



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Efecto del color de malla sombra, en el crecimiento
de cuna de Moisés (*Spathiphyllum* sp.), bajo un
sistema de producción en maceta.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTA:

EDUARDO ARGUMEDO RODRÍGUEZ

ASESOR:

M.C. JUAN ROBERTO GUERRERO AGAMA

Cuautilán Izcalli, Estado de México, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
RESUMEN.....	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis	2
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Importancia de las plantas de ornato en México	3
2.1.1. Condiciones ambientales en plantas de interior	5
2.2. Influencia de la luz en las plantas.....	6
2.2.1. Radiación fotosintéticamente activa (RFA)	7
2.3. Factores ambientales que modifica la utilización de la malla sombra	9
2.3.1. Efecto del color de la malla sombra en hortalizas	11
3.1. Ubicación del experimento.....	13
3.2. Material vegetativo y acondicionamiento de plantas	13
3.3. Acondicionamiento del área de producción	14
3.4. Diseño experimental y variables de respuesta.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4.1. Altura de planta	16
4.2. Número de hojas.....	19
4.3. Largo y ancho de hoja	21
4.4. Radiación fotosintéticamente activa (RFA)	23
V. CONCLUSIONES.....	25
VII. LITERATURA CITADA	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acomodo de las unidades experimentales. _____	15
Figura 2. Altura de planta de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra. _____	17
Figura 3. Velocidad de crecimiento en plantas de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra _____	19
Figura 4. Número de hojas en las plantas de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra. _____	21
Figura 5. Largo (A) y Ancho (B) de hojas en las plantas de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra. _____	23
Figura 6. Comportamiento de la intensidad de luz en distintos colores de malla sombra.	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre la altura de la planta con la última medición efectuada. _____	16
Cuadro 2. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre el número de hojas con la última medición efectuada. _____	20
Cuadro 3. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre el largo de las hojas con la última medición efectuada. _____	22
Cuadro 4. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre el ancho de las hojas con la última medición efectuada. _____	22

RESUMEN

El uso de mallas sombra en la horticultura protegida es una técnica empleada para mejorar la radiación y evitar incrementos de temperatura, en el mercado empresas proveedoras de agro-plásticos ofrecen mallas de colores con propiedades fotométricas que mejoran el aprovechamiento de la radiación solar en los cultivos protegidos, pero existen pocos artículos científicos que apoyen estas propiedades y no se encontró investigaciones en plantas ornamentales. La presente investigación se llevó a cabo en un invernadero tipo capilla a dos aguas con cubierta de cristal y policarbonato de calcio ubicado en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. con el objetivo de evaluar el efecto de tres colores de malla sombra (roja, negra y azul) sobre el crecimiento de *Spathiphyllum* sp. (cuna de Moisés) bajo un sistema de producción en maceta, en condiciones de invernadero, en un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones de cada tratamiento, la unidad experimental constó de una maceta con una planta enraizada en el centro. Se tomaron como variables de respuesta la altura de planta, el número de hojas, así como el largo y ancho de hoja; además de cuantificar la radiación fotosintéticamente activa (RFA) de cada una de las mallas durante 105 días. Los resultados obtenidos indicaron que las plantas que se desarrollaron bajo la influencia de la malla de color negro y azul presentaron un 10 % más de altura de planta en los primeros 45 ddt, en comparación con las plantas obtenidas en las mallas de color rojo y que en todos los tratamientos, las plantas mantuvieron entre cinco a seis hojas hasta los primeros 60 ddt, después se presentó una disminución de hojas, debido a las bajas temperaturas que limitaron el crecimiento y, en algunos casos, la muerte de las plantas. En general, no se encontró diferencia estadística significativa en ninguna de las variables evaluadas; además de que en ninguna de las mallas de color logro alterar la RFA transmitida sobre las plantas, lo cual indica que no existe una relación directa con una malla en particular que mejore el crecimiento de las plantas.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización de malla sombra es una técnica empleada para el control de temperatura y de luz que se ha extendido en la horticultura ornamental. En el mercado, el color de malla más utilizado es el negro debido a sus bajos costos (Ayala *et al.*, 2011) sin embargo, este color de malla sombra es poco selectivo a la calidad de luz debido a que sombrea por igual en toda la banda del espectro electromagnético, reduciendo tanto la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (RFA) como la de infrarrojo cercano. Para aumentar la eficiencia del sombreado en la producción agrícola se inició el desarrollo de mallas plásticas con diversos colores con propiedades ópticas especiales, como un nuevo enfoque para mejorar el uso de la radiación solar en los cultivos agrícolas (Ganelevin, 2008).

Diversas investigaciones de empresas proveedoras de agro-plásticos y de revistas no científicas que han evaluado el efecto que ocasionan las mallas de colores sobre cultivos de interés agrícola obteniendo diferencias estadísticamente significativas, como lo señalado por Ayala *et al.*, (2015) quienes obtuvieron mayores rendimientos en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) con el uso de mallas de colores, en comparación con los conseguidos de malla de color negro. Asimismo, Márquez (2014) señaló que obtuvo un aumento del 116.66 % en el rendimiento de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) bajo la influencia de mallas de color perla en contraste con la malla negra. Por otra parte, Álvarez *et al.*, (2010) mencionaron que las mallas de color poseen un efecto sobre la precocidad y en el rendimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) siendo la malla blanca la que mas incrementó el rendimiento y el peso del fruto.

Existe escasa información en cuanto el efecto que pueden ocasionar las mallas de colores sobre cultivos ornamentales y en específico en cuna de Moisés (*Spathiphyllum* sp.), de tal modo que se realiza esta investigación con los siguientes objetivos.

1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres colores de malla sombra en el crecimiento de cuna de Moisés (*Spathiphyllum* sp.) bajo un sistema de producción en maceta, en condiciones de invernadero.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes colores de malla sombra en crecimiento de cuna de Moisés, que permitan mejorar la calidad de producto.
- Analizar el efecto del color de malla sombra en el crecimiento de hojas de la planta ornamental cuna de Moisés (*Spathiphyllum* sp.).
- Determinar el mejor color de malla para la producción de cuna de Moisés.

1.3. Hipótesis

- El color de malla sombra no afectará el espectro de luz que llega a las plantas producidas bajo condiciones de sombreado, por tanto, el uso de diferentes colores no generará diferencias en el crecimiento de plantas de cuna de Moisés (*Spathiphyllum* sp.) producidas en un ambiente semi-controlado.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia de las plantas de ornato en México

Dentro del sector agrícola existen varias áreas que sobresalen por la utilización de los recursos naturales y económicos, así como su rentabilidad. Una de ellas es la horticultura ornamental y también denominada floricultura, que es una actividad de gran impacto cultural y económico, debido a la generación de divisas, el desarrollo de tecnologías para la producción y su alta rentabilidad, siendo este último el más alto en comparación con algunos cultivos de mayor superficie en México (Leszczynska y Borys, 2011).

México tiene una fuerte cultura en el quehacer agropecuario, un ejemplo de ello es la floricultura. La gran diversidad de climas y la riqueza de sus suelos, le permiten obtener una amplia gama de flores, las cuales son comercializadas en el mercado interno y externo (Moran 2004; Claridades Agropecuarias 2006). Sin embargo, el potencial de la horticultura ornamental de México está compuesto por especies nativas e introducidas, las primeras poseen menor valor comercial, pero con fechas de alta demanda, como es el caso de la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) y el cempasúchil (*Tagetes erecta*). En cuanto a las especies introducidas, éstas tienen mayor relevancia para la comercialización nacional e internacional, teniendo altos ingresos con menor volumen de venta de producto (Leszczynska y Borys, 2011).

El desarrollo de la producción de plantas de ornato en nuestro país, permite tener disponibilidad de flores de maceta durante todo el año o bien programar cultivos especiales para fechas de mayor demanda en el mercado nacional, tales como 14 de febrero, 10 de mayo, 1 y 2 de noviembre al igual que las fiestas de diciembre (Moran 2004). Cabe destacar que la cercanía del mercado americano y canadiense, la experiencia de una mano de obra relativamente especializada y una gran diversidad de productos, son condiciones ideales que permiten a México ser un socio comercial importante del mercado de Norteamérica (SAGARPA, 2009).

