). Los resultados obtenidos en el experimento (Figura 8) muestran una variabilidad acorde con el aumento de temperaturas dadas por el clima de la región.

Las oscilaciones de humedad relativa registradas durante el periodo de la evaluación muestran picos máximos en la quinta semana del mes de mayo se registró 65% para la malla comercial, 64 % para la prototipo CIQA y 65% para la exterior, los valores mínimos registrados corresponden a la 3° semana de Abril con 35% para el exterior y para las 2 mallas evaluadas, estos datos concuerdan con la variación de temperaturas registradas durante el experimento.

Xu *et al*. (2007) encontró en un estudio que las plantas que crecieron a bajas humedades relativas exhibieron una capacidad fotosintética mayor y como consecuencia registraron una mayor productividad. En conclusión los autores sugieren niveles de humedad relativamente bajos para obtener una alta actividad fisiológica y el consecuente aumento de la productividad y la calidad.

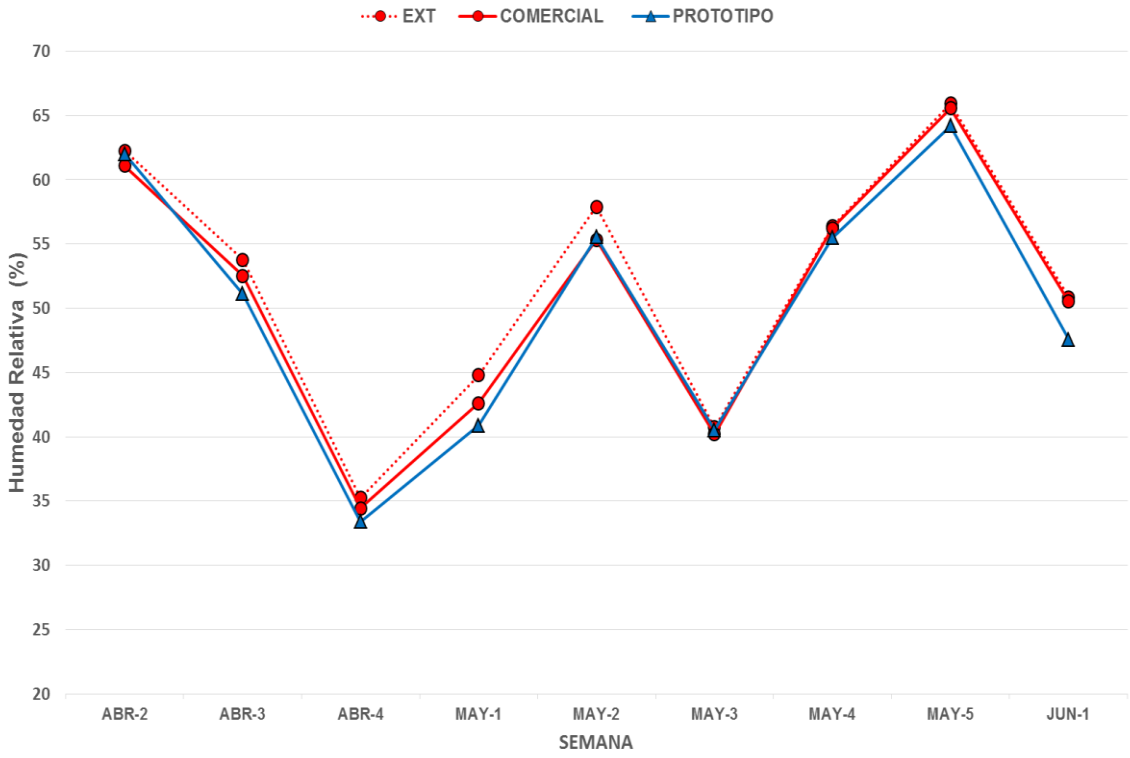

Figura 8. Comportamiento de la humedad relativa del ciclo del cultivo al exterior e interior de los túneles cubiertos con malla comercial y prototipo CIQA, promedio (12-15 h.) 2017.

VIII.7 Déficit de presión de vapor (DPV)

Durante el ciclo del cultivo se determinó el déficit de presión de vapor DPV encontrando el mismo comportamiento bajo las mallas tanto comercial como prototipo CIQA bajo las cuales se encontraron los picos máximos la cuarta semana del mes de abril con 3.1 kPa y la tercer semana del mes de mayo con 3.2 kPa

Lorenzo *et al*., (2003) menciona que el déficit de presión de vapor entre las hojas y el aire suelen presentarse durante las horas de alta insolación, sucede cuando el índice de área foliar del cultivo es bajo y por tanto también su capacidad de disipar el calor a través de la transpiración a medida que aumenta el AF, el DPV del ambiente se sitúa dentro de unos valores más bajos y por tanto menos estresantes.

Magan *et, al.* (2007), compararon la producción de tomate en invernaderos tipo venlo y multitunel, encontrando que la mejor producción se encontró en el invernadero multitunel y este tenía valores de DPV que oscilaban de 1.5 Kpa a 3 Kpa.

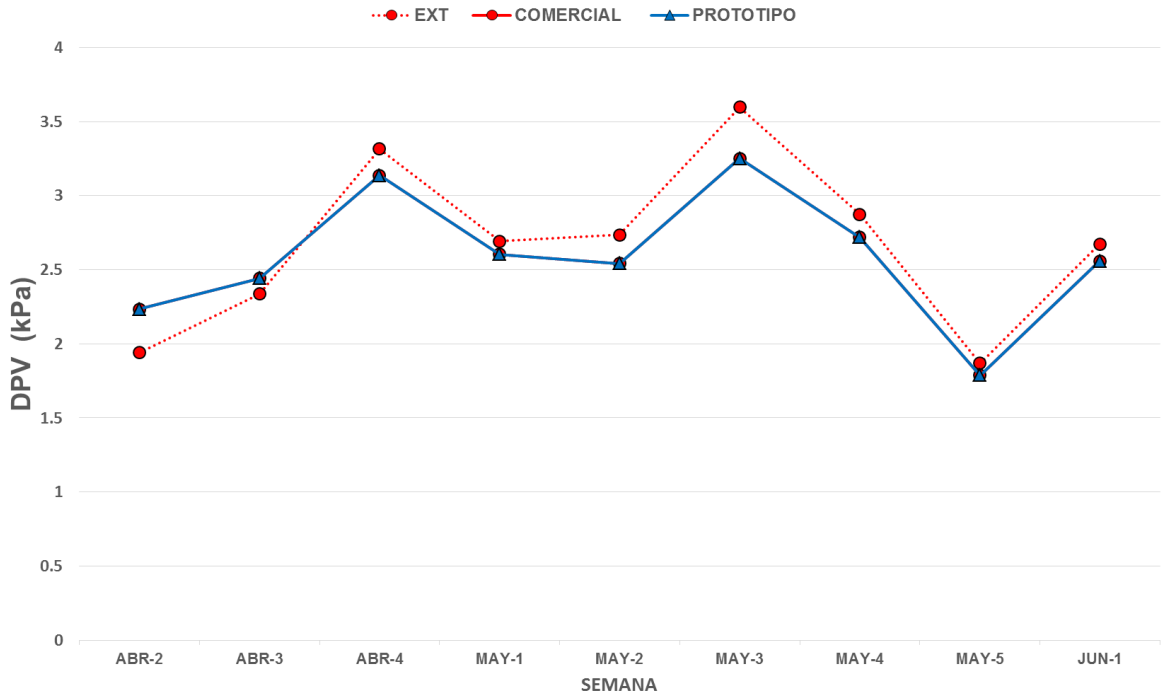

Figura 9. Déficit de presión de vapor promedio del ciclo exterior e interior de los túneles cubiertos con malla comercial y prototipo CIQA, promedio (12-15 h.) 2017.

VIII.8 Efecto de las mallas evaluadas sobre las variables morfológicas del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum).*

VIII.8.1 Altura de planta

Entre los 33 y 85 ddt periodo comprendido como el ciclo total en evaluaciones morfológicas, no hubo diferencias estadísticas entre las mallas comerciales y prototipo CIQA. (Cuadro 5) Pero si mostro una diferencia significativa entre genotipos desde el inicio de la evaluación hasta el final de la misma. Por la prueba de Duncan se establece que el cultivar Horus mostro una altura superior al cultivar Floradade esto debido a su hábito de crecimiento indeterminado que depende de la acción de un meristemo con potencial de continuar en división celular (Salisbury y Ross, 1994), en cambio el genotipo Floradade de crecimiento determinado, alcanza un cierto tamaño, entra en senescencia y muere, respectivamente.

El crecimiento se detiene a los 69 ddt (Figura 10) ya que, se da la traslocación de asimilados fotosintéticos de la parte vegetativa hacia los frutos, esto sucede sobretodo en plantas de ciclo anual como el tomate, donde la cosecha se concentra al final de su ciclo de vida (Villalobos, 2001; Castilla, 2004).

Cuadro 5. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Altura de planta* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Altura de planta (cm)	Comercial	41.6a	76.78a	97.58a	97.73a
	Prototipo	42.48a	78.43a	96.1a	96.03a
	Genotipos				
	Horus	46.68b	95.63b	116.23b	116.78b
	Floradade	37.4a	59.58a	77.45a	76.98a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

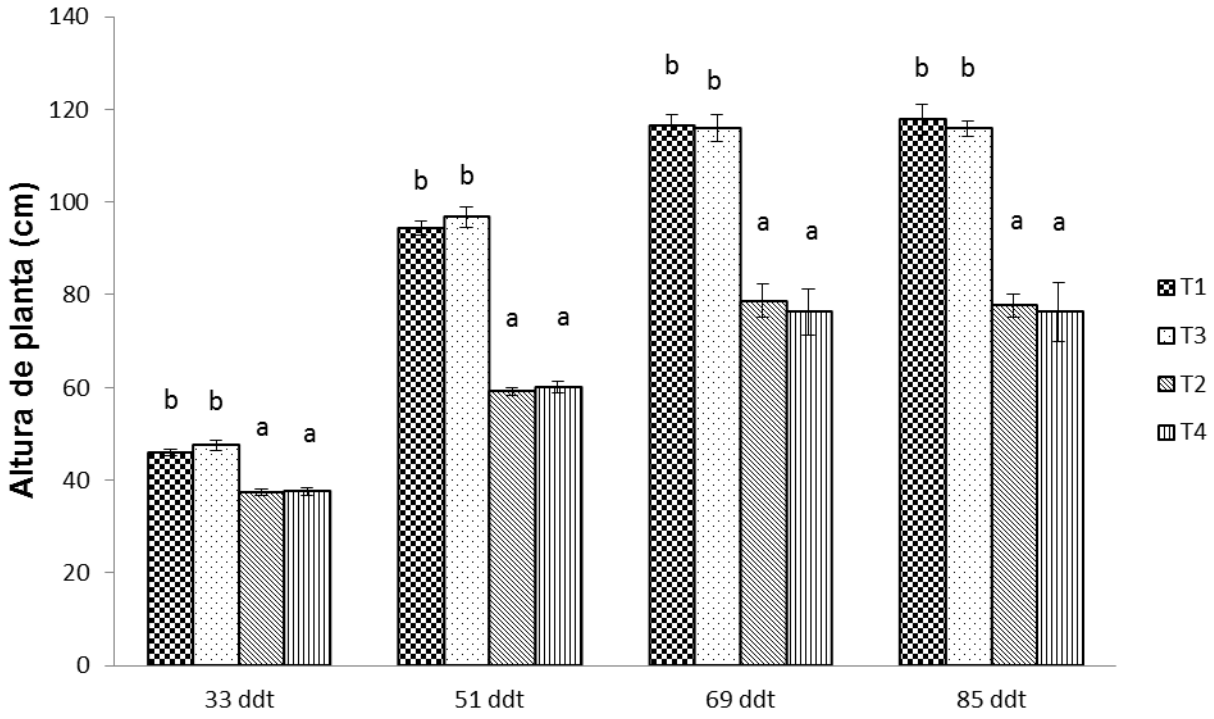

Figura 10. Comparación de la altura de planta para los genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.8.2 Diámetro de tallos

Se evaluó el desarrollo de diámetros de tallos de las plantas, en las mismas fechas que la variable altura de plantas, con un total de 4 evaluaciones. Los resultados de análisis de varianza muestran que durante el periodo de evaluación no existieron diferencias significativas entre las mallas evaluadas, presentándose la misma tendencia al obtener ligeras diferencias significativas a los 51 y 69 ddt entre genotipos. (Cuadro 6).

Ayala-Tafoya *et al.,* (2011) reportaron que el diámetro de los tallos de tomate se incrementa a causa de mayores cantidades de radiación fotosintéticamente activa o viceversa. Esto coincide con los valores registrados en los muestreos iniciales (33, 51 y 69 ddt). Sin embargo, se observa un menor diámetro del tallo en la cuarta evaluación realizada a los 85 ddt (Figura 11), dicho comportamiento puede deberse a la carga y llenado de frutos presentes en la planta, ya que el diámetro de tallo es un indicador del vigor de las plantas porque refleja la acumulación de fotosintatos, los cuales posteriormente pueden traslocarse a los sitios de demanda (*Preciado et al.,* 2002).

