

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Respuesta del Pepino al Uso de Portainjertos y Medios de Cultivo  
en Macrotúneles con Cubiertas Foselectivas

Por:

**LUZ ELENA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta del Pepino al Uso de Portainjertos y Medios de Cultivo  
en Macrotúneles con Cubiertas Foselectivas

Por:

**LUZ ELENA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

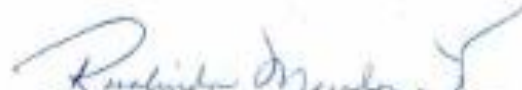
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Francisca Ramírez Godina  
Asesor Principal



Dr. Valentín Robledo Torres  
Coasesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2019



## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Gabriela González y Agustín Jaime Hernández, por haberme dado la vida y educación, como el mejor regalo que un hijo puede recibir, agradezco todo su apoyo incondicional, todos sus consejos y sacrificios que han hecho para que yo pudiera estudiar, jamás encontrare la forma de agradecerles, y quiero que sepan que, sin su apoyo, esto no hubiese sido posible,

A mi hijo Cristian Huerta Hernández, gracias por ser el motor de mi vida, eres todo mi amor, mi alegría, por ser un niño tan fuerte, valiente, inteligente, me siento muy orgullosa de ser tu mamá y siempre voy a estar a tu lado.

A mis hermanos Gaby, Rocío y Jaime, gracias por todos los momentos felices que hemos pasado juntos, por creer en mí y siempre apoyarme incondicionalmente, los quiero.

Gracias a mi “Alma Terra Mater”, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas y brindarme todos los conocimientos adquiridos y experiencias vividas durante mi formación profesional, por ser mi casa de estudios y darme la oportunidad de formar parte de su historia, lo cual nunca olvidare y llevaré siempre orgullosa su nombre, poniéndolo siempre en alto.

Al Dr. Valentín Robledo Torres. Mi más grande agradecimiento por compartir sus conocimientos, y hacer grandes aportaciones durante mi formación académica, por permitirme realizar este trabajo de investigación y apoyarme de forma incondicional durante este periodo, gracias por todo el tiempo, dedicación y ayuda brindada de su parte, pero sobre todo por su sabiduría, y humildad que siempre lo ha caracterizado.

A la Dra. Francisca Ramírez Godina. Por la asesoría prestada, por el apoyo en la realización de este trabajo, por la enseñanza y todos los conocimientos brindados en mi formación profesional, por el tiempo dedicado y aceptar ser parte de este trabajo.

Al Dra. Rosalinda Mendoza Salazar. Por formar parte del comité de Tesis, así como sus valiosas sugerencias y consejos en el presente trabajo.

A mis maestros, por ser una valiosa parte de mi formación profesional, por todos los conocimientos compartidos, por inculcarme valores para ser un profesionista de bien.

A Yessenia María Huerta Aguilar, gracias infinitas por motivarme y apoyarme para venirme a estudiar a la UAAAN, gracias porque me enseñaste a andar en Saltillo, por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, por estar conmigo cuando llego Cristian, por siempre estar ahí, eres mucho más que mi amiga, te quiero Yess.

A mis amigos de la generación CXXII, con quien compartí momentos inolvidables y aprendimos juntos con desvelos, cansancios, momentos buenos y malos, apoyándonos unos a otros, pero que al final, todo valió la pena por completo, gracias por su amistad, los llevo por siempre en mi corazón: Jorge Alfaro, Ángel Reyes, Celerino Vázquez, José Luis Ramírez, José Ángel Saguillan, Tomas Santiago, Asaid Díaz, Neftalí Cruz, Gilberto y todos los demás que en este momento se me escapan de la mente.

A la familia Torres Quiroz (Josefa, Fito, Adolfo, Jovani y Paty), les agradezco por los bonitos momentos que pase junto a ustedes, gracias por aceptarme y hacerme sentir parte de su familia, son unas personas increíbles y los llevo por

siempre en mi corazón.

A Arnulfo Torres Quiroz, con quien pase momentos increíbles e inolvidables, gracias por todo el cariño y apoyo sincero que me brindaste, gracias por los consejos.

A mis amigos de otras generaciones y otras carreras con los cuales pase momentos gratos e irrepetibles, les agradezco por su amistad, Juan Mauricio León, Esmeralda Orduña, Oscar López, José Luis Hernández, Edgar Hernández, Gustavo Ozuna, Sergio Cabrera, Sergio Montelongo y todos los que coincidimos en nuestra estancia estudiantil y compartimos momentos alegres, para hacer más agradable nuestra estadía.

## DEDICATORIAS

A mi hijo CRISTIAN HUERTA HERNÁNDEZ, por ser lo más hermoso y valioso que la vida me ha regalado, por ser mi fuente de inspiración y la razón para salir cada día adelante, por todas las alegrías y el amor que trajiste a mi vida, por esperarme tanto tiempo y ser un niño tan fuerte y valiente, por recibirme siempre con los brazos abiertos, con todo mi cariño y amor te dedico este trabajo y sé que esto nos va a motivar a llegar muy lejos, siempre juntos, te amo hijo.

A mis padres por darme la vida, quienes depositaron toda su confianza en mí trayecto, para poder salir adelante y no darme por vencida, quienes desde pequeña me inculcaron los valores de la vida guiándome por el buen camino, siendo mi apoyo incondicional en todo momento, por todos los consejos y amor que siempre me han demostrado, sabiendo que no existe forma alguna de agradecerles, quiero que sepan que el logro obtenido es también de ustedes , con todo mi amor , cariño, admiración y respeto su hija Elena.

A mi madre, GABRIELA GONZÁLEZ MATEHUALA por todo el amor y apoyo incondicional, por todos los consejos que siempre me has dado , por motivarme cuando he querido procrastinar, por siempre estar a mi lado, y cuidar de mi hijo como si fuera suyo, por todos los días y noches de desvelo, cansancio y preocupaciones que nos has dedicado, estoy eternamente agradecida, por toda la confianza, el amor y la libertad que me diste para salir adelante, gracias mami por creer en mí, este logro es de las dos.

A mi padre, AGUSTÍN JAIME HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, por todo el amor y apoyo incondicional que siempre he recibido de tu parte, porque en ningún momento me dejaste sola, por apoyarme con mi hijo todo el tiempo que estuve

lejos, por toda la confianza y libertad que me diste para que me fuera abriendo camino en la vida, por todos los sacrificios que has hecho para que salga adelante, hoy quiero decirte que nada de eso fue en vano y que todo tu trabajo y consejos han rendido frutos, este logro es nuestro, te quiero papi, gracias por creer en mí.

A mis hermanos GABRIELA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, DOLORES ROCÍO GONZÁLEZ MATEHUALA y JOSÉ JAIME HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, por todo el apoyo y cariño incondicional que me brindaron el tiempo que estuve lejos, por sus consejos, por querer, procurar y cuidar a mi hijo, para que no resintiera tanto mi ausencia, por ser parte de mi vida y de la de él, gracias infinitas hermanos por creer en mí, los amo.

A mis sobrinos SAMARA, MIRIAM, KAREN, KARINA, ANDREA, XIMENA Y DANIEL, por darme muy lindos e inigualables momentos, al verlos compartir su niñez con mi hijo, con todas sus risas y ocurrencias, quiero que sepan que este trabajo se los dedico a ustedes también, para que se motiven a estudiar y a llegar muy lejos, me han regalado momentos de infinita felicidad, y quiero verlos ser triunfadores

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) injertado, desarrollado en medios de cultivo y en macrotúneles con malla plástica de colores. El trabajo se realizó durante el ciclo primavera- verano 2017 en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, México. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones y arreglo en parcelas subdivididas, donde la parcela grande fueron los colores de malla ( malla negra o comercial, malla azul, malla blanca y malla roja), dentro de estas se estudiaron dos modalidades de cultivo con portainjerto (calabaza) y sin portainjerto (testigo) y como parcelas chicas fueron los medios de cultivo (suelo de la región, fibra de coco y 3 mezcla de perlita mas peat moss en una proporción de 1:1 ).La separación entre plantas fue de 30 cm y 100 cm entre hileras.

Los SST estimados en frutos bajo la malla rojo tuvieron 14.83 % superior al valor observado en la malla negra que es el color de malla más comúnmente usado. Aunque en la malla blanca se tuvo el mayor rendimiento, este no fue diferente estadísticamente del resto de las mallas estudiadas. Pero el uso de portainjerto si influyó significativamente sobre el RTF y el NFPP, superando en 34.13 % en RTF a las plantas sin portainjerto. Mientras que la fibra de coco fue la que indujo los mejores rendimientos. De los resultados obtenidos se puede concluir que, la combinación de estas tecnologías permite lograr mayores rendimientos y calidad de fruto de pepino, para satisfacer las crecientes exigencias del mercado.

