

Producción de pepino en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivo

F. Ayala-Tafoya^{1,*}, M.G. Yáñez-Juárez¹, L. Partida-Ruvalcaba¹, F.H. Ruiz-Espinosa², H. Campos-García³, O. Vásquez-Martínez⁴, T. de J. Velázquez-Alcaraz¹ y T. Díaz-Valdés¹

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México

² Departamento Académico de Agronomía, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México

³ Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Edo. de México, México

⁴ Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags., México

Resumen

Durante los ciclos agrícolas 2011/2012 y 2012/2013 se evaluó la radiación solar transmitida por seis mallas con 30% de sombra: aluminada, gris, perla, azul, roja (coloreadas) y negra, y sus efectos en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de pepino. La malla roja transmitió 42,6; 23,7; 40,3; 52,9 y 57,3% más radiación solar total (350 a 1050 nm), fotosintética (400 a 700 nm), roja (600 a 700 nm), roja lejana (700 a 800 nm) e infrarroja (800 a 1050 nm); la malla aluminada transmitió 83,5% más luz ultravioleta-A (350 a 400 nm); y la malla azul 36% más luz azul (400 a 500 nm); que las respectivas transmisiones de la malla negra. Las mallas no influyeron significativamente en la temperatura del aire, pero las coloreadas aumentaron la humedad relativa máxima (3,4 a 4,2%) y la temperatura de las hojas superiores (0,2 a 0,9 °C), así como sus propiedades fotosintéticas: transpiración, conductancia estomática y asimilación de CO₂. Consecuentemente, la longitud (240,0 cm) y diámetro de tallo (8,0 mm), número de hojas (22,2), área foliar (406,0 cm²), verdor (41,6 unidades SPAD) y peso seco de hojas (52,5 g por planta) y tallo (14,7 g por planta) que presentaron las plantas en la malla negra, se incrementaron en 11,6; 10; 12,6; 23,4; 22,8; 9,5 y 36,7% con la malla roja. Las mallas perla, roja, aluminada y azul, representan opciones viables pues aumentaron el rendimiento obtenido con la malla negra (5,2 kg m⁻²) en 71,1; 48,1; 46,1 y 46,1%; respectivamente.

Palabras clave: *Cucumis sativus*, mallas sombra coloreadas, transmisión de luz, fotosíntesis, crecimiento de plantas, rendimiento de frutos.

Abstract

Cucumber production in several light environments by photoselective shade nets

During the agricultural cycles of 2011/2012 and 2012/2013, the transmitted sunlight by six nets with 30% shade: aluminized, gray, pearl, blue, red (colored) and black, and its effects on growth, development and yield of cucumber were evaluated. The red net transmitted 42.6, 23.7, 40.3, 52.9 and 57.3% more total sun radiation (350-1050 nm), photosynthetic active radiation (400 to 700 nm), red light (600-700

* Autor para correspondencia: tafoya@uas.edu.mx

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.001>

nm), far red light (700-800 nm) and infrared radiation (800-1050 nm); the gray net transmitted 83.5% more ultraviolet-A light (350-400 nm) and the blue net 36% more blue light (400-500 nm), that the respective black net transmissions. The nets did not significantly change the air temperature, but colored nets increased the maximum relative humidity (3.4 to 4.2%), temperature of the upper leaf (0.2 to 0.9 °C) and the photosynthetic leaf responses: transpiration, stomatal conductance and CO₂ assimilation. Consequently, the plant height (240.0 cm), stem diameter (10.0 mm), leaves number (22.2), leaf area (406.0 cm² per leaf), greenness (41.6 SPAD units), stem and leaf dry weight (52.5 and 14.7 g per plant, respectively) of plants growing in black net, were increased by 11.6, 10, 12.6, 23.4, 22.8, 9.5 and 36.7% with the red net. The pearl, red, aluminized and blue nets showed to be viable options because they increased plant yield compared with conventional black net (5.2 kg m⁻²) with raises of 71.1, 48.1, 46.1 and 46.1%, respectively.

Key words: *Cucumis sativus*, colored shade nets, light transmission, photosynthesis, plants growth, fruits yield.

Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una cucurbitácea que se cultiva mundialmente con varios propósitos: para consumo en fresco, industria del encurtido, e industria cosmética, principalmente. En 2012 se cosecharon 2,1 millones de hectáreas en las que se obtuvo una producción de 65,1 millones de toneladas de frutos (FAO, 2014). En ese mismo año, en México se cosecharon 15.307 ha y se produjeron 640.508 t, correspondiendo al Estado de Sinaloa una participación mayoritaria, con 25,1% de la superficie cosechada y 44,2% de la producción obtenida (SIAP, 2014).

El uso de invernaderos representa una opción para incrementar la producción de pepino, al propiciar un ambiente poco restrictivo para el crecimiento y desarrollo de las plantas que el que ocurre a cielo abierto (Ortiz et al., 2009; Yang et al., 2012). Sin embargo, la construcción de un invernadero significa una inversión importante que debe analizarse cuidadosamente. Para éste propósito, se debe considerar que existen nuevos materiales de cubierta que permiten diseños estructurales más económicos que se adaptan a las diferentes necesidades de cada cultivo y recursos disponibles. Una alternativa económica es la malla sombra, que protege la

planta (hoja y fruto) de una fuerte radiación solar directa, obteniéndose plantas más vigorosas, con mayores rendimientos y frutos de mejor calidad que en campo abierto (Gruda, 2005; Ayala-Tafoya et al., 2011).

Las mallas de sombreo, además de fabricarse de diferentes materiales, como el polietileno, el polipropileno y el poliéster o derivados acrílicos, presentan distintos porcentajes de transmisión, absorción y reflexión de la luz, así como porosidad al aire; sin embargo, la mayoría de las mallas utilizadas con ese fin son negras y poco fotoselectivas, es decir, reducen tanto la transmisión de radiación fotosintéticamente activa como la del infrarrojo cercano (Hemming et al., 2006; Bastida y Ramírez, 2008). Dichas mallas son utilizadas ordinariamente por los horticultores para reducir la radiación solar y la temperatura, pero no se logra optimizar la fotosíntesis y la fotomorfogénesis, trascendentales en el crecimiento y desarrollo vegetal (Cummings et al., 2008; Ayala-Tafoya et al., 2011).

Por ello, recientemente se desarrollaron mallas plásticas con propiedades ópticas especiales, las cuales representan un nuevo enfoque para mejorar el uso de la radiación solar en los cultivos agrícolas (Ganelevin, 2008). Son mallas sombra coloreadas, cada una de las cuales modifica específicamente el espec-

tro de luz transmitida en las regiones ultravioleta, visible y rojo lejano, intensifica su contenido relativo de dispersión de luz difusa y afecta sus componentes térmicos (región infrarroja), en función de los aditivos cromáticos de sus elementos constituyentes y el diseño del tejido (Oren-Shamir et al., 2001; Shahak et al., 2004).