Cuadro 6. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Diámetro de tallo* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Diámetro del tallo (mm)	Comercial	11a	13.24 a	13.84a	13.89a
	Prototipo	10.37a	12.98a	14.17a	14.03a
	Genotipos				
	Horus	10.38a	12.63a	13.73a	14.11a
	Floradade	10.99a	13.59b	14.28b	13.81a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

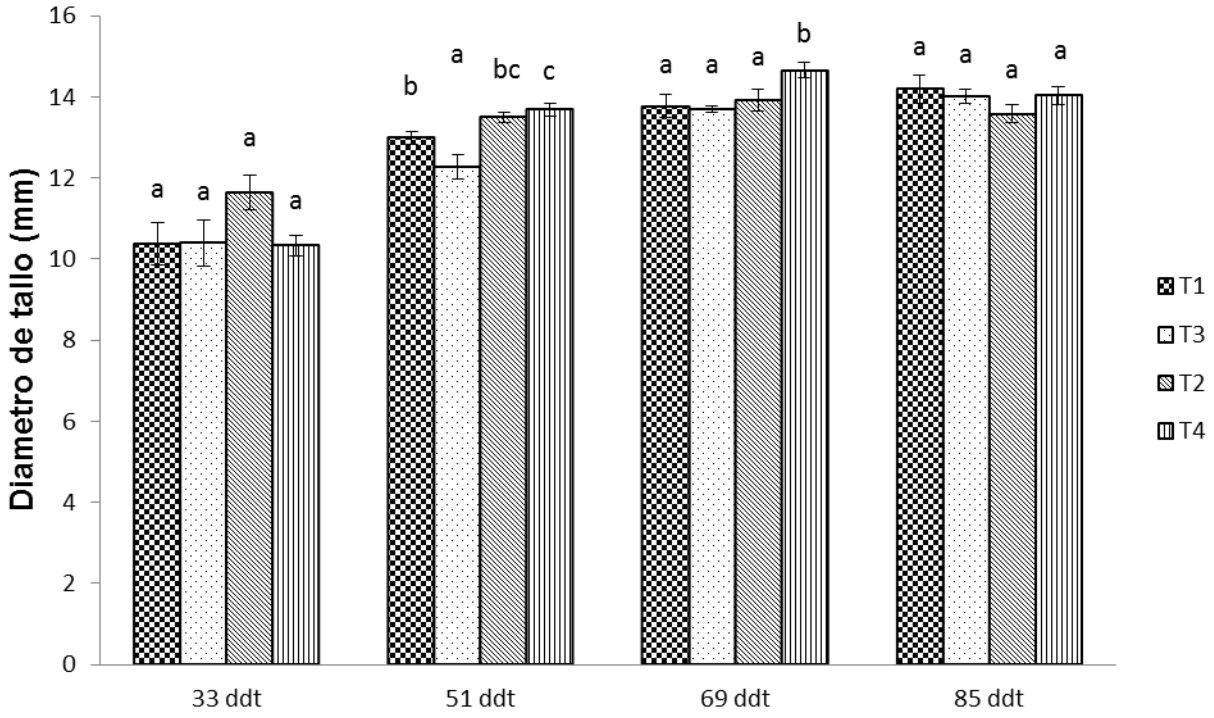

Figura 11. Comparación del diámetro de tallo para los genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.8.3 Distancia de entrenudos

Se evaluó el desarrollo de los entrenudos de las plantas, llegando a cuatro muestreos, los cuales se realizaron en conjunto con las mediciones de altura y diámetro del tallo, después de realizar el análisis de varianza se observa que no existe una diferencia significativa entre mallas, (Cuadro 7*).* Prohens *et al*. (2003), encontraron en un estudio que la distancia de entrenudos en plantas de tomate, presentaron un rango entre 2,96 y 6,38 cm, utilizando tanto genotipos de crecimiento determinado como de crecimiento indeterminado, concordando con los valores obtenidos en la evaluación desde los 33 a 85 días.(figura 12) Pratta *et al*. (2003), encontraron que la distancia de entrenudos está relacionada con el hábito de crecimiento de las plantas de tomate. Estudios realizados por Vallejo (1994) indicaron que la menor distancia de entrenudos fue obtenida por plantas con hábito de crecimiento determinado, mientras que los mayores valores de longitud de entrenudos se obtuvieron de plantas con hábito de crecimiento indeterminado, tal como lo señala Rodríguez *et al*. (2005), concluyendo que las plantas que poseen mayor longitud de entrenudos, tienen un menor diámetro del tallo (crecimiento indeterminado) lo contrario sucede con plantas de menor longitud de entrenudos y mayor diámetro de tallo (crecimiento determinado).

La longitud de onda correspondiente a los 510-400 nm reduce la longitud de los entrenudos para el cultivo de tomate y pepino (Ménard *et al* 2006). Los resultados de radiación PAR obtenidos durante la evaluación de las mallas comercial y prototipo CIQA, muestran un promedio de 502 y 467 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ respectivamente.

Cuadro 7. Comparación de medias entre mallas evaluadas, comercial y prototipo CIQA, empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Longitud de entrenudos* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Entrenudos (cm)	Comercial	3.38a	4.27a	4.96a	4.93a
	Prototipo	3.49a	4.28a	4.63a	4.97a
	Genotipos				
	Horus	3.57a	4.81b	5.07b	4.94a
	Floradade	3.3a	3.74a	4.52a	4.96a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan *P*≤ 0.05. ddt - días después del trasplante.

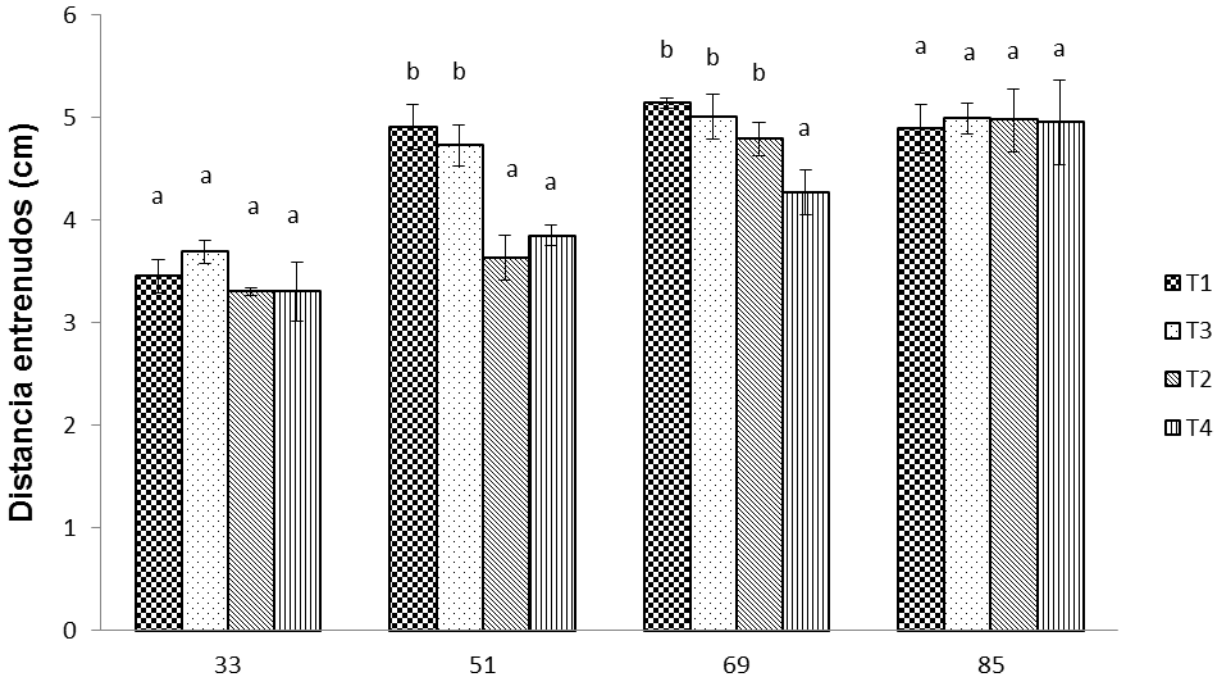

Figura 12. Comparación de la distancia entre nudos para los genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.9 Área foliar

El registro de AF aumenta gradualmente a través del tiempo por el crecimiento propio del cultivo, no se encontraron diferencias significativas entre mallas evaluadas (prototipo CIQA y comercial) misma tendencia encontrada para genotipos (Figura 13), mientras que la interacción muestra una diferencia a los 51 ddt, (Cuadro 8). Barraza (2000) menciona, que el área foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final. Plantas con mayor área foliar y ambiente favorable, son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente según Jarma *et al*. (1999).Ya que la luz interceptada es un factor determinante para el crecimiento y la producción de biomasa de tomate y depende principalmente del área foliar de la planta, valores elevados de área foliar se relacionan con una mayor producción de biomasa y rendimiento Heuvelink y Dorais, (2005).

Cuadro 8. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Área foliar* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Área foliar (cm^2)	Comercial	2940.5 a	5091.3a	5315.3a	5807.7 a
	Prototipo	2930.1a	4689.9 a	5504.5a	6433.6 a
	Genotipos				
	Horus	3016.9a	5011.4a	5002.6a	5965.8 a
	Floradade	2853.7a	4769.7a	5817.2a	6275.6 a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

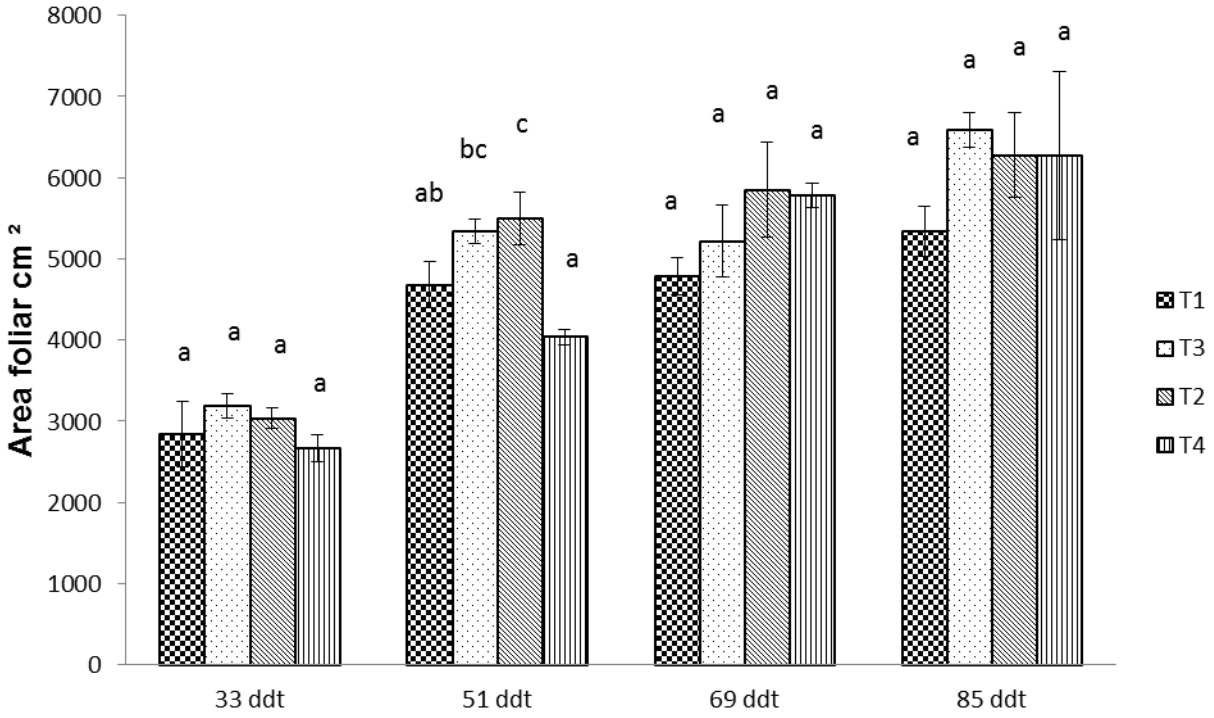

Figura 13. Comparación del área foliar (AF) para los genotiposde tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.10 Número de hojas

Para lo correspondiente al análisis estadístico de numero de hojas por planta en las fechas evaluadas no se muestran diferencias significativas entre mallas, sin embargo se muestra una diferencia entre genotipos, encontrando que el material Horus por su naturaleza de crecimiento indeterminado mostro mayor cantidad de hojas (Cuadro 9). La hoja representa una gran fuente de fotosintatos a los frutos, principalmente la segunda y tercera hoja debajo del racimo (Vermon, 2003), es importante mantener una planta de tomate con 14 a 17 hojas desarrolladas (estas hojas se cuentan a partir del último racimo formado que tenga al menos una flor abierta y hacia abajo) (Muñoz, 2009). Lo cual se representa en la (Figura 14). Al conservar menor número de hojas (dejando menos de 13 hojas por planta) lo cual concuerda con la Var. Floradade. Se tendrán frutos de menor tamaño de lo esperado y la planta se debilitara, además de retardar la maduración, le faltara área fotosintética y esta puede sufrir un agotamiento y dificultades para llenar y generar frutos en un ciclo largo (Muñoz, 2009) Esta tendencia inicia a los 51 ddt y continua hasta el final del ciclo del cultivo.

