

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



ESTUDIO DEL PEPINO (*Cucumis sativus* L.) EN TRES MEDIOS DE CULTIVO
Y MACROTÚNELES CON MALLAS DE COLORES

Tesis

Que presenta YESICA RENDÓN AQUINO

Como requisito parcial para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2015

ESTUDIO DEL PEPINO (*Cucumis sativus* L.) EN TRES MEDIOS DE CULTIVO Y
MACROTÚNELES CON MALLAS DE COLORES

Tesis

Elaborada por YESICA RENDÓN AQUINO como requisito parcial para obtener el
grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA con la supervisión y
aprobación del Comité de Asesoría



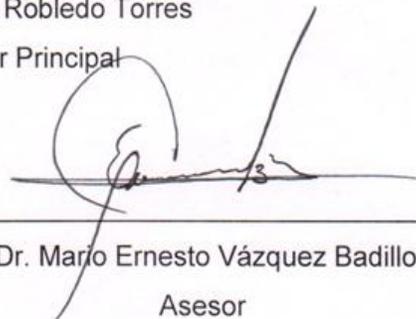
Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



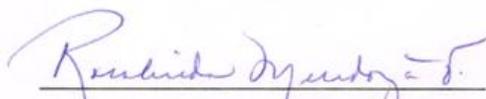
Dra. Francisca Ramírez Godina

Asesor



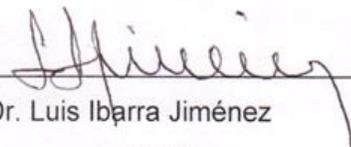
Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Asesor



Dr. Luis Ibarra Jiménez

Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Subdirector de Posgrado

UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2015

Agradecimientos

A Dios nuestro señor; Por creer en ti, por estar presente en todo momento a lo largo de este recorrido de vida, por darme esa fuerza espiritual que he encontrado ante aquellas adversidades que de alguna manera repercuten de manera emocional en mí.

A mi alma mater; la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Departamento de Horticultura por brindarme las aulas en las que he adquirido mucho aprendizaje durante mi estadía profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), por brindarme los recursos económicos durante estos dos años de maestría.

Al Dr. Valentín Robledo Torres, Dr. Mario Ernesto Vásquez Badillo, Dr. Luis Ibarra Jiménez, Dra. Francisca Ramírez Godina, y a la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, por su participación, colaboración y aportación para que se concluyera el proyecto de tesis, Gracias.

A la T.A. Martina de la Cruz Casillas, por su apoyo requerido en el laboratorio y por ser una excelente persona y amiga, gracias.

A mis compañeros de generación; Martín Hernández Salinas, Obed Isaí Hernández Pérez, Antonio Reyes Cabrera, Joaquín Mendoza Castellanos y a Víctor Manuel, por ser excelentes personas y amigos, fue un placer compartir dos años de experiencia con ustedes chicos.

A todas aquellas personas de maestría en Ciencias en Horticultura y Doctorado en Agricultura Protegida, con las que tuve la oportunidad de convivir durante este tiempo, sobre todo a Juana de la Cruz García Santiago, Yessica Alvarado, Armando Hernández Pérez y Viviana Paola Sosa.

Dedicatorias

A mi familia Alejandro Rendón; por la cual daría mi vida si fuera necesario, por ser el impulso a seguir avanzando día a día y a no desvanecer ante cualquier circunstancia, te amo familia.

A mi esposo Gibrán Jaciel Alejandro Rojas; por ese apoyo incondicional en todo momento, por estar siempre presente en los buenos y malos ratos, por esa paciencia que te caracteriza, te amo.

A mis hermosos hijos Fernanda Ayelén Alejandro Rendón e Ian Jalith Alejandro Rendón, mis dos piezas claves para enfrentarme ante cualquier reto, son mi vida, mi mundo, mi todo, los amo, esto es por y para ustedes.

A mis padres por enseñarme a salir adelante sin importar los obstáculos a vencer, los amo.

A mis hermanos; por contar siempre con ustedes, los quiero.

A la familia Alejandro Rojas; por mostrar siempre ese apoyo moral para con mi familia.

Índice General

Agradecimientos	iii
Dedicatorias.....	iv
Resumen	viii
Abstract.....	x
Introducción	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis.....	3
Revisión de Literatura	4
El cultivo de pepino	4
Agricultura protegida	4
Usos de malla sombra.....	5
Mallas fotoselectivas	6
Suelo y sustratos como medios de cultivo.....	6
Suelo	7
Fibra de coco.....	7
Turba o Peat moss.....	8
Perlita.....	9
Materiales y Métodos.....	10
Preparación del terreno.....	10
Germinación.....	10
Trasplante	10
Diseño experimental	10
Variables agronómicas.....	11
Variables de rendimiento.....	11
Variables de crecimiento.....	11
Variables climáticas.....	12
Resultados y Discusión	13
Conclusiones.....	24
Referencias.....	25

Lista de Figuras

- Figura 1.** Promedio de radiación fotosintéticamente activa, transmitida al interior de los macrotúneles con cubiertas de colores durante el ciclo del cultivo de pepino.....22
- Figura 2.** Comparación de temperatura ambiente exterior contra temperatura interna en macrotúneles con mallas de colores usadas para producción de pepino, en tres medios de cultivo.....23

Lista de Cuadros

- Cuadro 1.** Cuadrados medios y nivel de significancia del análisis de varianza en el uso de cuatro mallas de colores y tres medios de cultivo en pepino. 14
- Cuadro 2.** Comparación de medias de las variables agronómicas dependientes en el cultivo de pepino desarrollado en macrotúneles con mallas de colores en Saltillo, Coahuila, México..... 16
- Cuadro 3.** Comparación de medias en variables agronómicas dependientes en el cultivo de pepino desarrollado en medios de cultivo dentro de macrotúneles con mallas de colores 17
- Cuadro 4.** Cuadrados medios estimados para variables agronómicas en el cultivo de pepino desarrollado bajo malla sombra de colores, en Saltillo, Coahuila. 18
- Cuadro 5.** Comparación de medias de las variables agronómicas en el cultivo de pepino desarrollado en macrotúneles con mallas de colores. 19
- Cuadro 6.** Valores medios de variables agronómicas dependientes en el cultivo del pepino desarrollado tres en medios de cultivo y cuatro macrotúneles con mallas de colores.....21

Resumen

**ESTUDIO DEL PEPINO (*Cucumis sativus* L.) EN TRES MEDIOS DE
CULTIVO Y MACROTÚNELES CON MALLAS DE COLORES**

POR

YESICA RENDÓN AQUINO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dr. VALENTÍN ROBLEDO TORRES -ASESOR-

Saltillo Coahuila

Diciembre 2015

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el desarrollo de pepino en tres medios de cultivo bajo mallas de colores cromatiNet con 30% de sombreo, se realizó durante Otoño-Invierno del 2014 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 arreglo en parcelas divididas, las parcelas grandes fueron; (A1, malla negra, testigo; A2, malla blanca; A3, malla roja y A4, malla azul), las parcelas chicas fueron; (B1, suelo desnudo; B2, fibra de coco y B3, mezcla de perlita mas peat moss). La separación entre hileras fue de 100cm y 30cm entre plantas y 5 plantas con competencia completa como parcela útil. El rendimiento (RT) y peso promedio de fruto (PPF) en la malla roja, fue estadísticamente mayor ($p \leq 0.05$) en 23.33 y 25.17% respectivamente, a valores observados en la malla negra y el peat moss/perlita (PMP) indujo valores de 25.56, 15.88 y 13.23% en RTF, longitud de fruto (LF) y diámetro ecuatorial de fruto (DE) que fueron estadísticamente superiores ($p \leq 0.05$) a los observados en suelo desnudo. La malla roja en los meses más cálidos transmitió 9% menos radiación fotosintéticamente activa (RFA) que la malla negra, mientras que la roja en los meses fríos transmitió 70% mas RFA, que indujo mayor rendimiento y calidad de fruto. La temperatura en las mallas de colores fue más estable que en la negra. Concluyendo que el microambiente generado por mallas de colores, inducen cambios significativos en RTF, PPP, FPP, (LF), (DE), además el PMP indujo el mejor desarrollo del pepino.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., Turba, Radiación fotosintéticamente activa, Rendimiento de fruto.