El paso de la luz a través de estos materiales de cubierta fomenta la estimulación diferencial de algunas respuestas fisiológicas reguladas por la misma, tales como: la fotosíntesis, en función del flujo de luz con longitudes de onda entre 400 y 700 nm, denominada radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual es absorbida por las clorofilas *a* y *b*, principalmente; y la fotomorfogénesis que incluye efectos sobre la elongación del tallo, expansión foliar, desarrollo de cloroplastos, síntesis de clorofila, y muchos otros metabolitos secundarios, en respuesta a la incidencia de luz azul (LA: 400 a 500 nm), roja (LR: 600 a 700 nm) y roja lejana (LRL: 700 a 800 nm), percibidas por fotorreceptores biológicos, principalmente fitocromos y criptocromos, presentes en pequeñas cantidades en las plantas (Devlin et al., 2007; Yang et al., 2012).

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar agrónomicamente la fotoselectividad de seis mallas sombra, conocer la influencia que cada malla tiene sobre la cantidad y calidad de la radiación solar que transmite, el efecto en la temperatura y humedad atmosférica, la temperatura foliar, capacidad fotosintética, crecimiento de plantas y el rendimiento de frutos en el cultivo de pepino.

Materiales y métodos

La investigación se realizó durante los ciclos agrícolas otoño/invierno de 2011/2012 y 2012/2013, en una casa sombra del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la

Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México; ubicada en las coordenadas 24° 48' 30" N y 107° 24' 30" O, a una altitud de 38,5 m. Las características estructurales de la instalación son las siguientes: "casa sombra" con estructura metálica de 4,0 m de altura, techumbre plana, orientada norte-sur, con una superficie total de 3200 m². La cubierta techumbre es una malla antiáfidos de 16 x 10 hilos cristalinos por cm² (25% de sombra) y en las bandas malla anti-trip con 20 hilos cristalinos x 10 hilos negros por cm².

En ambos ciclos agrícolas el terreno se preparó mediante un barbecho y dos pasos de rastra, luego se formaron camas de cultivo distanciadas a 1,8 m; las cuales se acolcharon con plástico blanco/negro, con la finalidad de mejorar el ambiente luminoso y evitar el desarrollo de malezas que compitieran con las plantas. Entretanto, se sembraron semillas de pepino 'Modan F1' (Rijk Zwaan), tipo slicer partenocárpico, en bandejas de poliestireno de 200 cavidades rellenas con una mezcla de turba y perlita en proporción 75:25 (v/v).

Las plántulas se cultivaron en invernadero y fueron trasplantadas a la casa sombra cuando tuvieron dos hojas verdaderas, 22 días después de la siembra (dds), con una densidad de 2,2 plantas por m². Durante ambos ciclos de cultivo, los cuales terminaron 125 dds, en promedio se aportaron 225, 75, 296, 178 y 22 kg de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio por hectárea, respectivamente, vía fertirriego. Los ciclos de cultivo se dieron por concluidos, al alcanzar las plantas la altura de los alambres del tutoreo horizontal de la casa sombra (3,0 m). Se procedió eliminando el brote apical de las plantas.

Los tratamientos evaluados en esta investigación fueron: una malla negra (testigo: malla convencionalmente utilizada por los agricultores) y cinco mallas coloreadas: gris, perla, azul, roja (ChromatiNet[®]) y aluminada (Aluminet 'O'), todas del tipo raschel con

30% de sombra (Polysack Ltd, Israel). Se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, utilizando cuatro camas de 10 m de largo como parcela experimental (72 m²). Como parcela útil se usaron las dos camas centrales, dejando una cama de cultivo (1,8 m) a cada lado y una banda de igual longitud en cada extremo, con siete a ocho plantas, para evitar el efecto borde. Las mallas sombra se colocaron a 0,5 m por encima de los alambres de tutorado, a 3,5 m sobre el nivel del suelo, antes del trasplante.

Se realizaron mediciones del espectro de flujo de radiación solar ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en una banda total de 350 a 1050 nm de longitud de onda (radiación solar total: RT), a intervalos de 1 nm, por medio de un espectrorradiómetro portátil (FieldSpec Pro[®]VNIR, ASD Inc., EE. UU.) equipado con un receptor coseno, el cual fue colocado a 1,0 m sobre la superficie del suelo. Las mediciones fueron realizadas alternadamente durante condiciones de cielo despejado, entre 12:00 y 13:30 h (hora local) a intervalos de tres minutos, en el centro de cada malla sombra. A partir de los datos obtenidos en dichas mediciones, se integraron y analizaron también las bandas de longitud de onda de 400 a 700 nm (radiación fotosintéticamente activa: RFA), 350 a 400 nm (luz ultravioleta-A: UV-A), 400 a 500 nm (luz azul: LA), 600 a 700 nm (luz roja: LR), 700 a 800 nm (luz roja lejana: LRL) y 800 a 1050 nm (radiación infrarroja cercana: IRC).

En el centro del área de influencia de cada una de las mallas se instaló un termohigrómetro USB/almacenador de datos (DT171, CEM, Colombia) programado para registrar temperatura y humedad relativa del aire cada 30 minutos. Además, se obtuvo la temperatura de las hojas en los tercios inferior, intermedio y superior de 16 plantas de pepino por tratamiento, medidas en condiciones de cielo despejado entre las 12:00 y 13:00

h, mediante un termómetro con infrarrojos (HI 99550, HANNA Instruments Inc., EE. UU.).

También se midieron las propiedades fotosintéticas: tasa de transpiración (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), conductancia estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y tasa de asimilación fotosintética de CO_2 (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de 16 hojas por tratamiento, mediante un sistema portátil de fotosíntesis (LCpro+, ADC BioScientific Ltd., GB). Las mediciones fueron realizadas bajo condiciones ambientales de CO_2 , HR y RFA, a los 29, 60 y 85 días después del trasplante (ddt), de manera alternada en condiciones de cielo despejado, entre 9:00 y 12:00 h (hora local), en plantas ubicadas en el área central de cada malla sombra. Se seleccionaron hojas jóvenes completamente desarrolladas, cuidando que el área de 6,25 cm² de la ventana de la cámara de medición estuviera completamente expuesta a la luz filtrada por las mallas.

Para evaluar el crecimiento de las plantas se midieron la longitud y diámetro de tallo (CALDI-6MP, Truper S.A. de C.V., México), número de hojas, área foliar de hoja joven completamente desarrollada (LI-3000A, LI-COR Inc., EE. UU.), verdor de la hoja (SPAD-502, Konica Minolta Inc., Japón) y peso seco de hojas y tallo después de secado en estufa (FE-292, Felisa S.A. de C.V., México) hasta peso seco constante, de 16 plantas por tratamiento.

La evaluación del crecimiento de los frutos se hizo midiendo el largo y diámetro de 16 frutos, cada tres días, hasta que fueron cosechados. La cosecha se realizó tres veces por semana, registrando el número, tamaño y peso de los frutos, los cuales debían tener no menos de 3,2 cm de diámetro y 12,7 cm de longitud.

Los resultados obtenidos en cada una de las variables, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se sometieron al análisis de varianzas y prueba de rangos múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$) para la comparación de las medias.