Palabras clave: mallas sombra, *Cucumis sativus* L, sustratos, injertos



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
Objetivo General .....	5
Objetivos específicos .....	5
Hipótesis .....	5
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
Origen e Historia .....	6
Descripción Botánica .....	7
Sistema radicular: .....	7
Tallo principal:.....	8
Zarcillos:.....	8
Hoja:.....	8
Flor:.....	9
Fruto:.....	10
Semilla: .....	10
Requerimientos Climáticos .....	10
Temperatura .....	10
Humedad: .....	12
Luminosidad:.....	12
Requerimientos de Suelo .....	12
Suelo:.....	12
Salinidad: .....	13
Fertilización.....	13
Uso de Plásticos en la Agricultura.....	14
Propiedades de los Plásticos Utilizados Como Cubierta.....	17

Propiedades físicas según Serrano 1994 citado por infoagro .....	17
Propiedades Ópticas de los Plásticos Utilizados en la Agricultura.....	19
Malla Sombra y Casa Sombra. ....	19
Efectos de las Mallas Sobre el Microclima .....	21
Radiación: .....	21
Dispersión de la radiación.....	21
Fotoselectividad: .....	22
Temperatura:.....	22
Humedad relativa .....	22
Movimiento del aire: .....	23
Efectos de las Mallas en los Cultivos .....	23
Macrotúneles.....	25
Beneficios del uso de coberturas plásticas .....	25
Investigaciones Realizadas con Cubiertas Fotoselectivas .....	27
Suelo y Sustratos como Medios de Cultivo .....	31
Fibra de Coco.....	33
Peat Moss .....	33
Injertos en Cucurbitáceas .....	34
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
Localización Geográfica Área Experimental .....	36
Descripción del material Experimental .....	36
Construcción del macrotúnel:.....	36
Material Genético: .....	36
Establecimiento del Experimento .....	37
Sustratos.....	37

VARIABLES EVALUADAS .....	38
Componentes del Rendimiento .....	38
Calidad de Fruto.....	39
Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	42
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
Calidad de Fruto.....	43
Rendimiento y Componentes del Rendimiento .....	47
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>53</b>
Trabajos citados.....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Requerimientos de temperatura del melón en tres etapas de su desarrollo.....	11
2	Análisis de varianza para variables agronómicas y de calidad de fruto de pepino, desarrollado dentro de macrotúneles con mallas de colores usando injertos, desarrollados con diferentes sustratos.....	44
3	Comparación de medias de variables de calidad de fruto de pepino producido dentro de macrotúneles.....	46
4	Comparación de medias de variables agronómicas de pepino producido con y sin portainjerto.....	47
5	Análisis de varianza combinada para los factores de mallas, portainjertos y sustratos en el cultivo de pepino.....	48
6	Comparación de medias de variables de calidad de fruto de pepino, producido dentro de macrotúneles con mallas de colores.....	49
7	Comparación de medias de variables agronómicas de pepino producido dentro de macrotúneles con mallas de colores...	50
8	Comparación de medias de variables agronómicas de pepino producido en tres sustratos.....	51

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de pepino en México, tiene un elevado índice de consumo como alimento, tanto en fresco como industrializado. Esta hortaliza tiene estabilidad tanto en la superficie sembrada como cosechada, El cultivo de esta hortaliza es estable en cuanto a superficie cosechada 20,179.58 ha, pero la producción y exportación aumentan, México tuvo una producción de 956,004.82 ton y 1 % de la producción mundial (SIAP, 2017).

En varias partes del mundo su valor agronómico reside en producción estacional y eso conlleva a que sea necesario producirlo en invernadero, lo que eleva los costos de producción, pero aumento en el rendimiento. Este cultivo tiene una importancia económica y social al ser generador de divisas, y aporta muchas fuentes de empleo, además del ingreso de utilidades para los productores, así para el año 2017 el valor de la producción fue de \$5,502,337.42 (SIAP, 2017) .

La producción mundial de pepino (*Cucumis Sativus* L.) para el año 2017 ha superado por primera vez los 83,000 millones de toneladas, obteniéndose concretamente en todo el mundo 83,753,861 millones de toneladas de pepino en campo abierto y agricultura protegida, se cosecharon 2.271 millones de hectáreas, siendo los principales países productores China (77 %), Irán (2 %), Federación de Rusia (2 %), Turquía (2%), Estados Unidos de América(1%), México ocupó el sexto lugar con el 1 %, aportando entre ellos el 85 % de la producción, el resto de los países aportaron el 15% de la producción mundial (FAO, 2017).

El cultivo de pepino es considerado una hortaliza de fruto inmaduro, la cual tiene un alto consumo en fresco y en algunos casos como encurtidos. En nuestro país en el 2017 el 80% de la producción de pepino se obtuvo en los estados de Sinaloa (34 %), Sonora (20 %), Michoacán (11 %), Baja California (6 %), Guanajuato (5 %), Yucatán (4 %) y el resto de los estados aportaron el 20 % (SIAP, 2017).

En 2009, el gobierno federal puso en marcha la Estrategia Nacional de Agricultura Protegida, reconociendo los beneficios y rentabilidad de esta actividad en el sector agrícola. En el país existen alrededor de 51,179 hectáreas bajo agricultura protegida de las cuales aproximadamente 12,694 son de invernadero y los 38,485 restantes corresponden a macro túnel principalmente a malla sombra y casa sombra. El 62% de la superficie con agricultura protegida se concentra en cuatro estados: Sinaloa (23 %), Jalisco (15 %), Michoacán (12 %), Baja California (12 %), el resto de los estados aportan el 38 %. (SIAP, 2015).

En la actualidad, la población se encuentra en constante crecimiento, por ello ha surgido la necesidad de producir más alimentos para satisfacer la demanda, por lo que se han implementado nuevas tecnologías encaminadas a incrementar el rendimiento de la producción agrícola como es la Agricultura Protegida.

A raíz de esto, se ha implementado el uso de plásticos en la agricultura a gran escala, lo que ha modificado los sistemas de producción tradicional, haciendo que los cultivos sean más tecnificados en la producción de hortalizas para hacer la

producción de cultivos más rentables y eficientes en el ahorro de insumos, que se utilizan.

Por otra parte, el interés por los injertos se ha incrementado en los últimos años, debido a que complementan las técnicas de desinfección del suelo para el control de patógenos del suelo. La tendencia actual es de disminuir el uso de productos químicos agresivos con el ambiente, lo que puede lograrse con el uso del injerto (Hernández González, Sahagún Castellanos, Espinosa Robles, Colinas León, & Rodríguez Pérez, 2014).

Por lo antes mencionado se deben realizar trabajos, para aumentar significativamente la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.), bajo macrotuneles empleando diferentes tipos de cubiertas que permitan un buen desarrollo de condiciones favorables para una buena calidad y rendimiento de este cultivo.

### **Objetivo General**

Evaluar la producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) en malla plástica de colores y el uso de injertos

### **Objetivos específicos**

Estudiar el comportamiento de los componentes de rendimiento de pepino desarrollado en diferentes mallas de colores y sustratos, con y sin injerto.

Evaluar la calidad de fruto de pepino desarrollada en diferentes mallas de colores y sustratos, con y sin injerto

### **Hipótesis**

Al menos una de las mallas fotoselectiva así como el uso de injertos provocarán sobre el cultivo de pepino un efecto positivo en cuanto al rendimiento.



## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen e Historia

Para la economía agrícola del país, el sector de las hortalizas es de particular importancia por su contribución en la generación de empleo en el campo. El pepino es de las hortalizas más importantes, a pesar de ser bajo en nutrientes está compuesto por 95 % de agua y presenta menos de 20 calorías por cada 100 g, es rico en vitamina A, E y C, además, contiene azufre y aceites naturales por lo que se utiliza en la industria cosmética para el cuidado externo de la piel, el pepino es muy consumido por su buena combinación con ensaladas y se recomienda su uso para combatir la obesidad (SAGARPA, 2017). El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) se originó en las regiones tropicales del sur del Himalaya entre Asia y la India, siendo cultivado en la India desde hace más de 3000 años, de la India se extiende a Grecia y de ahí a Roma, se introdujo en el Este de China hace más de 2000 años. China es considerada el segundo lugar con mayor diversificación genética. El pepino fue llevado a Europa antes de nuestra era y fue introducido en América por los primeros viajeros y exploradores. En África tropical probablemente llegó primero al oeste con los portugueses. (Grubben & Denton, 2004).

Asia y en particular la India son considerados el centro de origen del pepino, debido a la frecuente ocurrencia de especies silvestres de *Cucumis* con número cromosómico  $n = 7$ , además de la existencia de vestigios del cultivo de hace 3000-4000 años, y aunque algunos autores señalan que el centro de origen es África tropical, la mayoría de los trabajos señalan un origen totalmente asiático (Kristkova, Lebeda, Vinter, & Blahousek, 2003).

El centro de diversificación primario de la especie es la zona sur y este del Himalaya en la India y de ahí fue trasladado para Grecia e Italia y después a China considerado como el segundo centro de diversificación. Posteriormente esta especie fue introducida a Francia en el siglo IX, a Inglaterra en el siglo XIV y a Norte América a mediados del siglo XVI (Kristkova, Lebada, Vinter, & Blahousek, 2003)

### **Descripción Botánica**

La descripción botánica, de acuerdo a Tamaro (2005) es la siguiente:

- Reino: Plantae.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Magnoliopsida.
- Orden: Cucurbitales.
- Familia: Cucurbitácea.
- Genero: Cucumis.
- Especie: *sativus*.

Se trata de una planta herbácea anual y se describe de la siguiente manera:

Sistema radicular: Es muy potente, dada la gran productividad de esta planta y consta de raíz principal, que se ramifica rápidamente para dar raíces secundarias superficiales muy finas, alargadas y de color blanco. El pepino llega a emitir raíces adventicias por encima del cuello. La raíz principal puede llegar hasta 1.10 m de

profundidad y puede medir 0.65 m lateralmente encontrándose la mayor concentración de raíces entre los 25 y 30 cm. Weaver y Bruner (1927), citado por (Valadez, 1998). Es una planta de hábito rastrero o trepador, el sistema radicular es abundante y potente, sin embargo, las raíces secundarias y los pelos absorbentes son bastante superficiales presentando ramificaciones largas y finas raíces que se ramifican poco. (SEP, 1997) y (Serrano, 1979)

Tallo principal: Es anguloso, espinoso, de porte rastrero y trepador. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo. En la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores. Es anguloso, por los cuatro lados está cubierto de pelos. (SEP, 1997). Son herbáceos o rastreros pueden ser trepadores cuando encuentran tutores donde guiarse; en las axilas de las hojas brotan nuevos tallos según Serrano (1979). Erizados, angulosos, más gruesos que los del melón (Tamaro, 1921).

Zarcillos: Son sencillos y no presentan ramificaciones (Valadez, 1998). El pecíolo de la hoja es largo y mide de 5 a 15 cm. Respectivamente (SEP, 1997) .

Hoja: Son de forma palmeada, con cinco puntos, presentando vellosidades blancas (Valadez, 1998). Son de forma triangular ovaladas acorazonada con tres lóbulos no bien formados. Su longitud es de 7 a 20 cm (SEP, 1997). Son alternas y tienen un color verde oscuro en el haz de la hoja y recubierto de un vello fino y un color grisáceo en el envés (Tiscornia, 1983).