Abstract

**STUDY of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) in three culture media and
macrotunnels with COLOR NETS**

BY

YESICA RENDÓN AQUINO

MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dr. VALENTÍN ROBLEDO TORRES -ADVISOR-

Saltillo, Coahuila

December 2015

The objective of this work was to study the development of cucumber in three culture media under cromatiNet nets of colors, with 30% shade. This was done in Autumn-Winter 2014, in the Experimental Field Agricultural of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) in Saltillo, Coahuila, Mexico. The experimental design used was, randomized blocks arranged in split plots, the plots large were four colors of shade mesh; (A1, black mesh, witness; A2, white mesh, A3, red mesh and A4, blue mesh), plots small were ; (B1, bare soil, B2, cocconut fiber and B3, perlite more peat moss). The spacing between rows was 100 cm and 30 cm between plants and the useful plot were 5 plants with full competition. The yield (RTF) and average fruit weight (PDF) obtained under the red mesh was statistically higher ($p \leq 0.05$) in 23.33 and 25.17%, respectively, to the values observed in black mesh, also the peat moss / perlite (PMP) had values of 25.56, 15.88 and 13.23% in RTF, fruit length (LF) and equatorial fruit diameter (DE) which were statistically higher ($p 0.05$) than those observed in bare soil. The red mesh in the warmer months trasmitted 9% less, photosynthetically active radiation (RFA) that the black mesh, while the red in the cold months RFA transmitted 70% more, which induced higher yield and fruit quality. The temperature in the meshes of colors was more stable than in the black. Concluding that the microenvironment generated in the meshes of colors lead to significant changes in RTF, PPP, FPP, (LF), (DE), the PMP also induced the best development of cucumber.

Key words: *Cucumis sativus* L., solar radiation, peat moss, photosynthetically active radiation, fruit yield.

Introducción

Los recursos naturales como suelo, agua, clima son cada vez más limitantes para la producción de cultivos, como resultado del deterioro que ha ocurrido a lo largo del tiempo a causa de la sobrepoblación. El cambio climático año tras año origina fuertes pérdidas en los cultivos, como consecuencia de altas o bajas temperaturas, vientos y granizadas, que pueden ser evitadas o reducir sus efectos mediante el uso de sistemas de producción en ambientes protegidos como invernaderos, macrotúneles o uso de mallas plásticas. El uso de casa sombra o uso de mallas para la protección de cultivos resulta una opción, aunque es común que en horticultura nacional se utilicen las mallas de color negro, con diferentes porcentajes de sombreo, en cambio se han desarrollado mallas de colores que pueden alterar de forma importante el crecimiento, y desarrollo de las plantas (Li, 2006). La agricultura protegida (AP) en México es uno de los componentes esenciales de la actividad agrícola de alta tecnología, al igual que en diferentes partes del mundo (Muñoz, 2003). La agricultura protegida tiene una alta vinculación con la industria agroalimentaria nacional y de exportación, se estima que el 80% de los cultivos bajo estos sistemas son tomate, pimiento y pepino (Castellanos, 2004), que se establecen directamente en suelo, aunque solo un reducido porcentaje de productores utilizan algún tipo de sustrato distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando un papel de soporte para proporcionar agua, y nutrientes a las plantas (Díaz, 2004). El pepino es un cultivo que se siembra tanto en suelo como en sustratos, es una hortaliza originaria de las regiones tropicales del sur de Asia (Alonso, 2012), y se considera importante como alimento en fresco o industrializado, en años recientes ha mostrado un aumento en la producción y exportación (Torres, 2011), en el 2012 México fue el principal exportador de pepino a los EUA con más de 532,000 toneladas, siendo Sinaloa el que proporcionó la mayor producción (SIAP/SAGARPA, 2012). En cambio para lograr un óptimo

crecimiento y desarrollo, esta hortaliza requiere un sustrato que le proporcione oxígeno y suficientes minerales a las raíces de las plantas, además de $256 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ a $875 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ radiación solar y temperaturas de 35 a 39°C para lograr alta eficiencia en procesos fisiológicos, que promuevan el óptimo crecimiento y desarrollo vegetal para una alta producción de fruto, por lo tanto el estudio de diferentes medios de cultivo y el uso de mallas de colores pueden ser una opción para la producción de pepino (Rangel, 2011). En cambio uno de los problemas que enfrenta el cultivo de pepino es la carencia de materia orgánica y degradación del suelo por el uso de cultivos intensivos, así como excesos de salinidad y agentes fitopatógenos (Bracho *et al.*, 2009), además de la exposición a la alta intensidad de la radiación, con aumentos de temperatura que afectan negativamente el crecimiento y desarrollo de la planta, provocando una disminución en producción y rendimiento del cultivo (Márquez *et al.*, 2014). Sin embargo con el uso de mallas de colores y medios de cultivos adecuados se pretende mitigar el efecto negativo de las condiciones climáticas y del suelo, sobre las plantas, al disminuir la intensidad de radiación, los aumentos de temperatura y favorecer el desarrollo radicular para mejorar el crecimiento, desarrollo, producción y rendimiento del cultivo. Es por ello que se planteo el objetivo de estudiar la respuesta del pepino al uso de tres medios de cultivo bajo mallas de colores con 30% de sombreo, ya que este tipo de cubiertas de colores pueden mitigar el efecto negativo que algunos factores climáticos tienen sobre las plantas.

Objetivo General

Estudiar la respuesta del pepino al uso de tres medios de cultivo y mallas de colores.

Objetivos Específicos

Determinar la malla adecuada para el cultivo de pepino en la región de Saltillo, Coahuila.

Estudiar el impacto del microambiente de un macrotunel sobre el rendimiento de pepino.

Hipótesis

Al menos una de las mallas de colores y medio de cultivo induce mayor rendimiento y calidad de fruto en pepino.

Revisión de Literatura

El cultivo de pepino

El cultivo de pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, cultivándose en la India desde hace más de 3,000 años, extendiéndose a Grecia para después ser introducido a china. El pepino es una hortaliza que se consume comúnmente en fresco como también industrializado, este representa un alto potencial económico que permite aumentar la producción y la exportación a diferentes partes del mundo (Torres, 2011).

Para el año 2007 México fue el principal país exportador de pepino, exportó 361.721 toneladas hacia los Estados Unidos de Norteamérica (López *et al.*, 2011). En el 2009 México obtuvo un rendimiento de pepino de 30,000 toneladas por hectárea como media de producción, siendo el estado de Sonora el estado con mayor superficie sembrada con 570 ha situándose a nivel nacional en el quinto lugar (SIAP, 2010).

Agricultura protegida

La producción de cultivos protegidos a nivel mundial se inició hace más de 50 años, en diferentes países como Holanda, Francia, Israel, Estados Unidos, Brasil, Italia y Japón, debido a que han desarrollado avances significativos, obteniendo incrementos en los rendimientos, comparados con los obtenidos a campo abierto, por lo tanto se han posicionado en los primeros lugares, exportando hortalizas y flores con este sistema de producción (Juárez *et al.*, 2011).

La horticultura protegida en México es uno de los componentes esenciales de la actividad agrícola de alta tecnología, al igual que en diferentes partes del mundo (Muñoz, 2003). Este se debe a su gran vinculación con la industria agroalimentaria nacional y de exportación, este tipo de agricultura se desarrolla en diferentes regiones y en diversas condiciones agroclimáticas en el que usualmente se utilizan invernaderos, túneles y mallas sombra, además se tiene estimado que 80% de los cultivos bajo condiciones protegidas se establecen

directamente en suelo, sistemas hidropónicos de manera natural, o residual, proporcionando agua y nutrientes a la raíz de las plantas (Castellanos, 2004).

Usos de malla sombra

Las mallas se consideran cubiertas plásticas elaboradas a base de polipropileno o polietileno, que son utilizadas frecuentemente en invernaderos y túneles para proporcionar un porcentaje de sombreo a las plantas, protegiéndolas de la radiación directa, modificando el ambiente microclimático que suele repercutir en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo, además de modificar procesos que dependen de la luz como es el caso de la fotosíntesis, fotomorfogénesis y la transpiración (Torres, 2011).

Mallas fotoselectivas

En el cultivo de pepino Ramírez *et al.* (2012) produjeron pepino bajo invernadero con malla sombra, incrementando de manera significativa la producción y rendimiento del pepino, reduciendo de manera importante la radiación y temperatura diurna al inicio del ciclo, modificando de manera importante el microambiente en el interior del invernadero.