Resultados y discusión

Las mallas propiciaron distintos ambientes luminosos en el cultivo de pepino; aunque las coloreadas: azul, roja y perla, fueron las que más alteraron el espectro o calidad de la luz. La malla azul transmitió más luz en la región azul-verde (400 a 570 nm) e incrementó el flujo de radiación infrarroja de 730 nm en adelante, la malla roja transmitió el mayor flujo de fotones de 590 nm en adelante; mientras que la malla perla se diferenció de las mallas aluminada y gris aumentando su transmisión desde los 700 nm (Figura 1).

En la Tabla 1 se observa que los mayores flujos de RT, RFA, LR, LRL e IRC ocurrieron bajo la malla roja, los cuales superaron en 42,6; 23,7; 40,3; 52,9 y 57,3% a los respectivos flu-

jos transmitidos por la malla negra. En tanto la mayor transmisión de LA se obtuvo con la malla azul, 36% mayor a la registrada con la malla negra. Mientras que la transmisión de UV-A se registró en la malla aluminada. Estos resultados muestran la capacidad de la malla negra para bloquear la radiación incidente y explica su amplio uso como malla de sombrero, a la vez que revelan la transmisión o sombreo fotoselectivo de las mallas coloreadas. En este sentido, Oren-Shamir *et al.* (2001), Shahak *et al.* (2004) y Ayala-Tafoya *et al.* (2011), quienes evaluaron el efecto de mallas de diferentes colores sobre la luz en el cultivo de plantas ornamentales (*Pittosporum variegatum*), diversos frutales (*Vitis vinifera*, *Malus domestica*, *Pyrus communis*, *Prunus persica*, *Diospyros kaki* y *Fragaria ananassa*) y

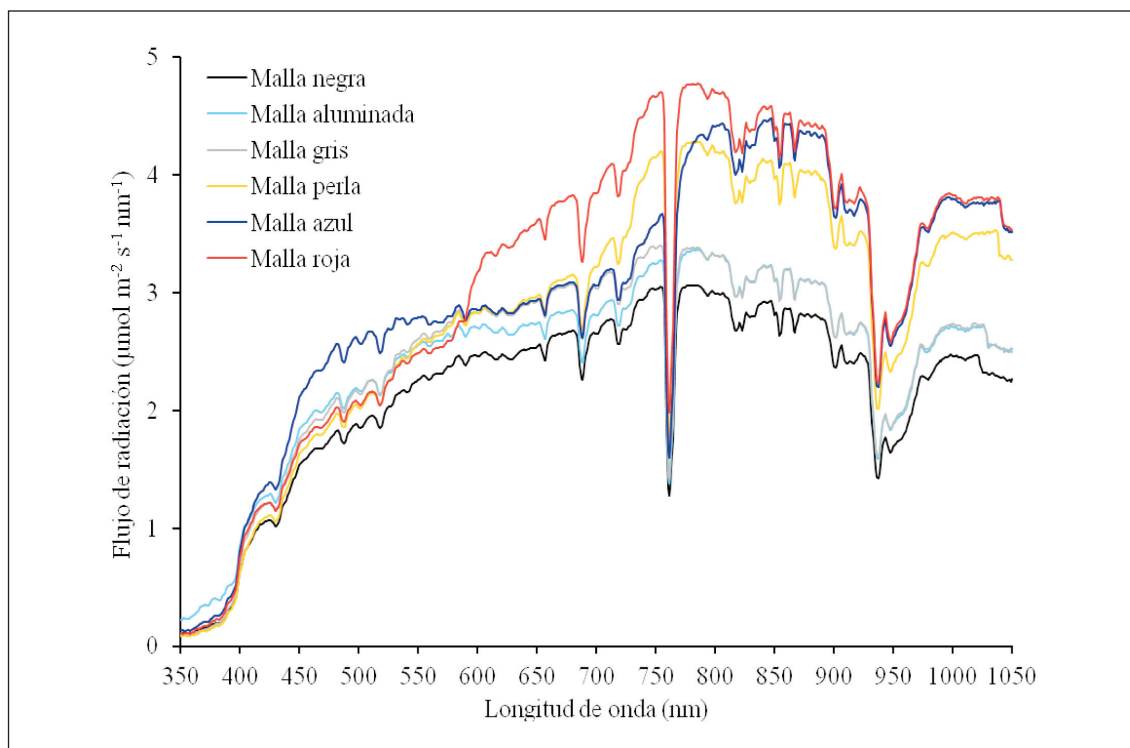


Figura 1. Distribución espectral de la radiación solar transmitida por las mallas sombra (20/02/2012).
Figure 1. Spectral distribution of sun radiation transmitted by shade nets (20/02/2012).

tomate (*Solanum lycopersicum*), respectivamente, indicaron también cambios similares en la cantidad y calidad de la luz, a causa del color y diseño de las mallas.

No obstante, la radiación solar transmitida por las mallas no influyó sobre las temperaturas cardinales. Las temperaturas mínimas registradas durante el periodo evaluado promediaron 11,2 °C y las temperaturas máximas promediaron 30,4 °C; mientras que el promedio de todas las lecturas de temperatura obtenidas fue de 19,4 °C. En este sentido, Oren-Shamir et al. (2001) tampoco observaron diferencias entre las temperaturas del aire que ocurrieron en un cultivo de *Pittosporum variegatum*, en el cual utilizaron mallas negra, aluminada, gris, verde, azul y roja, probablemente debido a la buena ventilación existente en la casa sombra. Según Vasco (2003), el umbral óptimo de temperatura diurna para el cultivo de pepino es de 21 a 24 °C; dentro del cual se ubicaron las temperaturas diurnas registradas en este experimento, de 23,5 °C en la malla negra a 24 °C en la malla perla. Con respecto a la HR, la máxima fue significativamente mayor en las mallas coloreadas ($\geq 87\%$) comparada con la que ocurrió con la malla negra (83,6%) (Tabla 2). Vasco (2003) señala que la HR nocturna óptima para el cultivo de pepino está entre 70 y 90%; cuyo límite inferior coincidió con la HR nocturna alcanzada con las mallas coloreadas (70,7%), mientras que con la malla negra se tuvo un valor menor (66,6%). También indica que la HR diurna óptima se encuentra entre 60 y 70%, por lo que también se logró estar dentro de ese rango, ya que la HR promedio fluctuó de 61,9% en la malla negra hasta 65,9% en la aluminada. Sin embargo, las HR mínimas registradas en todas las mallas fueron inferiores al nivel crítico para este cultivo (40%), lo cual es común en invernaderos de tecnología baja (Ramírez et al., 2012), que no cuentan con sistemas de control del clima, así como en casas sombra.

Lo anterior es trascendente porque en los cultivos protegidos el contenido de humedad de la atmósfera incide sobre: el turgor celular, la expansión foliar, el crecimiento y desarrollo aéreo y radicular de la planta, el amortiguamiento de los cambios de temperatura, aumento o disminución de la transpiración, la absorción de nutrientes, la producción de materia seca, viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario de las flores y en el desarrollo de enfermedades (Bastida y Ramírez, 2008; Lorenzo, 2012).