**Flor:** Son plantas monoicas, aunque algunas son ginoicas (hembras), presentan solamente flores femeninas que son solitarias, produciéndose en las axilas de las hojas; las masculinas nacen en grupo (Valadez, 1998). Son unisexuales y la floración es monoica, es decir en una misma planta hay flores masculinas y femeninas. En la parte inferior de la hoja suelen aparecer las flores masculinas, y en la parte superior las flores femeninas (Serrano, 1979).

De corto pedúnculos y pétalos amarillos, las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, las flores masculinas tienen el cáliz acampanados, con 5 dientes, acuminados en forma de lesna; corola adherente al cáliz en forma de campana, venosa, arrugada y con 5 divisiones; el disco central es trigonio, truncado, cubierto por los estambres, que son en número de tres. Las flores femeninas tienen la corola y el cáliz como las 11 masculinas; tres filamentos estériles, un estilo y tres estigmas bífidos (Tamaro, 1921).

Las flores estaminadas se presentan en racimos y las flores pistiladas son simples u ocasionalmente en grupos de dos o más. Las flores femeninas pueden distinguirse de las masculinas por el tierno ovario localizado en la parte posterior de los pétalos (Edmond, 1985.), aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas y en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero.

Fruto: Es de forma oblonga, de superficie lisa o cubierta de pequeñas espinas de color blanco o negro dependiendo de la variedad, muestra una coloración que va de verde oscuro al amarillo crema cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de su madurez fisiológica puede alcanzar una longitud de 5 a 40 cm (Tamaro, 1921), (Valadez, 1998).

Semilla: Las semillas son de forma plana de color blanco y miden de 8 a 10 mm, de largo con un grosor de 3.5 mm dependiendo de la variedad con la que se esté trabajando, se encuentran en una pulpa acuosa de color blanquecino, repartidas a lo largo del interior del fruto (SEP, 1997).

### **Requerimientos Climáticos**

Temperatura: Es una planta de climas cálidos, por lo que no tolera heladas. Adaptada a temperaturas altas. Es un cultivo de fotoperiodo corto y buena luminosidad (SEP, 1997). Las hortalizas de temporada cálida que se plantan después de que pase el peligro de heladas, incluyendo las cucurbitáceas. No solo se dañan con las heladas ligeras, sino que crecen lentamente y su desarrollo se ve impedido bajo condiciones de clima frío. Es una planta de clima templado a frío, requiere menos calor que el melón, pero le perjudica el frío excesivo (Tiscornia, 1983)

Cuadro 1. Requerimientos de temperatura del melón en tres etapas de su desarrollo.

Etapa de desarrollo	Temperatura (°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	27	27
Formación de planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

La temperatura óptima para el desarrollo del pepino es de 25° C, la cual oscila entre 18 y 30° C; durante su desarrollo necesita buena intensidad de luz. Si se presentan temperaturas menores de 14° C detiene el crecimiento, y si estas temperaturas frescas permanecen hasta la floración, estas pueden abortar. Thomson y Nelly, (1959); Whitaker y Davis, (1983), citado por Valadez, (1998).

La temperatura óptima para este cultivo se sitúa entre 18 y 30° C, aunque el rango de temperatura es de 10 a 35° C, según Benacchio (1982), citado por INIFAP (1999).

Las temperaturas que durante el día oscilen entre 20°C y 30°C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25°C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30°C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C y a

1°C se produce la helada de la planta. El empleo de dobles cubiertas en invernaderos tipo parral supone un sistema útil para aumentar la temperatura y la producción del pepino (InfoAgro, 2011).

Humedad: Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70 % y durante la noche del 70-90 %. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente (Serrano, 1979).

Luminosidad: El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (InfoAgro, 2011).

En varios trabajos se reporta que a fotoperiodo largo (mayor de 12 horas luz) y altas temperaturas producen más flores masculinas, bajo condiciones de fotoperiodo corto resulta más flores femeninas Citado por Valadez (1998).

### **Requerimientos de Suelo**

Suelo: El suelo es el medio ambiente por el cual se desarrollan las raíces y del cual extraen el agua y los elementos nutritivos que necesita la planta, además de servirle de sustento (Domínguez, 1997). Los suelos que van a mejorar este cultivo son los

de textura media arenosa – arcillosa, aunque admite una amplia gama de suelos. Este cultivo se desarrolla en poco espacio de tiempo y es una planta muy productiva, necesita suelos de gran fertilidad Serrano (1979), ya que no tolera encharcamientos y requiere suelos medianamente profundos, de por lo menos, este cultivo prefiere suelos que estén bien drenados con buen contenido de materia orgánica (Valadez, 1998).

Salinidad: Es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades. El pH óptimo oscila entre 5.5 y 7 (Valadez, 1998).

### **Fertilización**

Es una hortaliza con altos requerimientos de los principales macronutrientes; en México existen pocos estudios al respecto, pero INIFAP reporta en el ámbito comercial las fórmulas de N, P, K de 100-80-00 kg/ha. Y 150-175-00 Kg/ha (Valadez, 1998). Se recomienda fertilizar el cultivo de pepino con 150 kg N, 300 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 100 kg K<sub>2</sub>O todos por hectárea. El N se debe de fraccionar con dos o más aplicaciones, mientras que el P y K se aplican a la siembra (Bolaños, 1998).



Fertilización carbónica: la aportación de CO<sub>2</sub> permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmósfera del invernadero; así la fotosíntesis se estimula y se acelera el crecimiento de las plantas. Para valorar las necesidades de CO<sub>2</sub> de los cultivos en invernadero necesitamos realizar, en los diversos periodos del año, un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones de aire hechas en el invernadero y las aportaciones proporcionadas por el suelo a la atmósfera del mismo. Del enriquecimiento en CO<sub>2</sub> del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de los cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO<sub>2</sub> produce daños debidos al cierre de las estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras.

Los aparatos más utilizados en la fertilización carbónica son los quemadores de gas propano y los de distribución de CO<sub>2</sub>. En el cultivo del pepino las cantidades óptimas de CO<sub>2</sub> son de 500-900 ppm (Infoagro, 2012).

### **Uso de Plásticos en la Agricultura**

El uso de los plásticos en la agricultura surgió como consecuencia de la escasez de agua y la necesidad de producir cultivos fuera del ciclo productivo; la aplicación de los plásticos en la agricultura tiene un impacto principalmente en la horticultura, obteniendo como principal beneficio una mayor productividad de la cosecha, precocidad en los cultivos y mejor calidad de los frutos, además ha provocado que

las zonas de baja productividad se hayan convertido en importantes zonas productoras de hortalizas (Hernández, 2011)

La aplicación de los plásticos en México es muy variada por lo que su importancia radica principalmente por su contribución al incremento de los rendimientos, mayor calidad de la producción, precocidad de las cosechas, obtención de cosechas fuera de temporada, una mayor eficiencia en el uso del agua y de los insumos, control de malezas, control de algunas enfermedades y de algunas plagas, ahorro de mano de obra, mayor seguridad en las producciones, así como la protección de los cultivos, repercutiendo todo esto en mayores beneficios económicos tanto para los productores como para los comercializadores (Munguia L., Arellano G., & Quezada M., 2011).

Las principales tecnologías de agroplásticos en las que se realizan mayor investigación son el acolchado de suelos, túneles, cubiertas flotantes riego por goteo, fertirrigación, mallas agrícolas e invernaderos los cuales tienen efectos importantes en el uso eficiente del agua, control de malezas, ahorro de insumos y mejoramiento de las condiciones del suelo, etc., lo que repercute en gran medida al incremento en el rendimiento de los cultivos hasta el 100%, así como mayor calidad en la producción, en México debido a la diversidad de suelos, climas y microclimas se ha favorecido el desarrollo de la agricultura protegida (Munguia L., Arellano G., & Quezada M., 2011)

La agricultura protegida (AP) es aquella que se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las

plantas cultivadas. Así mediante el empleo de diversas estructuras y técnicas se reducen al mínimo algunas de las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de varios años, pero sobre todo en las últimas décadas, se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de plantas que plantean diferentes alternativas para crear condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región (Pacheco A. & Bastida T., 2011)

Las mallas plásticas tienen múltiples usos en la agricultura que van desde la protección de cultivos hasta el empaque de diversos productos, pasando por aplicaciones como producción de plantas, cosecha y secado de productos agrícolas. Actualmente se puede producir en ambientes diferentes como son campo abierto, bajo mallas sombra, túneles (macros y micros) e invernaderos.

El uso de los plásticos en la agricultura ha permitido mejorar el ambiente de producción, favoreciendo el incremento y calidad de las cosechas en diferentes especies hortícolas como es el caso de la lechuga donde la tecnología ha permitido duplicar los rendimientos. El uso de los acolchados plásticos ha permitido incrementar los rendimientos de manera significativa y cuando se usan plásticos con características espectrales especiales, el rendimiento se ve incrementado en calidad y cantidad; sin embargo, aún existe poca información respecto al uso de cubiertas en la producción de plántulas de calidad para el trasplante.

## Propiedades de los Plásticos Utilizados Como Cubierta

Propiedades físicas según Serrano 1994 citado por infoagro. La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbre y forma del techo (INFOAGRO, sf).

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

**Densidad.** Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Entre más baja sea la densidad más se facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

**Espesor.** Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para vidrio y plásticos rígidos y micras o galgas para los filmes, 100 m equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 m). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 a 800 galgas.

**Resistencia a la rotura** (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento): resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

**Envejecimiento.** El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

- a) **Envejecimiento Físico.** Es debido a la degradación física de los materiales, se puede evaluar mediante el desgaste que se identifica haciendo observaciones regularmente, lo cual revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.
  
- b) **El Envejecimiento Radiométrico** Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz.

## **Propiedades Ópticas de los Plásticos Utilizados en la Agricultura**

La luz influye directamente en el desarrollo en general de las plantas, mediante el proceso de la fotosíntesis, en la generación de clorofila es imprescindible una radiación de 600 a 690 nm (rojo-naranja); la radiación de 430 a 500 nm (azul-violeta) actúa como medio activador y las radiaciones infrarrojas (IR) superiores a 760 nm aportan el calor necesario.