Li (2006), al utilizar malla cromatiNet roja con 50% de sombreo, encontró que ésta aumenta longitud y diámetro de tallo, número de ramificaciones y número de hojas en pimiento jalapeño, comparada con malla cromatiNet gris y malla negra, estos beneficios en el cultivo se le atribuye a la transmisión de longitudes de onda en rojo lejano, lo cual difunde luz en el interior de la cubierta, permitiendo un adecuado crecimiento de las plantas.

En malla roja CromatiNet con 30% de sombreo sobre invernadero, se encontró una respuesta positiva al incrementar el peso de frutos en pimiento, aumentando el rendimiento por metro cuadrado (Fernández, 2004), en cambio al utilizar mallas con 30 y 40% de sombreo se aumentan los rendimientos y se obtienen frutos de mejor calidad en el cultivo de chile, estos efectos se le atribuyen a la disminución de irradiación y temperatura del aire que conlleva a evitar o disminuir el estrés por calor en las plantas (Díaz y Bautista, 2014). En cambio Álvarez *et al.* (2010) al evaluar malla Negra, roja, gris, blanca y Azul,

obtuvieron hasta un 170% en rendimiento en chile jalapeño, obteniendo frutos con mayor peso en la malla blanca.

Por otra parte Márquez *et al.* (2014) al utilizar mallas de colores hallaron que la malla color perla aumentó el rendimiento hasta un 116.66% en tomate cherry, comparada con 122.85% de rendimiento en la malla negra, por lo tanto se considera una alternativa favorable para la producción de esta hortaliza.

Rangel en (2011), encontró que con un una malla sombra comercial de 90% de sombreo, $256 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ de radiación y temperaturas optimas de 39°C , proporcionan mayor longitud de peciolo, dando plantas de mayor porte en el cultivo de anturio. Con el uso de mallas de colores, una adecuada mezcla de sustratos y el 80% de solución Steiner, se obtienen plantas más altas con mayor crecimiento radical y un 80% de floración en el cultivo de noche buena, esto se debe a la interacción propicia entre las condiciones ambientales de las mallas (García *et al.*, 2014).

Bastias *et al.* (2012), al hacer uso de mallas foselectivas afirman que la malla roja proporcionó mayor área foliar, materia seca, y crecimiento del fruto en el cultivo de manzano, explicando el efecto positivo que tiene la cubierta roja en la expansión de luz dentro de un sombráculo. Además con 40% de sombreo, la malla roja incrementa rendimientos de 11008 kg ha^{-1} a 10461 kg ha^{-1} en cultivo de arándano, aumentando el diámetro polar y ecuatorial del fruto respectivamente (Rodríguez y Morales, 2015).

Con cubierta roja se logran efectos positivos en el área foliar, peso seco total, crecimiento y calidad en el cultivo de remolacha, esto se debe a la modificación de la luz, que conlleva a los efectos de los fotorreceptores, alterando de manera interesante a los patrones de crecimiento en las plantas (Casierra y Pinto, 2011).

Suelo y sustratos como medios de cultivo

Se considera sustrato aquel material solido que permite proteger las raíces de las plantas por la luz, además de proporcionar anclaje, retención de agua, aireación, oxígeno y poseer los nutrientes que las plantas necesitan para cumplir con su crecimiento y desarrollo (Calderón y Cevallos, 2001). Por lo tanto

los cultivos en sustratos tienen un mayor desarrollo y se consideran una alternativa viable a la producción en suelo (Gallardo, 2006). En ocasiones un solo sustrato no logra cumplir con todas las propiedades que las plantas requieren, por ello probablemente se le tendrá que adicionar otro material, para lograr cumplir con las necesidades del cultivo (Valenzuela y Gallardo, 2002).

Los materiales o sustratos a utilizar se clasifican de acuerdo a diferentes criterios, uno de ellos es identificar, porosidad total, retención de agua, capacidad de aireación, agua disponible, y peso húmedo, así como el diámetro de las partículas, y propiedades óptimas para la utilización en la producción de hortalizas (Abad *et al.*, 2004).

Para la producción de cultivos se utilizan frecuentemente sustratos inorgánicos en los que destacan la arena, vermiculita, perlita, lana de roca, arcilla calcinada, piedra pómez y otros productos minerales, a si como también los sustratos orgánicos como peat moss, aserrín, fibra de coco, estiércol, paja, cascarilla de arroz, y compostas (Iskander, 2002).

Suelo

El suelo es el medio de cultivo universal para el crecimiento vegetal, hoy en día este suelo ha sido sustituido por diversos sustratos, llámese orgánicos o inorgánicos, que de alguna manera, le brindan a la planta los nutrientes necesarios para su desarrollo (Hurtado, 2001).

Las especies vegetales están determinadas por la relación que existe entre estas y el suelo que ocupan, alterando la composición química, físicas, y edáficas de la estructura del suelo (Rodríguez, 2009).

Al hacer uso del suelo con el cultivo de maíz, y realizando una incorporación de cepas de azotobacter, afecta de manera positiva las propiedades físicas y químicas del suelo, disminuyendo su fertilidad (Reyes y Valery, 2007).

Fibra de coco

La fibra de coco se introdujo como sustrato en sistemas de cultivo sin suelo, su presentación es de forma deshidratada, comprimida y en bolsa de polietileno que recibe el nombre de boli, se recomienda que antes de hacer uso de éste se realice un análisis del mismo para realizar ajustes en cuanto a las soluciones

nutritivas, y realizar el lavado del sustrato para evitar excesos de sales que pudieran dañar a las plantas (Baixauli y Aguilar 2002). Algunas ventajas que proporciona este material es que presenta una elevada porosidad, retiene suficiente cantidad de agua y la hace disponible para estimular el crecimiento y desarrollo del cultivo (Rojas, 2013). Su espacio poroso es del 20%, generando un intensivo desarrollo de pelos absorbentes en las raíces de las plantas (Hurtado, 2001).

Anicua (2008) al utilizar una mezcla de sustrato con fibra de coco, encontró una respuesta positiva en espacio poroso del sustrato, así como en la cantidad de agua disponible para el cultivo de *lisianthus*, incrementando el crecimiento, y por ende generando mayor ingreso neto. Para la producción de tomate cultivado en fibra de coco y bajo condiciones de invernadero aumenta en 13.2 kg/ m² representando incrementos del 7.3% comparado con el aserrín (Alves *et al.*, 2002). En cambio con la mezcla de tezontle y 25% de fibra de coco, brinda mejores respuestas en altura de la planta, área foliar, así como peso fresco y seco de raíz, por lo tanto es recomendable para la producción de fresa en sistemas hidropónicos (López *et al.*, 2005).

Por otra parte Campoverde en (2007), encontró los mejores resultados en índice de calidad en las plantas y biomasa de raíz, utilizando la fibra de coco y una adecuada fertilización en *Pinus patula* bajo un vivero.

Turba o Peat moss

El uso de peat moss o turba ofrece excelentes condiciones para el desarrollo del cultivo sin suelo, debido a su buena elaboración, ya que no requiere de ningún otro proceso para su utilización a nivel hortícola (Hurtado, 2001). Patrón (2015), comenta que la turba proporciona el 76% en espacio poroso, comparada con otros sustratos de origen orgánico. En cambio Gariglio *et al.* (2001) consideran que la turba es una alternativa viable para los cultivos, debido a que proporciona un pH óptimo para el desarrollo de las plantas.

Una mezcla de peat moss con perlita, es el sustrato que proporciona mayor ventaja, ya que presenta características físicas y químicas, un adecuado pH, además de la adición de nutrientes que la planta requiere, este sustrato suele

ser reutilizado para otro ciclo del cultivo, debido a su baja descomposición (Hurtado, 2001).

Perlita

La perlita es un silicato de aluminio de origen volcánico, es transformado de manera industrial mediante tratamiento térmico de 300 a 400°C, eliminando el agua de sus partículas, para después obtener un material ligero con alta porosidad y diferente tamaño de partículas, este material es comúnmente utilizado y comercializado por la mayoría de los agricultores (Baixauli y Aguilar 2002).

Jimarez (2014), al combinar la perlita con vermiculita, más una solución nutritiva de Hoagland, obtuvo mayor crecimiento y cantidad de raíces en el cultivo de chile habanero. En cambio al hacer uso de la perlita en cultivos de gramíneas se obtienen plantas con mayor densidad, peso y diámetro de raíz, considerando que la perlita tiene características que ayudan al buen desarrollo de la raíz de las plantas (Abad *et al.* 2004).