Adicionalmente, la temperatura de las hojas ubicadas en los tercios inferior y superior, de las plantas de pepino cultivadas bajo las mallas negra y aluminada, fue significativamente menor a la observada bajo las mallas de color rojo, perla, azul o gris, lo cual tiene estrecha relación con la disminución en la transmisión de radiación solar ejercida por dichos plásticos (Tabla 1). A este respecto, Oren-Shamir et al. (2001) no encontraron diferencias significativas entre la temperatura de hojas de plantas de *Pittosporum variegatum* cultivadas con mallas negra, aluminada, gris, verde, azul y roja; aunque ellos midieron hojas completamente expandidas, cuya condición de plantas de menor altura, podría asemejarse más a las hojas de pepino del estrato intermedio, entre las cuales tampoco se observaron diferencias en este trabajo (Tabla 2).

En términos generales, las mallas roja, perla, azul y aluminada ocasionaron los principales cambios en las variables de intercambio de gases en las plantas de pepino (Tabla 3). Bajo esas mallas las hojas de pepino presentaron tasas de transpiración (E) que superaron, aunque de manera más consistente las tres primeras, a la registrada bajo la malla negra, de 15,4 a 69,2% a los 29 ddt, de 6,9 a 44,8% a los 60 ddt y de 8 a 40% a los 85 ddt. Además del incremento de E conforme al nivel de radiación solar que transmitieron las mallas, también se observó que E decreció durante la

Tabla 1. Cantidad y calidad de la radiación solar ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) transmitida por las mallas sombra (20/02/2012)
 Table 1. Quantity and quality of sunlight ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) transmitted by shade nets (20/02/2012)

Malla	RT 350-1050 nm	RFA 400-700 nm	UV-A 350-400 nm	LA 400-500 nm	LR 600-700 nm	LRL 700-800 nm	IRC 800-1050 nm
Negra	1519,2 ± 10,0 e	615,2 ± 4,6 d	10,9 ± 0,6 d	141,8 ± 1,7 f	255,4 ± 2,0 e	282,5 ± 1,8 f	616,8 ± 3,6 e
Aluminada	1690,5 ± 2,2 d	690,0 ± 1,8 c	20,0 ± 0,4 a	169,2 ± 1,3 b	274,9 ± 2,3 d	304,6 ± 2,2 e	682,8 ± 4,2 d
Gris	1711,7 ± 12,4 d	707,5 ± 5,5 b	10,9 ± 0,2 d	162,3 ± 1,6 c	293,7 ± 2,1 c	315,9 ± 3,1 d	684,4 ± 4,5 d
Perla	1956,8 ± 5,2 c	695,4 ± 3,6 c	9,8 ± 0,1 e	150,4 ± 1,4 e	298,8 ± 2,7 b	379,9 ± 3,4 b	879,8 ± 4,6 c
Azul	2070,0 ± 11,9 b	759,7 ± 4,2 a	14,2 ± 0,2 b	192,9 ± 1,4 a	295,2 ± 2,0 bc	353,8 ± 3,1 c	950,6 ± 5,7 b
Roja	2166,9 ± 12,4 a	761,2 ± 5,9 a	12,5 ± 0,4 c	158,8 ± 1,6 d	358,4 ± 2,6 a	431,9 ± 3,1 a	970,5 ± 4,2 a

RT = radiación solar total; RFA = radiación fotosintéticamente activa; UV-A = luz ultravioleta-A; LA = luz azul; LR = luz roja; LRL = luz roja lejana; IRC = radiación infrarroja cercana. Medias de cuatro repeticiones ± error estándar con letras distintas dentro de cada columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0,05$).

Tabla 2. Influencia de las mallas sombra en la humedad relativa del aire y la temperatura foliar de las plantas de pepino
 Table 2. Influence of shade nets in relative humidity of air and leaf temperature of cucumber plants

Malla	Humedad relativa (%)*						Temperatura de hojas (°C) [§]		
	Mínima	Máxima	Promedio	Inferiores	Intermedias	Superiores			
Negra	35,2 ± 1,5 a	83,6 ± 1,1 b	61,9 ± 1,4 a	25,8 ± 0,1 c	27,5 ± 0,3 a	27,9 ± 0,1 b			
Aluminada	37,6 ± 1,9 a	87,7 ± 1,1 a	65,9 ± 1,5 a	25,9 ± 0,1 c	27,6 ± 0,2 a	28,1 ± 0,1 b			
Gris	33,5 ± 1,9 a	87,8 ± 1,0 a	64,7 ± 1,4 a	26,2 ± 0,2 bc	27,4 ± 0,2 a	28,5 ± 0,1 a			
Perla	33,2 ± 1,9 a	87,0 ± 1,1 a	63,8 ± 1,5 a	27,3 ± 0,1 a	26,9 ± 0,2 a	28,5 ± 0,1 a			
Azul	32,6 ± 2,0 a	87,8 ± 1,0 a	64,2 ± 1,5 a	26,6 ± 0,3 b	27,3 ± 0,3 a	28,8 ± 0,1 a			
Roja	36,9 ± 1,9 a	87,3 ± 1,1 a	65,6 ± 1,5 a	26,4 ± 0,2 b	27,5 ± 0,2 a	28,6 ± 0,3 a			

*Medias de 101 días ± error estándar con letras distintas dentro de cada columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0,05$).

§ Medias de 16 hojas ± error estándar con letras distintas dentro de cada columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0,05$).

Tabla 3. Influencia de las mallas sombra en la transpiración (E), conductancia estomática (gs) y asimilación de CO₂ (A) de hojas de pepino a los 29, 60 y 85 días después del trasplante
 Table 3. Influence of shade nets on transpiration (E), stomatal conductance (gs) and CO₂ assimilation (A) of cucumber leaves at 29, 60 and 85 days after transplanting

Mallas	E (mmol m ⁻² s ⁻¹)			gs (mol m ⁻² s ⁻¹)			A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)		
	29 ⁽¹⁾	60 ⁽¹⁾	85 ⁽¹⁾	29 ⁽¹⁾	60 ⁽¹⁾	85 ⁽¹⁾	29 ⁽¹⁾	60 ⁽¹⁾	85 ⁽¹⁾
Negra	2,6 ± 0,5 b	2,9 ± 0,1 b	2,5 ± 0,2 c	0,24 ± 0,1 b	0,27 ± 0,0 a	0,23 ± 0,0 b	10,9 ± 0,7 b	10,8 ± 0,6 b	10,3 ± 0,5 d
Aluminada	4,4 ± 0,4 a	3,1 ± 0,2 b	2,7 ± 0,1 bc	0,53 ± 0,1 ab	0,26 ± 0,0 a	0,26 ± 0,0 b	13,9 ± 0,4 a	12,2 ± 0,4 ab	12,2 ± 0,3 bc
Gris	3,6 ± 0,6 ab	3,0 ± 0,1 b	2,6 ± 0,1 c	0,34 ± 0,1 ab	0,25 ± 0,0 a	0,22 ± 0,0 b	11,6 ± 0,5 b	11,9 ± 0,5 ab	11,3 ± 0,4 cd
Perla	3,7 ± 0,2 ab	3,5 ± 0,3 ab	3,5 ± 0,3 a	0,41 ± 0,0 ab	0,33 ± 0,0 a	0,29 ± 0,0 ab	14,0 ± 0,8 a	13,4 ± 1,0 a	13,8 ± 0,4 ab
Azul	4,2 ± 0,6 ab	4,2 ± 0,5 a	3,4 ± 0,4 ab	0,54 ± 0,1 a	0,31 ± 0,0 a	0,35 ± 0,0 a	15,1 ± 1,2 a	13,0 ± 1,2 ab	14,2 ± 1,1 a
Roja	3,0 ± 0,6 ab	3,7 ± 0,2 a	3,1 ± 0,1 abc	0,42 ± 0,1 ab	0,28 ± 0,0 a	0,29 ± 0,0 ab	14,5 ± 0,8 a	13,3 ± 0,6 a	14,2 ± 0,3 a
Promedio	3,58	3,40	2,97	0,41	0,28	0,27	13,33	12,43	12,67

⁽¹⁾ Días después del trasplante.

