

RAMOS-LÓPEZ, BI; MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, GA; MORALES, I; ESCAMIROSA-TINOCO, C; PÉREZ-HERRERA, A. 2017. Consumo de agua y rendimiento de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos. *Horticultura Brasileira* 35: 265-270. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170218>

## Consumo de agua y rendimiento de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos

Bernabé I Ramos-López; Gabino A Martínez-Gutiérrez; Isidro Morales; Cirenio Escamirosa-Tinoco; Aleyda Pérez-Herrera

Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR), Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México; [gamartinezg@ipn.mx](mailto:gamartinezg@ipn.mx) (autor para correspondencia)

### RESUMEN

En México, el cultivo de tomate de cáscara o tomate verde (*Physalis ixocarpa*) se realiza en campo, en pequeñas superficies, con poca tecnificación y bajos rendimientos. Para conocer el comportamiento y aumentar su rendimiento, se evaluó el cultivo de tomate de cáscara cultivar Rendidora bajo tres estructuras de protección, con diferentes materiales de cubierta y su influencia sobre la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la temperatura y humedad relativa del aire, el potencial mátrico del suelo, consumo de agua y rendimiento. Los materiales de cubierta fueron polietileno transparente, polietileno blanco y malla blanca tipo antiáfidos. Cada material de cubierta fue un tratamiento y el testigo sin cubierta. La densidad de siembra fue de 1,5 plantas/m<sup>2</sup> establecidas en suelo, bajo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 20 plantas por unidad experimental en cada ambiente. La cubierta de polietileno transparente aumentó la temperatura del ambiente, el potencial mátrico del suelo y disminuyó la humedad relativa, también aumentó el consumo de agua (84 L/planta/ciclo) y su eficiencia (26 L/kg fruto) así como el rendimiento (3,23 kg/planta). Se concluye que la cubierta de polietileno transparente aumentó en 114% la eficiencia en el uso del agua y en 158% el rendimiento de tomate de cáscara cultivar Rendidora.

**Palabras clave:** *Physalis ixocarpa*, tomatillo, agricultura protegida, radiación solar, potencial mátrico, eficiencia en el uso del agua.

### ABSTRACT

#### Water consumption and yield of tomatillo under different greenhouse covers

In Mexico, tomatillo (*Physalis ixocarpa*) is cultivated in the field, in small areas with low technology and low yields. To understand the behavior of tomatillo and increase its yield, the *P. ixocarpa* cv. Rendidora crop was evaluated. The evaluation was done in greenhouse under three protective structures covered with different materials and their influence on the photosynthetically active radiation (PAR), the temperature and relative humidity, the soil matric potential, the water consumption and yield. The greenhouse covering materials were transparent polyethylene, diffuse white polyethylene and white mesh anti-aphids. Each cover material was considered a treatment and also the control without cover. The crop density was 1.5 plants/m<sup>2</sup> established in soil, under a complete randomized block design with four replications and 20 plants per experimental unit in each environment. The transparent polyethylene cover increased the temperature of the environment as well as the soil matric potential and decreased the relative humidity. It also increased water consumption (84 L/plant/cycle), efficiency (26 L/kg fruit), and yield (3.23 kg/plant). We concluded that the cover transparent polyethylene increased by 114% the efficiency in water use and, by 158% the fruit yield of *P. ixocarpa* cv. Rendidora.

**Keywords:** *Physalis ixocarpa*, husk tomato, protected agriculture, water efficiency, solar radiation, matric potential.