México contó con una superficie de producción ornamental de 21,129 hectáreas (ha) en el año 2005, la cual aumento en el año 2003 donde se registraron 23,088 ha de ornamentales

con un valor de producción de 6,337 millones de pesos, donde participaron 25,500 productores de flores de corte, plantas en maceta, follaje de corte y de maceta; con un valor de alrededor de 188 mil empleos permanentes, 50 mil eventuales y más de un millón indirectos. Sin embargo, México rara vez ha alcanzado más de 30 millones de dólares anuales de exportación a los Estados Unidos y Canadá en flor de corte y follaje, pues más del 95 % de la producción en 2009, fue comercializada localmente y del 3 al 7 % restante es exportado en un 90 % a los Estados Unidos (SAGARPA, 2009).

Los factores locales de México como los recursos naturales y mano de obra barata son la base de la producción y comercialización en pequeñas unidades de flores. Sin embargo, la falta de infraestructura, recursos humanos especializados y tecnología ocasionan una producción de menor calidad, por lo tanto, la participación del sector florícola en los mercados internacionales se ve mermada por esta situación (Nápoles, 2014).

De acuerdo con estadísticas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación -SAGARPA- (2015) señaló que anualmente los floricultores mexicanos producen alrededor de siete millones de gruesas de rosas, que son comercializadas durante todo el año, principalmente en fechas especiales donde su demanda aumenta. Son 26 entidades que participan en la producción ornamental destacando el Estado de México con 53 %, Ciudad de México con 17 %, Jalisco y Morelos con 8 % y Puebla con 6 % del total nacional.

El Estado de México es el principal productor de flor de corte en el país, y aporta 80 % de la producción de exportación, donde tan solo Villa Guerrero aporta el 56 %. La floricultura se concentra en el llamado “corredor florícola”, integrado por los municipios de: Tenancingo, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Tonatíco, Zumpahuacán y Villa Guerrero, cuya producción se distribuye en un área aproximada de 5,547 ha (Gomora *et al.*, 2006).

La concentración de la producción en el mencionado “corredor florícola” presenta problemáticas de una producción sin muchas medidas de regulación y control de calidad, y ha tenido impactos ambientales significativos siendo el uso excesivo de agroquímicos el de los más fuertes, así como la erosión y la pérdida de productividad del suelo; el alto

consumo y deterioro de la calidad del agua, además de la contaminación generada por la falta de control de los residuos generados en el proceso productivo.

2.1.1. Condiciones ambientales en plantas de interior

Muchas plantas no soportan las temperaturas del invierno al exterior, por lo que se deben cultivar en ambientes cerrados semi-climatizados, estas especies son denominadas de interior y la mayoría procede de zonas tropicales y subtropicales donde el clima es cálido. Este tipo de planta se usa con fines ornamentales debido a su fisionomía, tamaño, forma, hojas y flores (Torrecilla *et al.*, 2000). Una de las plantas de interior preferidas en el mercado es *Spathiphyllum* sp. que proviene de selvas tropicales de América Central y del sur, además es capaz de desarrollarse en lugares sombreados como pueden ser oficinas por no tener preferencias de luz para su floración, sin embargo, es sensible a las heladas pues requiere temperaturas superiores a 18 °C para su desarrollo óptimo (Espinosa, 2015).

Las plantas de interior suelen tener la característica de recibir la luz muy focalizada, como por ejemplo de ventanas o balcones que causan la reducción de la intensidad de la luz a menos de la mitad, justo al traspasar el cristal y, a partir de ahí, se va degradando a medida que los rayos son interceptados por la planta; por ello, es común que la falta de luz se manifieste en la planta con una escasez o nula floración, pérdida de color o turgencia, caída de hojas y un crecimiento no equilibrado, ya que la planta no realiza la fotosíntesis de una manera adecuada. Asimismo, la exposición a grandes cantidades de luz puede ser perjudicial para plantas con preferencias a bajas intensidades de luz ya que tienden a amarillarse y sus flores adquieren tonos más pálidos.

Entre de las plantas de interior existe una gran diversidad en cuando a sus requerimientos esenciales se refiere, los cuales deben ser tomados en cuenta para la elección de una especie. La luz en este tipo de cultivos es una de las principales limitantes para la realización de procesos fenológicos, metabólicos y bioquímicos por las plantas, por lo que la ubicación en el interior juega un papel fundamental (Soto, 2017). Cabe destacar que el uso de sistemas lumínicos que sean capaz de proporcionar a la planta la luz necesaria para

la realización de estos procesos debe ser usados en cultivos altamente rentables o con alto valor en el mercado (Ramos y Ramírez, 2016).

Además de la iluminación, en el cultivo de plantas de interior la temperatura y la humedad son factores interrelacionados que influyen en el crecimiento vegetativo, por lo que un desajuste en esta relación es causa de anomalías. Por otra parte, este tipo de plantas en su mayoría son confinadas en grupos dentro de una maceta y son capaces de efectuar entre ellas un microclima que regula la relación de temperatura y humedad, en la cual influyen los materiales empleados para la elaboración de las macetas (Torrecilla *et al.*, 2000).

2.2. Influencia de la luz en las plantas

Los vegetales poseen mecanismos foto-selectivos sofisticados para capturar la energía lumínica, necesaria para la fotosíntesis, por tanto, la intensidad y la calidad de la luz son factores determinantes en el crecimiento y desarrollo de los vegetales (Jiao *et al.*, 2007; Noaya *et al.*, 2008). Las tasas de absorción de la radiación solar por la planta dependen no solamente de las propiedades ópticas y de la eficiencia fotosintética de la hoja, sino también de la inclinación y orientación espacial (Jaramillo *et al.*, 2006).

La luz tiene dos funciones importantes en el crecimiento de las plantas: como fuente de energía para la fotosíntesis, pues sin su participación las plantas superiores no pueden crecer; así como un estímulo para el control del crecimiento de las plantas, o para regular el momento de la floración o la morfogénesis (Momokawa *et al.*, 2011). Además, la radiación solar afecta las tasas de crecimiento de los cultivos y se utiliza, a través de modelos numéricos, para estimar la humedad del suelo, la fotosíntesis y la evapotranspiración potencial (Ball *et al.*, 2004).

El crecimiento y desarrollo de un vegetal están influenciados, entre otros factores, por la intensidad y la calidad de la luz captada por los órganos que realizan la fotosíntesis. Cuando se generan cambios en la calidad o en la intensidad de la radiación incidente, se producen modificaciones en la planta que afectan su anatomía y fisiología, así como su crecimiento y desarrollo, fuertemente influenciados por la calidad de la luz en términos del color o la

longitud de onda que llega a la superficie de las hojas; por ello, para obtener altas tasas de fotosíntesis y mayores rendimientos es necesario maximizar la intercepción de la luz (Johkan *et al.*, 2010; Dolores, 2014).

Los procesos fisiológicos de la planta se ven afectados por la radiación, que incluye tanto la ultravioleta (UV) como la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y la infrarroja (IR). La radiación influye en la germinación de la semilla, pigmentación, apertura estomática, inducción a floración y tasa de floración, senescencia, inducción a la dormancia, longitud y diámetro de los entrenudos, la forma y tamaño de las hojas, raíces y flores. Las plantas que reciben niveles de luz insuficientes producen hojas pequeñas, menos anchas y tienen un menor peso total; sin embargo, cuando reciben cantidades excesivas de luz las plantas tienden a una deshidratación, desarrollo de puntos de crecimientos extras, vire de color blanco de las hojas por destrucción de la clorofila y muestran síntomas de estrés (Marín *et al.*, 2014).

2.2.1. Radiación fotosintéticamente activa (RFA)

La radiación que llega a la Tierra comprende una amplia gama del espectro electromagnético y aproximadamente el 40 % de ella es la que conocemos como luz o radiación visible. Esta comprende longitudes de onda que van de 400 a 700 nanómetros (nm), rango que abarca los colores violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo y que por ser usado por los vegetales en el proceso de fotosíntesis también se le denomina radiación fotosintéticamente activa (RFA) o PAR, por su abreviatura de siglas en inglés (Carrasco, 2009). Diversos estudios han demostrado que especies vegetales prosperan y crecen mejor en determinado rango de luz, dando como resultado diferentes comportamientos de crecimiento en su etapa juvenil y adulta (Nájera y Bermejo, 1999).