Medias de 16 hojas ± error estándar con letras distintas dentro de cada columna son estadísticamente diferentes (Duncan, P ≤ 0,05).

ontogenia de las plantas de pepino bajo todas las mallas, lo cual concuerda con Medrano et al. (2005).

Asimismo, con las mallas: roja, perla, azul y aluminada, la conductancia estomática (gs) incrementó de 70,8 a 125% a los 29 ddt, de 3,7 a 22,2% a los 60 ddt y de 13 a 52,2% a los 85 ddt; e igualmente las tasas de asimilación de CO₂ (A), que también excedieron de 27,5 a 38,5% a los 29 ddt, 13 a 38,5% a los 60 ddt y de 18,4 a 37,9% a los 85 ddt, en comparación con los valores obtenidos en las mismas fechas con la malla negra. Resultados obtenidos por Janoudi et al. (1993) en hojas de pepino que mostraron tasas máximas de A a gs > 256 mmol m⁻² s⁻¹, mientras E seguía aumentando hasta llegar a gs de 380 mmol m⁻² s⁻¹, coinciden con los resultados obtenidos con las mallas roja, perla, azul y aluminada, promovidos por mayores transmisiones de luz, no sólo en cuanto a intensidad, sino también en calidad, referida principalmente a su componente de LA, con gran influencia en la apertura estomática (Hogewoning et al., 2010; Lawson et al., 2011), y de LR, cuya energía es más eficientemente absorbida por las clorofilas y transferida a los centros de reacción, extendiendo de ese modo, la captura de energía que actúa eficazmente en las reacciones fotoquímicas (Huot y Babin, 2011; Lawson et al., 2011); así como, por la participación de los fotorreceptores de LR (fitocromos A y B) y LA (criptocromo) en el desarrollo de los estomas (densidad adaxial y abaxial, diámetro polar y ecuatorial, etc.), en respuesta a la calidad de la luz (Martins et al., 2009; Kang et al., 2009; Silva Júnior et al., 2012). Mientras que las variables fotosintéticas exhibidas por las plantas bajo la malla gris, en las tres fechas, fueron estadísticamente iguales a las observadas en la malla negra (Tabla 3). Además, en estas dos mallas se presentaron gs < 256 mmol m⁻² s⁻¹ que aparentemente limitaron la disponibilidad de CO₂ y repercutieron en tasas fotosintéticas más bajas (Janoudi et al., 1993; Savvides et al., 2012).

Shahak et al. (2004) observaron respuestas semejantes en árboles de manzano 'Golden Delicious' cultivados con mallas negra, gris, perla, azul y roja. Ellos expusieron que a pesar de que las mallas redujeron la intensidad de RFA en aproximadamente 30%, la tasa de fotosíntesis y la conductancia estomática de hojas expuestas fueron mayores durante la mayor parte del día, comparadas con las mediciones obtenidas en las plantas testigo sin malla y, que la tasa de fotosíntesis más alta se obtuvo con la malla roja.

El crecimiento de las plantas de pepino fue significativamente influido por el ambiente creado por las mallas, tal como se puede notar en la Figura 2 y la Tabla 4. Las mallas roja y perla ocasionaron mayor alargamiento de los tallos, debido a que disminuyeron las proporciones de LR: LRL (0,83 y 0,79) y LA: LRL (0,37 y 0,35), es decir, transmitieron más luz roja lejana que roja o azul, condiciones que promueven dicho efecto fotomorfogénico (Kahlen y Stützel, 2011b). Mientras que los tallos menos largos se encontraron bajo la malla azul, aunque sólo al final del ciclo, ya que durante los primeros 50 ddt la altura de las plantas en esta malla sólo era menor a la registrada bajo las mallas roja y perla. Sin embargo, durante la segunda mitad del ciclo, la elongación del tallo fue significativamente menor (Figura 2A), lo que concuerda con el efecto que ha mostrado la luz azul en diversas especies de plantas (Shahak et al., 2004; Shahak et al., 2008). Lo anterior implica la participación de fitocromos y criptocromos, respectivamente. Los fitocromos median las respuestas vegetales a LR y LRL, y algunas respuestas a LA; mientras que los criptocromos están exclusivamente involucrados en respuestas a LA y UV-A. Dentro de ambos tipos de fotorreceptores, los fitocromos PhyA y PhyB (Kamiya y García-Martínez, 1999; García-Martínez y Gil, 2002) y el criptocromo Cry1 (Cummings et al., 2008) han demostrado tener una participación importante en

la regulación de los niveles de giberelinas biológicamente activas y por lo tanto en la elongación de los tallos de las plantas.

Aunque también la cantidad de RFA, por su importancia en el proceso fotosintético y la producción de biomasa, pudieron influir en la elongación del tallo de las plantas de pepino, ya que Kahlen y Stützel (2011a) generaron resultados que ponen de relieve la importancia de la señal RFA en la predicción de la longitud final del tallo, al aumentar los efectos de vecindad, lo que indica un posible rol de señalización de los fotosintatos para la elongación de los entrenudos.

Las variables diámetro de tallo (Figura 2B), número de hojas (Figura 2C), área foliar de hojas individuales (Figura 2D), verdor, peso seco de hojas y tallo (Tabla 4), se incrementaron debido a la interacción de mayores flujos de RT, RFA y LR transmitidos preponderantemente por la malla roja. En segundo término se ubicaron, por los efectos ocasionados en dichas variables, la mallas perla y aluminada, las cuales transmitieron los segundos mayores flujos de LR y LA, respectivamente. Dichos niveles de luz favorecieron la fotosíntesis que condujo a incrementar la producción de biomasa, reflejada, por ejemplo, en un tallo más grueso, que generalmente implica mayor área de floema y en consecuencia un transporte más eficiente, y mayor capacidad de reserva de asimilados para su uso posterior en el llenado de fruto (Ortiz et al., 2009). Aspectos que fueron potenciados por el enriquecimiento del ambiente con luz difusa, espectralmente modificada por parte de las mallas perla, aluminada, roja y azul, fotosintéticamente más eficiente que la luz directa por su mayor capacidad para penetrar el dosel vegetal (Oren-Shamir et al., 2001; Shahak et al., 2004; Shahak et al., 2008). Por su parte, la malla azul promovió altos valores de verdor foliar, los cuales suelen asociarse con incrementos en la transmisión de RFA y LA (Costa et al., 2010; Hogewoning et al., 2010;