(Recibido para publicação em 29 de março de 2016; aceito em 8 de novembro de 2016)  
(Received on March 29, 2016; accepted on November 8, 2016)

El tomate verde o de cáscara (*Physalis ixocarpa*) es una hortaliza nativa de Mesoamérica con alta demanda de su fruto, el cual se ha utilizado desde la época prehispánica en la medicina tradicional y gastronomía mexicana (Santiaguillo *et al.*, 2010), para la elaboración de salsas, aderezos, tamales y disminución del picor del chile en una gran variedad de platillos mexicanos. Además, por sus propiedades

nutracéuticas, antibacterianas y anticancerígenas (Vargas *et al.*, 2015) empieza a tener fuerte demanda en Estados Unidos y Canadá, razones que lo ubican como la quinta hortaliza de mayor importancia en México, con una superficie cultivada de 44.000 ha y un rendimiento promedio de 20 t/ha bajo riego y 14 t/ha en temporal (SIAP, 2014); ambos rendimientos se consideran bajos y se debe al desconocimiento, para esta

especie, de nuevas tecnologías como el uso de invernaderos, la fertirrigación y el manejo eficiente del riego por goteo (López-López *et al.*, 2008). A nivel experimental, Soldevilla *et al.* (2002), con acolchando e inyección al suelo de CO<sub>2</sub> obtuvieron rendimientos de 83 t/ha.

Los cultivos en invernadero ofrecen al agricultor la ventaja de controlar el suministro y consumo de agua, fertilizantes y pesticidas aplicados

a la planta de acuerdo con su estado fenológico, además de limitar el ingreso de insectos plaga y modificar los factores ambientales como temperatura, humedad, disponibilidad de CO<sub>2</sub>, ventilación y luminosidad (Boulard *et al.*, 2004; Teitel *et al.*, 2010). A pesar de estas ventajas que presentan los invernaderos, Martínez-Gutiérrez *et al.* (2014) mencionan que la horticultura protegida en México se ha desarrollado imitando “modelos” de invernaderos, estructuras y tipos de cubiertas de otros países. Por lo que se hace necesario generar información sobre los materiales de cubierta para estructuras de protección de acuerdo a cada región geográfica de la República Mexicana y según la especie vegetal a cultivar.

En el interior de los invernaderos y bajo cualquier cubierta que se coloque cerca de las plantas, los elementos climáticos: radiación solar, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, se modifican, alterando el metabolismo y consumo de agua de las plantas, lo cual repercute en el rendimiento y calidad del fruto (Tanny, 2012). En invernaderos con cubierta de plástico sombreado y clima mediterráneo, se mejoró la calidad del tomate rojo (*Solanum lycopersicum*) y se aumentó el rendimiento de pepino (*Cucumis sativus*) (Sánchez-Guerrero *et al.*, 2010). Utilizando cubiertas de malla blanca y polietileno blanco se incrementó la temperatura del aire, la humedad relativa y la evapotranspiración de la planta de pepino (*C. sativus*), alcanzando mayor crecimiento, rendimiento y eficiencia en el uso del agua (Hashem *et al.*, 2011).

De las especies hortícolas más cultivadas en el mundo bajo condiciones de invernaderos y que poseen alta rentabilidad se encuentran *Solanum lycopersicum*, *Cucumis melo*, *Citrullus vulgaris*, *Capsicum annum* y *Cucumis sativus* (Sánchez *et al.*, 2006); no siendo así para México, donde existe un potencial por conocer y aprovechar en el cultivo intensivo bajo condiciones semi-controladas de invernaderos en especies nativas como es el caso de tomate de cáscara.

La necesidad mundial para el uso eficiente del agua de riego, obliga a conocer las necesidades hídricas de

los cultivos, las cuales dependen de las condiciones ambientales, el tipo y estado de desarrollo de la planta, así como de la humedad del suelo. En la práctica las mediciones diarias del potencial mátrico del suelo (PMS), es el procedimiento más accesible para determinar las pérdidas de humedad; así como la evapotranspiración del cultivo (López-López *et al.*, 2008) y la interacción del medio edáfico con el ambiente.