En los procesos vitales de los vegetales es de suma importancia la luminosidad, ya que la mayoría de las funciones más importantes del desarrollo de las plantas se debe a la energía luminosa; así tenemos que la luz además de intervenir en la fotosíntesis interviene directamente en el fototropismo, crecimiento de los tejidos, fotoperiodo, floración, etc. (Hernández, 1993; Torres, 1994).

Malla Sombra y Casa Sombra. La casa sombra y la malla sombra son dos elementos que se emplean para disminuir la cantidad de energía radiante que llega a los cultivos.

Las mallas no sólo se utilizan como elemento de sombreo, sino que se emplean en las ventanas de los invernaderos con el objetivo de impedir la entrada de insectos y reducir el uso de pesticidas. Las mallas empleadas para cubrir completamente estructuras de invernaderos o estructuras tipo cobertizos, conocidas comercialmente como casas sombra, consisten en una tela tejida de plásticos con entramados de cuadros de diferentes tamaños que sirve como cubierta protectora que regula la cantidad de luz

que llega a las plantas y proteger los efectos del granizo, insectos, aves y roedores (Juárez Lopez, y otros, 2011)

**Materiales de Sombreo.** El objetivo normal del uso de un material de sombreado no es reducir la luz, sino el exceso de temperatura. Si tenemos en cuenta que éste viene producido por la radiación IR corta del sol, un material de sombreado debería ser un filtro selectivo, que detuviera gradualmente dicha radiación, sin afectar a la parte visible o útil para la fotosíntesis. Además, la radiación IR detenida debería ser reflejada en su mayor parte, ya que la fracción que se absorbe, será emitida parcialmente hacia el interior del invernadero en forma de calor (Florian P. & Bimbo, 2002)

Mediante el empleo de mallas se puede reducir entre 10 a 95% del total de la radiación solar. La cantidad de luz que se deja pasar al interior dependerá de la especie que se tenga en cultivo, con las mallas no se evita el paso del agua de lluvia, además son permeables al viento. Generalmente las estructuras sobre las que se colocan las mallas sombra son metálicas (Juárez López *et al.*, 2011).

Las mallas de color negro y aluminada son las más utilizadas para el control de la temperatura y la luz en agricultura protegida. Sin embargo, en los últimos años ha surgido un auge en cuanto a mallas de colores con propiedades fotométricas especiales, que han salido al mercado ya que con ellas se mejora el aprovechamiento de la radiación solar, modificando el espectro de la luz filtrada en las regiones UV, RV y RL, e intensificado su dispersión en forma de luz difusa,

asimismo, afecta sus componentes térmicos en función de los aditivos cromáticos del plástico y el diseño del tejido. También fomentan la estimulación diferencial en la foto morfogénesis y fotosíntesis, procesos que causan efecto sobre el desarrollo de cloroplastos, expansión foliar, crecimiento del tallo, síntesis de clorofila y síntesis de metabolitos secundarios. Los colores de mallas sombras más utilizados en la producción de cultivos protegidos son azul, blanco, rojo y aperlado (INTAGRI, 2017).

### **Efectos de las Mallas Sobre el Microclima**

Las mallas sombras causan distintos efectos sobre el microclima de los invernaderos o casa sombra, afectando directamente factores como la humedad relativa, la foto selectividad, la radiación, la temperatura y el movimiento del aire, que inciden dentro de estas estructuras.

**Radiación:** La malla sombra, independientemente del color, reduce la radiación que impacta sobre los cultivos. Por lo tanto, cuanto mayor sea el porcentaje de sombra que proporcionan estas mallas, mayor radiación será bloqueada. Reducir la radiación tiene efectos sobre factores como la temperatura (aire, planta, suelo) y la humedad relativa.

**Dispersión de la radiación:** La luz difusa incrementa el uso eficiente de la radiación, los rendimientos de los cultivos e incluso es un factor que afecta la época de floración en las plantas y el número de flores en estas. Cualquier tipo



de malla sombra puede dispersar la radiación, especialmente los rayos ultravioleta por el material con el que están fabricadas (plástico resistente a luz UV). Las mallas sombra incrementan la dispersión de la luz, pero no afecta el espectro de luz, y se ha demostrado su efecto favorable sobre el aumento de la ramificación, número de flores y planta con porte compacta. Las mallas sombra de colores pueden aumentar la dispersión de luz entre un 40 a 50 % e incluso más, lo cual influye en el crecimiento y desarrollo de cultivos.

Fotoselectividad: Las mallas sombras de colores siguen siendo examinadas constantemente por su capacidad para manipular el espectro de radiación que incide sobre los cultivos (400 a 700 nm). Estas mallas de colores pueden ser utilizadas para cambiar el tipo de luz de rojo a rojo lejano (luz detectada por los fitocromos), las cantidades de radiación disponibles para activar fotorreceptores de luz azul/ultravioleta-A, y la radiación a otras longitudes de onda que ayuden al crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Temperatura: Las mallas sombras se emplean a menudo sobre los cultivos para reducir el estrés térmico. Sin embargo, en casas sombra, las temperaturas durante el día suelen ser más altas que en el exterior y pueden ser más bajas durante la noche, al menos durante la nula presencia de la radiación solar.

Humedad relativa. La humedad relativa dentro de las casas sombra es frecuentemente más alta que a campo abierto, esto como resultado del vapor de agua generado por la transpiración del cultivo y su mezcla con el aire seco

proveniente del exterior. Esta humedad es alta incluso cuando las temperaturas del interior de las casas sombra son más elevadas que las de afuera de ella.

Movimiento del aire: Las mallas sombra en general reducen la velocidad del viento y la corriente del mismo dentro de las estructuras del invernadero o casas sombra, afectando la temperatura, humedad relativa y las concentraciones de gases por la reducción en su renovación. Estos cambios en el microclima pueden afectar transpiración, fotosíntesis, respiración y otros procesos de los cultivos.

### **Efectos de las Mallas en los Cultivos**

Las plantas tienen respuesta en su crecimiento y desarrollo por la cantidad, calidad, dirección y periodicidad de la luz. Las plantas tienen numerosos fotorreceptores, que incluyen a las clorofilas, fitocromos, cryptocromos, fototropinas, entre otros. Por décadas se han realizado esfuerzos por manipular la morfología y fisiología de los cultivos usando filtros fotoselectivos, sobre todo en películas plásticas para invernaderos; aunque recientemente el uso de mallas sombra de colores se han estado empleando para manipular el crecimiento y desarrollo de los cultivos debido a que fomentan un incremento en el rendimiento comercial, disminución de desórdenes fisiológicos y respuestas fisiológicas relacionadas al tamaño, peso, color, amarre y momento de cosecha (INTAGRI, 2017).

Los materiales más comunes para la fabricación suelen ser de polietileno, polipropileno, poliéster o de derivados acrílicos. La duración de las mallas de

polietileno, con un buen manejo, pueden ser de cuatro años, mientras que las de polipropileno pueden durar hasta diez años (Juárez López *et al.*, 2011). Las mallas se clasifican en función de su porcentaje de transmisión, reflexión y porosidad. Algunos de los usos son cuando se sitúa en el exterior del invernadero, para que la reducción de la temperatura sea más efectiva.

La malla en el interior absorbe la radiación solar y la convierte en calor dentro del invernadero, que debe evacuarse por ventilación. Sin embargo, la malla exterior se calienta con la radiación, pero se refrigera con el aire exterior del invernadero. En ensayos realizados se ha comprobado como en invernaderos sin sombreado se alcanzaban temperaturas medias máximas de 46.6° C. Al colocar la malla de sombreado negra por el exterior se conseguía reducir la temperatura a los 40,8° C, pero si se ponía en el interior ésta se incrementaba hasta los 50.5° C.

El color de la malla es importante. La de color negro es más utilizada y la de mayor duración en comparación con las de color azul y rojo, pero, bajo el punto de vista climático no es la mejor. Por ello se recomienda que no sean de ese color, puesto que cualquier material coloreado corta un porcentaje mayor del espectro visible.

El fuerte desarrollo que está teniendo la agricultura intensiva y/o protegida, necesita cada vez, más materiales que encajen a las exigencias de los cultivos para su buena producción. En materiales de cubierta, como el caso de malla sombra se debe considerar las siguientes características antes de su uso.

1. Que tenga adecuadas propiedades mecánicas.
2. Que el material ofrezca excelentes propiedades ópticas.

### **Macrotúneles**

Son estructuras que no tienen las características necesarias tanto en ancho y altura al canal para ser consideradas invernaderos, pero permiten que las labores se realicen en el interior. Tienen de 4 a 5 m de ancho y 2 a 3 m de altura en la parte más elevada, con longitudes variables que para facilitar su manejo se recomienda no sean mayores a 60 m, aunque en México existen algunos de hasta 100 m de largo. Este tipo de estructuras son ideales para semilleros o almácigos de especies hortícolas y ornamentales, como abrigo en la propagación vegetativa de especies de interés comercial y para la producción de hortalizas y plantas ornamentales. Tienen como ventaja su fácil construcción y como principal desventaja, con respecto a los invernaderos es que retienen menos calor en la noche, debido a su poco volumen. Otra desventaja es su elevada temperatura durante el día por carecer de ventilación natural (Juárez Lopez, y otros, 2011).

### **Beneficios del uso de coberturas plásticas**

La implementación de la producción hortícola en agricultura protegida disminuye el riesgo de la producción, incrementa la rentabilidad del sector productivo, además de que genera fuentes de trabajo, disminuye la contaminación ambiental y los daños a la salud (Grijalva C. & Robles C., 2003).

- Las plantas se mantienen más secas y con temperaturas óptimas.
- Ahorro de costos de calefacción.
- Hay mayores rendimientos que a cielo abierto.
- Permiten conseguir frutos fuera de temporada.
- Protegen las cosechas del frío, heladas, viento, etc.
- Permiten un aprovechamiento mayor de los abonos e insumos.
- Permiten obtener cosechas precoces y con gran calidad.
- Aumentan considerablemente los rendimientos de las cosechas.