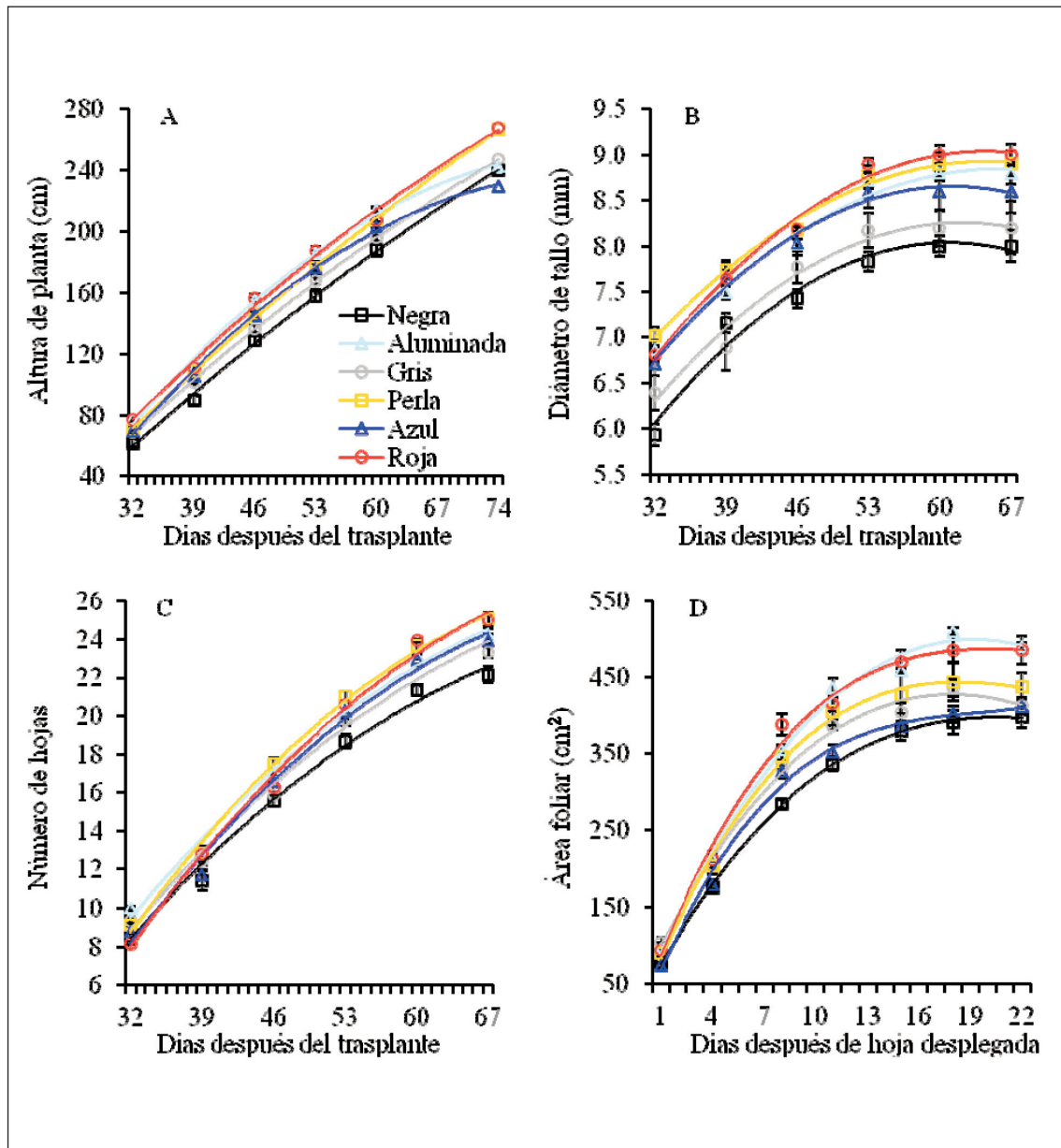


Figura 2. Influencia de mallas sombra: negra, aluminada, gris, perla, azul y roja, sobre la longitud (A) y diámetro (B) de tallo, el número (C) y área foliar de hojas individuales (D) de plantas de pepino.
 Figure 2. Influence of shade nets: black, aluminized, gray, Pearl, blue and red, on stem length (A), stem diameter (B), leaves number (C) and leaf area of individual leaves (D) of cucumber plants.

Tabla 4. Efecto de las mallas sombra sobre características del crecimiento de las plantas de pepino
 Table 4. Effect of shade nets on growth characteristics of cucumber plants

Mallas	Verdor foliar (unidades SPAD)	Peso seco de hojas (g por planta)	Peso seco de tallo (g por planta)
Negra	41,6 ± 1,1 c	52,5 ± 2,2 b	14,7 ± 0,9 c
Aluminada	47,6 ± 2,5 ab	59,3 ± 3,0 ab	17,6 ± 0,7 b
Gris	44,2 ± 1,7 bc	54,8 ± 2,7 b	16,7 ± 0,3 bc
Perla	49,1 ± 0,9 ab	64,0 ± 3,4 a	18,2 ± 0,8 ab
Azul	49,7 ± 2,0 ab	53,3 ± 2,5 b	17,4 ± 0,6 b
Roja	51,1 ± 1,6 a	57,5 ± 4,0 ab	20,1 ± 1,1 a

Medias de 16 plantas ± error estándar con letras distintas dentro de cada columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0,05$).

Souza *et al.*, 2011), aspectos en los cuales destacó. Mientras que las plantas con menor crecimiento, en cada una de las variables estudiadas, fueron aquellas cultivadas con las mallas negra y gris (Figura 2 y Tabla 4).

Los ambientes creados por las mallas y la influencia de éstos en la fisiología de las plantas, afectaron también el crecimiento (Figura 3) y peso promedio de los frutos (Tabla 5). Con las mallas sombra aluminada, perla, azul y roja se aumentó entre 6,9 y 8,7% el peso promedio de los frutos de pepino, debido al efecto positivo en el aumento de biomasa (frutos y partes vegetativas) de la planta al incrementar la radiación solar disponible y la eficiencia fotosintética, promoviendo el aumento en la tasa de crecimiento de los frutos individuales y un período de crecimiento más corto desde la antesis hasta la cosecha. Lo cual, junto con un aumento en el número de frutos por planta, generalmente tiene como resultado una mayor producción (Milenković *et al.*, 2012). Marcelis *et al.* (2004) encontraron que al tener las plantas una mayor área foliar, se cuenta con una mayor fuente de fotoasimilados responsables del crecimiento de los frutos y/o de abastecer un mayor número de frutos, al dis-

minuir el porcentaje de abortos de manera significativa en plantas de pimienta.