Los valores de la radiación fotosintéticamente activa son importantes como parámetro de entrada de energía en diversos procesos biológicos y su evaluación temporal es de particular interés en el seguimiento del crecimiento de cultivos; además que en su máxima

intersección por parte de las plantas se traduce en una mayor cantidad de materia seca (Grossi, 2004; Dolores 2014).

Las plantas realizan fotosíntesis y la RFA es su fuente de energía por lo que conocer la distribución espacial y temporal de la misma es fundamental para el análisis de los procesos biológicos asociados; pues la RFA captada por un vegetal determina la producción de fotosintatos, influyendo sobre el crecimiento, la productividad y la calidad de fruta en las plantas (Ferree 1980; Grossi, 2003). Sin embargo, altos valores de transmisión de radiación RFA son importantes para la fotosíntesis hasta umbrales de saturación, a partir de los cuales nuevos incrementos de la radiación no se traducen en aumentos en la tasa fotosintética de las plantas (Iglesias, 2007).

Castilla (2004) mencionó que para la reducción de la radiación incidente en el interior de los invernaderos se utilizan distintos sistemas tradicionales, como el encalado y las pantallas de sombreo, en sus distintas modalidades. Pero se ha comprobado que, al limitar la entrada a la radiación en su conjunto, se puede reducir también la banda correspondiente a la radiación fotosintéticamente activa, con lo cual se puede generar una disminución del crecimiento de la planta, la formación de hojas más pequeñas, con mayor índice de longitud/anchura, entrenudos más largos, menor concentración de clorofila, menor peso seco y una merma de la producción.

Por otra parte, se ha demostrado que el uso de técnicas con recubrimientos de diferentes materiales utilizados como filtro de luz han logrado afectar la calidad de la luz, tal es el caso de Casierra *et al.* (2011) quienes reportaron que la calidad de fresa es afectada por la calidad de la luz, esto tras evaluar el efecto de colores diferentes de filtros de polipropileno (rojo, amarillo, azul, verde y transparente) sobre la calidad de la fruta, bajo condiciones de invernadero; sin embargo, los resultados encontrados con relación a un incremento contundente en la calidad de la fruta no fueron lo suficientemente atractivos como proponer una modificación sustancial en el sistema de fresa en Tunja, Colombia, dado que la implementación de coberturas o mallas de color es una tecnología costosa que no justificaría la inversión, con un beneficio tan bajo en cuanto al mejoramiento de la calidad del producto. Este tipo de tecnología podría dar resultados más atractivos en regiones con mayor radiación que en las condiciones en que se desarrolló este estudio, puesto que

algunos investigadores han encontrado mejoras sustanciales en la calidad de la fruta mientras que otros informan resultados similares a los de esta investigación.

Uno de los estudios realizados con coberturas de colores en plantas ornamentales fue realizado por Casierra *et al.* (2012) quienes evaluaron el crecimiento, producción y calidad de la flor en plantas de alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), cultivadas en invernadero con coberturas de celofán de colores (transparente, azul, amarillo, rojo y verde). En sus resultados las coberturas de colores no afectaron significativamente el número de flores por planta ni la precocidad en la aparición de las flores, pero si la longitud de los pedúnculos en las coberturas de color verde, azul, amarillo y rojo. En cuanto a la longitud de los pedúnculos de las plantas con mayor tamaño (40-50 cm) fueron las de exposición libre y las expuestas a coberturas de color transparente y azul. Por otra parte, el color de la cobertura afectó la Tasa de crecimiento absoluto (TCA) con diferencias estadísticamente significativas con excepción de las coberturas de color transparente y verde, todos los demás colores de la cobertura influyeron en los valores de la TCA por debajo del valor de las plantas sin cobertura. Asimismo, infirieron que las plantas de alcatraz presentaron gran plasticidad y que a través de ella responden al sombreado y a la calidad de la luz, con modificaciones morfo-anatómicas que les permiten ajustarse al ambiente, sin afectar la cantidad de masa seca a las flores. Concluyeron que dado que la luz incidente enriquecida en una franja específica del espectro visible afecta el crecimiento y las características morfológicas de las plantas de alcatraz es posible mejorar la calidad de las flores, en cuanto a la longitud del pedúnculo, cuando las plantas se exponen a la luz de color verde.

2.3. Factores ambientales que modifica la utilización de la malla sombra

Las mallas no sólo se utilizan como elemento de sombreado, sino que se emplean en las ventanas de los invernaderos con el objetivo de impedir la entrada de insectos y reducir el uso de plaguicidas, además de regular la cantidad de luz que llega a las plantas y protección de efectos del granizo, insectos, aves y roedores (Juárez *et al.*, 2011). Además, de acuerdo con Valera *et al.* (2001) las mallas de sombreado combinadas con una buena ventilación provocan una reducción de la temperatura interior del invernadero, así como una

transpiración del cultivo. Para determinar la cantidad de sombreado, se debe considerar la mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa posible y reflejar la máxima cantidad de radiación de infrarrojo corto proveniente del sol.

Juárez *et al.* (2011) señalaron que con el uso de mallas se puede reducir entre 10 y 95 % del total de la radiación, por ello, cuando se coloca malla sombra sobre cubiertas plásticas se emplean con el propósito de proporcionar sombra y disminuir la cantidad de energía solar que penetrará al interior; pero el objetivo del empleo de una malla sombra no solo debe reducir la cantidad de luz, también se debe considerar la modificación de temperaturas, pues al colocar una malla sombra debajo de una cubierta plástica disminuirá la luminosidad lo cual genera una disminución de temperatura derivada de la intensidad lumínica que se ha reducido, aunque, cercano a la malla puede haber un aumento de la temperatura, debido a que la energía retenida se transformará en calor que la malla irradia al interior del invernadero, siendo importante la distancia que debe colocarse esta, con respecto al nivel del cultivo.

Para el empleo de malla sombra, sobre la cantidad y calidad de la luz transmitida se debe considerar el efecto que los plásticos tienen en el crecimiento de las plantas, pues una disminución de la luz, puede tener un efecto negativo sobre el cultivo, al estar directamente relacionada con el proceso fotosintético (Cerny *et al.*, 1999). Asimismo, se debe considerar el color de las mallas, siendo las más utilizadas en el mercado las de color negro y aluminizada, aunque las mallas de color negro son adquiridas con mayor frecuencia debido a sus bajos costos; sin embargo, son pocas selectivas a la calidad de la luz, debido a que somborean por igual toda la banda del espectro electromagnético, causando disminución de la fotosíntesis y consecuentemente en el rendimiento agrícola (Valera *et al.*, 2001).

Zhang (2006) realizó una investigación colocando mallas negras y plateadas en invernaderos con alturas de 3.5 m y ancho variable entre 6 y 8 m. Al comparar el microclima entre ambas mallas de 9:00 a 16:00, la diferencia en la temperatura del suelo en invernaderos techados fue de 3-5 °C, y de 2-6 °C en el aire. La diferencia de la temperatura en el aire es de 1.9°C con la malla negra a las 14:00 hrs., pero no se encontró gran diferencia entre usar una malla negra o una plateada. Observó una mayor disminución en la

temperatura del suelo a 10 cm de profundidad con la malla plateada, pues considera que la radiación incidente es menor con este color.

Devlin *et al.* (2007) señalaron que las mallas de colores pueden fomentar la estimulación diferencial de algunas respuestas fisiológicas reguladas por la luz, tales como fotosíntesis y fotomorfogénesis que producen efectos sobre el crecimiento del tallo, expansión foliar, desarrollo de cloroplastos, síntesis de clorofila y metabolitos secundarios, en respuesta a la incidencia de la luz (400 a 500 nm), roja (600 a 700nm) y roja lejana (700 a 800nm), percibidas por fotorreceptores biológicos, principalmente fitocromo y criptocromos, presentes en pequeñas cantidades en las plantas; pero Valera *et al.* (2001), mencionaron que las mallas coloreadas presentan el inconveniente de absorber una parte de radiación del espectro, lo que provoca el doble efecto negativo de una disminución de la RFA y un aumento de la temperatura de la malla.