Doll *et al.* (2003), dicen que una mezcla de perlita con vermiculita, se considera el medio más apropiado para el cultivo de *Buddleja globosa*, proporcionando un 80% de enraizamiento, considerándose favorable para la producción de este cultivo. Con un 70% de perlita, se obtienen plantas de mejor calidad en el cultivo de *Tagetes patula*, esto se debe a la alta retención de agua que proporciona el sustrato (Valenzuela *et al.*, 2003).

Materiales y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en macrotúneles situados en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coahuila, durante el ciclo otoño- invierno del año 2014. El lugar cuenta con un clima muy seco-semicálido con inviernos benignos y lluvias en los meses de junio a septiembre, las heladas empiezan en el mes de noviembre y terminan hasta el mes de marzo.

Preparación del terreno

Se preparó el lugar en el que se hicieron estructuras de macrotúneles con material galvanizado de tal forma que quedaron firmes, uniforme, y resistentes con 5m de largo, 3m de ancho y 2.50 de alto. A cada estructura se le asignó una malla de color diferente de la marca cromatiNet con 30% de sombreado, proveniente de la empresa Polysack.

Germinación

Se llevó a cabo la germinación en charolas de poliestireno de 200 cavidades con sustrato perlita-peat moss con relación 1:1. Se utilizaron semillas de pepino híbrido "paraíso".

Trasplante

Una vez que la planta mostró sus primeras cuatro hojas verdaderas se trasplantó a los diferentes medios de cultivo con una separación de 30 cm entre plantas, y un metro entre surcos, se incorporó un sistema de riego por espagueti y una fertirrigación con solución nutritiva Steiner.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas, donde las parcelas grande fueron los colores de malla: A1 fue el Testigo o malla negra comercial, A2 malla blanca, A3 malla roja y A4 malla azul, mientras que las parcelas chicas fueron los medios de cultivo donde se llevó a cabo el trasplante B1 suelo desnudo, B2 fibra de coco de la marca Riococo, B3 una mezcla de perlita de marca Miltipert con peat moss marca Plug mix en una proporción de 1:1 en bolsas de

polietileno con capacidad de 15 litros, el experimento se estableció con dos repeticiones.

Evaluación de variables agronómicas

Se midieron variables agronómicas dependientes, durante todo el ciclo del cultivo

Variables de rendimiento

Se evaluó el rendimiento total (RT), realizando la sumatoria de las cosechas realizadas durante el ciclo del cultivo, peso promedio por planta (PPP), dividiendo el rendimiento total entre el número de plantas evaluadas, peso promedio por fruto (PPF), tomando el rendimiento total entre el número de frutos cosechados, número de frutos (NF), por cada cosecha se contaron frutos por planta durante la estadía del cultivo, a estos mismos frutos se les determinó la longitud de frutos (LF) y diámetro ecuatorial (DE), haciendo uso de una regla gradual, y un vernier digital.

Variables de crecimiento

área foliar (AF) a los 40 días después del trasplante, realizando tres muestreos cada 20 días, midiendo una planta por muestreo, haciendo uso del equipo LI3100 (LI-COR, inc. Lincoln, Ne), altura de planta (AP), haciendo mediciones desde la parte basal hasta la parte apical de la planta, así mismo se determinó peso fresco de hojas (PFH), y peso seco de hojas (PSH), colocando cada muestra en una bolsa de papel estraza para pesarlas en una báscula de la marca Ohaus, después se llevaron a una estufa de secado a 70° C por 72 horas, para tomar los datos correspondientes, y por último se repitió el mismo procedimiento para peso fresco de tallo (PFT) y peso seco de tallo (PST). Estos datos fueron sometidos a un ANVA con una comparación de medias mediante el método de Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa SAS versión 9.1.

Evaluación de variables climáticas

Estas variables se midieron mediante la instalación de sensores dentro y fuera de los macrotúneles, midiendo radiación fotosintéticamente activa (RFA), temperatura interior y temperatura exterior, realizando lecturas cada 15 minutos por día, hasta el término del cultivo, los datos fueron almacenados en un datalogger para posteriormente colocarlos en una computadora portátil haciendo uso del programa Excel para determinar el promedio mensual de radiación PAR en $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$, y temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Resultados y Discusión

El análisis de varianza exhibió diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre mallas para las variables; de rendimiento total (RT), peso promedio por planta (PPP), peso promedio por fruto (PPF), número de frutos (NF), y longitud de frutos (LF), y solamente significativas ($p \leq 0.05$) para la variable (DE). Lo anterior indica que las variables antes citadas respondieron de forma significativamente diferente al color de las mallas bajo estudio, como se muestra en el Cuadro 1, en el mismo cuadro se puede observar que para medios de cultivo se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las variables RT, PPP, LF, y significativas ($p \leq 0.05$) para DE, indicando que por lo menos un medio de cultivo influyó de manera significativamente diferente al resto de los medios de cultivo. En la interacción de mallas por medios se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las variables RT, PPP y PPF, lo cual indica que el comportamiento del cultivo bajo un medio fue afectado al cambiarlo a una cubierta diferente. Resultados obtenidos por Fernández *et al.* (2004) concuerda con lo observado en ésta investigación ya que ellos encontraron, aumentos significativos en el rendimiento de fruto en pimiento morrón al utilizar malla chromatiNet roja con 30% de sombreo. Por otra parte Álvarez *et al.* (2010), al evaluar malla negra, roja, gris, blanca y azul, obtiene un rendimiento de 170% en chile jalapeño en la malla blanca, por encima a los obtenidos en campo abierto. En cambio con el uso de mallas de colores con 30 o 40% de sombreo se obtienen frutos de mejor calidad, permitiendo aumentar los rendimientos del cultivo de chile, esto se le atribuye a la disminución de radiación y temperatura del ambiente, que permite disminuir el estrés por calor en las plantas (Díaz y Bautista, 2014). Además con 40% de sombreo, la malla roja incrementa rendimientos de 11008 kg ha⁻¹ y 10461 kg ha⁻¹ en cultivo de arándano, aumentando el diámetro polar y ecuatorial del fruto respectivamente, comparados con un control sin sombreo (Rodríguez y Morales, 2015). Con mallas de colores, una adecuada mezcla de sustratos y el 80% de solución Steiner, se obtienen plantas más altas con mayor crecimiento radical y un 80% de floración en el cultivo de nochebuena, el 20% fue afectado por las

condiciones ambientales del lugar, esto se debe a la interacción propicia entre el ambiente de las mallas y el sitio (García *et al.*, 2014). Con la malla Chromatinet roja con 30% de sombreo proporciona mayor crecimiento en el cultivo de pimiento comparado con el encalado en invernadero, se han realizado otros estudios con esta malla en distintos lugares del mundo y ha arrojado resultados similares a esta investigación (Rodríguez, 2002).

Cuadro 1. Cuadrados medios y nivel de significancia del análisis de varianza en el uso de cuatro mallas de colores y tres medios de cultivo en pepino.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		RT	PPP	PPF	NF	LF	DE
Repetición	1	5573067 ^{N/S}	223108 ^{N/S}	950 ^{N/S}	96.0 ^{N/S}	58.9 ^{**}	0.38 ^{N/S}
Mallas (SN)	3	123935311 ^{**}	1652707 ^{**}	4359 ^{**}	411.0 ^{**}	21.2 ^{**}	0.60 [*]
Error (a)	3	18611300	247762	1063	54.5	2.4	0.27
Medios (M)	2	96706244 ^{**}	1933680 ^{**}	1999 ^{N/S}	169.8 ^{N/S}	32.8 ^{**}	0.89 [*]
SN*M	6	33836017 [*]	225623 [*]	3037 [*]	54.9 ^{N/S}	3.3 ^{N/S}	0.12 ^{N/S}
Error (b)	11	10388413	51942	453	39.4	2.74	0.13
CV (%)		6.17	6.17	7.31	10.35	6.71	7.02

GL= Grados de libertad; C.V = coeficiente de variación. *, ** y NS =Diferencias significativas ($p=0.05$), significativas ($p=0.01$) y no significativas.