Cuadro 9. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Número de hojas* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Número de hojas #	Comercial	5.25a	7.88a	10.97a	10.97a
	Prototipo	5.3a	8.19a	10.78a	10.78a
	Genotipos				
	Horus	5.31a	9.81b	12b	12b
	Floradade	5.24a	6.25a	9.75a	9.75a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

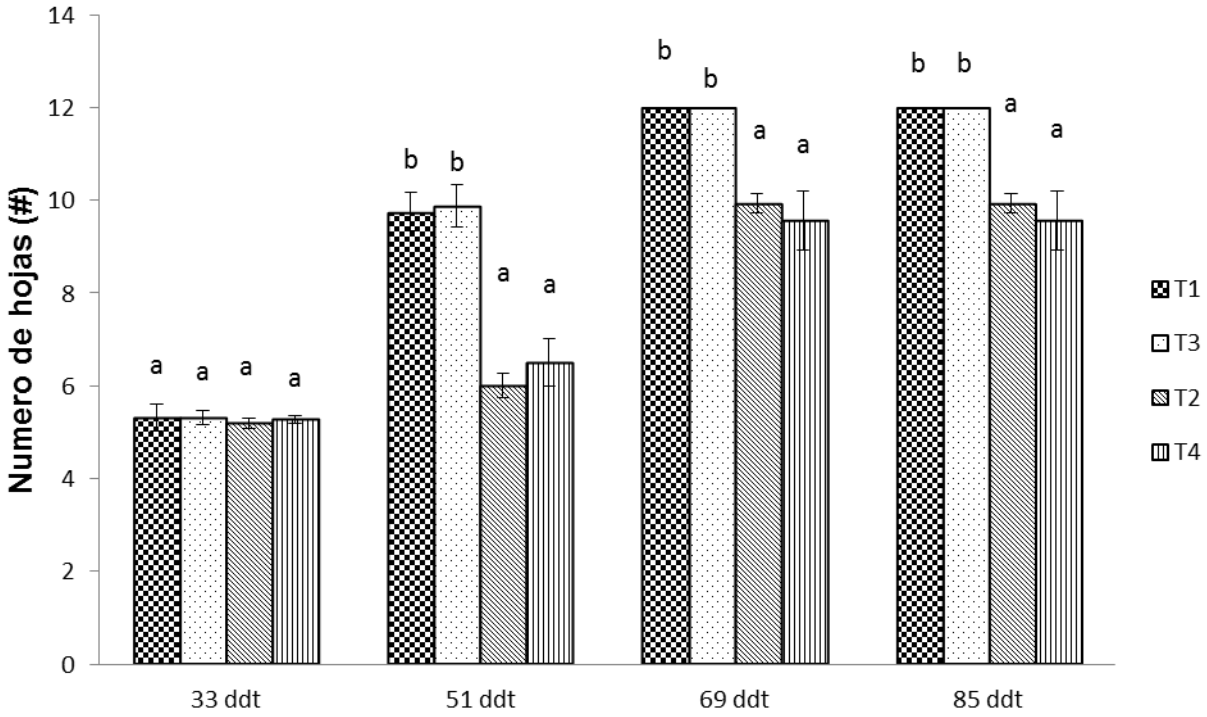

Figura 14. Comparación del número de hojas para los genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.11 Acumulación y distribución de materia seca

VIII.11.1 Materia seca en hoja.

El muestreo de materia seca se realizó en cuatro fechas diferentes a los 33, 51, 69 y 85 ddt. No encontrando diferencias significativas entre las mallas evaluadas así también encontrando una igualdad estadística entre genotipos. (Cuadro 10) mientras que la evolución es gradual para ambos genotipos (Figura 15). La biomasa de las hojas de plantas de tomate fue incrementando conforme se desarrolló el cultivo. Inicialmente, la hoja recién desplegada se comporta más como sumidero, importando asimilados procedentes de otras hojas, hasta que alcanza el 30 % de su tamaño final, cuando la importación cesa gradualmente y la hoja pasa de importar a exportar carbono (Ho *et al*., 1984). Cuando la hoja ha alcanzado su máxima expansión foliar y presenta a la vez la máxima actividad fotosintética, es esencialmente un órgano fuente de asimilados, y el balance de carbono la convierte, sobre todo, en exportador. Por último, durante la fase de senescencia se produce una exportación masiva de carbono de la hoja, que va acompañada por un descenso gradual de la actividad fotosintética (Dale y Milthorpe, 1983).

Cuadro 10. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en hoja* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Materia seca en hoja (g)	Comercial	26.38a	67.01a	74.79a	79.99a
	Prototipo	32.01a	65.26a	76.21a	92.97a
	Genotipos				
	Horus	29.64a	68.52a	76.69a	91.98a
	Floradade	28.75a	63.75a	74.3a	80.98a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

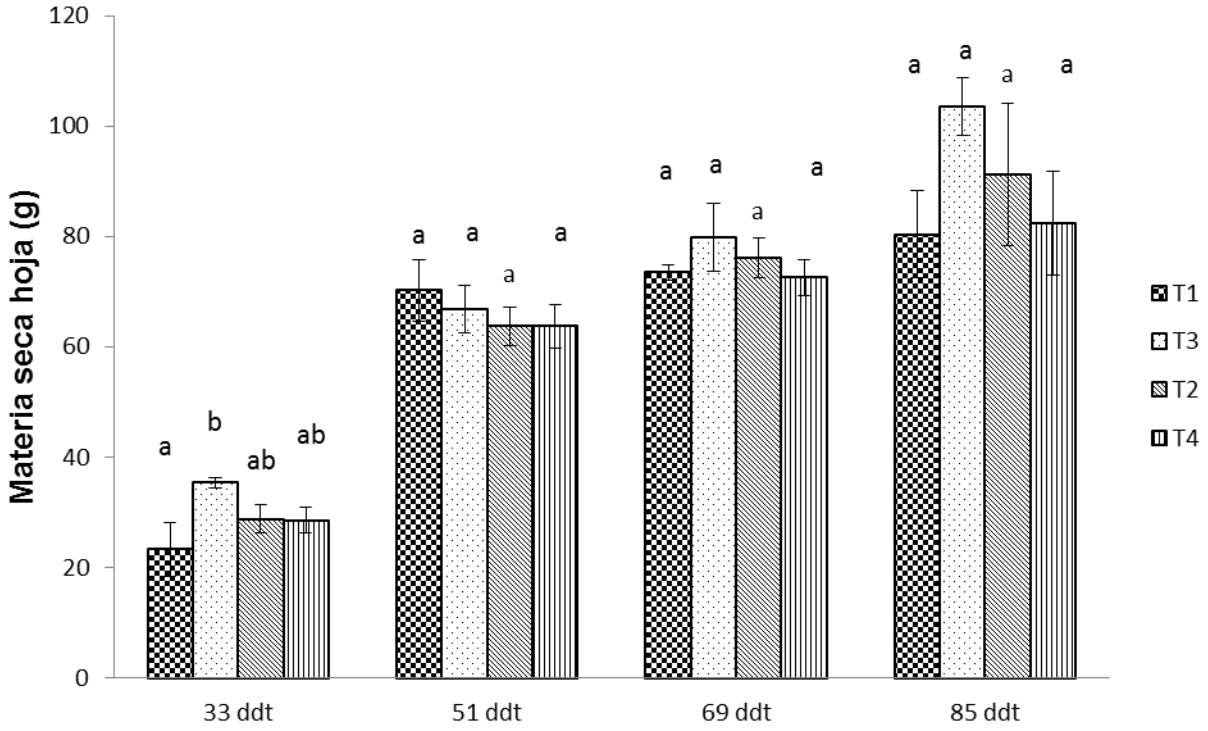

Figura 15. Comparación del peso de materia seca acumulada en hoja para los materiales vegetales de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo

VIII.11.2 Materia seca tallo.

El muestreo de materia seca se realizó en cuatro fechas diferentes a los 33, 51, 69 y 85 ddt. Sin encontrar diferencias significativas entre mallas ni en genotipos. (Cuadro 11) La biomasa acumulada en los tallo de plantas de tomate fue incrementando conforme se desarrolló el cultivo (Figura 16) (Sandoval, 2012). Menciona que a tallos más gruesos mejor estado nutricional de la planta y por lo tanto mayor generación de biomasa. En plantas de tomate la relación tallo/hoja, generalmente, aumenta (algunas veces, tras un descenso inicial) con el incremento de la edad y tamaño de la planta (Harssema, 1977; Horie *et al*., 1979; Nilwik, 1981). En cambio, en plantas adultas, la distribución de materia seca entre tallos y hojas parece ser constante e independiente de la edad y tamaño de la planta (Schapendonk y Brouwer, 1984).

Cuadro 11. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en tallo* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Materia seco en tallo (g)	Comercial	6.67a	21.55a	34.59a	41.09a
	Prototipo	7.2a	19.68a	36.24a	47.44a
	Genotipos				
	Horus	7.05a	21.34a	36.61a	44.56a
	Floradade	6.82a	19.89a	34.22a	43.97a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

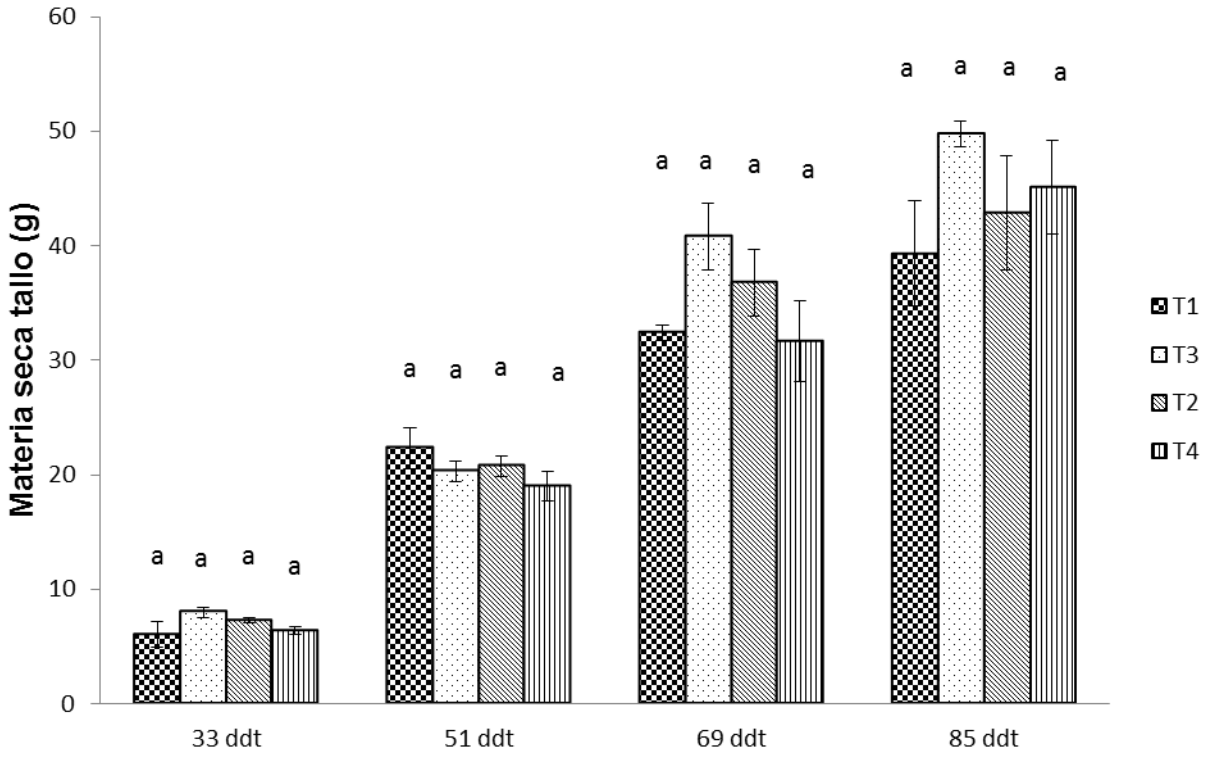

Figura 16. Comparación del peso de materia seca acumulada en tallo para los materiales vegetales de tomate (*Solanum lycopersicum*.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.11.3 Materia seca en peciolo

El muestreo de materia seca en peciolo realizada durante las fechas de muestreo a los 33, 51, 69 y 85 ddt. Muestra una diferencias significativa entre mallas al inicio de las evaluaciones durante el muestreo realizado a los 33 ddt sobresaliendo la malla prototipo (CIQA) durante las tres evaluaciones restantes 51, 69 y 85 días se estandariza y muestran una similitud (Cuadro 12) La biomasa acumulada en el peciolo de las hojas de plantas de tomate tuvo una tendencia al alza a medida que la planta fue alcanzando un mayor desarrollo. Destaca el T3 presentando diferencias significativas a los 33 ddt manteniendo una ligera ventaja hasta concluir el último muestreo a los 85 ddt.