2.3.1. Efecto del color de la malla sombra en hortalizas

En la producción agrícola, se han realizado diversos trabajos de investigación, como lo reportado por Álvarez *et al.* (2010), quienes evaluaron el efecto de cinco colores distintos de malla sombra (negra, roja, gris, blanca y azul) sobre el rendimiento y calidad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) variedad Tajín en donde obtuvieron diferencia significativa entre las mallas de color y obteniendo resultados donde la malla sombra de color blanca superaba a las demás en el rendimiento, número y peso de frutos. Estos resultados son congruentes con lo informado por Ayala *et al.* (2011) quienes evaluaron la respuesta del crecimiento y rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicon*) al ser expuesto a mallas de colores (negra, roja, gris, azul, perla y aluminizada) con 30 y 50 % de sombreado y demostraron que las mallas de colores alteran la cantidad y calidad de luz percibida por las plantas de tomate a causa del color de la malla y su porcentaje de sombra. Dichos resultados apuntaron que existió alteraciones del paso de la radiación total y de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) entre mallas, obteniendo valores significativos en crecimientos y cantidades de clorofila, además de observar alteraciones en el área foliar específica, calidad de fruto y rendimiento.

Márquez *et al.* (2014) evaluaron cuatro colores de malla sombra (roja, negra, perla y azul) sobre el cultivo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) y encontraron una disminución de la radiación total y de la radiación fotosintéticamente activa, lo que generó variaciones en la altura de planta, siendo la malla azul con mayores alturas de plantas; además, se encontraron diferencias en el rendimiento debido al número de frutos por planta y no al peso promedio de los mismos, por tanto, la malla sombra de color perla se considera una alternativa viable para la producción de tomate cherry.

Por su parte, Ayala *et al.* (2015) encontraron que la malla de color negro sombrea por igual toda la banda del espectro electromagnético, causando una disminución en la fotosíntesis y consecuentemente en el rendimiento agrícola, al comparar la influencia de mallas de colores (verde, rojo, beige, azul y negro) sobre la transmisión de la RFA en el crecimiento y rendimiento de plantas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), a pesar de que sus resultados no mostraron alguna diferencia de la RFA entre los colores de malla, las plantas expuestas bajo las mallas de color verde, roja y beige respondieron con alturas de planta y número de frutos por planta, mejores que los otros colores. El rendimiento del pimiento morrón obtenido en la malla de color negro y sin malla fue menor en comparación con las mallas de color beige, roja, verde y azul.

Redondo *et al.* (2016), estudiaron la respuesta del pepino (*Cucumis sativus* L.) al usar tres medios de cultivo bajo mallas de colores con 30 % de sombreo; determinando que, con el uso de malla de color roja o blanca, se genera un ambiente interno en un sistema de macro túnel, con las condiciones de radiación y temperatura adecuadas para la obtención de mayores rendimientos de fruto y con mayor diámetro ecuatorial.

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del experimento

El trabajo experimental se realizó en un invernadero tipo capilla a dos aguas orientado hacia el norte, ubicado en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4, en el Estado de México, con coordenadas 19°41'37''N y 99°11'26''W a una altitud de 2,256 msnm; la temperatura media anual es de 15.3 °C, enero el mes más frío con una temperatura promedio de 11.6 °C (Mercado, 2019).

El invernadero está construido con paredes de ladrillo rojo hasta una altura de un metro, el techo está en forma de dos aguas con cubierta de cristal y policarbonato de calcio y las ventanas son de cristal enalado, con ventanas de rejillas, lo cual limita el control de temperatura.

3.2. Material vegetativo y acondicionamiento de plantas

Se utilizaron plantas enraizadas de cuna de Moisés (*Spathiphyllum* sp.) con un promedio de 5 cm de altura, adquiridas en la empresa Viveros Plantec, ubicada en el km 1.5 carretera Puente de Ixtla - San Gabriel, Morelos, México.

Las macetas utilizadas en este trabajo fueron de 6", las cuales fueron limpiadas en su interior para después ser sumergidas en agua con cloro en una concentración de 10:1, durante un periodo mínimo de 3 segundos, y después ser secadas a temperatura ambiente.

La mezcla final del sustrato estuvo conformada por tierra negra (30 %), composta (30 %), agrolita (20 %) y fibra de coco (20 %).

Las plantas fueron trasplantadas 8 días después del periodo de aclimatación, donde se colocaron 3 a 4 plantas enraizada en el centro de cada maceta con sustrato, al transcurrir 15 días se realizó un aclareo dejando solo una planta por maceta.

3.3. Acondicionamiento del área de producción

Las macetas se colocaron sobre tres mesas de 1.20 m de ancho y 2.0 m de largo, a las cuales se les colocaron estructuras de madera para la colocación de las mallas, las cuales fueron sujetadas por medio de cinchos. Cada mesa fue dividida en tres partes iguales, con el propósito de ubicar tres colores de malla en una mesa. En cada unidad de malla se colocaron ocho macetas, de las cuales, las que tenían la posición del centro de la malla fueron evaluadas (cuatro macetas), dando un total de 24 plantas por mesa.

3.4. Diseño experimental y variables de respuesta

Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar, donde se evaluaron tres colores de malla sombra: roja, negra y azul, dando un total de tres tratamientos con tres repeticiones cada uno. La unidad experimental constó de una maceta con una planta enraizada ubicada de bajo de cada malla, dando un total de 36 unidades experimentales (Figura 1). La información fue analizada con el paquete estadístico MINITAB 17 a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Se tomó la medición en luxes, llevando a cabo las lecturas a las 12:00 pm a nivel de las plantas y en el centro de cada unidad experimental, utilizando un fotómetro de la marca “EXTECH” modelo B102188. Los resultados se ajustaron a $\mu\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$, para ser congruentes con las unidades de medición de RFA.

Las variables de respuesta evaluadas fueron:

- Altura de planta: fue medida desde la base de la planta hasta el punto más alto de la misma con una regla de 30 cm cada 15 días alrededor de las 12:00 pm.
- Número de hojas: se contabilizaron la cantidad de hojas de cada planta, incluyendo las hojas enrolladas 12:00 pm cada 15 días alrededor de las 12:00pm.

- Largo y Ancho de hoja: fueron medidas con una regla metálica, para lo cual, el largo se tomó siguiendo la nervadura central y el ancho fue medido del punto más ancho.

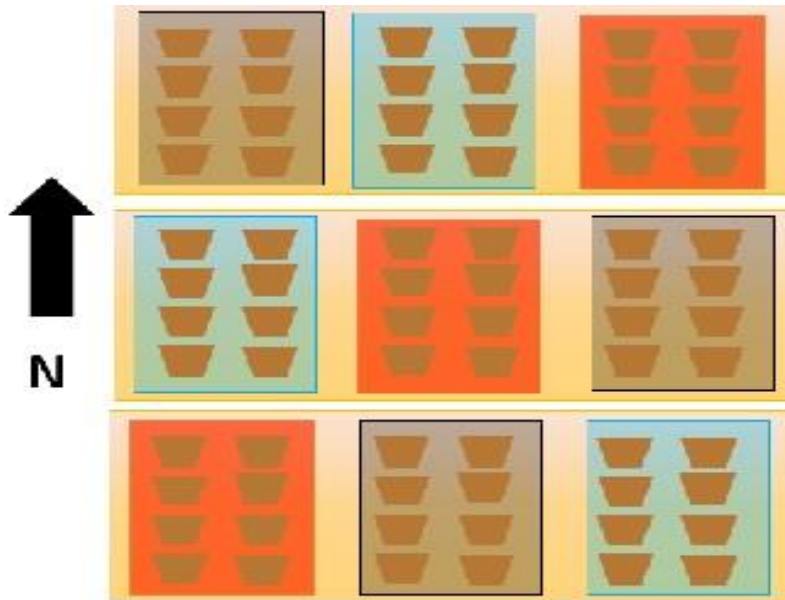


Figura 1. Acomodo de las unidades experimentales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación experimental se llevó a cabo durante 105 días después del trasplante, con muestreos cada 15 días, de los cuales se obtuvo lo siguiente:

4.1. Altura de planta

En cuanto a altura de planta a los 105 días después del trasplante (ddt), no existió diferencia estadística significativa por efecto de los ambientes generados por el uso de diferentes colores de malla (Cuadro 1).

Cuadro 1. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre la altura de la planta con la última medición efectuada.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	2	9.042	4.5208	1.86	0.173
Bloque	2	15.042	7.5208	3.09	0.060
Error	31	75.417	2.4328		
Total	35	99.500			

Sin embargo, al observar el comportamiento de las plantas, durante el tiempo de la investigación, se encuentran algunas diferencias entre las plantas de cada uno de los tratamientos de malla utilizados (Figura 2).