La necesidad de reducir inversiones, asegurar la obtención de cosechas y la escasez de agua, originaron la aparición de los plásticos en la agricultura. Un cultivo protegido puede resolver los problemas de lluvias intensas, efectos climáticos, daños por parásitos o deficiencias nutricionales.

El efecto del invierno es la primera causa por la que se generaron las estructuras de protección con plásticos en los cultivos y en verano por protección a la radiación solar y temperatura, ya que con ello se crean barreras de protección en el cultivo para evitar dañar a la planta. La mayoría de los cultivos protegidos tienen una cubierta de película de polietileno, ya que es más económica y tiene una durabilidad similar a la de otros tipos de materiales que son más caros. En comparación con los invernaderos altamente tecnificados las principales ventajas son: bajo costo, facilidad de construcción y mecanización de la instalación.

## **Investigaciones Realizadas con Cubiertas Fotoselectivas**

Durante los ciclos agrícolas otoño-invierno 2011/2012 y 2012/2013 se evaluó la radiación solar transmitida por seis mallas con 30% de sombra: aluminada, gris, perla, azul, roja (coloreadas) y negra, y sus efectos en crecimiento, desarrollo y rendimiento de pepino (*Cucumis sativus L.*). En una casa sombra con estructura metálica de 4,0 m de altura, techumbre plana, orientada norte- sur, con una superficie total de 3200 m<sup>2</sup>, de lo cual concluyo que las mallas de color rojo, azul y perla transmitieron los mayores flujos de radiación total, fotosintética y morfogenéticamente activas, así como la banda infrarroja. Mientras que las mallas aluminadas, gris y negra no afectaron espectralmente la radiación solar, sino solamente la cantidad, siendo la malla negra la que transmitió los menores flujos en cada una de las bandas de longitud de onda estudiadas.

Lo anterior, junto con los incrementos de la humedad relativa máxima y la temperatura de las hojas superiores que se presentaron, promovidas por las mallas coloreadas, mejoro las propiedades fotosintéticas y el crecimiento de las plantas de pepino. Por lo que, de acuerdo con los resultados que se obtuvieron, las mallas perla, roja, azul e iluminada, representa una opción para incrementar el rendimiento del pepino en condiciones de casa sombra (Ayala & et al, 2015) .

En la presente investigación se evaluó la fotoselectividad de mallas negras, aluminadas, grises, azules, rojas y perladas, de tal manera que las combinaciones posibles formaron 12 tratamientos, cada una con 50 y 30 % de sombra, en una superficie total de 5,280 m<sup>2</sup>. Durante todo el ciclo de cultivo, las

mallas sombra de colores se mantuvieron extendidas durante el día y solamente se plegaron durante la noche para evitar excesivo incremento de la humedad relativa. De acuerdo con los resultados obtenidos, la malla que supero fue la de color perla con 30% sombra, la cual incremento significativamente la calidad y rendimiento total obteniendo de  $136.8 \pm 32.4$  t/ha y al 50% de sombra  $105.4 \pm 25.0$  t/ha y el (28.1%) comparado con los rendimientos promedio obtenidos con las mallas negras y aluminadas con los mismos porcentajes de sombra y que habitualmente son las que más utilizan los productores de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo condiciones de invernadero y malla sombra, indicado así que constituyen una alternativa para mejorar el rendimiento del cultivo de tomate (Ayala e. a., 2011).

En la presente investigación se evaluó el efecto del uso de mallas sombra de cuatro colores (azul, negra, roja y perla) con orificios de 6x8 mm y con 30% de sombra en la producción de tomate cherry (*Solanum lycopersicum L.*, var. cerasiforme) en la temporada primavera-verano. En un área total de 160 m<sup>2</sup>. El tratamiento más sobresaliente fue la malla perla con un rendimiento de 10.92 t/ha, mientras que el tratamiento con MSN presento un rendimiento del 5.04 t/ha. Esto demostró que la malla perla tiene un efecto claro en la producción de tomate cherry (Márquez- Quiroz & et al, 2014).

En un trabajo de investigación se determinó si el color de la luminosidad en remolacha (*Beta vulgaris L.* var. Crosby Egipcia) afecta su rendimiento y calidad, se marcaron parcelas de 4 x 10 m. Se colocaron coberturas de polietileno de baja

densidad con espesor de 180  $\mu\text{m}$  de colores rojo, azul y transparente a 65 cm por encima del cultivo, arrojando como resultado que el mejor rendimiento y la mejor calidad, fue la cobertura en color Rojo por los efectos sobre los fotorreceptores que alteran los patrones de crecimiento con 148 g de Peso fresco de la raíz, (Casierra Posada & Pinto Correa, 2011).

En un experimento con colores de mallas sombra, se evaluó el rendimiento y calidad del cultivo de Chile (*Capsicum annum L.*) jalapeño "Tajín" el cual se trasplanto en Agosto del 2008. Los tratamientos evaluados fueron cinco colores de mallas sombras (Negra, roja, gris, blanca y Azul) y un testigo (sin malla). El diseño experimental fue en bloques al azar con seis repeticiones (un surco de 6 mts/repeticón), las variables que se midieron fueron: altura y grosor de tallo de la planta, precocidad, rendimiento y peso del chile. Los tratamientos resultaron con diferencia significativa superando al testigo sin malla, en un intervalo de 40 – 170% de incremento en rendimiento. Siendo la malla Blanca la que más incremento el rendimiento y el peso de fruto, rindiendo 42,604.68 gr de peso total (Álvarez Avilés, y otros, 2010).

En relación al uso de cubiertas fotoselectivas, Álvarez (2006) realizó estudios enfocados en la acumulación de biomasa y calidad de trasplantes de calabacita (*Cucurbita pepo L.*), en el periodo de primavera-verano 2006 evaluando 4 películas de colores (transparente, rojo, amarillo y blanco), el reporta que la distribución de biomasa se altera con el uso de cubiertas fotoselectivas ya que se influye fuertemente en el desarrollo de la plántula y argumenta también que



las cubiertas de color transparente y blanco son las que permiten obtener plántulas de calabacita de mayor calidad. Finalmente concluye que con el uso de cubiertas fotoselectivas se producen trasplantes de calabacita más suculentas (mayor biomasa fresca) y de mayor área foliar. (Álvarez Ramos, 2006)

En un estudio sobre la respuesta de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) al uso de microtúneles con ocho cubiertas fotoselectivas (celeste, rojo, verde, violeta, amarillo, transparente, azul y blanco), para comparar variables agronómicas y anatómicas, de lo cual encontró que las cubiertas de color amarillo y blanco influyeron favorablemente en el aumento de biomasa en las variables estudiadas, logrando plántulas de mayor calidad, superando a las cubiertas de color transparente. Las plántulas desarrolladas bajo cubierta de color verde presentaron mayor altura, pero estas fueron frágiles y con hojas muy delgadas, o plántulas de mala calidad para trasplante (Domínguez Ramírez & Robledo Torres , 2005).

En un trabajo de investigación con pepino (*Cucumis sativus* L.), desarrollado bajo cubiertas plásticas fotoselectivas de cuatro colores (transparente, amarillo, blanco y rojo) en macrotuneles, se encontró que el plástico de color transparente sobresalió en casi todas las variables (biomasa fresca y seca de vástago y raíz) excepto en altura de plántula y acumulación de área foliar. De las cubiertas fotoselectivas la cubierta de color amarillo fue la que sobresalió sobre el resto. En la distribución de biomasa fresca del vástago la cubierta con mayores valores, fue el polietileno de color rojo. Las cubiertas de color transparente y amarilla son

las que permiten producir plántulas de pepino con mayor calidad en función de las variables evaluadas (Pérez Pérez, 2007)

### **Suelo y Sustratos como Medios de Cultivo**

El suelo es el medio donde ocurren funciones de mucha importancia para la vida y el desarrollo de las plantas, en donde con frecuencia suelen surgir condiciones limitantes en diferentes grados, que impiden el correcto desarrollo agronómico de los cultivos. Por esta razón con el auge de la Agricultura protegida es frecuente reemplazar el suelo natural por sustratos de diversos orígenes, que en alguna o en todas las fases de cultivo permiten superar esas condiciones limitantes y brindarle al sistema radicular y a la planta en general una situación más óptima para la absorción de agua y minerales.

Un sustrato es considerado como un material sólido distinto del suelo natural, que da protección a las raíces de las plantas, brindando anclaje al sistema radicular de la planta, así como una mayor retención de agua, aireación, oxígeno y poseer los nutrientes que las plantas requieren para correcto desarrollo y crecimiento (Cruz Crespo, 2013)

Los sustratos deben poseer ciertas propiedades físicas y químicas como son la retención de agua, porosidad total, agua disponible, capacidad de aireación, densidad aparente, densidad real, diámetro de partículas y peso húmedo. A su vez los sustratos pueden ser clasificados como materiales orgánicos e inorgánicos (Abad Berjon, Noguera Murray, & Carrion Benedito, 2004)

Los materiales orgánicos se subdividen en:

- 1.- Materiales de origen natural (turba o peat moos).
- 2.- De síntesis (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).

Residuos y subproductos de diferentes actividades, los cuales son acondicionados mediante un proceso de compostaje o vermicompostaje (bagazo de caña, bagazo de agave, aserrín, corteza de árboles, cascarilla de arroz, fibra de coco, entre otros.)

Materiales inorgánicos o minerales se subdividen en:

1. De origen natural. Proceden de rocas o minerales de origen diverso, como son rocas de tipo volcánico, grava, piedra pómez, tezontle, arena, entre otros.
2. Materiales transformados o tratados industrialmente. Se obtienen a partir de rocas o minerales mediante tratamientos físicos o químicos, que modifican las características de los materiales de partida, algunos ejemplos de ellos son la perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca.
3. Residuos o subproductos industriales como las escoria de horno alto, estériles de carbón.