Los Tratamientos 2 y 4 correspondientes al cultivar Floradade presentan una disminución del valor de materia seca debido al hábito de crecimiento determinado de la variedad, al final del ciclo la planta senece y muere, (Figura 17). Por lo cual la acumulación de materia seca decae al pasar los fotoasimilados de la hoja y hacia los órganos destinados a la cosecha. En general los valores de materia seca en peciolo son consistentes de acuerdo a Gates (1955), donde señala valores de control entre el 2.38 y 3.78 g.

Lorenzo, (2001) menciona que las especies termófilas que se cultivan bajo protección, cuando la temperatura desciende por debajo de los 10–12 ºC se puede presentar una alteración de la reducción de la longitud del peciolo por lo que puede reflejarse en materia seca.

Cuadro 12. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en peciolo* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Materia seca en peciolo (g)	Comercial	1.79a	3.53a	4.1a	4.15a
	Prototipo	2.27b	3.84a	4.42a	4.31a
	Genotipos				
	Horus	2.13a	4.06b	4.24a	4.74b
	Floradade	1.93a	3.3a	4.28a	3.73a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

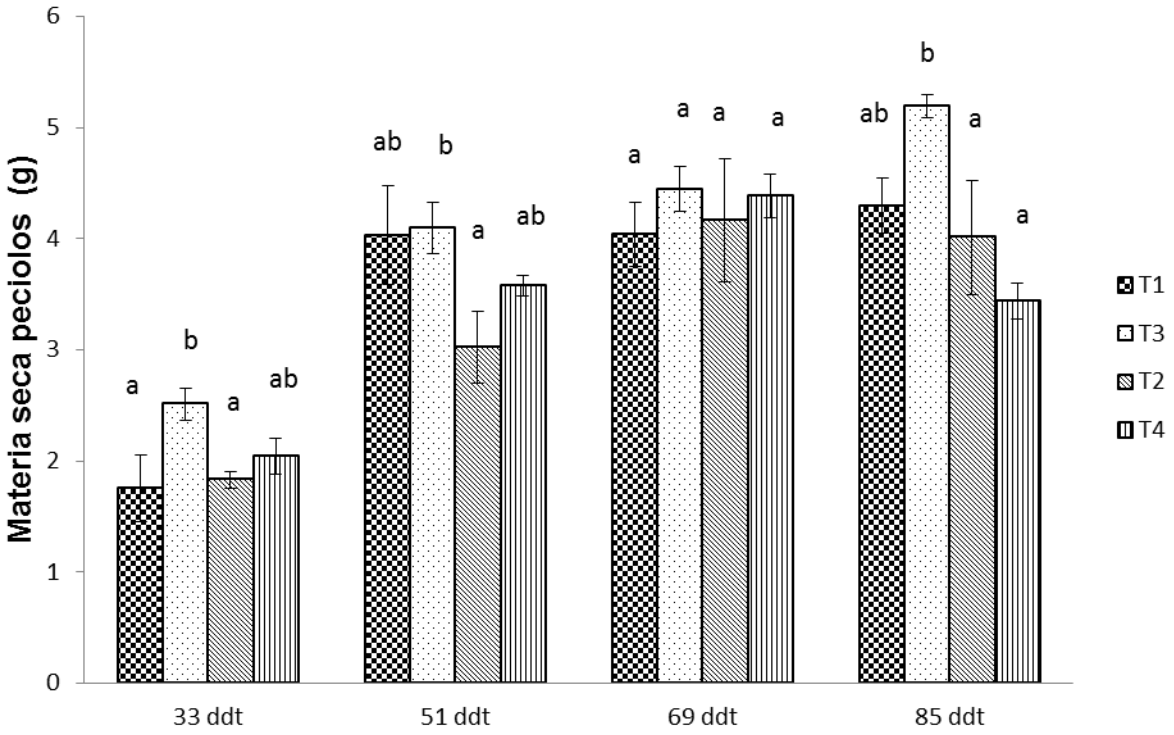

Figura 17. Comparación del peso de materia seca acumulada en peciolo para los materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.11.4 Materia seca en flor

Durante los cuatro muestreos realizados a materia seca correspondientes a flor a los 33, 51, 69 y 85 no se encontraron diferencias significativas en las mallas evaluados así tampoco en los genotipos (Cuadro 13). La biomasa acumulada en flor fue en incremento hasta el segundo muestreo llegando al tercer muestreo en el cual el amarre de fruto comenzó a iniciar lo que disminuyo la cantidad de flores. (Figura 18) La distribución de la materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo, ya que el rendimiento de éste viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha (Peil y Gálvez, 2005).

Cuadro 13. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en flor* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas			
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**
Materia seca en flor (g)	Comercial	0.31a	0.46a	0.18b
	Prototipo	0.36a	0.48a	0.04a
	Genotipos			
	Horus	0.31a	0.36a	0.08a
	Floradade	0.37a	0.57a	0.14a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

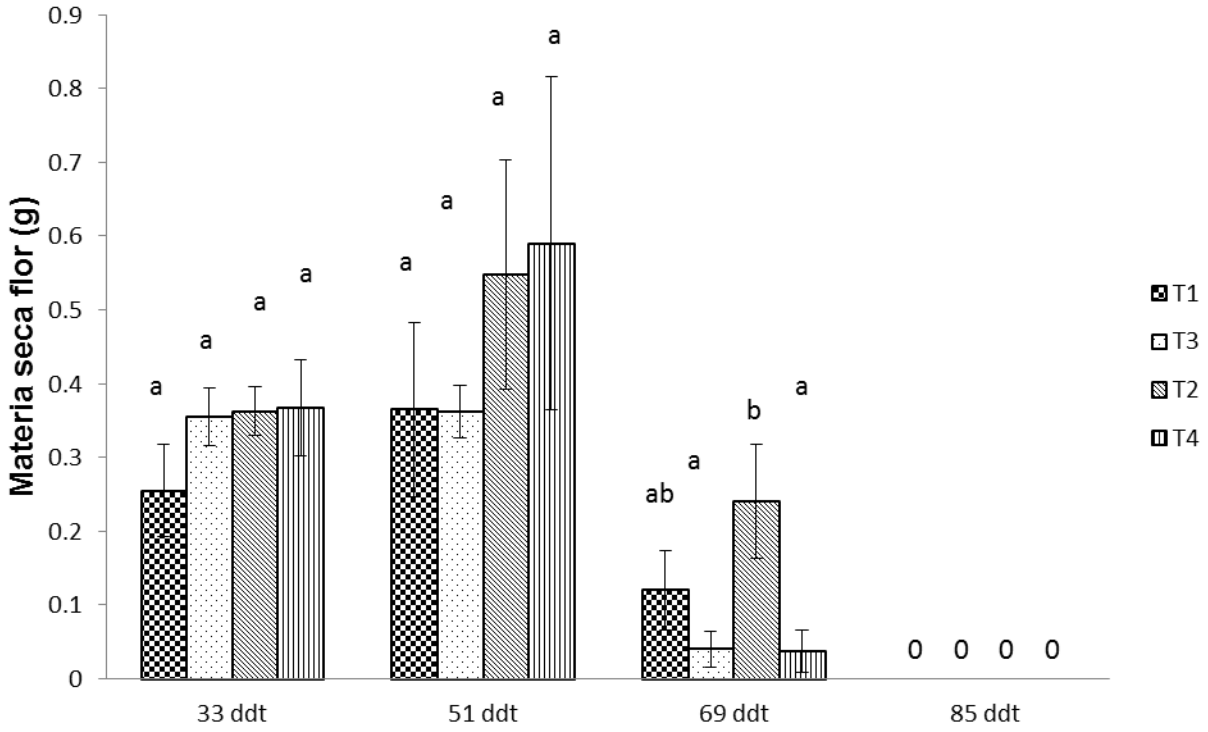

Figura 18. Comparación del peso de materia seca acumulada en flor para los materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.11.5 Materia seca en fruto

El muestreo de materia seca se realizó en cuatro fechas diferentes a los 33, 51, 69 y 85 ddt. La biomasa acumulada en fruto mantuvo un incremento gradual al paso de los días comenzando a la inversa de la acumulación en materia seca de flores. (Figura 19). Los análisis estadísticos que se realizaron a las mallas evaluadas no mostraron una diferencia significativa mientras que los materiales vegetales después de los 51 ddt el material Horus muestra una diferencia continua hasta el fin de la evaluación dejando por debajo al material Floradade (Cuadro 14). Heuvelink *et al*. (2005) realizaron un estudio donde encontraron que la mayor cantidad de materia seca, es destinada en mayor proporción hacia los frutos y en menor proporción hacia los tejidos foliares.

Los frutos son los principales órganos sumideros de asimilados (Marcelis, 1994; Marcelis & DE Koning, 1995; Lorenzo, 1996), y compiten fuertemente entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles (Marcelis, 1992).

El número de frutos está determinado por la cantidad de hojas que actúan como fuente de asimilados de acuerdo con su filotaxia; al hacer raleo de frutos, el número de hojas y su distancia a los frutos puede variar. Al reducir unos frutos, los asimilados que iban a estos son atraídos por los frutos adyacentes, que aumentan a sí su peso y tamaño (Russell y Morris, 1983).

Cuadro 14. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Materia seca en fruto* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas				
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**	**85 ddt**
Materia seca en fruto (g)	Comercial	0.12a	13.82a	29.84a	69.84a
	Prototipo	0.13a	11.94a	29.31a	76.36a
	Genotipos				
	Horus	0.22a	19.63b	39.88 b	95.42 b
	Floradade	0.03a	6.13a	19.27 a	50.78 a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

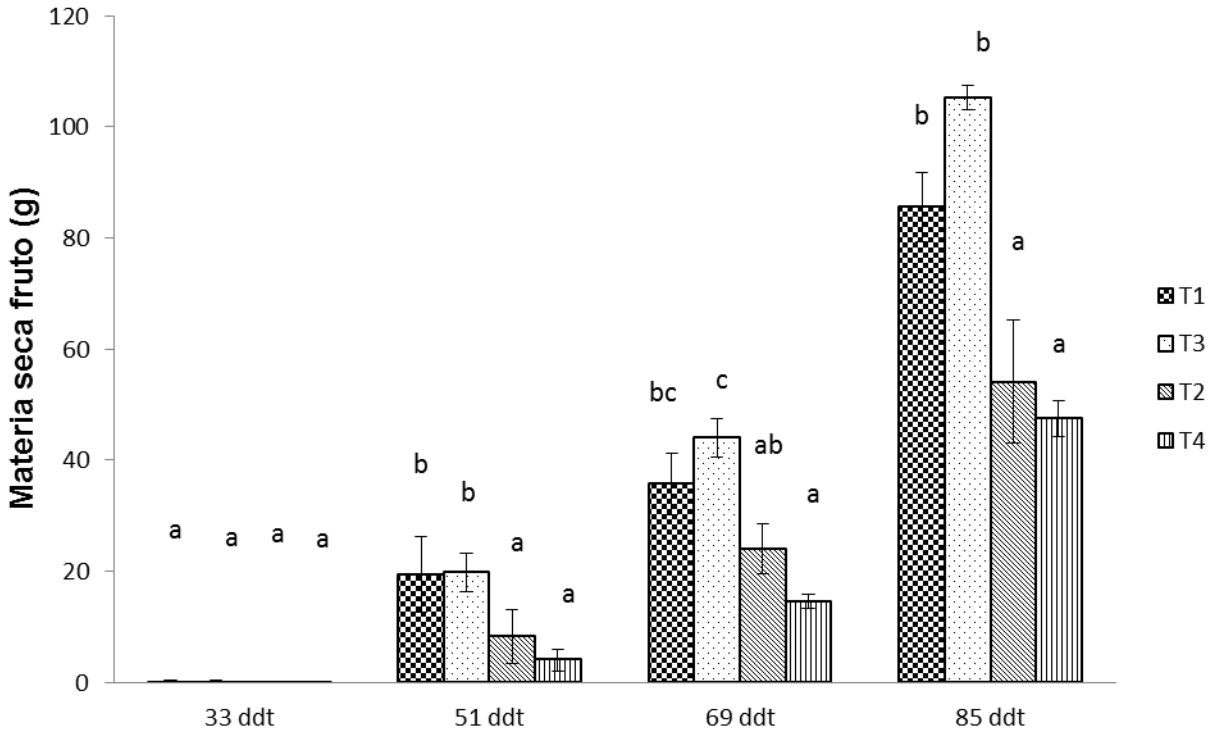

Figura 19. Comparación del peso de materia seca acumulada en fruto para los materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) en malla anti - insectos comercial y en malla anti - insectos prototipo.