Conforme al comportamiento en los primeros 45 ddt, en todos los tratamientos, las plantas tuvieron un incremento de altura, sobresaliendo las que crecieron bajo la malla de color negro y azul, donde alcanzaron alturas de 9.88 a 10 cm, esto es, un 10 % por arriba de las plantas sombreadas con malla de color rojo, las cuales presentaron una altura promedio de 9.12 cm. Este comportamiento es contrario con lo que mencionan otros investigadores, quienes encontraron que las plantas sometidas con malla roja, tienen el mejor comportamiento o es similar a aquellas expuestas a malla de color azul, como lo reportado por Ayala *et al.* (2015) quienes encontraron que plantas de pimiento tuvieron 12.5 % menos tamaño que aquellas que fueron cultivadas bajo malla roja; asimismo, Casierra *et al.* (2012) observaron en plantas de alcatraz que la tasa de crecimiento absoluto se disminuye por la

utilización de cubiertas de color azul, que aquellas que son sometidas a otros colores como el rojo, puesto que los colores claros generan rangos de luz que limitan la producción de asimilados.

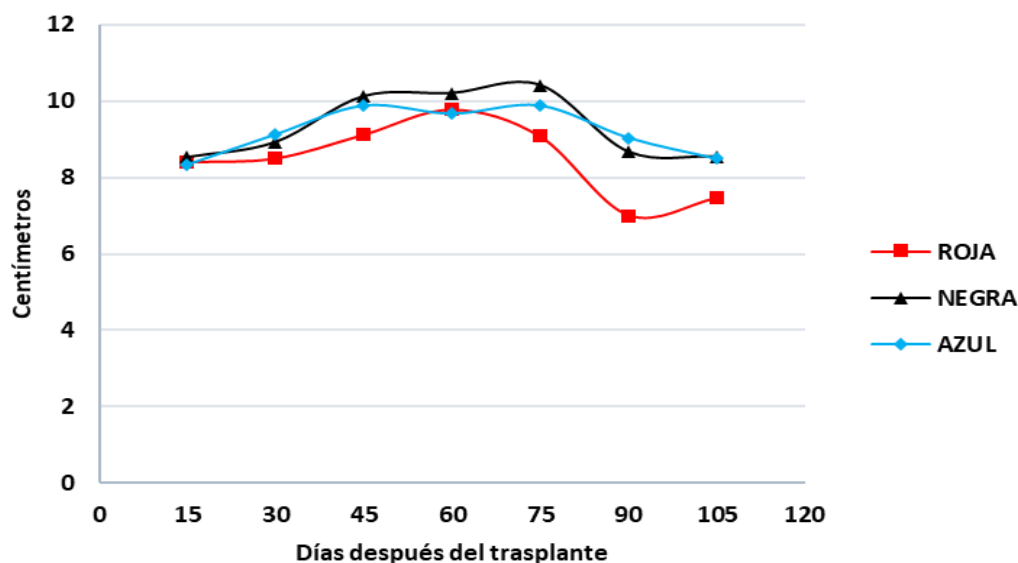


Figura 2. Altura de planta de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra.

Las alturas de las plantas con mayores diferencias se observaron a los 75 ddt, con una diferencia promedio de medio centímetro entre cada color de las mallas, las plantas situadas en las mallas de color negro fueron las que obtuvieron mayor altura y seguidas las de color azul. Sin embargo, a partir de este muestreo se empieza a observar una reducción entre las alturas de las plantas, perdiendo alrededor de dos centímetros en todos los colores de mallas, lo cual se debió a las condiciones ambientales, ya que disminuyó la temperatura, en rangos fuera de las óptimas que requiere esta planta, lo cual afectó el crecimiento de las plantas, pero sin existir diferencias entre las plantas ubicadas en cada malla de color. En particular, a partir de los 45 ddt, se observó una mayor disminución en el crecimiento de las plantas sometidas a malla roja, quienes presentaron hasta 3.0 cm menos de tamaño entre los 45 a 90 ddt. Este comportamiento es similar a lo encontrado por Ayala *et al.* (2011),

quienes encontraron en plantas de tomate, que el uso de malla roja y perla, produjeron menor área foliar en comparación con plantas expuestas a malla azul y aluminizadas.

Es importante mencionar que algunos de los trabajos reportados con relación al efecto de cubiertas de color fueron llevados a cabo con la utilización de películas de polipropileno, que a diferencia de la utilización de malla sombra puede generar que la transmitancia de luz de una película si pueda afectar la calidad de luz y proyectar al vegetal un diferente rango de fotones; a diferencia de la malla que únicamente busca modificar la intensidad de luz y no afectar el rango de fotones en el que las plantas realizan sus procesos metabólicos, por lo que se considera que no importa el color de malla que se utilice en las primeras etapas de desarrollo de cuna de Moisés, pero es necesario extender la investigación hasta la etapa de floración para determinar un posible efecto de las mallas de color en las diferentes etapas de desarrollo, además de considerar las condiciones ambiente, pues después de los 45 ddt, las temperaturas nocturnas comenzaron a disminuir (Anexo 1) y no fue posible aumentar más de 4 °C superiores a la exterior, dentro del invernadero, por lo cual la planta detuvo su crecimiento y aunque soporta hasta -2 °C, para lograr un óptimo desarrollo, requiere temperaturas superiores a 18 °C.

En la velocidad de crecimiento de las plantas sometidas a diferentes colores de mallas (Figura 3), se encontró un comportamiento de doble sigmoide, lo que puede estar referido a los procesos de división y alargamiento celular; pero nunca se mantiene una velocidad constante, lo cual pudo deberse a la etapa de crecimiento en que se encontraban las plantas (primera fase de crecimiento vegetativo), que se vio afectada por las condiciones de temperatura baja. Sin embargo, se observó que después de una disminución de la velocidad de crecimiento, viene una aceleración del mismo, que permite a las plantas sostener el dosel vegetal, pero con un mínimo de formación de nuevas hojas, y en algunos casos se presentó la muerte de las existentes. No hubo variación de este comportamiento en las diferentes mallas utilizadas.

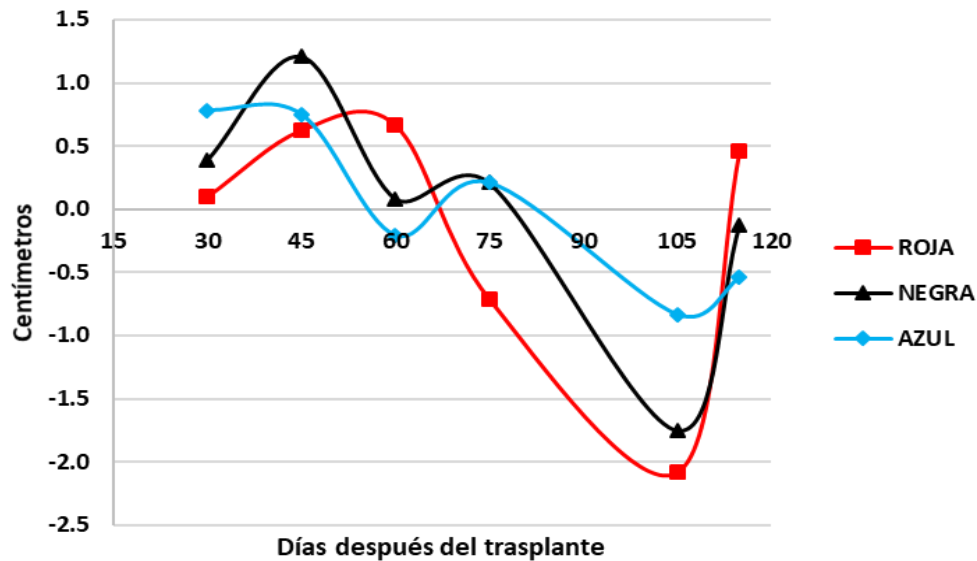


Figura 3. Velocidad de crecimiento en plantas de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra

4.2. Número de hojas

Se obtuvieron comportamientos similares a los de altura de planta, puesto que no existió diferencia estadística significativa (Cuadro 2) entre las plantas expuestas a los tres colores de malla, esto es, el número de hojas no se vio afectado por el color de las mallas. Se mantuvieron entre 5 a 6 hojas en todos los tratamientos, debido a las bajas temperaturas nocturnas que se presentaron, las cuales se mantuvieron desde el inicio de la investigación, hasta los 60 ddt, donde se presentó una disminución en el número de hojas, relacionado con la temperatura, pues el invernadero no fue suficiente para almacenar calor. Esto generó que disminuyera la formación de hojas, comportamiento que se observó en todas las plantas sin importar el color de malla.