El Cuadro 2 muestra que el rendimiento de fruto obtenido bajo la malla roja fué estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) al obtenido bajo los otros colores de malla, superando en 23.3% al rendimiento de fruto obtenido en la malla negra que es la más utilizada regionalmente, sin embargo supera en 40% al rendimiento obtenido bajo la malla azul, el rendimiento promedio por planta mostró un comportamiento similar a lo señalado con la variable de rendimiento total, aunque en la variable PPF la malla roja exhibió un peso promedio de fruto estadísticamente igual al observado en la malla azul, pero superior a las mallas blanca y negra, bajo la malla roja se observó 25.1 % mas rendimiento que en la malla negra. Ayala *et al.* (2012) comenta que las malla roja, azul, perla y aluminizada, aumentan el rendimiento del pepino hasta en un 71%. En éste sentido Ayala *et al.* (2015) estimaron 132.8% mas rendimiento en pimiento con

calidad de exportación, utilizando malla Beige con 50% de sombreo, comparada con un rendimiento del 52.5% en malla negra como tratamiento testigo. Sin embargo Márquez *et al.* (2014), encontraron que al utilizar mallas de sombreo color perla y negra lograron mayores rendimientos de tomate cherry en comparación con tratamientos sin cubierta plástica.

En la malla negra y blanca se observaron valores de NF estadísticamente iguales, pero estadísticamente superiores a los observados en la malla roja y azul, lo cual indica que probablemente la modificación de la luz provocó cambios morfogénicos que indujeron mayor número de frutos en las primeras en comparación con las segundas. En cuanto a LF también se observó que bajo la malla negra, roja y blanca los valores observados fueron estadísticamente iguales, pero la LF observada en la malla negra fue 18.65% superior a la LF observado en la malla azul, que fue la que presentó el valor más bajo, igualmente en la malla azul también se encontró el menor valor de DF, y la malla roja fue la que produjo los frutos con DF estadísticamente superiores a los obtenidos en la malla azul, ya que éstos tuvieron 15% menor tamaño que los obtenidos en la malla roja.

Ayala *et al.*, (2011), encontró datos similares al analizar la radiación solar transmitida en mallas sombras con un 30% de sombreo y se obtuvieron los mejores rendimientos con frutos de mayor calibre en mallas roja y malla perla. Por su parte Torres en el (2011) encontró datos que concuerdan con esta investigación al producir pepino en malla sombra, favoreciendo la fructificación y el rendimiento del cultivo, por su parte Lobos (2010) menciona que al utilizar mallas con un 50% de sombreo se obtienen respuestas positivas en rendimiento del cultivo. Ayala *et al.* (2011) al utilizar mallas de color perla con 30 o 50% de sombreo aumenta el rendimiento y la calidad en frutos de tomate, representando una alternativa viable para la mejora de esta hortaliza.

Estas mallas estabilizan la radiación UV, reducen la radiación directa, regulan temperaturas en invernaderos y viveros, ofrecen ventilación, incrementan la humedad relativa limitando la evapotranspiración de las plantas, y crean un

microclima que permite una mayor productividad, calidad y homogeneidad de toda la planta (Gómez *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables agronómicas dependientes en el cultivo de pepino desarrollado en macrotúneles con mallas de colores en Saltillo, Coahuila, México.

Factor	RT	PPP	PPF	NF	LF	DF
A	gr	gr	gr		cm	cm
Malla Negra (testigo comercial)	17536.6 bc	3507.2 bc	260.17 b	68.00 a	26.71 a	5.36 ab
Malla Blanca	19273.8 b	3854.7 b	285.83 b	67.67 a	23.74 ab	5.21 ab
Malla Roja	21627.8 a	4325.7 a	325.67 a	53.50 b	25.67 a	5.48 a
Malla Azul	15442.3 c	3088.5 c	291.83 ab	53.50 b	22.51 b	4.75 b

Medias con la misma letra en cada columna son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

En el Factor B también se encontraron diferencias estadísticas significativas y al realizar la comparación de medias, se encontró que los pepinos desarrollados en maceta con peat moss y perlita, fueron los que tuvieron el mayor rendimiento de fruto ($p \leq 0.05$), estos superaron en 25% al rendimiento observado en suelo desnudo, a pesar de haber recibido ambos tratamientos el mismo fertirriego, entre los rendimientos obtenidos en suelo y fibra de coco no se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). En la variable PPP se observó el mismo comportamiento: Sin embargo no se observaron diferencias en el peso promedio de fruto o número de frutos por planta, indicando que estas variables fueron poco afectadas por el uso de suelo o fibra de coco utilizados como medio de cultivo. Por el contrario Ortiz *etal*, (2009), al cultivar pepino en sistemas hidropónicos bajo condiciones de invernadero aumentó el número de frutos por planta. En cambio la longitud y diámetro ecuatorial de fruto si fueron afectadas por el medio de cultivo y la mayor LF fue obtenida en las plantas desarrolladas en maceta con peat moss/perlita que superaron en 15.8% a los frutos obtenidos de plantas desarrolladas sobre suelo, además los frutos obtenidos en éste medio presentaron los mayores DE, en ambos casos

éstos valores fueron superiores estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los valores obtenidos de las plantas desarrolladas sobre suelo como lo muestra el Cuadro 3. Los cultivos en sustratos tienen un mayor desarrollo y se consideran una alternativa viable para sustituir la producción en suelo (Gallardo, 2006). Anicua (2008) comenta que al utilizar fibra de coco encontró un efecto positivo en crecimiento y desarrollo de *lisianthus*, que les permitió obtener mayor ingreso neto, este efecto se le atribuye al espacio poroso del sustrato y a la cantidad de agua disponible para las plantas.

Cuadro 3. Comparación de medias en variables agronómicas dependientes en el cultivo de pepino desarrollado en medios de cultivo dentro de macrotúneles con mallas de colores.

Factor B	RT gr	PPP gr	PPF gr	NF	LF cm	DE cm
Suelo desnudo	16968.8 b	3393.8 b	281.38 a	57.125 a	23.29 b	4.91 b
Fibra de coco	17134.3 b	3426.9 b	282.13 a	59.000 a	23.71 b	5.13 ab
Peat moss/perlita	21307.3 a	4261.4 a	309.13 a	65.875 a	26.99 a	5.56 a

Medias con la misma letra en cada columna son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

El análisis de varianza exhibió diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre mallas para área foliar (AF), peso fresco de hojas (PFH) y peso seco de hojas (PSH), mientras que para peso fresco de tallo (PFT) y peso seco de tallo (PST) se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), indicando que dichas variables responden de una forma diferente al uso de mallas de colores. La altura de planta no fue afectada por el color de malla, esto se debió a los diferentes sustratos utilizados (Cuadro 4). Igualmente el AF y AP no fueron afectadas significativamente por el medio de cultivo, en cambio el PFH, PSH; PFT y PST fueron afectadas significativamente ($p \leq 0.01$) por el medio de cultivo en el que se desarrollaron las plantas bajo estudio de lo cual se infiere que los medios de cultivo influyeron de forma diferente en la absorción de elementos nutritivos de tal manera que en por lo menos un tratamiento hubo mayor acumulación de

materia fresca y seca. En la interacción mallas x medios se observó que la variable PSH mostró diferencias significativas, lo cual indica que el comportamiento de ésta variable se modificó en función del medio y color de malla, Ayala *et al.* (2015) encontraron una respuesta positiva con el uso de mallas color verde y roja con 50% de sombreo un aumento en la altura y el área foliar de las plantas de pimiento morrón, en cambio Ayala *et al.* (2011) encontraron que con la malla perla y 30% de sombreo indujo tallos más gruesos, más cortos, y con menor área foliar en las plantas de tomate. Por su parte Grajales *et al.* (2013) mencionan que bajo condiciones de hidroponía e invernadero, el uso de pantallas termo reflectoras favorecen la fisiología, fenología y rendimiento total del cultivo de tomate. La malla ChromatiNet roja logra controlar las características del crecimiento vegetal y se le atribuye a la modificación del espectro lumínico y difusión de luz (Ganelevin, 2004).