VIII.12 Rendimiento del cultivo de tomate por planta

Para la cuestión de rendimiento del cultivo por planta se inició con los muestreos una vez que los frutos comenzaron a rayar separando por cada parámetro contenido en la norma de calidad suprema México 2017 tomando el peso de cada uno de los frutos (Figura 20). Se obtuvieron resultados superiores para el genotipo hibrido Horus e inferiores para la Var. Floradade según Obteniendo de acuerdo a los análisis de ANVA para a comparación de mallas ninguna diferencia significativa entre si ya que las dos mallas tanto comercial como prototipo fueron estadísticamente iguales para la cuestión de comparación de genotipos se encontró que el cultivar Horus obtuvo una diferencia significativa en los frutos encontrados dentro de la calidad suprema de grande y extra grande. (Cuadro 15).

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (Dogliotti, 2004). Este rendimiento puede estar limitado por la capacidad de generar asimilados o por la capacidad de almacenamiento. (Guardiola y García 1990; Peil y Gálvez, 2005) las hojas y los tallos, son los principales órganos sintetizadores de foto asimilados, los cuales son translocadas posteriormente a distintos órganos de la planta; para suplir las demandas de los vertederos en formación. (Dwelle, 1990; Foyer y Paul, 2001; Vaieretti, *et al*., 2007; Medina, *et al*, 2008).

Cuadro 15. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Rendimiento por planta* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas						
		Rezaga	Chico	Med	Grande	Extra gran	Max Extra gran
Rendimiento por planta (kg)	Comercial	0.23a	0.1a	0.4a	0.69a	1.9a	0.39a
	Prototipo	0.26a	0.15a	0.44a	0.71a	1.44a	0.52a
	Genotipos						
	Horus	0.17a	0.12a	0.38a	0.88b	2.06b	0.57a
	Floradade	0.32b	0.13a	0.46a	0.53a	1.29a	0.34a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

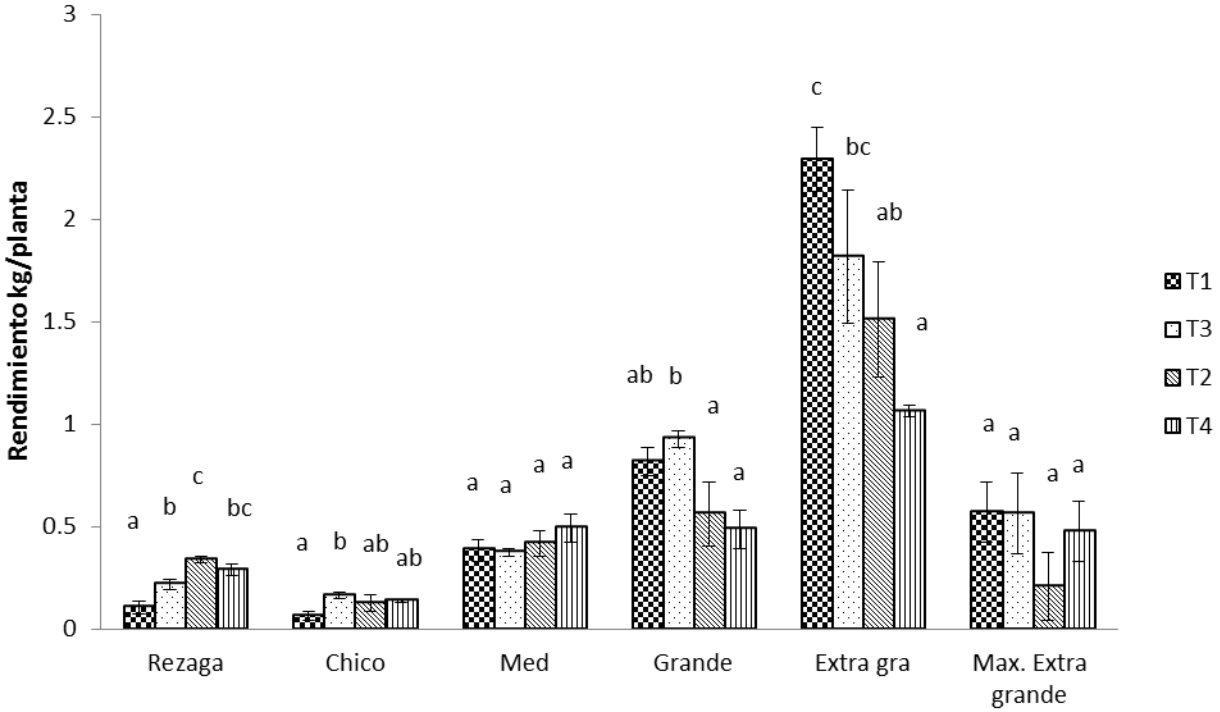

Figura 20. Rendimiento de frutos cosechados de acuerdo a su clasificación según la norma Oficial “México Calidad Suprema”, de un cultivo de tomate tipo bola bajo dos tipos de malla en 2017.

VIII.13 Número de Frutos por planta

Se representada por tratamiento la cantidad de frutos cosechados y su clasificación establecida por la norma Oficial “México Calidad Suprema” para tomate tipo bola, en la cual podemos observar que la cantidad de frutos que se encuentran dentro de las especificaciones de la norma sobresalen la calidad grande y extra grande no mostrando una diferencia significativa entre las mallas evaluadas pero si entre los genotipos.(Cuadro 16) Obteniendo un 10% de rezaga para el T2 y T4; y 2.5% para T1 y 5.4% para T4, lo que deja a la variedad Horus con un porcentaje muy pequeño de rezaga y muy alto para los valores de calidad Extra Grande para el T1 de 54% y 45% de T3. Lo que deja por debajo a la variedad Floradade con una mayor rezaga y solo el 36% de frutos Extra Grande. (Figura 21).

Cuadro 16. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *número de frutos por planta* en el ciclo marzo junio de 2017.

		Mallas					
		Rezaga	Chico	Med	Grande	Extra gran	Max Extra gran
Número de frutos por planta	Comercial	3.22a	1.28a	3.53a	4.53a	9.22b	1.38a
	Prototipo	4.41b	1.53a	3.66a	4.66a	6.88a	1.63a
		Genotipos					
	Horus	2.34a	1.41a	3.06a	5.78b	9.97b	1.81a
	Floradade	5.28b	1.41a	4.13a	3.41a	6.13a	1.19a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

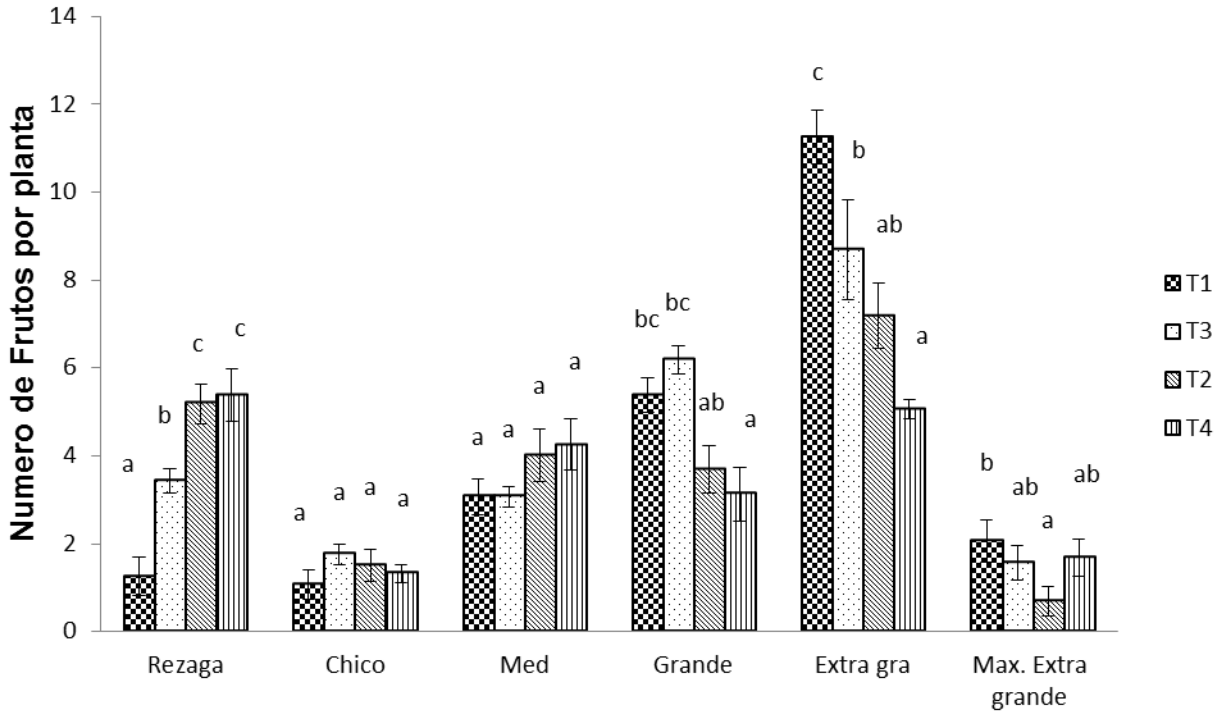

Figura 21. Número de frutos por planta cosechados de acuerdo a su clasificación según la norma Oficial "México Calidad Suprema", de un cultivo de tomate tipo bola.

VIII.14 Fotosíntesis

Se observa que durante los tres muestreos de fotosíntesis que se realizaron durante el ciclo del cultivo no existieron diferencias significativas entre tratamientos, ya que el ANVA revela que todos tuvieron valores muy similares, (Cuadro 17). De acuerdo a las tres evaluaciones que se realizaron en fotosíntesis se puede apreciar que a los 84 ddt se obtuvo (Figura 22) valores más altos de potencial fotosintético debido a la mayor extensión de las hojas que permito a la planta poseer una mayor de interceptación de luz y una mayor producción fotosintética (Criollo y García, 2009).

Fogg (1967), menciona que la actividad fotosintética y el crecimiento están estrechamente relacionados, la cantidad de fotosíntesis que una planta realiza depende de la superficie de la hoja u órganos fotosintéticos que posea y de la actividad fotosintética por unidad de área de estos tejidos.

Este mismo parámetro se disminuyó a los 102 ddt debido a que las hojas entran en senescencia y mueren más rápido (Cayón, 1992).

Cuadro 17. Comparación de medias entre mallas evaluadas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable *Fotosíntesis* en el ciclo Marzo-Junio de 2017.

	Mallas			
	Muestreos	**33 ddt**	**51 ddt**	**69 ddt**
Fotosíntesis umol de CO_2 $m^{-2}seg^{-1}$	Comercial	15.61a	23.57a	9.68a
	Prototipo	18.16a	25.28a	11.81a
	Genotipos			
	Horus	13.96a	24.04a	10.65a
	Floradade	19.8a	24.8a	10.83a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

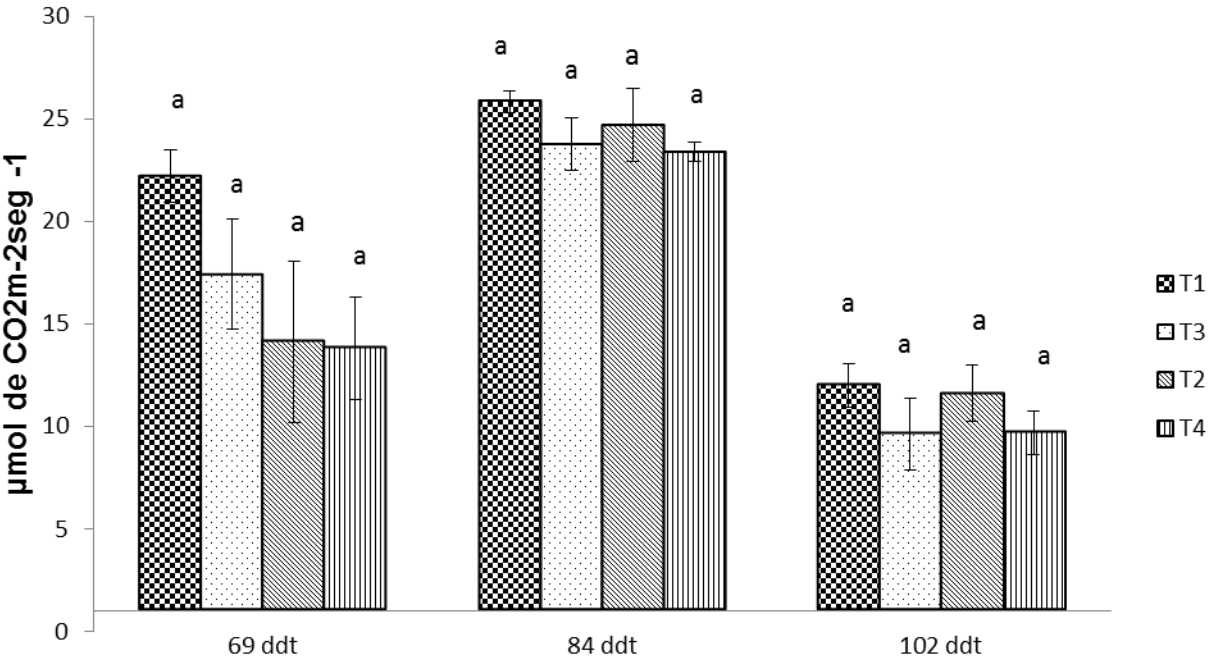

Figura 22. Fotosíntesis de dos materiales vegetales de tomate (Solanum lycopersicum.) tipo bola (Horus, Floradade) cultivadas bajo dos tipos diferentes de mallas plásticas (Prototipo CIQA, Comercial).