Cuadro 2. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre el número de hojas con la última medición efectuada.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	2	2.1667	1.08333	1.38	0.268
Bloque	2	0.1667	0.08333	0.11	0.900
Error	31	24.4167	0.78763		
Total	35	26.7500			

El comportamiento que tuvieron las plantas en los diferentes colores de mallas es similar a lo reportado por Ayala *et al.* (2015) quienes encontraron una reducción del área foliar con el uso de malla azul pero estadísticamente igual con el uso de mallas negras en plantas de pimiento morrón. A pesar de que el comportamiento de las plantas puede tener diferencias conforme a la especie que se esté evaluando, Casierra *et al.* (2012) encontraron reducciones de materia seca en plantas de alcatraz por el uso de coberturas de color, con diferencias en los diferentes colores de la coberturas utilizadas; 31.85 % de reducción con el uso del color azul, 14.15 % con la colocación de la cobertura roja, y con película amarilla, únicamente se tuvo una disminución fue de 4.34 %. Con base en lo encontrado en esta investigación y lo reportado en otras con diferentes especies vegetales, se puede determinar que el efecto de una cubierta de color, puede afectar el crecimiento de las plantas, de tal forma que no se debe considerar que el uso de malla sombra de color, no tiene un efecto en el crecimiento de las plantas.

De manera general, todas las plantas presentaron una disminución de hojas desde el inicio de la investigación (Figura 4), lo cual pudo ser resultado de las bajas temperaturas que se presentaron (Anexo 1) y el invernadero no fue suficiente para dar condiciones adecuadas en la formación de nuevos órganos foliares. Pero en cuanto a diferencias del comportamiento por el color de malla, no se observaron cambios entre las plantas en cualquiera de los colores a las que fueron sometidas.

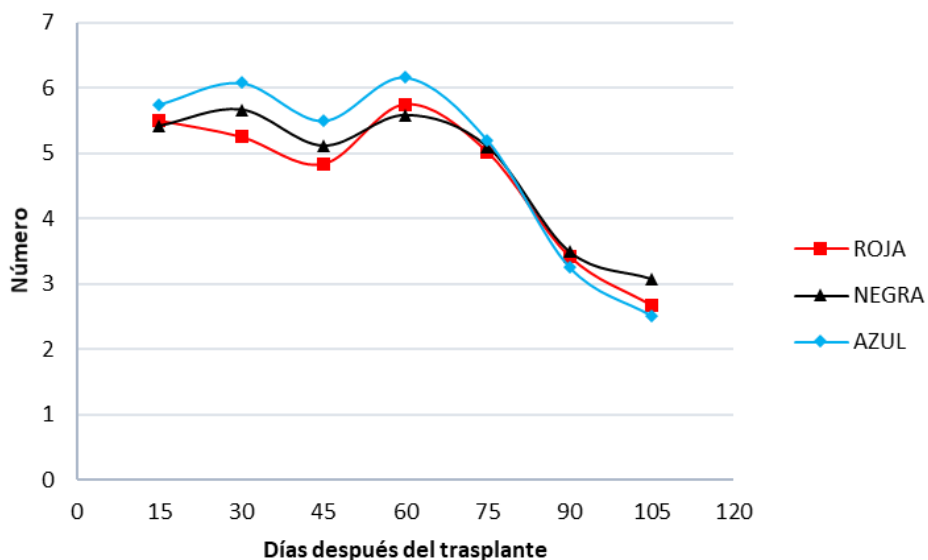


Figura 4. Número de hojas en las plantas de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra.

4.3. Largo y ancho de hoja

En cuanto a las variables largo de hoja y ancho de hoja, durante los primeros 75 ddt todas las plantas sometidas a los tratamientos mantuvieron un incremento; destacaron las plantas sometidas a las mallas de color negro y azul, con un mayor tamaño que las plantas sometidas a la influencia de la malla roja. A pesar de este comportamiento en el largo y ancho de las hojas no hubo diferencia estadística significativa (Cuadro 3 y 4), por tanto, la respuesta de las plantas en las primeras etapas de crecimiento vegetativo, no resultó ser influenciada por los colores de las mallas.

En general, todas las plantas, sin importar el color de la malla presentaron incrementos progresivos a través del tiempo, pero aquellas que fueron sometidas a la malla de color negro tuvieron mayor largo de hoja, mientras que las plantas sometidas a la malla de color azul tuvieron un ancho de hoja más grande; pero en ambos parámetros, las que fueron sometidas a mallas de color rojo, presentaron el menor tamaño al término del experimento, Sin embargo, a los 60 ddt, estas plantas tuvieron mayor ancho de hoja que las expuestas a malla negra y azul, para posteriormente ubicarse por debajo de ellas (Figura 5).

Cuadro 3. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre el largo de las hojas con la última medición efectuada.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	2	20.82	10.408	2.47	0.098
Bloque	2	12.06	6.032	1.43	0.252
Error	38	160.29	4.218		
Total	42	190.20			

Cuadro 4. ANOVA del efecto del color de la malla sombra sobre el ancho de las hojas con la última medición efectuada.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p
Tratamiento	2	0.9218	0.4609	1.21	0.311
Bloque	2	1.4389	0.7194	1.88	0.166
Error	38	14.5205	0.3821		
Total	42	16.6860			

Este comportamiento difiere con lo reportado por Oren *et al.* (2001) quienes observaron un comportamiento en plantas de *Pittosporum variegatum* con un menor largo y ancho de hojas en plantas, bajo la influencia de mallas de color azul, en comparación con mallas de otros colores como el rojo, negro, aluminizada, verde y gris. De tal forma se puede considerar que una especie puede verse afectada en su crecimiento con la utilización de mallas de color, mientras que otras pueden no ser influenciadas por el uso de las mismas. Por esta razón, es importante llevar a cabo investigaciones que permitan determinar las diferencias que genera el color de la malla en las diferentes especies vegetales de importancia económica, para determinar si tienen un efecto positivo en el crecimiento.

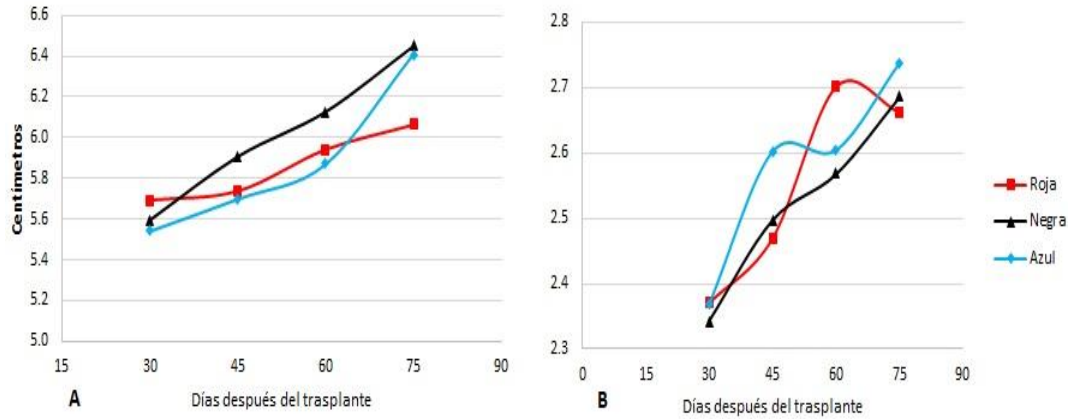


Figura 5. Largo (A) y Ancho (B) de hojas en las plantas de cuna de Moisés por efecto de diferentes colores de malla sombra.