Cuadro 4. Cuadrados medios estimados en análisis de varianza para variables agronómicas en el cultivo de pepino desarrollado bajo malla sombra de colores, en Saltillo, Coahuila.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		AF	AP	PFH	PSH	PFT	PST
REPETICIÓN	1	17.99 ^{NS}	18.41 ^{NS}	173.6 ^{NS}	3.1 ^{NS}	71.5 ^{NS}	7.3 ^{NS}
MALLAS	3	4826169*	60.30 ^{NS}	12266.6**	145.4**	2730.7*	35.6*
ERROR (A)	2	380839	76.45 ^{NS}	504.9**	8.6	32.4	4.6
MEDIOS	2	213124 ^{NS}	1492.14 ^{**}	3501.4**	221.0**	9055.9**	175.5**
MALLAS*MEDIOS	6	619879 ^{NS}	13.99 ^{NS}	614.4 ^{NS}	22.5**	688.1 ^{NS}	4.5 ^{NS}
ERROR (B)	11	763656	66.30	371.2	3.1	637.2	5.1
CV (%)		17.28	4.32	12.95	6.77	26.02	9.55

CV= Coeficiente de variación; *, ** y NS= Diferencias significativas ($p=0.05$), significativas ($p=0.01$) y no significativas.

El Cuadro 5 muestra que la malla roja indujo la mayor AF, ya que las plantas desarrolladas bajo éste color de malla, superaron significativamente ($p\leq 0.05$) en un 53.4% a las plantas desarrolladas bajo la cubierta de color negro, aunque fueron estadísticamente igual a los otros colores de malla. En las variables PFH y PSH también en la malla de color rojo se obtuvieron los

mayores valores, superando en 121.1 y 39.9 % respectivamente a los valores observados en la malla de color negro, aunque los valores de PFH y PSH observados bajo la malla roja fueron estadísticamente iguales a los observados en la malla blanca y azul. En la variable PFT, el peso obtenido bajo malla blanca (120.67 gr) fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) al PFT mostrado por las plantas desarrolladas bajo la malla negra, azul y roja, sin embargo el mayor PST fue mostrado por la malla de color rojo (26.482 gr), lo anterior permite inferir que bajo la malla de color rojo se logro mayor acumulación de materia seca en tallos, que bajo la malla blanco, por lo tanto el mayor PFT es probable que haya dado tallos mas suculentos. Los resultados antes citados coinciden con los observados por Casierra y Pinto en (2011) al encontrar que la película de color rojo indujo mayor área foliar, peso fresco y peso seco total en plantas de remolacha, en comparación con películas color azul y color transparente. En cambio Li (2006) logró obtener plantas de pimiento con mayor desarrollo vegetativo en la malla chromatinet de color rojo comparada a las de color negro y color gris que indicaron menor desarrollo vegetativo. Por otra parte no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la variable AP, lo cual indica que ésta variable es poco afectada por factores ambientales que fueron modificados por las mallas bajo estudio o el rango de modificación no afecto la AP de pepino.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables agronómicas en el cultivo de pepino desarrollado en macrotúneles con mallas de colores.

Factor	AF	AP	PFH	PSH	PFT	PST
A	cm⁻²	cm	gr	Gr	gr	gr
Malla Negra (testigo comercial)	4009.8 b	191.33 a	83.94 b	22.55 b	76.53 b	22.79 b
Malla Blanca	4792.9 ab	185.50 a	172.21 a	28.66 a	120.67 a	23.88 ab
Malla Roja	6153.4 a	191.33 a	185.66 a	31.56 a	109.19 b	26.98 a
Malla Azul	5268.4 ab	185.79 a	153.27 a	21.22 b	81.60 b	21.22 b

Medias con la misma letra en cada columna iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La comparación entre medios de cultivo o factor B, indica que no hubo diferencias significativas para el AF (Cuadro 6) indicando que ésta variable no fue afectada de forma significativa por los sustratos utilizados en el presente trabajo. Ortiz *et al* (2009) encontraron mayor área foliar al cultivar pepino hidropónico en condiciones de invernadero, comparado con mallas de colores esto se debe a que dentro del invernadero hay mayor cantidad de luz que en las mallas. Por otra parte con la cubierta roja se logran efectos positivos en el área foliar, peso seco total, crecimiento y calidad en el cultivo de remolacha modificando y alterando la cantidad y calidad de luz, repercutiendo en los patrones de crecimiento en las plantas (Casierra y Pinto, 2011).

La AP desarrolladas en el sustrato peat moss/perlita (204.00 cm) fue superior a la registrada en los otros medios de cultivo, demostrando que el Peat moss/perlita fue estadísticamente diferente a los otros dos medios bajo estudio (Cuadro 6), coincidiendo con lo reportado por Galindo *et al.* (2014) quienes indican que al producir pepino en combinación con sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero aumenta la altura de la planta. En el PFH, PSH, PFT y PST se encontraron diferencias significativas entre medios, lo cual indica que dichos medios tienen un efecto diferente sobre estas variables. El PFH fue estadísticamente igual ($p \leq 0.05$) en los medios fibra de coco y perlita/peat moss pero el primero fue mayor en un 32% al PFH observado en plantas desarrolladas en suelo desnudo. Sin embargo el PSH de plantas desarrolladas en peat moss/perlita superó en 50% al desarrollado en suelo desnudo y estadísticamente superior al valor observado en la fibra de coco, lo mismo fue observado en las variables PFT y PST, donde el PFT de plantas desarrolladas en peat moss/perlita tuvieron 84 % más PFT que las desarrolladas en suelo desnudo y el PST de las primeras superó en 48% a las segundas, en ambos casos los PFT y PST de plantas desarrolladas en peat moss/perlita presentaron los valores más altos. Los resultados obtenidos indican que las plantas desarrolladas en peat moss/perlita tuvieron la capacidad de tomar mayor cantidad de agua y el tallo de las plantas desarrolladas en peat moss mas perlita, fue el órgano que tuvo mayor

capacidad de almacenamiento de agua, en éste sentido Ayala *et al.* (2012), concuerdan con en esta investigación, ya que estos investigadores encontraron que con las mallas de colores se aumentan longitud y diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, peso seco de hojas, y peso seco de tallo en pimiento. Quezada (2005) al utilizar la combinación de sustratos orgánicos con perlita, encontraron el mejor crecimiento de plantas de lechuga producidas en almácigos. Por otra parte al hacer uso de la perlita en cultivos de gramíneas se obtienen plantas con mayor densidad, peso y diámetro de raíz, considerando que la perlita tiene características que ayudan al buen desarrollo de la raíz de las plantas (Abad *et al.*, 2004).

Cuadro 6. Valores medios de variables agronómicas dependientes en el cultivo del pepino desarrollado tres en medios de cultivo y cuatro macrotúneles con mallas de colores.

Factor B	AF cm⁻²	AP cm	PFH gr	PSH gr	PFT gr	PST gr
Suelo desnudo	4963.5 a	178.8 b	125.30 b	20.95 c	73.78 b	19.45 c
Fibra de coco	4960.3 a	182.15 b	155.54 a	25.61 b	81.63 b	22.98 b
Peat moss/perlita	5244.6 a	204.00 a	165.46 a	31.44 a	135.58 a	28.73 a

Medias con la misma letra en cada columna son iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La figura 1, indica que las mallas de colores modificaron las características de la radiación PAR durante los meses de Julio y Agosto, registrando los valores promedios diarios más altos en el mes de julio con $1093.161 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ en la malla blanca, seguida por la malla azul con $1079.835 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$, malla negra con $1031.878 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ y finalmente la malla roja con $941.007 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$, aunque en el mes de agosto también se presentaron días calurosos. Sin embargo durante el mes de septiembre y octubre existieron días nublados con fuertes lluvias que hicieron que la radiación descendiera, disminuyendo la radiación promedio en la malla negra a $521.059 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$, y las mallas de colores (malla azul, roja, y blanca) alcanzaron valores promedios arriba de los

715.265 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ a 887.907 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$, siendo la malla roja y blanca las que proporcionaron mayor radiación PAR en estos dos meses. En cambio para el mes de Noviembre se hicieron presentes las heladas, por lo tanto la radiación promedio disminuyó por debajo de los 449.264 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ en ambas mallas. Sin embargo Falcón *et al.* (2001) mencionan que la radiación solar al atravesar una cubierta, se refleja y se difunde en diferentes longitudes de onda, alterando la longitud de los rayos del sol, y modificando el ambiente en el interior de una cubierta. En éste sentido Bastias *et al.*, (2012) indican que la malla roja reduce un 27% de radiación fotosintéticamente activa en el cultivo de manzana Borkh, en cambio Ibarra (2012) determinó la radiación PAR en una cubierta plástica con acolchados de colores y su efecto sobre el crecimiento y rendimiento en granos de frijol con un 98% de radiación transmitida. Lee *et al.* (2000) dice que la cantidad y la calidad de radiación afecta la productividad y los procesos fisiológicos de las plantas, por lo tanto indica que hay necesidad de utilizar cubiertas que permitan disminuir y controlar radiación y temperatura, bloqueando diferentes longitudes de onda. Con el uso de macrotúnel con película plástica, se permite amortiguar la intensidad luminosa desde un 61% hasta el 74% con menos de 1,200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ en el cultivo de fresa (Flores *et al.*, 2015). Con una película plástica con 50% de bloqueo de la radiación PAR, se incrementa el rendimiento y la producción de tomate en temporada invernal, posibilitando nuevas estrategias hortícolas para el cultivo (Rojas, 2014).