El objetivo de este trabajo fue comparar la influencia de materiales de cubierta en invernaderos, sobre la variación micro-climática, el consumo de agua y el rendimiento de tomate de cáscara, cultivado en suelo y manejo intensivo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Condiciones de cultivo e infraestructura

El estudio se llevó a cabo de octubre del 2013 a febrero del 2014 en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN-OAXACA), ubicado en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca (17°1'31"N, 96°43'11"O, 1530 m altitud). Se utilizaron tres invernaderos, cada uno, con dimensiones de 10x20x3,50 m de ancho, largo y alto (al cenit), respectivamente, dos fueron del tipo unimodular y el tercero un bioespacio o monocapilla simple (Castilla, 2007). La cubierta del primer invernadero fue de polietileno transparente, la del segundo; de polietileno blanco, ambos de 200 µm de espesor y el bioespacio, con malla blanca tipo antiáfidos de 40x25 mesh (Agritech Plásticos y Riegos® S.A. de C.V.). Cada material de cubierta fue un tratamiento y como testigo, una parcela de igual tamaño, sin cubierta.

### Propiedades del suelo, agua y germinación de las semillas

Las propiedades físicas del suelo se obtuvieron de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000) y los resultados fueron: textura arenosa con 91% arena, 2,7% limo y 6,3% arcilla, densidad aparente de 1,55 g/cm<sup>3</sup>, capacidad de

campo y punto de marchitez de 8,5 y 3,5% respectivamente, infiltración básica de 6,3 cm/h, pH 7,6, materia orgánica 1,6%, CE del extracto de saturación de 1,2 dS/m y 92, 142, 4318, 350 y 253 mg/kg de P, K, Ca, Mg y SO<sub>4</sub> extractables respectivamente y 4 mg/kg de N-NO<sub>3</sub>.

El agua de riego tenía 0,34, 0,6, 0,3, 3,1, 1,12, 0,34 y 5,18 mmol/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> respectivamente, pH 7,76 y CE de 0,64 dS/m. Se utilizaron semillas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) cultivar Rendidora, germinadas en charolas de poliestireno de 200 cavidades con la mezcla de 4:1 v/v de turba *Sphagnum*/ agrolita®, la aplicación del riego en semillero se hizo a diario incorporando en el agua 75, 20 y 75 mg/L de N, P y K, respectivamente.

### Establecimiento del cultivo y diseño experimental

Las plántulas fueron trasplantadas en el suelo de cada invernadero y campo, a los 25 días después de su emergencia, bajo un diseño de bloques completos al azar (Montgomery, 2006) con cuatro repeticiones y 20 plantas por unidad experimental. La densidad de cultivo fue de 1,5 plantas/m<sup>2</sup>. La fertirrigación fue por goteo, con goteros a 20 cm de separación, gasto unitario de 1 L/h y presión de operación de 0,8 kg/cm<sup>2</sup>.

La solución nutritiva aplicada fue la indicada por Ojodeagua *et al.* (2008) para suelo y *S. lycopersicum*, conteniendo: 11,0, 0,8, 2,5, 4,5, 7,0 y 2,0 mmol/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> y Mg<sup>2+</sup> respectivamente, con una CE de 2,0 dS/m. A esta solución, se le restaron los iones determinados en el agua de riego y se preparó a partir de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4H<sub>2</sub>O, KNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O y KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> mas micronutrientes (complejo quelato de microelementos, Fe-EDTA y H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), el pH se mantuvo entre 5,5-6,8 con HNO<sub>3</sub>.

### Radiación fotosintéticamente activa, temperatura y humedad relativa (HR)

En el interior de los invernaderos y a pleno sol, cada quince días y durante un día soleado, se registró cada hora la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en µmol/m<sup>2</sup>/s. Las lecturas se

realizaron a partir de las 8:00 hasta las 18:00 h, con un sensor cuántico LI-191SA® (LI-COR, Lincoln, NE, USA) de 127 cm<sup>2</sup> de área sensible en la banda de 400 a 700 nm de longitud de onda de la luz visible, conectado a un Data Logger LI-1400® (LI-COR, Lincoln, NE, USA). La RFA expresada  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  fue transformada a  $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$  de acuerdo a lo indicado por Korczynski *et al.* (2002) y Faust (2002) y se debe a que el crecimiento de la planta está determinado por la radiación fotosintéticamente activa integrada (RFAI).