4.4. Radiación fotosintéticamente activa (RFA)

Al llevar a cabo la determinación de la radiación lumínica (RFA) en cada una de las mallas de color utilizadas, se encontró que durante el periodo del trabajo experimental, la cantidad de luz, expresada en $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, mantuvo la misma conducta de radiación lumínica (Figura 6). Con base en ello, se puede determinar que el color de la malla no afectó la RFA y por tanto puede utilizarse cualquier color en la producción de especies que requieran disminuir la intensidad lumínica. Sin embargo, diversos autores han reportado diferencias de RFA entre mallas o películas de color, como lo señalan Ayala *et al.* (2011) quienes encontraron diferencias de hasta el 30.2 % mas de RFA con el uso de malla sombra de color azul, en comparación a las mallas de color rojo, negra, gris, aluminizada y perla, denotando que las mallas sombra de colores son capaces de transmitir diferentes cantidades de radiación total y fotosintética, posiblemente se deba a que la malla de color negro permite que la radiación que pasa a través de los orificios sea transmitida y que las mallas de colores al ser tejidas mas densamente para lograr el mismo efecto de sombreo, se tenga una mayor fracción de radiación solar que pasa a través de los hilos plásticos y es filtrada selectivamente.

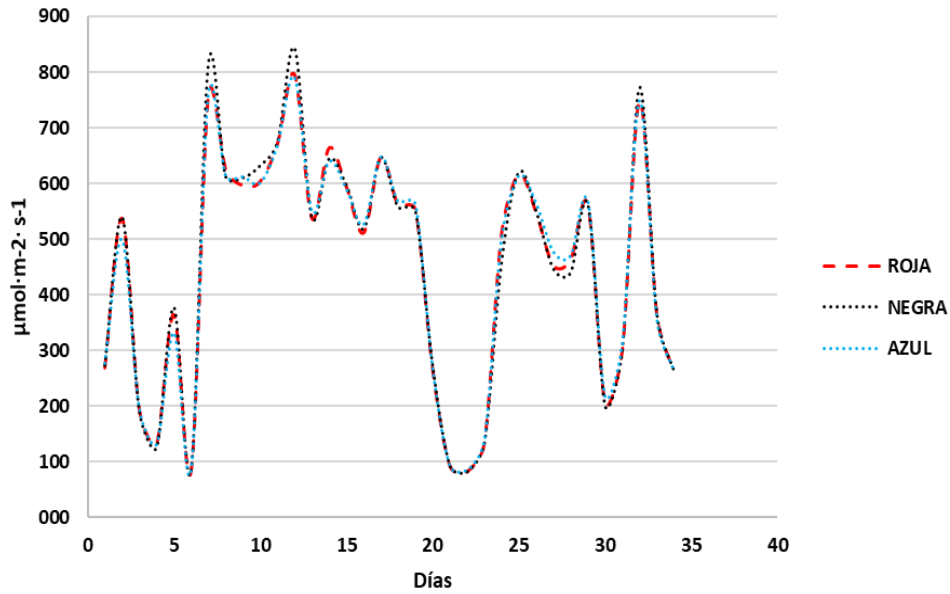


Figura 6. Comportamiento de la intensidad de luz en distintos colores de malla sombra.

Por otra parte, este comportamiento es contrario a lo reportado por Retamates *et al.* (2008), quienes mencionaron haber encontrado diferencias en la RFA transmitida por mallas de colores negra, blanca, gris y roja, reportaron que las mallas sombra de color blanco, gris y rojo redujeron la RFA en 29 %, mientras que la malla sombra de color negro se disminuyó la RFA hasta un 47 % con respecto a la RFA del tratamiento sin malla, considerando que las mallas de color permiten mayor paso de luz que las mallas de color negro. Conforme a estos resultados y los encontrados en el presente trabajo, se plantea importante la utilización de equipos que puedan determinar la longitud de onda para valorar adecuadamente si existen diferencias en la calidad de luz que se proyecta en las mallas de diferente color.

V. CONCLUSIONES

1. Las plantas que se desarrollaron bajo la influencia de la malla de color negro y azul presentaron un 10 % más de altura de planta en los primeros 45 ddt, en comparación con las plantas obtenidas en las mallas de color rojo.
2. A 105 ddt las plantas sometidas a malla color negro presentaron valores mayores en altura de planta y en el número de hojas, en comparación a las mallas de color rojo y azul.
3. En todos los tratamientos, las plantas mantuvieron entre cinco a seis hojas hasta los primeros 60 ddt, después se presentó una disminución de hojas, debido a las bajas temperaturas que limitaron el crecimiento y, en algunos casos, la muerte de las plantas.
4. La utilización de mallas de color no presenta ningún efecto sobre el crecimiento del cultivo de cuna de Moisés, al no obtener diferencias estadísticas significativas en las variables: altura de planta, número de hojas, largo y ancho de hoja. Por tanto, se acepta la hipótesis del trabajo
5. Es necesario llevar a cabo investigación con mallas de color en diferentes especies de importancia económica, para determinar su efecto en el crecimiento de las plantas.
6. Es preciso llevar a cabo evaluaciones sobre el espectro de luz que generan las mallas de color, para determinar si existen diferencias en la longitud de onda, que puedan generar efectos positivos para el crecimiento de las plantas.

VII. LITERATURA CITADA

- 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.) "Tajín", en la costa de Hermosillo. Memorias del XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 25 al 29 de Octubre de 2010. Mexicali Baja California, México.
- Ayala, T.F., Zatarain, L.M.D., 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. *Tierra Latinoamericana*, 29(4): 403-410.
- Ayala, T.F., Sánchez, M.R., Partida, R.L., Yañez, J.G.M., Ruiz, E.H.F., Velázquez, A.T.J., Valenzuela, L.M., Parra, D.M.J. 2015. Producción de Pimiento Morrón con Mallas Sombra de Colores. *Rev. Fitotec.*, México, 38(1): 93-99.
- Ball, R.A., Purcell, L.C. Carey, S.K. 2004. Evaluation of solar radiation prediction models in North America. *Agronomy Journal*, 96(2): 391-397.
- Carrasco, R.L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *IDESA*, 27(3): 59-76.
- Casierra, P.F., Peña, O.J.E., Vargas, M.A.F. 2011. Propiedades Fisicoquímicas de fresa (*Fragaria* sp.) cultivadas bajo filtros fotoselectivos. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 64(2): 6221-6228.
- Casierra, P.F., Nieto, J.P., Ulrichs, C. 2012. Crecimiento, producción y calidad de flores en calas (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng) expuestas a diferentes calidades de luz; *U.D.C.A., Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1): 97-105.
- Castilla, N. 2004. *Invernaderos de Plástico. Tecnología y manejo*. Ed Mundi-Prensa. Madrid., España. 442pp.
- Cerny, A., Rajapakse, C., Ryu, Y. 1999. Recent development in photoselective greenhouse covers. In *Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture*, 75-80.
- Claridades Agropecuarias. 2006. La floricultura mexicana, el gigante que está despertando. 154(1): 60:120.
- Devlin, P.F., Christie, J.M., Terry, M.J. 2007. Many hands make light work. *Journal of Experimental Botany* 58: 3071-3077.

- Dolores, R. 2014. La radiación solar y las plantas: un delicado equilibrio. INTA Alto Valle, 74.
- Espinosa, A.B. 2015. Las mejores plantas de interior según la NASA. RD-ICUAP “Compartiendo Ciencia”. BUAP, 1(2): 1-11.
- Ferree, D.C. 1980. Desarrollo y la eficiencia de producción de árboles de manzana (Golden Delicious) en cuatro sistemas de gestión. Orchard. J. Amer. Soc. Hort. Ciencia. 105(3): 30.
- Ganelevin, R. 2008. World-wide comercial applications of coloshade nets tecnology (Chromatinet®). Acta Horticulturae, 770: 199-204.
- Gomora, J.J.A., Sánchez, M.J.C., Pacheco, S.V.F., Pavón, S.T.B., Adame, M.S., Barrientos, B.B. 2006. Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola. En: <https://studylib.es/doc/5317865/integraci%C3%B3n-de-indicadores-de-desempe%C3%B1o-ambiental>. Fecha de consulta el 5 de junio de 2019.
- Grossi G.H. 2003. Estimación de la distribución espacial en Argentina de la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)”. En Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Vol. 1. Santa María, RS, Brasil. 543-544 pp.
- Grossi, G.H. 2004. Distribución espacial de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en Argentina. 29(1-2): 27-36.
- Iglesias, N., Muñoz, A. 2007. Comparación de la transmisión de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en invernaderos del norte de la Patagonia. Horticultura Argentina, 26(60): 10-16.
- Jaramillo, R.Á., Arcila, P.J., Montoya, R.E.C., Quiroga, Z.F. 2006. La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café (*Coffea arabica* L.); Meteorología Colombiana, 10:12-22.
- Jiao, Y., Sun, L.O., Wang D.X. 2007. Light-regulated transcriptional networks in higher plants. Nature Reviews Genetics, 8: 217-230.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., Yoshihara, T. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. HortScience, 45(12): 1809-1814.
- Juárez, L.P., Bugarín, M.R., Castro B.R., Sánchez, M.A.L., Cruz, C.E., Juárez, R.C.R., Alejo, S.G., Balois, M.R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Fuente (8) Revista Fuente, 3(8): 21-27.