En resumen, las mallas de color incrementaron el rendimiento de pepino, el cual fue significativamente mayor con las mallas perla (71,1%), roja (48,1%), aluminada (46,1%) y azul (46,1%), comparados con el rendimiento obtenido con la malla negra (5,2 kg m⁻²), el cual fue menor en 17,3% con respecto al conseguido con la malla gris (Tabla 5), aunque entre ellos no hubo diferencias estadísticas.

Estos resultados concuerdan con los observados por Shahak *et al.* (2008), quienes utilizaron mallas raschel roja, amarilla y perla con 30 a 40% de sombra y obtuvieron rendimientos de pimienta morrón de 115 a 135% más altos que los obtenidos con la malla negra del mismo nivel de sombra. Igualmente coinciden con los de Fallik *et al.* (2009), quienes encontraron que el pimienta morrón cultivado en una región árida con mallas sombra de color rojo y amarillo, tuvo rendimientos de fruta con calidad de exportación significativamente mayores en comparación con el obtenido con malla negra del mismo nivel de sombreado.

De la misma manera concuerdan con los resultados logrados por Ayala-Tafoya *et al.*

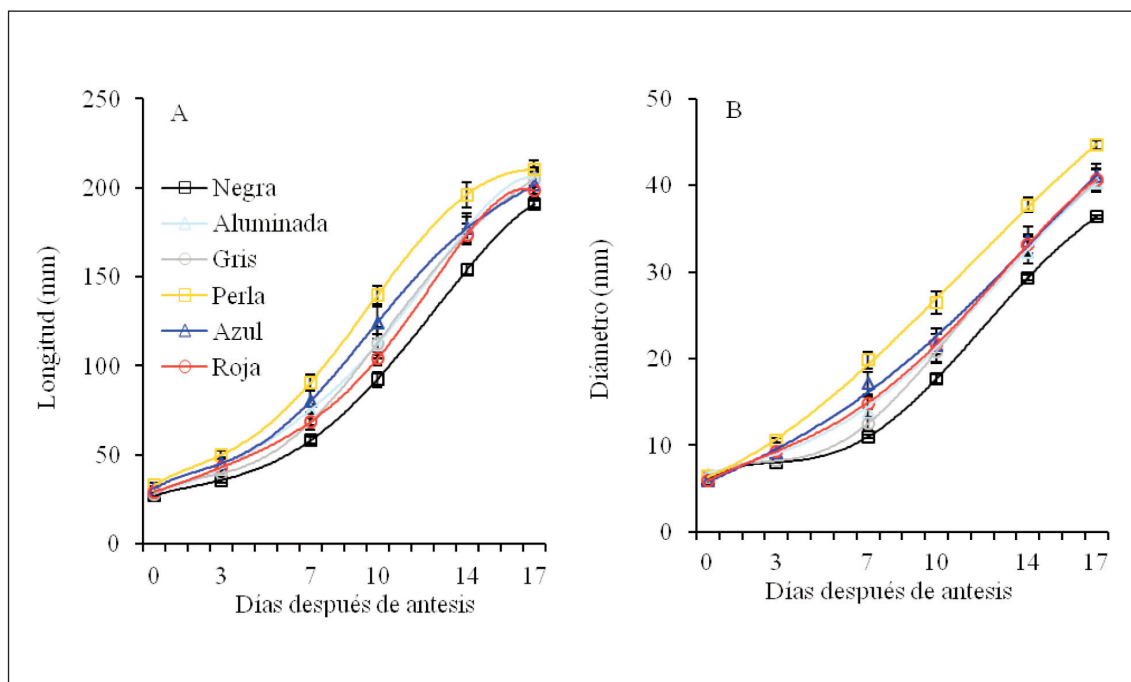


Figura 3. Influencia de mallas sombra: negra, aluminada, gris, perla, azul y roja, sobre el crecimiento en longitud (A) y diámetro (B) de frutos de pepino.

Figure 3. Influence of shade nets: black, aluminumized, gray, Pearl, blue and red, on the growth in length (A) and diameter (B) of cucumber fruits.

Tabla 5. Efecto de las mallas sombra en el rendimiento de pepino
Table 5. Effect of shade nets on the yield of cucumber

Mallas	Rendimiento (kg m ⁻²)	Peso de fruto (g)
Negra	5,2 ± 0,5 b	279,0 ± 5,7 b
Aluminada	7,6 ± 0,2 a	303,2 ± 5,5 a
Gris	6,1 ± 0,5 b	291,8 ± 2,6 ab
Perla	8,9 ± 0,8 a	300,9 ± 4,1 a
Azul	7,6 ± 0,4 a	298,9 ± 7,2 a
Roja	7,7 ± 0,4 a	298,3 ± 2,8 a

Medias de cuatro repeticiones ± error estándar con letras distintas dentro de cada columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $p \leq 0.05$).

(2011) en tomate cultivado con mallas negras, grises, aluminadas, azules, rojas y perladas, cada una con 50 y 30% de sombra, en invernadero. Ellos informaron que con la malla perla de 30% de sombra se cosecharon los mayores rendimientos, total y con calidad para exportación. Mientras que los menores rendimientos se presentaron con las mallas negra y aluminada con 50% sombra.

Las mallas sombra coloreadas pueden utilizarse para cambiar las proporciones de LR: LRL que son detectadas por los fitocromos, las cantidades de radiación disponibles para activar los fotorreceptores de LA y UV-A (criptocromos), o LA implicada en las respuestas fototrópicas mediadas por fototropinas y, radiación de otras longitudes de onda que puede influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Stamps, 2009; Bastías y Corelli-Grappadelli, 2012). Pero también porque la luz difusa ha demostrado que aumenta la eficiencia en el uso de la radiación, mejora el rendimiento, e incluso puede ser un factor que afecta a la floración (sincronización y cantidades) de la planta (Gu et al., 2002; Hemming et al., 2008). Con las mallas sombra que aumentan la dispersión de luz, pero no afectan el espectro de luz, se ha demostrado que aumenta la ramificación, la compacidad de la planta, y el número de flores por planta (Nissim-Levi et al., 2008). Las mallas de sombreo coloreadas pueden aumentar la dispersión de luz en un 50% o más (Oren-Shamir et al., 2001; Shahak et al., 2004, 2008) y sólo esto puede influir en el desarrollo y el crecimiento vegetal.

Conclusiones

Las mallas de color rojo, azul y perla transmitieron los mayores flujos de radiación total, fotosintética y morfogenéticamente activas, así como de la banda infrarroja. Mientras que las mallas aluminada, gris y negra no afectaron espectralmente la radiación solar,

sino solamente la cantidad, siendo la malla negra la que transmitió los menores flujos en cada una de las bandas de longitud de onda estudiadas.

Lo anterior, junto con los incrementos observados en la humedad relativa máxima y la temperatura de las hojas superiores, promovidas por las mallas coloreadas, mejoró las propiedades fotosintéticas y el crecimiento de las plantas de pepino. Por lo que, de acuerdo con los resultados de este trabajo, las mallas perla, roja, azul y aluminada, representan una opción para incrementar el rendimiento de pepino en condiciones de casa sombra.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) por la beca otorgada durante los estudios de doctorado del primer autor. Al Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación de la Dirección General de Investigación y Posgrado, UAS (clave PRO-FAPI 2011/020) por financiar la investigación. Al Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes y al Instituto de Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, por colaborar con equipo e instrucción.