La temperatura y humedad relativa al interior y exterior de los invernaderos se obtuvieron durante todo el ciclo del cultivo, con sensores HOBOS PRO V2 (ONSET, Massachusetts USA) programados a intervalos de 5 minutos. Se colocaron dos sensores por invernadero a 1,20 m del nivel del suelo. Los datos obtenidos, fueron almacenados en un data logger modelo LI-1000 de la marca LI-COR y presentados como promedios mensuales.

#### Potencial mátrico del suelo (PMS) y consumo de agua

El PMS y volumen de riego se obtuvo de acuerdo a Villalobos *et al.* (2004), utilizando tensiómetros Irrrometer ISR-300 (Irrrometer Company, Riverside California – USA). Las lecturas de los tensiómetros se registraron diariamente entre las 8 y 18 horas. La eficiencia en el uso del agua (EUA) se calculó según la ecuación (Hashem *et al.*, 2011); donde  $Vt$  es el volumen total de agua en litros planta/ciclo y  $R$  es el rendimiento en kilogramos de frutos planta/ciclo.

#### Cosechas

Se obtuvo el diámetro ecuatorial y longitudinal del fruto (cm), número de frutos por planta, peso promedio de los frutos (g) y rendimiento total (kg/planta). Los frutos se pesaron y clasificaron por tratamiento y cosecha, de acuerdo a la norma oficial mexicana (NMX-FF-54-1982). La cosecha se realizó de manera semanal y se hizo durante siete semanas.

#### Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante un modelo de efectos fijos (tres invernaderos con

diferentes cubiertas y campo) y la comparación de medias con la prueba de Tukey  $P \leq 0.05$  (Montgomery, 2006). Se utilizó el paquete estadístico SAS software version 9.0 (SAS Institute, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

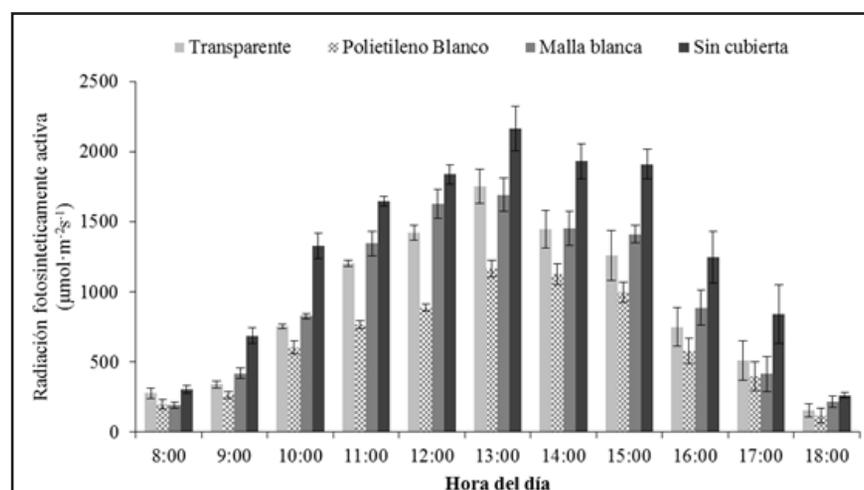
### Radiación fotosintéticamente activa, temperatura y humedad relativa

La radiación fotosintéticamente activa fue mayor y de manera constante en campo abierto y de las cubiertas evaluadas, el polietileno blanco difuso obtuvo los menores valores de RFA. Durante el periodo diurno, desde las 8:00 hasta las 18:00 h, el mayor flujo de RFA (Figura 1), se presentó entre las 12:45 y 15:15 h, con un máximo de 2166  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  en el tratamiento sin cubierta, y flujos máximos de 1752 y 1694  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  transmitidos bajo las cubiertas de polietileno transparente y malla blanca. Resultados cercanos a los 1705  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  fueron encontrados por García *et al.* (2015) en invernaderos con cubierta de plástico convencional y cultivo de *Solanum lycopersicum*.