### **Fibra de Coco**

Es un material orgánico de desecho de la industria cocotera, el cual se compone de residuos del mesocarpó después de aprovechar las fibras largas, El resto contiene fibras cortas no aprovechables por la industria y partículas de diferentes tamaños lo cual favorece considerablemente la relación agua/aire dando como resultado el crecimiento de las plantas tanto en altura, peso de biomasa fresca y seca, así como el área foliar. (Abad Berjon, Noguera Murray, & Carrion Benedito, 2004).

### **Peat Moss**

El sustrato mejor conocido como turba, es formado a través de la descomposición de la materia orgánica que se encuentra principalmente en zonas pantanosas, la cual se caracteriza, por ser una masa ligera, fibrosa y esponjosa fácil de manipular, lo cual destaca su capacidad de retener agua y de mantener la estructura del suelo, así como la aireación para que los cultivos tengan condiciones adecuadas en el desarrollo de raíces Patron (2015), asevera que el peat moss proporciona el 76 % en espacio poroso, comparada con otros sustratos orgánicos y que proporciona un pH óptimo para el desarrollo de las plantas.

La mezcla de perlita con turba, proporciona mayor ventaja, ya que presenta características físicas y químicas como es un pH adecuado y la adición de nutrientes (Hurtado 2001).

## **Perlita**

La perlita es un silicato de aluminio de origen volcánico, el cual es transformado mediante un tratamiento térmico de 300 a 400 °C, eliminando el contenido de agua de sus partículas, arrojando un material ligero de alta porosidad y diferente tamaño de partículas, este material es el utilizado por los agricultores (Baixauli & Aguilar, 2002).

## **Injertos en Cucurbitáceas**

A raíz del gradual incremento de la Agricultura Protegida en el campo, se han desarrollado técnicas como el injerto para mejorar el sistema radicular de las plantas de hortalizas y por ende el crecimiento vigoroso de las plantas y el incremento en el rendimiento ya que contribuye a la resistencia de enfermedades, incrementa tolerancia a factores estresantes y un gradual aumento en la absorción de agua y nutrientes, el cual sigue el mismo principio que un injerto de árboles frutales. Un injerto es una combinación de características deseables, consiste en nuevos brotes que son removidos de una planta de la parte aérea a la que se le denomina “variedad injerto” y el sistema radicular que es provista por una planta se le denomina “patrón o portainjertos”.

La producción de injertos de hortalizas comenzó en Japón y Corea en los años 1920's, donde la sandía fue injertada sobre patrón de calabaza con la finalidad de controlar la marchitez causada por Fusarium. La técnica de injertos cobro popularidad hasta que se realizaron trasplantes de injertos de berenjena usados

en producción comercial en los años 1960's. Hasta el día de hoy, esta técnica innovadora ha sido realizada exitosamente en solanáceas y cucurbitáceas tales como berenjena, pimientos, tomate, melón, sandía y pepino particularmente en Asia (Ozores Hampton, Zhao , & Ortez, 2010).

El uso de planta injertada ha mostrado beneficios en el control de enfermedades del suelo y otras condiciones de estrés (altas temperaturas, salinidad y para incrementar el nivel productivo). El método de injerto que se debe utilizar es dependiendo la especie de planta que se vaya a injertar, ya que entre menos dificultades y complicaciones presente la técnica, permite que se utilice a mayor escala (Chew Madinaveitia, Gaytan Mascorro, Reta Sánchez, Espinoza Arellano, & Reyes Juárez, 2013).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización Geográfica Área Experimental**

El presente trabajo de investigación se estableció en los terrenos del Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N.) en Buenavista Saltillo, Coahuila, México; cuyas coordenadas geográficas son 25° 22' latitud Norte y 101°02' longitud Oeste y a una altitud de 1,742 msnm. El trabajo fue desarrollado durante el ciclo primavera-verano 2017. Clima: Clasificado del tipo BWhw (x')(e), el cual es muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación media anual de 350 a 400 mm y temperatura media anual de 19.8°C.

### **Descripción del material Experimental**

#### **Construcción del macrotúnel:**

Se preparó el terreno en el cual se establecieron los macrotuneles, para su construcción se utilizaron tubos de ½ pulgada de diámetro y 5 metros de longitud, cada macrotúnel fue de 5m de largo, 3.8 m de ancho y 2.50 de alto. Se cubrió cada macrotúnel con malla de diferente color, marca CromatiNet con 30 % de sombreado, las cuales fueron Negro, Azul, Blanca y Roja.

#### **Material Genético:**

Portainjerto Ferro Rz F1 (calabaza), pepino híbrido "paraíso"

## **Establecimiento del Experimento**

La siembra del portainjerto Ferro Rz F1, fue realizada el 14 de abril del 2017 y 6 días más tarde fue realizada la siembra del pepino híbrido “paraíso” en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, la diferencia en la siembra entre el portainjerto y el injerto, fue para lograr diámetros de tallo similar en las dos variedades para facilitar los injertos, una vez realizados éstos, las plántulas se mantuvieron en un ambiente con alta humedad relativa y un sombreo al 50% por cinco a seis días, para posteriormente reducir el sombreo a un 30 % por cuatro días más y a continuación realizar el trasplante dentro de los macrotúneles con malla sombras de colores.

## **Sustratos**

Nueve días después de realizar el injerto, se realizó el trasplante de las plántulas en bolsas de polietileno con capacidad de 15 litros, con 3 diferentes medios de cultivo (Suelo de la región, fibra de coco de la marca Riococo, una mezcla de perlita de marca Miltipert con peat moss marca Plug mix en una proporción de 1:1, posteriormente fueron llevados al interior de los macrotúneles con mallas de colores y colocadas con una separación de 30 cm entre plantas y un metro entre hileras.



## **Variables Evaluadas**

Las variables agronómicas estimadas fueron las siguientes, durante todo el ciclo del cultivo.

## **Componentes del Rendimiento**

Para la evaluación de los componentes del rendimiento se estimaron las siguientes variables, con el objetivo de identificar como influyen las mallas de colores el injerto y diferentes sustratos en el rendimiento y sus componentes en el cultivo de pepino:

a) Rendimiento total de fruto (RTF). Se determinó al momento de cosecha pesando en una báscula digital, todos los frutos producidos por planta, estimado de una muestra aleatoria de 10 plantas, en cada uno de los tratamientos de las dos repeticiones, considerando la suma de 10 cortes con intervalos de 3 días, se obtuvo el rendimiento total en gramos por planta.

b) Número total de frutos por planta de 10 cortes (NFPP). Después de pesar los frutos se contaba el número de frutos que se cosecharon por planta, de las mismas 10 plantas en cada una de las dos repeticiones.

d) Diámetro de fruto (DF) y Longitud de fruto (LF). Para estas variables se tomaron tres frutos al azar de cada una de las plantas consideradas anteriormente, en cada una de las dos repeticiones, se midió la distancia tomada de la parte ecuatorial del

fruto y la distancia entre cada polo del fruto con un vernier digital de precisión (AutoTEC™).

### **Calidad de Fruto**

a) Sólidos solubles totales (SST). Para medir esta variable se utilizó un refractómetro Atago N-1E® y expresada en (°Brix), se tomaron tres frutos al azar de tres plantas, de cada tratamiento y en cada una de las repeticiones. El procedimiento fue el siguiente; se cortó el fruto a la mitad y se colocaron varias gotas sobre la superficie del prisma, se cerró la cubierta del prisma y se apuntó el refractómetro hacia una fuente de luz, se observa un campo circular a través de una mirilla que tiene una escala vertical, con el líquido en el prisma, el campo se divide en dos porciones: clara y oscura. El punto en el cual la línea de marcación entre estas dos porciones cruza la escala vertical, da la lectura de °Brix o el porcentaje (%) estimado de SST. Los azúcares representan el principal componente de los sólidos solubles y estos son una importante característica de la calidad de poscosecha en la selección de híbridos.

b) Firmeza de fruto (FF). Se determinó firmeza de fruto con un penetrómetro con soporte marca (Frut Pressure Tester) equipado con un manómetro de fuerza de 0 a 13 Kg FT-327, y puntilla de 8 mm de diámetro, para esto se retiró la cutícula de cada fruto en dos puntos opuestos de la parte del ecuador del fruto, se introdujo la puntilla de un solo impulso para medir la fuerza necesaria para penetrar 1 cm del tejido de la pulpa del fruto de pepino, se tomaron dos lecturas por fruto y se reportaron en (Kg·cm<sup>-2</sup>). La estimación de la firmeza es importante

en la evaluación de la susceptibilidad de la fruta a daños físicos o mecánicos o manejo de poscosecha.

$$\text{Área de la puntilla} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{(3.1416)(0.8\text{cm})^2}{4} = 0.502656 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de 1 cm} = \frac{(1 \text{ cm})(0.502656 \text{ cm}^2)}{0.8\text{cm}} = 0.62832 \text{ cm}^2$$

$$\text{Firmeza de fruto en Kg/cm}^2 = \frac{(\text{ACM})(\text{LP})}{(\text{AP})}$$

Donde:

ACM= Área de 1cm

LP= Lectura del Penetrómetro directo

AP= Área de la puntilla

c) Determinación del contenido de vitamina C. La vitamina C se determinó de acuerdo a la metodología oficial de la AOAC (2000), método de titulación con 2,6 Dicloroindofenol -reactivo de Tihelmann- (AOAC, 2000).

1.- Se pesaron 20 g de muestra de frutos de cada población de pepino.

2.- Se le agregaron 10 ml de ácido clorhídrico al 2%, la mezcla se homogenizó por 15 min.

3.- A la muestra homogenizada se le agregaron 100 ml de agua destilada y se mezcló bien.

4.- El contenido se filtró a través de tela de gasa, el filtrado se recibió en una probeta y se anotó el volumen total.

5.- Se colocaron 10 ml de este filtrado en un matraz Erlenmeyer.