- Leszczynska, B.H., Borys, M.W. 2011, Introducción a la horticultura ornamental y ambiental. Edit. UPAEP. México. 100 pp.
- Marín, P., Valera, D., Moreno, M., Molina, A.F., López, A., Peña, A. 2014. Influencia de diferentes tipos de estructuras de invernadero, mallas anti-insectos y técnicas de control climático, sobre la fotosíntesis y la transpiración de plantas de tomate en García Mendoza Silvia Giromi. 2017. Efecto de las mallas sombra de diferentes colores y una cubierta plástica sobre el rendimiento y calidad del cultivo de tomate. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila. México. 75 pp.
- 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. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2):175-180.
- Mercado, M.G. 2019. Datos climatológicos de la Estación de Meteorológica Almaraz. FES-Cuautitlán-UNAM.
- Momokawa, N., Kadono, Y., Kudoh, H. 2011. Effects of light quality on leaf morphogenesis of a heterophyllous amphibious plant, *Rotala hippuris*. *Annals of Botany*, 108(7): 1299-1306.
- Moran, M.F. 2004. Producción de plantas ornamentales en maceta en invernadero; Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. 13 al 15 de octubre de 2004. Torreón, Coah. México. 10-18 pp.
- Nájera, C.F.J., Bermejo, V.B. 1999. Efecto de la intensidad de luz sobre el crecimiento en altura y producción de materia seca en plántulas de *Pinus Ayacahuite* var. *veitchii*. *Foresta Veracruzana*, 1(2): 25-30.
- Nápoles, T.M.C. 2014. Determinación de costos de producción y análisis de costos del uso del fertilizante Fosfimax®40-20 en el cultivo de rosa en invernadero. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario UAEM Campus Tenancingo. Tenancingo, México. 96 pp.
- Oren, S.M., Gussakovsky, E.E., Shpiegel, E., Nissim, L.A., Ratner, K., Ovadia, R., Giller, Y.E., Shahak, Y. 2001. Colored shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(3): 353-361.
- Ramos, G.Y., Ramírez, L.E. 2016. Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores-vertical farming (VF). *Informador Técnico (Colombia)*, 8(2): 111-120.

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. La infraestructura y sistemas requeridos para el desarrollo de clústeres de horticultura ornamental orientados a la exportación de productos de valor agregados a los Estados Unidos y Canadá. En: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/ORNAMENTAL.pdf. Fecha de consulta el 11 de abril de 2019.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Productores mexicanos preparados para abastecer demanda de flores. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B105.aspx>. Fecha de consulta el 24 de junio de 2018.
- Soto, D.A.M. 2017. Guía básica de plantas ornamentales para el diseño de jardines de interior y exterior para clima templado. Tesis de Maestría en Diseño y Construcción ecológicos. Universidad de Rafael Landívar. Guatemala de la Asunción. 93 pp.
- Torrecilla, M.C., Pérez, M.A., Arranz, L., Gómez, R.J., López, P. 2000. Manual práctico de la jardinería. Ediciones El País, S.A./Santillana, S.A. Madrid, España. 157 pp.
- Valera, M.D.L., Molina, F, Gil, R.J.A. 2001. Las mallas como técnica de control climático en invernaderos. *Vida Rural*, 8(139): 50-52.
- Zhang, Z.B. 2006. Shading Net Application in Protected Vegetable Production in China; *Acta Horticulturae*, 179: 479-482.

ANEXO

Anexo 1. Datos de días después del trasplante (ddt) y temperaturas máxima, mínima y media diaria (°C), recabados de la estación meteorológica de la FES-Cuautitlán, UNAM (Mercado, 2019).

Mes	Octubre 2018				Noviembre 2018				Diciembre 2018				Enero 2019			
	Día	Máxima	Mínima	Media	ddt	Máxima	Mínima	Media	ddt	Máxima	Mínima	Media	ddt	Máxima	Mínima	Media
1	23.6	11.2	17.4	6	22.0	8.8	15.4	37	24.4	4.4	14.4	67	24.6	0.4	12.5	98
2	22.4	9.0	15.7	7	20.0	11.1	15.6	38	24.6	3.8	14.2	68	22.2	5.1	13.7	99
3	21.5	11.6	16.6	8	20.5	11.0	15.8	39	24.5	7.7	16.1	69	22.6	2.2	12.4	100
4	23.4	13.0	18.2	9	16.1	12.0	14.1	40	22.8	4.0	13.4	70	23.1	2.2	12.7	101
5	24.7	10.1	17.4	10	23.5	10.2	16.9	41	20.8	8.7	14.8	71	23.9	2.4	13.2	102
6	23.5	8.1	15.8	11	25.0	5.8	15.4	42	23.8	3.8	13.8	72	23.9	2.6	13.3	103
7	22.8	9.6	16.2	12	25.0	8.6	16.8	43	23.8	7.0	15.4	73	23.5	1.6	12.6	104
8	23.0	9.5	16.3	13	25.0	6.6	15.8	44	23.6	3.2	13.4	74	23.8	-0.8	11.5	105
9	24.7	8.9	16.8	14	24.2	6.4	15.3	45	21.7	4.7	13.2	75				
10	24.5	11.6	18.1	15	22.3	9.0	15.7	46	18.8	9.6	14.2	76				
11	24.6	12.6	18.6	16	23.9	6.7	15.3	47	19.1	7.4	13.3	77				
12	24.6	13.1	18.9	17	24.1	8.6	16.4	48	20.2	2.2	11.2	78				
13	24.2	12.1	18.2	18	19.5	6.5	13.0	49	22.3	4.2	13.3	79				
14	27.1	11.1	19.1	19	8.6	3.2	5.9	50	21.6	3.1	12.4	80				
15	26.5	10.4	18.5	20	19.3	1.8	10.6	51	18.1	1.4	9.8	81				
16	24.2	13.2	18.7	21	21.1	0.6	10.9	52	21.4	-1.8	9.8	82				
17	19.6	9.7	14.7	22	22.5	0.4	11.5	53	21.0	-1.2	9.9	83				
18	18.0	12.1	15.1	23	20.5	1.8	11.2	54	23.0	1.0	12.0	84				
19	21.6	10.0	15.8	24	23.4	1.2	12.3	55	22.0	6.0	14.0	85				
20	19.0	11.2	15.1	25	24.0	2.0	13.0	56	19.0	-0.8	9.1	86				
21	20.0	14.1	17.1	26	24.0	5.1	14.6	57	21.0	-4.4	8.3	87				
22	24.7	12.2	18.5	27	24.6	9.0	16.8	58	19.0	-0.3	9.4	88				
23	25.5	8.6	17.1	28	24.5	3.4	14.0	59	17.9	-1.8	8.1	89				
24	24.7	9.7	17.2	29	24.4	5.0	14.7	60	22.6	-1.6	10.5	90				
25	25.5	7.7	16.6	30	26.0	7.6	16.8	61	22.6	1.9	12.3	91				
26	24.9	8.8	16.9	31	19.5	5.7	12.6	62	20.7	2.0	11.4	92				
27	19.1	10.2	14.7	32	22.0	3.6	12.8	63	24.5	2.0	13.3	93				
28	21.0	9.6	15.3	33	20.0	8.8	14.4	64	22.2	2.2	12.2	94				
29	21.4	11.8	16.6	34	18.5	13.1	15.8	65	25.8	1.2	13.5	95				
30	23.3	9.2	16.3	35	22.5	8.6	15.6	66	24.3	5.1	14.7	96				
31	22.6	10.9	16.8	36					23.1	2.2	12.7	97				