Las plantas de tomate de cáscara cultivadas a pleno sol, recibieron significativamente más RFAI (51,02  $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$ ), que las cultivadas bajo los

plásticos transparente, blanco y malla blanca, los cuales transmitieron en promedio 35,58, 25,62 y 38,19  $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$  respectivamente. Ayala-Tafoya *et al.* (2015) reportaron una media de RFAI de entre 13 y 15  $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$  en mallas de diversos colores y 26,37  $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$  a cielo abierto en un cultivo de pimiento en Culiacán, Sinaloa, México.

Durante los cinco meses de cultivo de tomate de cáscara la temperatura en las tres cubiertas y a campo abierto, estuvo entre los 16 y 22°C, siendo la temperatura del aire bajo la cubierta de polietileno transparente (Tabla 1), la que presentó menor variación y fue superior en 2,0°C a la temperatura de los ambientes sin cubierta y con malla blanca. Al respecto, Baxevanou *et al.* (2007), mencionan que el incremento de la temperatura en invernaderos depende de la radiación global recibida y tipo de material de cubierta utilizado. También Hashem *et al.* (2011), indican que el mayor incremento de la temperatura ocurre bajo cubiertas plásticas, que a su vez este aumento puede repercutir en la tasa de crecimiento vegetal. La mayor humedad relativa (76,08%) se obtuvo bajo la cubierta de malla blanca para el mes de octubre, en contraste, la menor humedad relativa se presentó bajo la cubierta de polietileno transparente (54,09%). Posterior a diciembre la humedad relativa en todos los ambientes



**Figura 1.** Radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida por las plantas de tomate de cáscara cultivadas bajo tres materiales de cubierta y a campo abierto (sin cubierta). Promedios de diez mediciones  $\pm$  error estándar {photosynthetically active radiation (PAR) received by plants of husk tomato grown under three cover materials and open field (uncovered). Averages ten measurements  $\pm$  standard error}. Oaxaca, CIIDIR-IPN, 2014.

decreció paulatinamente hasta alcanzar un valor promedio general de 55%. Es necesario conocer el comportamiento de la temperatura y humedad relativa en el interior de los invernaderos debido a que en la agricultura protegida estas dos variables, intervienen en los procesos de transpiración y consecuentemente mayor o menor consumo de agua, viabilidad del polen y fecundación del ovario, crecimiento de los tejidos y desarrollo de enfermedades (Lorenzo, 2012). Boulard *et al.* (2004) y Teitel *et al.*

(2010) reportaron que el uso de mallas como cubiertas para invernaderos, favorecen gradientes más altos de humedad relativa. Sin embargo, Hashem *et al.* (2011) registraron incrementos promedio entre el 4 y 8% de la humedad relativa con cubiertas de polietileno.

**Potencial mátrico del suelo y consumo de agua**

El volumen total de agua aplicado al cultivo de tomate de cáscara, mostró diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre materiales de cubiertas de los

invernaderos. La humedad del suelo en el invernadero con cubierta de polietileno transparente alcanzó los máximos valores negativos del potencial mátrico, en promedio -24 kPa; mientras que para el suelo bajo las cubiertas de polietileno blanco, malla blanca y a pleno sol (sin cubierta), el promedio fue de -20 kPa (Figura 2). El mayor volumen de agua aplicado al suelo (84 L) fue bajo la cubierta de polietileno transparente (Tabla 2) 20% más respecto al menor volumen aplicado al suelo bajo la cubierta de polietileno blanco, mientras que el suelo bajo la cubierta de malla blanca y sin cubierta, requirió un volumen intermedio de agua. Wang *et al.* (2006) y Zhang *et al.* (2011) indican que la demanda de agua de un cultivo se encuentra en estrecha relación con la temperatura del ambiente, debido a que incrementa la evapotranspiración de las plantas (Hashem *et al.*, 2011), siendo confiablemente estimado el suministro de agua a un cultivo mediante el potencial mátrico del suelo (López-López *et al.*, 2008).