4.- En una bureta se puso una cantidad conocida de reactivo de Thielmann, se procedió a titular hasta obtener la coloración rosa permanente, registrando la cantidad de reactivo gastado.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$X = \frac{A(0.088)(100)(100)}{(V)(C)}$$

Donde:

X= contenido de vitamina C en mg /100 g de muestra,

0.088= miligramos de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de reactivo Thielman,

A= ml del reactivo de Thielman gastados en la valoración del filtrado,

V= volumen en ml de la alícuota valorada,

100= volumen en ml del filtrado de vitamina C en HCl,

C= peso de la muestra,

100= valor dado para la determinación del contenido de vitamina C para 100 g de fruto (%).

### **Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones y con arreglo en parcelas subdivididas, donde la parcela grande fueron los colores de malla (1 fue el Testigo o malla negra comercial, 2 malla azul, 3 malla blanca y 4 malla roja), dentro de estas se estudiaron dos modalidades de cultivo, con portainjerto (1 calabaza) y sin portainjerto (2 testigo) y como parcelas chicas fueron los medios de cultivo ( 1 Suelo de la región, 2 fibra de coco de la marca Riococo, 3 una mezcla de perlita de marca Miltipert con peat moss marca Plug mix en una proporción de 1:1). Los datos obtenidos, fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias mediante el método de Tukey en aquellas variables con diferencias significativas entre tratamientos, para lo cual se usó el programa SAS versión 9.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Calidad de Fruto

El análisis de varianza (ANVA) realizado indica que el color de las mallas afecto variables como los SST y VC. Sin embargo el uso de portainjerto influyó significativamente la FF y VC, lo anterior confirma que el usar el portainjerto Ferro Rz F1, se contribuirá a lograr mayor calidad de fruto, lo anterior se infiere es consecuencia de un sistema radicular más desarrollado con mayor capacidad de absorción de agua y sales minerales, lo cual favorece mayor calidad de fruto, coincidiendo con lo señalado por Lee (2007) quien indica que el uso de patrones confieren mayor vigor radical y foliar, mayor aprovechamiento de agua y nutrientes por tener sistema radical más eficiente, resistencia a la salinidad.

En las variables SST y VC se encontraron también interacciones estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) y altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre Mallas\*Portainjerto, indicando que el comportamiento de las plantas con o sin portainjerto fue diferente al cambiar de un color de malla a otro (Cuadro 2). También se encontró una interacción entre portainjertos por sustrato en las variables FF y VC, por lo tanto, es posible indicar que los valores de estas variables pueden ser diferente al cambiar de portainjerto o de sustrato (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza para variables relacionadas con la calidad de fruto de pepino, desarrollado dentro de macrotúneles con mallas de colores usando, injertos y desarrollados con diferentes sustratos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios		
		SST	FF	VC
Repeticiones (R)	1	0.015	0.064	0.025
Mallas (M)	3	0.055**	0.149	1.501**
M*R	3	0.001	0.056	0.119
Portainjerto (P)	1	0.014	0.420*	2.059**
M*P	3	0.074**	0.176	0.938*
P*R(M)	4	0.002	0.034	0.318
Sustrato(S)	2	0.011	0.037	0.461
M*S	6	0.003	0.304*	0.310
P*S	2	0.034*	0.345*	0.296
M*P*S	6	0.010	0.123	1.227**
Error	16	0.009	0.078	0.221
CV		5.657	12.740	22.076

SST = Sólidos solubles totales; FF= Firmeza de fruto; VC = Vitamina C; CV = Coeficiente de variación; \* = Significativo a  $P \leq 0.05$ ; \*\* = Significativo a  $P \leq 0.01$ .

El Cuadro 3 muestra que la malla de color rojo indujo mayor cantidad de SST, aunque presentó un valor estadísticamente igual al observado con la malla blanca. Los SST encontrados en frutos bajo la malla rojo tuvieron 14.83 % al valor observado en la malla negra que es el color de malla más comúnmente usado.

Los resultados obtenidos es posible que hayan sido debido a que las mallas de color rojo, azul y blanca transmiten mayores flujos de radiación total, fotosintética y morfogénicamente activas, así como de la banda infrarroja según los señala (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015). Sin embargo, la malla azul se tuvieron los frutos con mayor cantidad de VC, lo cual indica que la selección adecuada de una malla puede mejorarse la calidad de fruto, esto como consecuencia de que es posible modificar el espectro de la radiación solar transmitida, modificando algunas variables climáticas, morfológicas y anatómicas de la planta Shahak *et al.* (2004) indican que con el uso de mallas de colores es posible modificar el espectro de la luz filtrada en las regiones ultra violeta, visible y rojo lejano, e intensifica su dispersión. Aunque en el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas entre los colores de mallas en las variables de rendimiento y número de frutos, Ayala Tafoya *et al.* (2015) indican que los incrementos observados por ellos en la humedad relativa máxima y la temperatura de las hojas superiores, promovidas por las mallas coloreadas, mejoró las propiedades fotosintéticas y el crecimiento de las plantas de pepino. Por lo que, de acuerdo con los resultados de este trabajo, las mallas blanca, roja, azul y negra, representan una opción para incrementar el rendimiento de pepino en condiciones de casa sombra, sin embargo, de acuerdo a los resultados observados en el presente trabajo, probablemente es necesario considerar las condiciones ambientales de cada región.



Cuadro 3. Comparación de medias de variables de calidad de fruto de pepino producido dentro de macrotúneles con mallas de colores.

Mallas	SST °Brix	FF Kg/cm <sup>2</sup>	VC mg/100gr
1. Negra	2.63 BC	4.52 A	4.57AB
2. Azul	2.57 C	4.77 A	6.47A
3. Blanca	2.94 AB	5.56 A	6.25A
4. Roja	3.02 A	4.97 A	2.97B

Medias con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05)

La FF y VC fue significativamente mayor en los frutos sin portainjertos, esto es probablemente debido a que los frutos sin portainjertos movilizaron menos agua al fruto, mientras que la VC fue mayor con el uso de portainjertos, mejorando la calidad de fruto en cuanto a esta importante vitamina (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de variables de calidad de fruto de pepino producido con y sin portainjerto.

Porta-injerto	SST	FF	VC
	°Brix	Kg/cm <sup>2</sup>	mg/100gr
1. Ferro Rz F1	2.74 A	4.58 B	6.17 A
2.Sin	2.84 A	5.32 A	3.97 B

Medias con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05)

### **Rendimiento y Componentes del Rendimiento**

El Cuadro 5, señala que el color de la malla no influye significativamente sobre RTF, NFP, DF y LF, sin embargo se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre portainjertos en las variables RTF y NFPP, de igual forma se encontraron diferencias significativas entre sustratos en las mismas variables. También se observaron diferencias significativas en la interacción Portainjerto\*Sustrato, en RTF, NFPP.

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado para los factores mallas, portainjertos y sustratos en el cultivo de pepino.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		RTF	NFPP	DF	LF
Repeticiones (R)	1	3906.805**	8.926**	5.248**	29.588**
Mallas (M)	3	122.162	0.156	0.354	0.478
M*R	3	231.552	0.374	0.323	2.581
Portainjerto (P)	1	1526.167*	3.180*	0.562	5.637
M*P	3	290.867	0.557	0.909	4.722
P*R(M)	4	204.981	0.619	0.459	1.161
Sustrato(S)	2	1280.617**	2.521**	0.306	2.119
M*S	6	169.901	0.277	0.511	3.651
P*S	2	892.312*	2.110*	0.747	1.714
M*P*S	6	225.169	0.489	0.228	1.442
Error	16	187.894	0.374	0.562	2.401
CV		17.67	16.18	14.02	13.71

RTF= Rendimiento total de fruto; NFPP=Numero de frutos por planta; DF = diámetro de fruto; LF= Longitud de fruto; CV = Coeficiente de variación; \*= Significativo a  $P \leq 0.05$ ; \*\*= Significativo a  $P \leq 0.01$ .

En el Cuadro 6 se observó que aunque en la malla blanca se tuvo el mayor rendimiento, este no fue diferente del resto de las mallas estudiadas. En cambio en el Cuadro 7 se observa que el uso de portainjerto si influyó significativamente sobre el RTF y el NFPP, ya que las plantas desarrolladas sobre portainjertos fueron estadísticamente superiores al observado en plantas de siembra sin portainjerto, el rendimiento usando portainjertos fue superior en 34.13 % al obtenido en plantas sin portainjerto, y el NFPP obtenido usando portainjertos fue superior en 31.5% al tratamiento sin portainjerto, lo anterior indica las bondades

de utilizar la técnica de injerto para la producción de pepino en macrotúneles. En este sentido Ozores-Hampton *et al.* (2010) indican que el injerto de hortalizas ha contribuido al incremento en la tolerancia a varios ambientes estresantes, así como al aumento en la absorción de agua y nutrientes, lo que resulta en un crecimiento vigoroso, prolongación del periodo de crecimiento y un posible incremento de rendimiento. Además, se considera que el injerto es una alternativa viable para los problemas de producción de los cultivos y un componente de la tecnología para mejorar la productividad del tomate (Chew *et al.*, 2012).

Cuadro 6. Comparación de medias de variables agronómicas de pepino producido dentro de macrotúneles con mallas de colores.

Mallas	RTF gr-planta <sup>-1</sup>	NFPP	DF mm	LF cm
1. Negra	6007.30 A	14.67 A	27.19 A	25.79 A
2. Azul	5890.83 A	14.08 A	30.72 A	26.79 A
3. Blanca	7041.54 A	16.25 A	28.81 A	25.46 A
4. Roja	6628.96 A	15.30 A	29.97 A	26.43 A

Medias con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05)

Cuadro 7. Comparación de medias de variables agronómicas de pepino producido con y sin portainjerto.