VIII.15 Potencial hídrico xilemático

Para la variable Potencial hídrico xilemático de no se encontraron diferencias significativas entre las mallas evaluadas pero si entre genotipos (Cuadro 18) mostrando que el material Floradade se mantuvo con mayor estrés durante el ciclo total del cultivo, mientras que el material Horus muestra un mejor control en cuanto a su contenido de agua manteniéndose hasta el tercer muestreo comprendido a los 102 ddt mostrando un estrés superior al material Floradade esto puede atribuirse a que las hojas de la planta comenzaron senescencia.(Figura 23).

(Oliet, 2001) comenta que la cantidad de agua en la planta suele evaluarse por medio del potencial hídrico, el cual es indicador del estado hídrico. Y este varía con las condiciones ambientales y con la época estacional del año. Hsiao (1973) mencionó que el déficit de agua restringe el crecimiento celular, lo que se traduce en menor expansión foliar y crecimiento del tallo; similarmente, Balaguera *et al.* (2008) indicaron que con menor presión de turgencia debido a un déficit hídrico, hay menos área foliar y más cierre estomático.

Cuadro 18. Comparación de medias entre mallas comercial y prototipo CIQA empleadas en la evaluación de genotipos Horus y Floradade para la variable, *Agua en la planta* en el ciclo marzo junio de 2017.

	Mallas			
	Muestreos	**69 ddt**	**84 ddt**	**102 ddt**
Potencial hídrico xilemático.	Comercial	-0.45 a	-0.52 a	-0.8 a
	Prototipo	-0.4 a	-0.48 a	-0.79 a
	Genotipos			
	Horus	-0.59 a	-0.75 a	-0.74 a
	Floradade	-0.26 b	-0.25 b	-0.84 b

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Duncan $P \leq 0.05$. ddt - días después del trasplante.

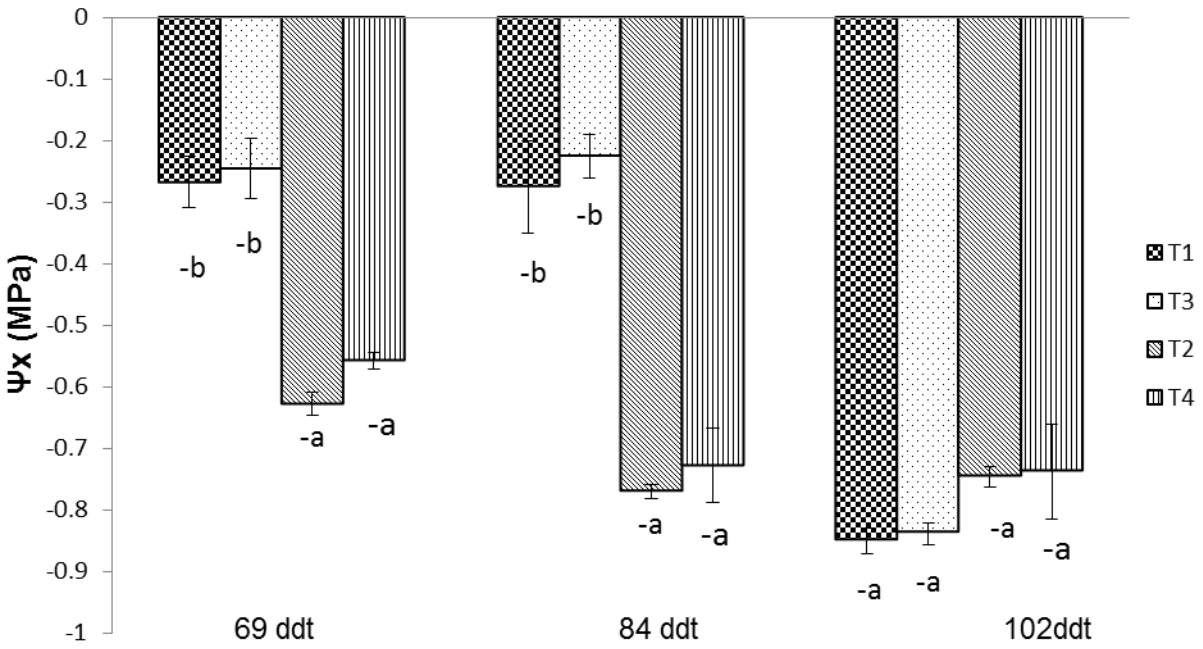

Figura 23. Potencial hídrico xilemático (Ψx) de dos genotipos de tomate tipo bola (Horus, Floradade) cultivados bajo dos tipos diferentes de mallas plásticas (Prototipo CIQA, Comercial)

VIII.16 Comparativo de valores medios radiativos.

Concentrado de los valores registrados para los parámetros radiativos que registraron la malla comercial y prototipo CIQA (Cuadro 19). Se tomaron como iniciales los valores registrados en la selección de la malla.

Cuadro 19. Concentrado de valores medios registrados pre-evaluatorios y evaluados en campo para las mallas prototipo CIQA y comercial vs. Radiación exterior interceptada.

Radiación solar	**Pre-evaluación**			**Evaluación de la malla en campo**				
	Prototipo (CIQA) selección inicio.		Radiación exterior	Prototipo (CIQA)		Malla Comercial		Radiación exterior
	Radiación	%	Radiación Exterior	Radiación	%	Radiación	%	Radiación Exterior
Total	449.6	43.4	1033.8	546.5	64.8	493.4	58.5	842.3
UV	18.1	10.6	169.2	49.8	34.3	79.5	54.8	145.0
PAR	1057.2	48.5	2175.5	467.4	27.7	502.6	29.8	1685.5
Difusa	559.6	112.8	496	583.0	66.6	510.5	58.3	875.4

Radiación total (w m^2), Radiación Uv (µmoles m^{-2} s^{-1}) Radiación PAR (µmoles m^{-2} s^{-1}) Radiación difusa (µmoles m^{-2} s^{-1}).

Se observa que la malla con los aditivos de bloqueo de la radiación infrarroja cercana, obtiene una menor radiación total, durante la pre-evaluación. Esta menor radiación total significa menores temperaturas al interior de esta malla anti-térmica. También es posible observar que transmite 1050 µmoles m^{-2} s^{-1}, los cuales se encuentran muy cercanos a los límites máximos de saturación de la fotosíntesis del cultivo de tomate mencionados por Bastida (2006), que señala valores favorables entre los 555 a 1100 µmol m^{-2} s^{-1}, permitiendo de esta forma alcanzar los rendimientos potenciales del cultivo

La pre evaluación del prototipo (CIQA) arrojo información de gran valor ya que los valores encontrados muestran una disminución considerable de las radiaciones incidentes evaluadas (Total, UV, PAR y Difusa).

IX. CONCLUSIONES

Se concluye que la malla en evaluación prototipo (CIQA) dejo pasar un promedio de radiación total del 6.3% mayor que la comercial mientras que la radiación PAR mostro un 2.1 % de inferioridad con respecto a la comercial no obstante la radiación difusa dentro de la cubierta de prototipo (CIQA) fue mayor en comparación con la malla comercial, con un 8.3% .

Sin embargo las temperaturas registradas dentro de los ambientes de trabajo fueron relativamente similares de igual manera la humedad relativa que se registró, fue constante para ambos ambientes en evaluación.

Por lo que las variables morfológicas evaluadas, altura de plantas, diámetro de tallo, distancia de entrenudos y fotosíntesis, de los genotipos en evaluación no mostraron una diferencia significativa en ninguno de los tratamientos esto debido a que bajo ambos ambientes las condiciones fueron estadísticamente iguales

Aunque los resultados en partición de biomasa muestran una diferencia numérica a favor de la malla prototipo (CIQA), no son lo suficientemente altos para mostrar una diferencia significativa estadísticamente.

Los datos registrados en la pre evaluación y evaluación de malla prototipo (CIQA) en campo muestran una diferencia radiactiva considerable por lo que se puede concluir que la elaboración del material terminado tubo alguna alteración en el proceso ya que al modificarse sus propiedades se modifica su capacidad de favorecer al microclima interno y por lo tanto la respuesta productiva de los cultivos.

X. SUGERENCIAS

Revisar la formulación del concentrado con el cual se construyó la malla en evaluación así como realizar pruebas en otros cultivos

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alpi, A. y Tognoni, F. (1991). Cultivo en invernadero. Actual orientación científica y técnica. 3era ed. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa: 343.

Atherton, J. G. and Rudich. J. (Eds.), 1986, The Tomato Crop: AScientific Basis for Improvement, Chapman & Hall, New York. DOI: 10.1007/978-94-009-3137-4

Ayala, F., Zatarain DM., Valenzuela, M., Partida, L., Velázquez, T de J., Díaz, T. y Osuna, JA. 2011. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana* 29: 403-410

Ayala-Tafoya, F., Zatarain-López, D. M., Valenzuela-López, M., Partida-Ruvalcaba, L., de Jesús Velázquez-Alcaraz, T., Díaz-Valdés, T. y Osuna-Sánchez, J. A. (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. Terra Latinoamericana. 29(4): 403-410.

Bastida, A. (2006). Manejo y operación de invernaderos agrícolas. UACh. Dpto. de Preparatoria A ícola. México. 237.

Balaguera H E, J G Álvarez H, J D Rodríguez (2008) Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (Lycopersicum esculentum L.). Agron. Colomb. 26:246-255.

Bailey, B.J. 1981. The reduction of thermal radiation in glasshouses by thermal screens. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 26(3): 215-224.Recuperado de. http://dx.doi.org/10.1016/0021-8634(81)90106-2 Consulta enero 2017.

Bailey, B. J. 1988. Control strategies to enhance the performance of greenhouse thermal screens. *Journal of Agricultural Engineering Research*, *40*(3): 187-198. Recupeado de http://dx.doi.org/10.1016/0021-8634(88)90206-5 Consulta enero 2017.

Barker, J. C. (1990). Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes. J. Hort. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1080/00221589.1990.11516061.

Barraza, F.V. 2000. Crecimiento del Chile Manzano (Capsicum pubescens R. y P.) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis de Maestro en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 142 p.

Benton Jones J. J. 2008. Tomato plant culture in the field, greenhouses and home garden Edit CRC Press of Tyler francis Group. Boca Raton Fl. USA. Pp. 3, 10 y 105. Recuperado de: https://archive.org/stream/TomatoPlantCultureInTheFieldGreenhouseHomeGarden/Tomato%20Plant%20Culture%20%20In%20the%20Field,%20Greenhouse%20&%20Home%20Garden_djvu.txt Fecha de consulta: Julio 2017

Calvin L., R Cook, and W Amber. 2005. North America greenhouse tomatoes emerge as a major maket. USDA. Economic Research Service 1(3):20-27. Recuperado de: https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2005/april/north-american-greenhouse-tomatoes-emerge-as-a-major-market-force/

Castellano, S., Hemming, S. y Russo, G. 2008a. The influence of construction parameters on radiometric performances of agricultural nets. *Acta Horticulturae* 718: 283-290. Recuperado en http://www.actahort.org/books/718/718_32.htm. Consulta enero 2017.

Castellano, S., Scarascia Mugnozza, G., Russo, G., Briassoulis, D., Mistriotis, A., Hemming, S., & Waaijenberg, D. 2008. Plastic nets in agriculture: a general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(6): 799-808. Recuperado de: http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/7928. Consulta febrero 2017.

Castellanos, J. Z., y Borbón, M. C. 2009. Panorama de la horticultura protegida en México. Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Intagri. Celaya, Gto., México. 1-18

Castilla, N. (2004). Invernaderos de plástico: tecnología y manejo (p. 457). Madrid: Mundi Prensa.

Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. Madrid, España; México, D.F. Ediciones Mundi-Prensa. Pp: 25-35.

Castilla, N. 2007. Invernaderos de plástico. Tecnologia y manejo. Ediciones Mundi Prensa. 462 pp.

Castro, J. D., Gómez, J. G. y Rivera, J. G. G. M. (2014). Automatización de un invernadero de plántulas de tomate rojo. Ciencia e Ingenieria. 1(2): 1-20.

Cayón, G. 1992. Fotosíntesis y productividad de cultivos. Revista Comalfi. 19 (2): 23 – 31.

Cerny, T.A., Faust, J.E., Layne, D.R. y Rajapakse, N.C. 2003. Influence of photoselective films and growing season on stem growth and flowering of six plant species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(4): 486-491. Recuperado de: http://journal.ashspublications.org/content/128/4/486.full.pdf+html. Consulta enero 2017.