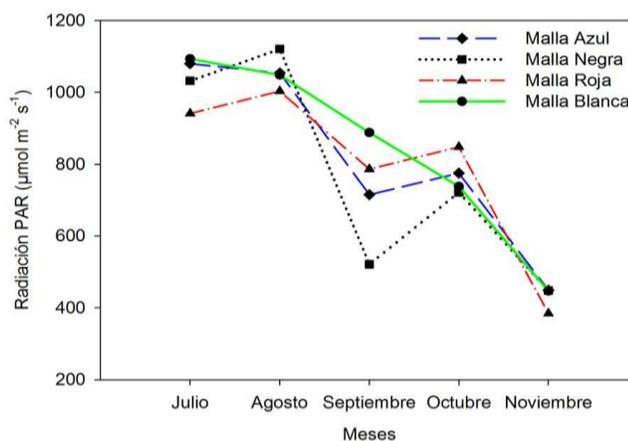


Figura 1. Promedio de Radiación fotosintéticamente activa, transmitida al interior de los macrotúneles con cubiertas de colores durante el ciclo del cultivo de pino.

En la Figura 2 se muestra la tendencia de temperatura dentro de los macrotúneles comparada con la temperatura ambiente, donde se observa que dentro de las mallas de colores hubo un máximo de temperaturas desde los 28°C para los meses de Julio y Agosto en la malla de color negro y el perla superando en aproximadamente 2°C a la temperatura fuera de los macrotúneles, mientras que en el túnel con malla roja la temperatura fue de 27°C a 28°C en los meses de Julio y Agosto así también en el mes de noviembre se observó una temperatura de 16°C fuera de los macrotúneles y en el mes de Noviembre la mínima fue de 14°C. En cambio la temperatura ambiente exterior registró temperaturas de 26°C en los dos primeros meses y al termino del cultivo se alcanzaron los 14°C, cabe mencionar que la temperatura externa a las cubiertas siempre fue menor a las temperaturas internas en las mallas, en éste sentido Ayala (2012) indica que las temperaturas internas en túneles suelen ser de 15 a 35°C, siendo estas mayor a las registradas en el exterior y que el incremento de temperaturas puede hacer más eficientes algunos procesos metabólicos, de tal manera que los rendimientos se pueden incrementar, por su parte Rojas (2013) menciona que la temperatura juega un papel importante sobre la actividad fotosintética de las plantas, a temperaturas que oscilan de 25°C hasta los 35°C.

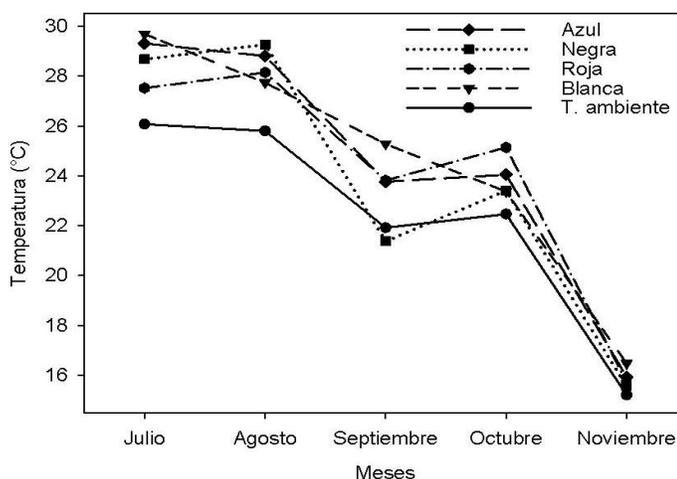


Figura 2. Comparación promedio de temperatura ambiente exterior contra temperatura interna en macrotúneles con mallas de colores usadas para producción de pepino, en tres medios de cultivo.

CONCLUSIONES

La malla de color rojo o blanco propician en el interior de los macrotúneles las condiciones de radiación transmitida y temperaturas (14 a 30°C), más adecuadas para lograr un óptimo crecimiento y desarrollo del cultivo de pepino, dado que se obtuvieron mayores rendimientos de frutos y diámetro ecuatorial. Además con el uso de peat moss como medio de cultivo se pueden lograr rendimientos hasta en un 25% por encima del cultivo en suelo, con frutos de mayor calidad, con la presente investigación se puede concluir que el uso de mallas incrementa la seguridad de cosechas, ya que durante el ciclo del cultivo se presentó una granizada que no afectó significativamente al cultivo, logrando producir rendimientos satisfactorios.

REFERENCIAS

- Ayala, T.F., Yáñez J.M.G., Ruvalcaba, L., Ruiz, E.F.H., Campos, G.H., Vásquez, M.O.T., Velázquez, A. T., Díaz, V.T. 2015a. Producción de pepino en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivos. Información Técnica Económica Agraria. Rev. AIDA. Vol.111:(1).3-17p.
- Ayala, T.F.; Sánchez, M.R.; Partida, R.L.; Yáñez, J.F.; Ruiz, E.H.; Velázquez, A.T.J.; Valenzuela, L. M.; Parra, D.M. 2015b. Producción de Pimiento morrón con Mallas Sombra de Colores. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 38:(1).7pp
- Ayala, T.F.; Partida, R. L.; Velázquez, A.T.J.; Díaz, V. T. 2012. Efecto que ocasionan las Mallas sombra de colores en el Crecimiento de Hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Coordinación de Postgrado. Sinaloa, México.31pp.
- Ayala, T. F.; Zatarain, López, D.M.; Valenzuela, L.M.; Partida, R.L.; Velázquez, A.T.J; Díaz, V.T.; Osuna, S.J.A.2011.Crecimiento y Rendimiento de Tomate en Respuesta a Radiación Solar Transmitida por Mallas Sombra. Rev. Terra Latinoamericana.vol 29:4.9pp.
- Abad. B. M., P. Noguera M. y C. Carrión B. 2004. Los sustratos en el cultivo sin suelo. Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 113-158.
- Álvarez, A. A.; Romo, A. F. A.; Valenzuela, C. P.; Huez, L. M. A.; López, E. J.; Preciado, F. F.; Sandoval, F. D. 2010.Efecto de las mallas sombras de color sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño (*Capsicum annum l.*) 'tajin', en la costa de Hermosillo. Congreso internacional de las ciencias del suelo. Mexicali, Baja California, México.4pp.
- Anicua, S. R. 2008. Caracterización física y micromorfología de materiales orgánicos e inorgánicos para la generación de mezclas de sustratos en la producción de lisiathus (*Eustoma grandiflorum*). Tesis de Doctorado. Colegio de posgraduados. Texcoco Estado de México. 56pp.
- Alonso, Z. E. 2012. Paquetes tecnológicos para la producción orgánica o ecológica de tomate, pimiento y pepino en condiciones de

- agroplasticultura. Caso de Estudio de Especialidad. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).120pp.
- Baixauli, S. C.; y Aguilar, O. J. M. 2002. Cultivo sin Suelos de Hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias. Serie Divulgación Técnica. Generalitat Valenciana. 86pp.
- Bastias, M.R.; Manfrini, L.; Corelli, G.P. 2012. Uso potencial de mallas fotoselectivas y regulación del crecimiento en manzana. Diario de Investigación Agrícola. Chile.72:2.1p.
- Casierra, F. P.; y Pinto, C.J. R. 2011. Crecimiento de Plantas de Remolacha (*Beta vulgaris* L. var. Crosby Egipcia) Bajo Coberturas de Color. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Nacional de Agronomía.64:2.7pp.
- Castellanos, J. Z. 2004. Manejo de la fertirrigación en el suelo. En: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. J. Z. Castellanos, 2da ed. INTAGRI. México. 103-123pp.
- Campoverde, M. J. O. 2007. Efecto del sustrato y la fertilización en el crecimiento de *Pinus patula* Schl et Cham en vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de México. 102pp
- Calderón, S.F. y Cevallos, F. 2001. Los sustratos. Bogotá, Colombia. 2pp.
- Diaz, P.J.C.; y Bautista, J. 2014. Tecnologías para Aumentar la Productividad y Calidad del Cultivo del Chile. Universidad de Georgia, Tifton. Conferencia. 3pp.
- Díaz, S.F.R.2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero: Invernaderos, Diseño, Manejo y Producción. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura: Torreón, Coahuila, México, 25pp.
- Doll, U.; Vogel, H.; Jeldres, P.; Muñoz, M. 2003. Estudios de propagación vegetativa en matico (*Buddleja globosa*). Cien. Inv. Agr. Talca, Chile. 30(3): Pp.211-216
- Fernández, R.J.2004. Distintos tipos de sombreo en el cultivo de pimiento en invernadero. Horticultura internacional. Almería España. 2pp.