Bibliografía

- Ayala-Tafoya F, Zatarain-López DM, Valenzuela-López M, Partida-Ruvalcaba L, Velázquez-Alcázar T de J, Díaz-Valdés T, Osuna-Sánchez JA (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana* 29: 403-410.
- Bastías RM, Corelli-Grappadelli L (2012). Light quality management in fruit orchards: physiological and technological aspects. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72: 574-581.

- Bastida TA, Ramírez AJA (2008). Los Invernaderos en México. UACH. México. 233 p.
- Costa LCB, Pinto JEBP, Castro EM, Alves E, Bertolucci SKV, Rosal LF (2010). Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. *Bragantia*, Campinas 69: 349-359.
- Cummings IG, Foo E, Weller JL, Reid JB, Koutoulis A (2008). Blue and red photosensitive shade cloths modify pea height through altered blue irradiance perceived by cry1 photoreceptor. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 83: 663-667.
- Devlin PF, Christie JM, Terry MJ (2007). Many hands make light work. *Journal of Experimental Botany* 58: 3071-3077.
- Fallik E, Alkalai-Tuvia S, Parselan Y, Aharon Z, Elmann A, Offir Y, Matan E, Yehezkel H, Ratner K, Zur N, Shahak Y (2009). Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing? *Acta Horticulturae* 830: 37-44.
- FAO (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/S> (24/02/2014).
- Ganelevin R (2008). World-wide commercial applications of colored shade nets technology (Chromatinet®). *Acta Horticulturae* 770: 199-203.
- García-Martínez JL, and Gil J (2002). Light regulation of gibberellin biosynthesis and mode of action. *Journal of Plant Growth Regulation* 20: 354-368.
- Gruda N (2005). Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24: 227-247.
- Gu LH, Baldocchi D, Verma SB, Black TA, Vesala T, Falge EM, Dowty PR (2002). Advantages of diffuse radiation for terrestrial ecosystem productivity. *Journal of Geophysical Research* 107: ACL 2, 1-23.
- Hemming S, Van der Braak N, Dueck T, Elings A, Marissen N (2006). Filtering natural light at the greenhouse covering - Better greenhouse climate and higher production by filtering out NIR? *Acta Horticulturae* 711: 411-416.
- Hemming S, Dueck T, Janse J, van Noort F (2008). The effect of diffuse light on crops. *Acta Horticulturae* 801: 1293-1300.
- Hogewoning SW, Trouwborst G, Maljaars H, Poorter H, Ieperen W, Harbinson J (2010). Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany* 61: 3107-3117.
- Huot Y, Babin M (2011). Overview of fluorescence protocols: theory, basic concepts, and practice. En: *Chlorophyll a fluorescence in aquatic sciences. Methods and applications*. (Eds. Suggett DJ, Prášil O, Borowitzka MA). Springer Science Business Media B.V. Pp. 31-74.
- Janoudi AK, Widders IE, Flore JA (1993). Water deficits and environmental factors affect photosynthesis in leaves of cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118: 366-370.
- Kahlen K, Stützel H (2011a). Modelling photo-modulated internode elongation in growing glasshouse cucumber canopies. *New Phytologist* 190: 697-708.
- Kahlen K, Stützel H (2011b). Simplification of a light-based model for estimating final internode length in greenhouse cucumber canopies. *Annals of Botany* 108: 1055-1063.
- Kamiya Y, García-Martínez JL (1999). Regulation of gibberellin biosynthesis by light. *Current Opinion in Plant Biology* 2: 398-403.
- Kang Y, Lian HL, Wang FF, Huang JR, Yang HQ (2009). Cryptochromes, phytochromes, and COP1 regulate light-controlled stomatal development in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 21: 2624-2641.
- Lawson T, Caemmerer S, Baroli I (2011). Photosynthesis and stomatal behaviour. En: *Progress in Botany* 72. (Eds. Lüttge UE, Beyschlag W, Büdel B, Francis D). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 265-304.
- Lorenzo P (2012). El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)* 3: 23-44.
- Marcelis LFM, Heuvelink E, Baan Hofman-Eijer LR, Den Bakker J, Xue LB (2004). Flower and fruit

- abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261-2268.
- Martins JR, Alvarenga AA, Castro EM, Silva APO, Oliveira C, Alves E (2009). Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. *Ciência Rural* 39: 82-87.
- Medrano E, Lorenzo P, Sánchez-Guerrero MC, Montero JI (2005). Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. *Scientia Horticulturae* 105: 163-175.
- Milenković L, Ilić ZS, Đurovka M, Kapoulas N, Mirecki N, Fallik E (2012). Yield and pepper quality as affected by light intensity using colour shade nets. *Agriculture & Forestry* 58: 19-33.
- Nissim-Levi A, Farkash L, Hamburger D, Ovadia R, Forrer I, Kagan S, Oren-Shamir M (2008). Light-scattering shade net increases branching and flowering in ornamental pot plants. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 83:9-14.
- Oren-Shamir M, Gussakovsky EE, Spiegel E, Nissim-Levi A, Ratner K, Ovadia R, Giller YE, Shahak Y (2001). Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 76: 353-361.
- Ortiz CJ, Sánchez CF, Mendoza CMC, Torres GA (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista Fitosociedad Mexicana* 32: 289-294.
- Ramírez MG, Rico GE, Mercado LA, Ocampo VR, Guevara GRG, Soto ZGM, Godoy HH (2012). Efecto del manejo cultural y sombreado sobre la productividad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Ciencia@UAQ* 5: 1-9.
- Savvides A, Fanourakis D, Ieperen W (2012). Co-ordination of hydraulic and stomatal conductances across light qualities in cucumber leaves. *Journal of Experimental Botany* 63: 1135-1143.
- Shahak Y, Gussakovsky EE, Gal E, Ganelevin R (2004). ColorNets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Horticulturae* 659: 143-151.
- Shahak Y, Gal E, Offir Y, Ben-Yakir D (2008). Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. *Acta Horticulturae* 797: 75-80.
- SIAP (2014). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/> (24/02/2014).
- Silva Júnior JM, Castro EM, Rodrigues M, Pasqual M, Bertolucci SKV (2012). Variações anatômicas de *Laelia purpurata* var. *cárnea* cultivada in vitro sob diferentes intensidades e qualidade spectral de luz. *Ciência Rural*, Santa Maria 42: 480-486.
- Souza GS, Castro EM, Soares ÂM, Santos AR, Alves E (2011). Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultze Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina 32: 1843-1854.
- Stamps RH (2009). Use of colored shade netting in horticulture. *HortScience* 44: 239-241.
- Vasco MR (2003). El cultivo de pepino bajo invernadero. En: *Técnicas de producción en cultivos protegidos* (Tomo 2). (Coord. Camacho FA). Cajamar. España, pp. 691-722.
- Yang X, Wang X, Wang L, Wei M (2012). Control of light environment: A key technique for high-yield and high-quality vegetable production in protected farmland. *Agricultural Sciences* 3: 923-928.

(Aceptado para publicación el 4 de junio de 2014)