Cook, R. 2007. El mercado dinámico de la producción de tomate fresco en el área del TLCAN. *Davis, Ca.: Universidad de California-Departamento de Agricultura y Recursos Económicos*. Recuperado de: (http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-773.pdf). Consulta enero 2017.

Criollo, H; García, J. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (Raphanus sativus L.) bajo invernadero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 3(2): 210 – 222.

Cummings LG, Foo E, Weller JL, Reid JB, Koutoulis A 2008. Blue and red photoselective shadecloths modify pea height through altered blue irradiance perceived by cry1 photoreceptor. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 83: 663-667. Recuperado de. http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2008.11512440. Consulta enero 2017.

D'Arcy W.G. 1991. The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. En: Hawkes J.G., Lester R.N., Nee M. y Estrada R. N. Eds. Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry and Evolution, pp. 75-137, The Royal Botanical Gardens, Kew, Londres.

Dale, J.E.; Milthorpe, F.L. 1983. General features of the production and growth of leaves. In: Dale, J.E.; Milthorpe, F.L. The growth and functioning of leaves. Cambridge: Cambridge University Press,. p.151-178.

De Koning, A.N.M. 1989. Development and growth of a commercially grown tomato crop. Acta Horticulturae. 260: 267 – 273 DOI: 10.17660/ActaHortic.1989.260.15

Dogliotti, S. 2004. Universidad de la República – Facultad de Agronomía Ciclo de Formación Central Agronómica. Curso de Fisiología de los Cultivos. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill) Material de apoyo al Módulo Horticultura. Disponible en: www.fagro.edu.uy/~cultivos/hortalizas/Repartido_Fisiologia_tomate.pdf. Fecha de consulta: Julio 2017.

Dwelle, R. 1990. Source/ Sink Relationships during tuber growth. American Journal of Potato Research 67(1): 829 – 833. Recuperado: https://link.springer.com/article/10.1007/BF03044295

Espí, E. (2012). Materiales de cubierta para invernaderos. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios. CEA 03. 71-88 p

Fallik, E., Alkalai-Tuvia, S., Parselan, Y., Aharon, Z., Elmann, A., Offir, Y., Matan, E., Yehezkel, H., Ratner, K., Zur, N. and Shahak, Y. 2009. Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing. *Acta Horticulturae*. 830: 37-44 Recuperado de. http://www.actahort.org/books/830/830_3.htm Consulta enero 2017.

Favaro, J.C. y R. A. Pilati. 1997. Cultivo de tomate. En: Cultivos bajo invernaderos. Centro de Publicaciones Universidad Nacional del Litoral y Editorial Hemisferio Sur. Segunda Edición. Buenos Aires. pp. 7-33.

Fernández, R. E.J; Camacho F. F; Lao Arenas, M.T; Gomez, V.P; Kenig, A; Jimenez, S.2003. Effects of aluminized shading screens vs whitewash in a non heated greenhouse temperature. ActaHorticulturae.614(1): 427-432

Fischer, G. y J.O. Orduz-Rodríguez. 2012. Ecofisiología en frutales. pp. 54-72. En: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios, Bogotá. Recuperado: https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/257972716_Introduccion_Manual_para_el_cultivo_de_frutales_en_el_tropico/links/5794cee608aec89db7a2ca5f/Introduccion-Manual-para-el-cultivo-de-frutales-en-el-tropico.pdf

FIRA. 2017. Panorama Agroalimentario, Tomate rojo. pp. 13-17 Recuperado: https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310

Fleisher, H. D., Logendra, S. L., Moraru, C., Both, A. J., Cavazzoni, J., Gianfagna, T., & Janes, W. H. 2006. Effect of temperature perturbations on tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) quality and production scheduling. The *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(1): 125-131 Recuperado de. DOI: 10.1080/14620316.2006.11512038 Consulta enero 2017.

Fogg, G.E. 1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). 327 p.

Foyer, C. y M. Paul. 2001. Source - Sink Relationships. In: Encyclopedia of Life Sciences. Nature Publishing Group, unites Kingdom. p 11

Gates, C. T. (1955). The response of the young tomato plant to a brief period of water shortage. Australian Journal of Biological Sciences, 8(2), 196-214.

Gallo, K. P. and C.S.T. Daughtry. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosinthetically active radiation in corn canopies Agronomy Journal. Recuperado de: https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/78/4/AJ0780040752

Gámez, M.R. 2010. Evaluación microclimática, Agronómica y Ambiental de un cultivo bajo malla. Caracterización Radiativa en mallas. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. Departamento de Química Analítica. Granada, España.

Ganelevin R 2008. World-wide commercial applications of colored shade nets technology (Chromatinet®). *Acta Horticulturae* 770: 199-203 Recuperado de http://www.actahort.org/books/770/770_23.htm Consulta enero de 2017.

Garza, M., & Molina, M. (2008). Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el Estado de Nuevo León. SAGARPA, México, 183. Consultado junio 2017

Guardiola, J.L. y A. García, L. 1990. Transporte de azucares y otros asimilados. In: Fisiología y Bioquímica Vegetal. Azcon – Bieto, J y M. Talon (eds). Ed. Interamericana McGraw – Hill. Madrid. p: 149 – 171.

Guzmán, P.M. 2000. Respuesta fisiológica y control ambiental. En: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto. Guadalajara, Jal., México. pp. 44-63.

Hanan, J.J. 1998. Greenhouses: advanced technology for protected agriculture. CRC Press. Boca Raton, FL.

Harssema, H.1977. Root temperature and growth of young tomato plants. Wageningen, 86p. Tese (doutorado em Horticultura). Wageningen Agricultural University. Recuperado: http://edepot.wur.nl/288691

Helal, A. Ghany, A., I.M. 2010. Analysis of solar radiation transfer: A method to estimate the porosity of a plastic shading net. Department of Agricultural Engineering, College of Food and Agriculture Sciences, King Saud University. Arabia Saudita.

Heuvelink, E., Bakker, M.J., Elings, A., Kaarsemaker, R y Marcelis, L.F.M. 2005. Effect of leaf area on tomato yield. Acta Horticulturae. 691:43-50 DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.691.2

Heuvelink, E. and Dorais, M. 2005. Crop growth and yield: 85-144. In tomatoes: Heuvelink, E. (ed). 85-44 Wallingford: CABI Publishing. London. 352 pp. DOI: dx.doi.org/10.1079%2F9780851993966.0085

Ho, L.C.; Hurd, R.G.; Ludwig, L.J.*et al*. Changes in photosynthesis, carbon budget and mineral content during the growth of the first leaf of cucumber. Annual of Botany, v.54, p.87-101, 1984.

Horie, T.; De Wilt, C.T.; Goudriaan, J.*et al*. 1979 .A formal template for the development of cucumber in its vegetative stage. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie voor Wetenschappen, Serie C., v.82, p. 433-480,.

Hsiao TC (1973) Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:519-570

Hunziker, A. T. 1979. Sooth American Solanaceae: a Synoptic Survey. En: “Hawkes, J. G., Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Academic Press, New York & London”: p. 49-85.

Iba, K. (2002). Acclimative response to temperature stress in higher plants: approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, *53*(1), 225-245.

Jiménez-Borjas, J. 2009. Manejo integral del cultivo de tomate en invernadero. Ed. Universidad UNIVER del Pacifico NUEVA HORTITEC FERTRI Invernaderos y Casa sombras. Primera Edición.

Jarma, A.; C. Buitrago y S. Gutiérrez. 1999. Respuesta del crecimiento de la habichuela (Phaseolus vulgaris L. var. Blue Lake) a tres niveles de radiación incidente. Revista COMALFI 26(1-3), 62-73.

Kambalapally, V., Rajapakse, N.C. 1998. Spectral filters affect growth, flowering, and postharvest quality of Easter lilies. *HortScience* 33:1028–1029

Kittas, C., Katsoulas, N., Rigakis, N., Bartzanas, T., & Kitta, E. (2012). Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 87, 7e12.

Kitta, E., Katsoulas, N., & Savvas, D. (2012). Shading effects on greenhouse microclimate and crop transpiration in a cucumber crop grown under Mediterranean conditions. Applied Engineering in Agriculture, 28, 129e140.

Lamont, W. J. 2005. Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *HortTechnology.* 15(3): 477-481

Leskovar, D.I., J.C. Ward, R.W. Sprague and A. Meiri. 2001. Comparison of irrigation and stand establishment systems on yield, quality and water use efficiency of cantaloupe. HortScience 35:1238-1240.

Ilias, I.F., Rajapakse, N. 2005. The effects of end-of-the-day red and far-red light on growth and flowering of Petunia × hybrida 'Countdown Burgundy' grown under photoselective films. *HortScience* 40:131–133

Li, X., Chen, W. y Li, Y. 2012. Study on photosynthetic characteristics of blueberry in greenhouse. *Acta Horticulturae*. 926: 315-320 recuperado de http://www.ishs.org/ishs-article/926_43de Consulta enero 2017.

LIN, K. H., LO, H. F., LEE, S. P., George Kuo, C., CHEN, J. T., & YEH, W. L. (2006). RAPD markers for the identification of yield traits in tomatoes under heat stress via bulked segregant analysis. *Hereditas*, *143*(2006), 142-154.

López M.J., González, A., & Gálvez, A. 2009. Effect of Shade on Quality of Greenhouse Peppers *Acta Horticulturae* 893: 895 – 900. Recuperado: http://www.actahort.org/books/893/893_99.htm Consulta enero 2017.

Lorenzo, P 1996. Intercepción de luz, bioproductividad e intercambio gaseoso durante la ontogenia de un cultivo invernal de Cucumis sativus L. en Almería. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, 255 p.

Lorenzo, P.; Sánchez-Guerrero, M. C.; Medrano, E.; García, M. L.; Caparrós, I.; Giménez, M. (2003): "EL sombreado móvil exterior: efecto sobre el clima del invernadero, la producción y la eficiencia en el uso del agua y la radiación". Fernández, M.; Lorenzo, P.; Cuadrado, I. (Eds.): Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivos protegidos. Curso superior de especialización 7. DGIFA, FIAPA y Cajamar; pp. 207-229

Luckwill L. C. 1943. The Genus Lycopersicon. An historical, biological, and taxonomic survey of the wild and cultivated tomatoes. Aberdeen University Studies No. 120: 1-44.

Magan, J. J., Lopez, J.C., Escudero, A. y Pérez-Parra, J. 2007. Comparación de dos Estructuras de Invernadero (Cristal vs. Plástico) equipados con sistemas de control activo de clima. Actas de Horticultura No. 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas: 880-883

Marcelis, L.F.M. 1992. The dynamic of growth and dry matter distribution in cucumber. Annual of Botany, v.69, p.487-492. DOI: https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088376

Marcelis, L.F.M. Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber. Wageningen, 1994. 173p. Tese (Doutorado em Horticultura). Wageningen Agricultural University. Disponible en: http://edepot.wur.nl/206322

Marcelis, L.F.M.; De Koning, A.N.M. 1995. Biomass partitioning in plants. Crop growth. In: Bakker, J.C.; Bot, G.P.A.; Challa, H.*et al*. Greenhouse climate control: an integrated approach. Wageningen: Wageningen Pers, p.84-92.

Mavi, H.S. y G.J. Tupper. 2004. Agrometeorology. Principles and applications of climate studies in agriculture. Food Products Press, New York, NY. Recuperado: http://dl.scienceflag.com/Agrometeoralogy.pdf

Mc Cree, K.J. 1972. Test of current definitions of photosynthetically radiation against leaf photosynthesis data. Agriculture Meteorology 10: 443-456.

Medina, C. CI; Martinez, B, E; Lobo, A. M; Vargas, A. M. O. 2008. Distribución de la materia seca durante la ontogenia del lulo (Solanum quitoense Lam.) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del oriente Antioqueño, Colombia. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 61(1): 4256 – 4268.

Menard, C., Dorais, M., Hovi, T. and Gosselin, A. 2006. Developmental and physiological responses of tomato and cucumber to additional blue light. Acta Hort. 711 :291-296. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.711.39.

Möller C. H. 1940. A revision of the genus Lycopersicon. United States Dep. Agriculture, Misc. Publ. 382: 1-29 +10pl. Recuperado de: https://archive.org/details/revisionofgenusl382mull Fecha de Consulta: Julio 2017.

Mortensen, L.M. and E. Stromme. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. *Scientia Hort*. 33:27-36. DOI: https://doi.org/10.1016/0304-4238(87)90029-X

Monteith, J.L. y Unsworth, M.H. 1990. Principles of environmental physics. Arnol, London. Disponible en: http://denning.atmos.colostate.edu/readings/Monteith.and.Unsworth.4thEd.pdf Fecha de consulta: Julio 2017

Muñoz – Ramos, J. J. 2003. Estructuras de invernaderos y cubiertas de protección. p. 18-39. En: J. J. Muñoz - Ramos y J. 2. Castellanos (Eds.). Libro: Manual de Producción Hortícola en Invernadero.