Las plantas cultivadas en el invernadero con cubierta de polietileno transparente consumieron nueve litros más de agua, en comparación con las plantas cultivadas en los otros ambientes y el control sin cubierta. También, en la cubierta transparente se obtuvo la máxima eficiencia en el uso del agua (26 L/kg fruto) con diferencia estadística significativa respecto a los demás ambientes, representando 114% mayor de eficiencia en el uso del agua con respecto a las plantas bajo la

**Tabla 1.** Promedios mensuales de temperatura e humedad relativa en el interior de los invernaderos y a campo abierto, durante el ciclo del cultivo de tomate de cáscara (monthly averages of temperature and relative humidity inside greenhouses and in the open field, during the crop cycle of husk tomato). Oaxaca, CIIDIR-IPN, 2014.

Mes	P. Transparente	P. Blanco	Malla blanca	Sin cubierta
	Temperatura (°C)			
Octubre	22,17 ± 1,77*	21,44 ± 0,83	21,37 ± 2,13	20,25 ± 0,81
Noviembre	20,26 ± 2,06	20,16 ± 2,18	19,01 ± 1,99	19,33 ± 1,97
Diciembre	18,96 ± 1,42	18,72 ± 1,43	17,92 ± 1,29	18,43 ± 1,33
Enero	18,01 ± 2,11	17,64 ± 2,19	16,72 ± 2,27	16,86 ± 2,04
Febrero	20,77 ± 1,45	20,44 ± 1,48	19,40 ± 1,26	19,35 ± 1,13
Promedio	20,03 ± 1,72	19,68 ± 1,62	18,88 ± 1,78	18,85 ± 1,45
Humedad relativa (%)				
Octubre	66,05 ± 6,45	71,03 ± 6,87	76,08 ± 6,94	72,93 ± 7,28
Noviembre	68,66 ± 3,57	67,78 ± 3,13	70,57 ± 4,04	68,93 ± 3,54
Diciembre	66,19 ± 2,71	66,80 ± 2,59	67,25 ± 2,85	65,36 ± 2,77
Enero	56,23 ± 4,95	56,41 ± 4,90	56,53 ± 5,92	54,49 ± 5,69
Febrero	54,09 ± 4,06	55,75 ± 4,07	56,52 ± 5,22	54,92 ± 4,76
Promedio	62,44 ± 4,34	63,55 ± 4,31	65,39 ± 4,99	63,33 ± 4,80

\*±; error estándar (±; standard error).

**Tabla 2.** Volumen total de agua y eficiencia en su uso, durante el ciclo de cultivo de tomate de cáscara bajo diferentes materiales de cubiertas del invernadero y sin cubierta, así como algunos parámetros de rendimiento (total volume of water and use efficiency during the growing season of husk tomato under different cover materials of greenhouse and without cover as some yield parameters). Oaxaca, CIIDIR-IPN, 2014.

Cubierta	Consumo de agua		Parámetros productivos				
	VT (L/planta/ciclo)	EUA (L/kg fruto)	Diámetro de fruto(cm)		Frutos/planta	Peso/fruto (g)	Rendimiento (kg/planta)
			(E)	(L)			
P. Transparente	84,00 a <sup>1</sup>	26,00 a	4,01 a	3,13 a	116,0 a	27,96 a	3,23 a
P. Blanco	69,80 d	55,84 b	3,71 b	2,82 b	54,0 b	23,38 b	1,25 b
Malla blanca	78,50 b	45,37b	3,64 b	2,87 b	74,0 b	23,41 b	1,73 b
Sin cubierta	75,70 c	54,46 b	3,82 b	2,94 b	58,0 b	23,97 b	1,39 b

Volumen total de agua suministrada (VT); eficiencia en el uso del agua (EUA); ecuatorial (E) y longitudinal (L). <sup>1</sup>Medias seguidas de la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes entre sí, Tukey ( $P \leq 0,05$ ) {total volume of water supplied (VT); efficient use of water (EUA); equator (E) and longitudinal (L). <sup>1</sup>Means followed by the same letter in each column are not statistically different, Tukey ( $P \leq 0.05$ )}.