- Falcón, N., F. Peña, H. Mavo, & R. Muñoz. 2001. Irradiación solar global en la ciudad de Valencia. Rev. Ingeniería UC, (002).
- Flores, O. A.; Romero, V. M. E.; Díaz, S. F. R.; Ramírez, S. L. F.; Ayala, D. J. R. 2015. Comportamiento de las condiciones agroclimáticas prevalecientes en el bajío en el cultivo de fresa manejado bajo macrotunel. Universidad de Guanajuato. Memorias del congreso Internacional de Plásticos en la Agricultura. Congreso Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de los Plásticos en la agricultura. Saltillo, Coahuila, México. Pp. 19-22.
- Gallardo, C. S. 2006. Bases técnicas para elección de sustratos: Problemas y soluciones más comunes. Ciudad de Corrientes, Argentina. pp. 26 – 31.
- García, P.F.; Alia T.I.; Valdez, A.L.A.; Canul, K.J.; López, M.V.; Colinas, L.M.T. 2014. Desarrollo de variedades de nochebuena en diferentes condiciones de cultivo en dos localidades de Morelos México.
- Galindo, P.F.V.; Fortis, H.M.; Preciado, R.P.; Trejo, R.V.; Segura, C. M.A.; Orozco, V.J.A. 2014. Caracterización fisicoquímica de sustratos orgánicos para producción de pepino bajo sistema protegido. Revista mexicana de ciencias agrícolas.vol.5:(7).5pp.
- Gariglio, N.F.; Alsina, D. A.; Nescier, I.; Catellaro. F. J. 2001. Corrección del pH en sustratos a base de serrín de Salicáceas. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Santa Fe, Argentina. 16(2):1-7.
- Grajales, S. F.; Munguía, L. J. P.; Vázquez, L. J.; Arellano, G. M. A. 2013. Evaluación de dos pantallas termo reflectoras sobre el microclima del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) en sistema hidropónico protegido. Departamento de Agroplásticos. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Memorias. Congreso Internacional de Plásticos en la Agricultura. Pp. 42-46.
- Ganelevin, R. 2004. Distintos tipos de sombreo en el cultivo de pimiento en invernadero. Rev. Horticultura Internacional. Industria Hortícola. Pp.1-2.
- Gómez, O. W. A.; Rubio, G. L. T.; García, G. J. N.; Velandia, C. D. C. 2008. Evaluación de la ganancia de altura del cultivo de pimentón mediante la

- aplicación de tres tratamientos distintos en dos condiciones diferentes. Proyectos. Universidad Francisco de Paula Santander. Pp. 5-6
- Ibarra, J.L.; Valdez, A.L.A.; Cárdenas, F.A.; Lira, S.H.; Lozano, R. J.; Lozano, C.C. 2012. Influencia de doble cultivo sobre el crecimiento y rendimiento del frijol con cubiertas plásticas de colores. Diario de Investigación Agrícola. Chile.72:4.1p.
- Jimarez, M. M. J. 2014. Regeneración de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a partir de cultivos hidropónicos in vitro. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo de México. 126pp.
- Juárez, L. P.; Bugarín, M. R.; Castro, B. R.; Sánchez, M. A.L.; Cruz, C. E.; Juárez, R. C. R.; Gelacio, A.S.; Balois, M. R. 2011.Estructuras Utilizadas en la Agricultura Protegida. Rev. Fuente. 2(8):7pp.
- Lee, D.W., S.F. Oberbauer, P. Johnson. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian Hopea (*Dipterocarpaceae*) species. American Journal of Botany 87(4), 447-455.
- Li, J.C.2006. Uso de mallas en invernadero. Rev. Extra. Pisco Perú.6pp.
- Lobos, P.G.A.; y Retamales, A.G. 2010. Influencia de mallas sombreadoras sobre características morfológicas, fisiológicas y productivas de *Vaccinium corymbosum* L. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Chile. 1pp.
- López, E. J.; Rodríguez C. J.; Huez M. A; Garza O.S.; Jiménez L.J.; Leyva I.E. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. Rev. IDESIA, Chile. Vol. 29:2. Pp.21-29.
- Márquez, Q.C.; Robledo, T.V.; Benavides, M.A.; Vázquez, B.M.E.; De la Cruz, L.E.; Estrada, B.M.A.; López, E.S.T. 2014. Uso de Mallas Sombra: una Alternativa para la Producción de Tomate Cherry. División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.1p.

- Muñoz, R. J. 2003. La producción bajo invernadero en México. En: Manual de producción hortícola en invernadero. INTAGRI. México. 14-16p.
- Ortiz, C. J.; Sánchez, D.C.F.; Mendoza, C.M.C.; Torres, G. A. 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. Rev. Fitotecnia Mexicana. Chapingo, México. 32(4).pp. 289-294.
- Quezada, R.G.; y Méndez, S.C. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Rev. Agronomía Mesoamericana.vol.16:2.14pp.
- Rangel, E.S.E. 2011. Intensidad luminosa y ácido giberélico en la producción de anturio para flor de corte. Tesis de doctorado. Montecillo Texcoco estado de México. 119pp.
- Reyes, I. y Valery, A. 2007. Efecto de la fertilidad del suelo sobre la macrobiótica y la promoción del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) con *Azotobacter*. Bioagro.Venezuela.19 (3): 117-126.
- Rodríguez, B. M.; y Morales, U. D. 2015. Efecto de las redes de sombreado sobre la producción y calidad de la fruta del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. Scientia Agropecuaria. Universidad Nacional de Trujillo, Chile. 6:1. 1pp.
- Rodríguez, E. 2002. Influencia de los distintos tipos de sombreado en el cultivo del pimiento en invernadero. Rev. Horticom Home News. Departamento Agrícola de polysack. Europa. 1pp.
- Rojas, S.E.L.2013. Influencia de la Intensidad de Radiación PAR en la fotosíntesis de Cultivos Hortícolas bajo Invernadero. Caso de Estudio de Especialidad. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).72pp.
- Rojas, S.E.L.; Arellano, G. M.A.; Rodríguez, H. A. M.; Castillo, C. M. A.; Benavidez, M. A. 2014. Radiación PAR y su efecto en el rendimiento y calidad del cultivo de tomate en temporada invernal. Departamento de Plásticos en la Agricultura. Centro de Investigación en Química Aplicada. Memorias. Congreso Internacional de Plásticos en la Agricultura. Pp. 66-74.

- SIAP/SAGARPA. 2012. El pepino de Sinaloa: calidad y exportación. Revista Claridades Agropecuarias, Aserca/Sagarpa/1999. 1pp.
- Torres, O.V.2011. Pepino (*Cucumis sativus L.*) sobre acolchado plástico de colores en condiciones de campo abierto en comparación con casa sombra. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Química Aplicada.117pp.
- Valenzuela, O. y Gallardo, C. 2002. Sustratos Hortícolas. Un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. Revista hortalizas. 3pp.
- Valenzuela, O.; Nicolau, F.; Rode, M.; Schlund, H.; Gallardo, C. 2003. Respuestas de *Tagetes patula* a sustratos formulados con compost y perlita. Rev. Cient. Agropecu. Argentina. 7(1): 57-61.