Muñoz - Ramos, J., 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero, In: J.Z. Castellanos (Ed.). Manual de producción hortícola en invernadero. INTAGRI. México. pp 45 – 91.

Naor, A. (1998). Relations between leaf and stem water potentials and stomatal conductance in three field-grown woody. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 73 (4): 431-436.

Nilwik, H.J.M 1981. Growth analysis of sweet pepper (Capasicum annuum L.). 1. Influence of irradiance and temperature under glasshouse conditions in winter. Annual of Botany, v.48, p.129-136.

Nobel, P. S. 1991. Physicochemical and environmental plant physiology. Academic Press Inc. 632 p. Recuperado de: http://www.robertocezar.com.br/documentos/livros/livros/plantphysiology.pdf Fecha de consulta: Julio 2017.

Noreña J., Rodriguez, V., Vallejo, L. león G. 2013. Tecnologia para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Edicion corpioca. Colombia. P. 99-94

Orden, S.; De Oto, D.; Goldberg, M. y Mascarini, L. (1997). Transmitancia luminosa, espectral de mallas de sombreado para invernaderos. 7° Reunión Argentina y 1ª Latinoamericana de Agrometeorología. Buenos Aires, Argentina. Abril 28-30. p. 53-54.

Oren-Sharim, M.; Gussakovsky, E.; Shpiegel, E.; Nissin-Levi, A.; Ratner, K.; Ovadia, R.; Giller, Y.; Shahak, Y. Colored shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of Pittosporum variegatum. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, v. 76, p. 353 – 361, 2001.

Oliet, P. J. 2001. Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el viverismo. Universidad de Córdova, Dpto. Ingeniería Forestal. España. 17 p.

Padilla B., L. E., E. Reyes. R., y O. Pérez V. 2012. Evaluación de un cluster bajo agricultura protegida en México. Contaduría y Administración 57(3): 2012: 219-237. Recuperado de www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/download/404/402

Perea, E. 2011. Alto crecimiento de agricultura protegida; hay desorden y abandono regional. [Consultado 201 mayo 25] Disponible en: http://imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=1170&id_ejemplar=1&id_sec=26.

Peil, R. M. y Galvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la pproduccion de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Rev. Agrociencia, 11(1):05 11. Recuperado: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1171.

Peralta, I. E. and D. M. Spooner 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Razdan M. K. and Matoo A. K. (eds). Genetic Improvement of solanaceous Crops, Vol. 2 : Tomato. Edit. Scince Publishers, Enfield, USA.

Pérez, C., López, J.C., Gázquez, J.C., Marín, A. y Bermúdez, M.S., (2009): Experiencias con plásticos antiplagas en cultivos de tomate y sandía. VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas (SECH). Logroño. Acta de horticultura, 54: 204-205

Pratta, G.; Cánepa, L.; Zorzoli, R. & Picardi, L. 2003. Efecto del germoplasma silvestre sobre caracteres de interés agronómicos en híbridos intra e interespecífi cos del género Lycopersicon. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. (3):13-21. Junio de 2003

Preciado, R. P; Castillo, G. A. B; Torres, J. L. T; Shibata, J. K; L. T; Garza, A. M. 2002 Nitrógeno y Potasio en la Producción de Plántulas de Melón. Terra 20:67-76 Recuperado: https://chapingo.mx/terra/contenido/20/3/art267-276.pdf

Prohens, J.; Blanca J. & Nuez F. 2003. Caracterización de tomates silvestres de las islas Galápagos. En: Actas de horticultura Nº 39. X congreso nacional de ciencias horticolas. Universidad Politécnica de Valencia. Pontevedra, Galicia, España. pp. 114-116

Rajapakse, N.C., Kelly, J.W. 1991. Influence of copper sulfate spectral filters, daminozide and exogenous gibberellic acid on growth of Dendranthema grandiflorum (Ramat.) Kitamura 'Bright Golden Anne' *Journal of Plant Growth Regul*. 10: 207–214 Recuperado de. Doi:10.1007/BF02279336 Consulta enero 2017.

Rajapakse, N.C.; Pollock, R.K.; Mcmahon, M.J.; Kelly, J.W.; Young, R.E. 1992. Interpretation of light quality measurements and plant response in spectral filter research. *HortScience* 27: 1208-1211

Rajapakse, N. C., & Kelly, J. W. 1995. Spectral filters and growing season influence growth and carbohydrate status of chrysanthemum. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 120*(1): 78-83. Recuperado de. http://journal.ashspublications.org/content/120/1/78.full.pdf+html. Consulta enero 2017.

Rajapakse, N.C., Young, R.E., McMahon, M.J., Oi, R. 1999. Plant height control by photoselective filters: Current status and future prospects. *HortTechnology* 9: 618–624

Rajapakse, N. C. and Shahak, Y. 2007. Light-Quality Manipulation by Horticulture Industry, in Annual Plant Reviews Volume 30: Light and Plant Development (eds G. C. Whitelam and K. J. Halliday), Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. doi: 10.1002/9780470988893.ch12 Consulta enero 2017.

Rick, C.M. 1963. Barriers to interbreeding in Lycopersicon peruvianum. Evolution 17: 216-232. Rick C M. 1977. Conservation of tomato species germplasm. California, Agriculture. September, 32-33.

Rick, C. M. 1979. Biosystematic studies in Lycopersicon and closely related species of Solanum. In: J. G. Hawkes, R. N. Lester and A. D. Skelding (eds.). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae, Linnean Society Syposium Series 7: 667-678. Academic Press, New York, USA. Rick, C. M. 1986. Reproductive isolation in the Lycopersicon peruvianum complex. In: W.G. D'Arcy [ed.], Solanaceae, biology and systematics. Columbia University Press, New York, USA. pp. 477-495.

Romero-Gámez, M., Antón, A., Soriano, T., Suárez_Rey, E. and Castilla, N. 2009. Environmental impact of greenbean cultivation: Comparison of screen greenhouses vs. Open field. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7:132-138

Rodriguez, P.A. 2005. Aportes al conocimiento del virus del Marchitamiento moteado del tomate (TSWV) en tabaco (Nicotiana tabacum l) y efectos de un inductor de resistencia en la incidencia de la enfermedad. Tesis de grado, Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. p.136.

Russell, C.R. y D.A. Morris.1983. Patters of assimilates distribution and source-sink relationships in the Young reproductive tomato plants. Ann. Bot.52, 357-363.

SAGARPA. 2009. Programa de Ejecución Directa de Agricultura Protegida. http://www.amhpac.org/contenido/plan nacional de agricultura protegida (consultado Junio del 2017).

SAGARPA, Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios. Monografía de cultivos: Tomate. 2010. Gobierno Federal de México. Recuperado de: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Tomate.pdf. Consulta enero 2017.

SAGARPA, S., y Ganadería, D. R. 2016. Sistema de Información Agroalimentaria de consulta. México. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php.

SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Superficie cubierta y número de instalaciones de agricultura protegida 2015. Archivo .xls, Consultado: Agosto 2017 Recuperado de: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php

Salisbury, F. & Ross, C. (1994). Fisiología vegetal (p. 759). México D.F.: Grupo Editorial Iberoaméricano.

Saltveit, M. E. 2005. Fruit ripening and fruit quality. Crop Production Scienc. En Heuvelink. E. (Ed) Tomatoes. Netherlands:Cabi. Recuperado de dx.doi.org/10.1079/9780851993966.0000. Consulta enero 2017.

Sánchez, L. S., González, M. C. y Quezada, M. R. 2004. Desarrollo de películas para invernadero para clima cálido. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Saltillo México. VI Congreso Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de Plásticos en Agricultura CIDAPA. (8 al 10 de noviembre de 2004). Bogotá, Colombia. pp. 37-39

Sandoval R.A. 2012 Mis apuntes de oliericultura. Departamento de Horticultura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Mexico.

Schapendonk, A.H.C.M.; Brouwer, P. 1984 Fruit growth of cucumber in relation to assimilate supply and sink activity. Scientia Horticulturae, v.23, p.21-33 DOI: https://doi.org/10.1016/0304-4238(84)90041-4

Sellers, P.J.; Dickinson, R.E.; Randall, A., Betts, A.K., Hall, F.G., Berry, J.A., Collatz, G.J., Denning, A.S., Mooney, H.A., Nobre, C,A., Sato, N., Field, C.B. y Henderson-Sellers, A. (1997). Modelling the Exchanges of Energy, Water, and Carbon Between Continents and the Atmosphere. Science, 275:502-509.

Sellés, G.; Ferreira, R. y Maldonado, P. (2002). Cámara de presión: instrumento para controlar el riego a través de mediciones del estado hídrico de las plantas Aconex, 76: 18-26.

Steven, P.A.; Stamps, R.H. and Giglia, F.F. 2013. Environmental Modification inside Photoselective Shadehouses. *Hortscience* 48(8): 975–97

Stevens, M. A., Rudich, J. (1978). Genetic potential for overcoming physiological limitations on adaptability yield and quality in the tomato. HortScience 13, 673-678.

Shahak, Y., Gal, E., Offir, Y., & Ben-Yakir, D. 2008. Photoselective shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. In International Workshop on Greenhouse Environmental *Control and Crop Production in Semi-Arid Regions* 797. 75-80

Shahak, Y. Gal, E. Offir, D. Ben-Yakir. 2008. Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. *Acta Horticulturae*. 797: 75-80. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Yossi_Offir/publication/237524137_Photoselective_Shade_Netting_Integrated_with_Greenhouse_Technologies_for_Improved_Performance_of_Vegetable_and_Ornamental_Crops/links/00463535570085253c000000.pdf. Consulta enero 2017.

Shahak, Y., Ganelevin, R., Guassakovsky, E., Oren, M., Gal, E., Díaz, M., Callejón, A., Camacho, F. y Fernández, E. 2004. Efectos de la modificación de la calidad de la luz mediante mallas de sombreo fotoselectivas (Chromatinet) sobre la fisiología, mejora del rendimiento y calidad de las cosechas. En Fernández, R. (Ed). Producción hortícola y seguridad alimentaria. 117-137. Almería, España: Ediciones Agrotécnicas.

Shahak, Y., Lahav, T., Spiegel, E., Philosoph-Hadas, S., Meir, S., Orenstein, H. & Zur, N. 2002. Growing Aralia and Monstera under colored shade nets. Olam Poreah, 13: 60-62

Sica C. Picuno P. 2008. Spectro-radiometrical characterization of plastic nets for protected cultivation. *Acta Horticulturae*. 801: 245-52. Recuperado de http://www.actahort.org/books/801/801_23.htm. Consulta enero 2017.

Soni, P., Salokhe, V. M., & Tantau, H. J. 2005. Effect of screen mesh size on vertical temperature distribution in naturally ventilated tropical greenhouses. *Biosystems Engineering*, 92(4): 469-482.

Tognoni F. 2000c. Radiación. En: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp. 38-43.

Tudela, D. y F.R. Tadeo. 1993. Respuestas y adaptaciones de las plantas al estrés. pp. 537-553. En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fisiología y bioquímica vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

USDA Forgein Agricultural Service. 2015 GAIN Report Numer MX1044. Recuperado de: www.mexico-usda.com consultado enero 2015.

Vaieretti, M. V; Diaz, S; Ville, E. y Garnier, E. 2007. Two measurement methods of leaf dry matter content produce similar results in a broad range of species. Ann. Bot. 99(5): 955 – 958.

Valera, D, Molina, F, y Gil, J. 2001. Dossier Expo-Agro Almería: Las mallas como técnica de control climático en invernaderos. *Vida rural*, *8*(139): 50-52

Vallejo, F.A. 1994. Mejoramiento genético y producción del tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Ed. Feriva. Palmira.

Vermon P. R. 2003. Producción de Tomate en Invernadero LSU Ag Center. Red River Research Station. Luisiana. EUA. http://www.agctr.lsu.edu/inst/research/ stations/ redriver/.

Villalobos, E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales, procesos fisiológicos básicos. Fascículo I. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Villa C., M.; Catalán V., E.; Inzunza I., M. 2005. Análisis de información climática para usos agrícolas. Revista AGROFAZ. 5(1): 718- 724.

Whaley-Emmons, C. L., & Scott, J. W. (1997). Environmental and physiological effects on cut icle cracking in tomato. Journal of the American Society for Horticultural Science, 122, 797e801.

Wilson, S.B.Rajapakse, N.C. 2001a. Growth control of Lisianthus by photoselective plastic films. *HortTechnology* 11: 581–584

Wilson, S. B., & Rajapakse, N. C. 2001. Growth regulation of sub-tropical perennials by photoselective plastic films. *Journal of Environmental Horticulture*, *19*(2): 65-68. Recuperado de. http://irrecenvhort.ifas.ufl.edu/spectral_plastics/publications/J%20Environ%20Hort%20-%20sub%20tropicals.pdf. Consulta enero 2017.

Xu, H.-L., Iraqi, D. and Gosselin, A. 2007. Effect of ambient humidity on physiological activities and fruit yield and quality of greenhouse tomato. Acta Hort. (ISHS) 761:85-92