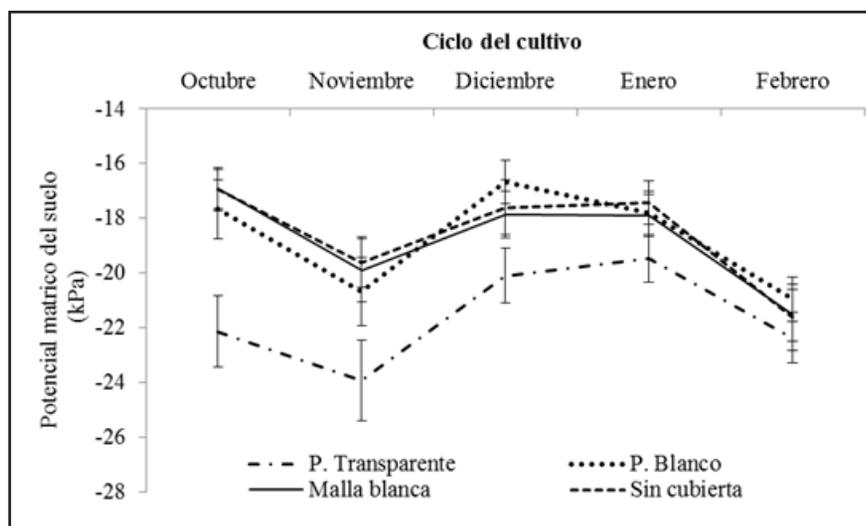


Figura 2. Promedios mensuales del potencial mátrico del suelo, bajo las diferentes cubiertas utilizadas para el cultivo del tomate de cáscara (monthly averages of soil matric potential under different covers used for growing husk tomato). Oaxaca, CIIDIR-IPN, 2014.

cubierta de polietileno blanco, quien mostró la menor eficiencia en el uso del agua (55,84 L/kg fruto) (Tabla 2). López-López *et al.* (2008) reportaron en *P. ixocarpa* un máximo de eficiencia en el uso del agua de 36,18 L/kg fruto cultivado en campo y suelo acolchado, siendo este resultado 28% menor que el máximo obtenido en este estudio. Wang *et al.* (2006) reportaron en un cultivo a campo abierto de tomate (*Solanum lycopersicum*) una mayor eficiencia en el uso del agua a valores modulares altos de potencial mátrico del suelo.

### Rendimiento

El mayor rendimiento (3,23 kg/planta) fue en las plantas cultivadas en el invernadero con cubierta de polietileno transparente, debido al mayor número de frutos y de mayor tamaño, mientras que con la cubierta de polietileno blanco se observó el menor rendimiento (1,25 kg/planta), mostrando así un incremento en el rendimiento de 158% con el uso de polietileno transparente en la cubierta (Tabla 2). Estos resultados demuestran que existen diferencias significativas debidas al tipo de cubierta utilizada en los invernaderos en el rendimiento de las plantas de tomate de cáscara; y que estas cubiertas a su vez pueden ejercer influencia sobre alguno de los parámetros agroclimáticos evaluados. El rendimiento máximo obtenido fue superior al reportado por Ramos-Lara

*et al.* (2002) bajo invernadero con cubierta plástica. Peña-Lomelí *et al.* (2008) reportaron un rendimiento de 1,29 kg/planta, similar al menor rendimiento obtenido en este estudio con la cubierta de polietileno blanco. Sin embargo, Sánchez-Guerrero *et al.* (2010), en pepino (*Cucumis sativus*), al evaluar malla blanca, malla sombra negra y polietileno como cubiertas en invernaderos mediterráneos, determinaron que la malla blanca, incrementó el rendimiento del pepino.