Porta- injerto	RTF gr	NFPP	DF mm	LF cm
1. Ferro Rz F1	7324.125 A	17.12 A	30.35 A	27.74 A
2.Sin	5460.234 B	13.02 B	27.99 A	24.50 A

Medias con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05)

El cuadro 8 muestra que en RTF las plantas desarrolladas sobre fibra de coco tuvieron un rendimiento estadísticamente superior al obtenido en peat moss, al cual supero en un 60.83 %, aunque el rendimiento obtenido en suelo fue estadísticamente igual al obtenido en la fibra de coco. Este mismo comportamiento fue observado en el NFPP, aunque en este caso el rendimiento obtenido en las plantas desarrollados en la fibra de coco fue estadísticamente superior al obtenido en el peatmoss en 56.1 %. El mejor comportamiento del pepino desarrollado en la fibra de coco y en suelo que en el peat moss, se infiere fue debido a que éstos sustratos tienen diferentes capacidades de retención de agua, de ellos el peatmoss es el que retienen mayor cantidad, igualmente éste sustrato tiene un pH entre 5.0 y 5.8, mientras que la fibra de coco y el suelo de la región tuvieron un pH superior a 7, además se indica que para tomar la decisión de utilizar un material como sustrato se debe considerar el costo, disponibilidad, respeto por el ambiente y que los resultados de la caracterización física, química

y biológica se ajusten en lo posible a las características ideales para el crecimiento y desarrollo del cultivo por establecer (Cruz-Crespo *et al.*,2013).  
 Dados los resultados obtenidos se considera que para la producción de pepino el suelo de la región puede ser una buena alternativa de producción.  
 En el cuadro 8 muestra que no hay diferencia significativa entre el uso de sustratos para mejorar SST, FF y CV.

Cuadro 8. Comparación de medias de variables agronómicas de pepino producido en tres sustratos.

Medios de cultivo	RTF g·planta <sup>-1</sup>	NFPP	DF mm	LF cm
1. Suelo	6117.125 AB	14.72 AB	29.42A	27.25 A
2.Fibra	8052.625 A	18.59 A	30.46A	26.80 A
3.Peat moss	5006.789 B	11.91 B	27.63A	24.31 A

Medias con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05)

## **CONCLUSIONES**

De los tres factores de estudio el portainjertos y el sustrato fueron los que más influyeron en el rendimiento y componentes de rendimiento, por lo tanto, esta tecnología es de utilidad en la producción de pepino

En calidad de fruto la malla de color rojo y blanco fueron las que indujeron mayor cantidad de SST, mientras que la malla negra, azul y blanca favorecieron un mayor contenido de VC, así mismo el uso de portainjertos contribuyo a mejorar la calidad de fruto, al incrementar el contenido de VC

La combinación de estas tecnologías permite lograr mayores rendimientos y calidad de fruto de pepino, para satisfacer las crecientes exigencias del mercado.

## LITERATURA CITADA

- Abad Berjon, M., Noguera Murray, P., & Carrion Benedito, C. (2004). Los sustratos en el cultivos sin suelo. En Urrestarazu - Gavilan. En Cultivo sin suelo. (págs. 113 -158). Madrid: Mundi Prensa,.
- Álvarez Avilés, A., Romo Ayala , F., Valenzuela Cornejo, P., Huez López, M. A., López Elias, J., Preciado Flores, F., & Sandoval Fernández, D. (2010). Efecto de las mallas sombra de color sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) tajin, en la costa de Hermosillo. En "El suelo, sustento de vida y nuestro mejor aliado contra el cambio climático" - XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.- XIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas.- 25 al 29 de Octubre (págs. 940-943). Mexicali Baja California, México.
- Álvarez Ramos, D. (2006). Influencia de Películas Fotoselectivas en la Acumulación de Biomasa y Cálidad de Trasplantes de Calabacita(*Cucurbita pepo* L.) Tesis Licenciatura Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis, 17 th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD.
- Ayala, e. a. (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. En F. A. Tafoya, TERRA LATINOAMERICANA VOLUMEN 29, NÚMERO 4. (págs. 403- 410). Culiacan, Sinaloa, México.: TERRA LATINOAMERICANA.



- Ayala, T. F., & et al. (2015). Producción de pepino en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivo. ITEA , Vol. 111(1), 3-17.
- Baixauli, S., & Aguilar, O. (2002). Cultivo sin suelo de Hortalizas. Aspectos Practicos y Experiencias. Serie Divulgación Técnica.Generalit Valenciana, 86 pp.
- Bolaños, H. (1998). Introducción a la Olericultura. 1era Edición. San José , Costa Rica.: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED).
- Casierra Posada, F., & Pinto Correa, J. (2011). Crecimiento de Plantas de Remolacha(Beta vulgaris L. var. Crosby Egipcia Bajo Coberturas de Color)). Revista. Fac.Nal. Agr. Medellin 64(2), 6081-6091.
- Chew Madinaveitia, Y. I., Gaytan Mascorro, A., Reta Sánchez, D. G., Espinoza Arellano, J., & Reyes Juárez, I. (2013). Uso de Injertos en Hortalizas . En Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía FAZ- UJED (págs. 37-52). Matamoros, Coahuila , Mexico.
- Cruz Crespo, E. (2013). Sustratos en laHorticultura. Revista Bio Ciencias, 17-26.
- Domínguez Ramírez, A., & Robledo Torres , V. (2005). Uso de cubiertas fotoselectivas para la producción de plántulas de Hortaliza. - Tesis Maestro en Ciencias en Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Domínguez, V. (1997). Tratado de Fertilización. 3ra Edición. Madrid, España.: MundiPrensa.
- Edmond, B. (1985.). Principios de Horticultura. 3ra Edición. México, D.F.: Editorial Continental.

FAO. (31 de 12 de 2017). AREA COSECHADA Y PRODUCCION MUNDIAL DE PEPINO 2017. Obtenido de FAO- FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

Florian P., M., & Bimbo, B. (2002). Invernadero. AgroRed Noviembre 2002, año III nO. 30., 22-26.

Grijalva C., R. L., & Robles C., F. (2003). Avances en la producción de hortalizas en invernadero. Publicación técnica No. 7. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Regional del Noreste, Campo Experimental Caborca, Sonora, México, 14-18.

Grubben, G., & Denton, O. (2004). Plant resources of tropical Africa 2 - vegetables . PROTA. 668 PP.

Hernández González, Z., Sahagún Castellanos, J., Espinosa Robles, P., Colinas León, M., & Rodríguez Pérez. (2014). "Effect of Rootstock on Yield and Fruit in Grafted Cucumber". Revista Fitotecnia , Mex. 37, 41-47.

Hernández, P. (2011). Desarrollo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. cv. Camelia) en respuesta a la biofertilización bajo condiciones de casahuate y análisis de algunos parámetros fisiológicos. Tesis Maestro en Ciencias en Agroplasticultura.CIQA. Saltillo, Coahuila, México.

InfoAgro. (2011). El cultivo del pepino(Parte I). Obtenido de Guía práctica para la producción profesional e intensiva del pepino, hortaliza de la familia de las cucurbitáceas.:

[http://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_pepino\\_\\_parte\\_i\\_.as](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino__parte_i_.as)

p

- INFOAGRO. (sf). Los plásticos en la agricultura. Materiales de cubierta para invernadero. Obtenido de Copyright Infoagro Systems, S.L.: [http://www.infoagro.com/documentos/los\\_plasticos\\_agricultura\\_\\_material\\_es\\_cubierta\\_invernaderos\\_\\_parte\\_i\\_.asp](http://www.infoagro.com/documentos/los_plasticos_agricultura__material_es_cubierta_invernaderos__parte_i_.asp)
- INTAGRI. (2017). Mallas de Colores en la Producción Hortícola. Serie Horticultura Protegida. Núm. 30. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Obtenido de ntagri S.C.: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/mallas-de-colores-en-la-produccion-horticola>
- Juárez Lopez, P., Bugarín Montoya, R., Castro Brindis, R., Sánchez Monteón, A. L., Cruz Crespo, E., Juárez Rosete, C. R., . . . Balois Morales, R. (8 de julio-septiembre de 2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Obtenido de Revista Fuente Año 3: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>
- Kristkova, E., Lebeda, A., Vinter, V., & Blahousek, O. (2003). Genetic resources of the genus Cucumis and their morphological description. Horticultural Science (Prague) Volumen 30, Número 1.
- Márquez- Quiroz, C., & et al. (2014). Uso de mallas: una alternativa para la producción de tomate cherry. Ecosistemas y recursos agropecuarios., 175-180. Obtenido de Ecosistemas y Recurso Agropecuarios.
- Munguía L., J., Arellano G., M., & Quezada M., M. (2011). Situación de la plasticultura en México. CIQA, Presentado en XII Congreso Iberoamericano de Desarrollo y Aplicación de los Plásticos en la Agricultura del 28-30 Nov. Campins , SP. Brasil. Saltillo, Coahuila México.

- Ozores Hampton, M., Zhao , X., & Ortez, M. (2010). Introducción a la Tecnología de Injertos a la Industria de Tomate en la Florida: Beneficios Potenciales y Retos. UF- IFAS Extension UNIVERSITY of FLORIDA, 6.
- Pacheco A., A., & Bastida T., A. (2011). Agricultura protegida(ventajas y desventajas en el uso de invernadero). Revista TecnoAgro No. 69.
- Pérez Pérez, D. (2007). Evaluación de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas fotoselectivas en macrotúneles- Tesis Licenciatura - Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- SEP. (1997). Cucurbitáceas. 3a Edición. México , D.F.: Trillas.
- Serrano, C. (1979). Cultivo de Hortalizas en Invernaderos. 1ra Edición. España: Editorial Comtinenta S.A. España.
- SIAP. (2015). Superficie cubierta y número de instaciones de Agricultura protegida 2015. Obtenido de SIAP: [infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosabiertos.php/](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosabiertos.php/).
- SIAP. (2017). Producción agrícola de pepino ciclo 2017. Obtenido de Cierre agrícola OI +PV+Riego+Temporal- Resumen: <http://nube.siap.gob.mx/cierraagricola/>
- Tamaro, D. (1921). Manual de Horticultura. Barcelona, España.: Editorial Catalana S.A. .
- Tiscornia, J. (1983). Hortalizas de fruto. Madrid, España.: Editorial Acriba.
- Valadez, L. (1998). Producción de Hortalizas. 7° Reimpresion. . México D.F.: Limusa.