Se concluye, que de las tres cubiertas de los invernaderos, el polietileno transparente, disminuyó en menor proporción la RFA, RFAI y la humedad relativa, aumentando la temperatura del ambiente, principalmente en los meses fríos. Además, bajo este color de cubierta, las plantas de *P. ixocarpa* consumieron más agua y fueron más eficientes en su uso. También con esta cubierta, se aumentó el número y tamaño de los frutos, así como el rendimiento. Por lo tanto, el uso de invernaderos con cubierta de polietileno transparente, es una alternativa viable para la producción del tomate de cáscara.

### AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional a través de la Secretaría de Investigación y Posgrado por el apoyo

financiero (Proyecto SIP-20140511) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología México (Proyecto Conacyt: 0000248261).

### REFERENCIAS

- AYALA-TAFOYA, F; SACHEZ-, R; PARTIDA-RUVALCABA, L; YAÑEZ-JUAREZ, MG; RUIZ-ESPINOZA, FH; VELAZQUEZ-ALCARAZ, TJ; VALENZUELA-LOPEZ, M; PARRA-DELGADO, JM. 2015. Producción de pimiento con mallas sombras de colores. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38: 93-99
- BAXEVANOU, C; BARTZANAS, T; KITTAS, C; FIDAROS, D. 2007. Solar radiation distribution in a tunnel greenhouse. *Acta Horticulturae* 801: 855-862.
- BOULARD, T; FATNASSI, H; ROY, JC; LAGIER, J; FARGUES, J; SMITS, N; ROUGIER, M; JEANNEQUIN, B. 2004. Effect of greenhouse ventilation on humidity of inside air and in leaf boundary-layer. *Agricultural and Forest Meteorology* 125: 225-239.
- CASTILLA, N. 2007. Invernaderos de plástico: Tecnología y manejo. 2da ed. Madrid: Mundi-Prensa. 462p.
- FAUST, JE. 2002. First research report. Light management in greenhouses. I. Daily light integral: A useful tool for the U.S. *Floriculture Industry*. Disponible en: <http://www.specmeters.com/assets/1/7/A051.pdf>. Consultado el 06 de enero de 2016.
- GARCÍA, EEL; GARCÍA, RIM; QUEZADA, MMR; ARELLANO, GMA. 2015. Efecto de una película plástica modificada en aspectos agronómicos del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 2105-2113.
- HASHEM, FA; MEDANY, MA; ABD, EM; ABDALLAH, MMF. 2011. Influence of greenhouse cover on potential evapotranspiration and cucumber water requirements. *Annals of Agricultural Science* 56: 49-55.
- KORCZYNSKI, PC; LOGAN, J; FAUST, JE. 2002. Mapping monthly distribution of daily light integrals across the contiguous United States. *HortTechnology* 12: 12-16.
- LÓPEZ-LÓPEZ, R; ARTEAGA-RAMIREZ, R; VÁZQUEZ-PEÑA, MA; LÓPEZ-CRUZ, IL; SANCHEZ-COHEN, I. 2008. Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo* 15: 83-89
- LORENZO, P. 2012. El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. *Cuadernos de estudios agroalimentarios* 3: 23-44.
- MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, GA; DÍAZ-PICHARDO, R; JUÁREZ-LUIS, G; ORTIZ-HERNÁNDEZ, YD; LÓPEZ-CRUZ, JY. 2014. Caracterización de las unidades de producción de tomate en invernaderos de Oaxaca. *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 11: 153-165.
- MONTGOMERY, DC. 2006. Diseño y análisis de experimentos. 2ª ed. México: Wiley. 700p.

- NMX-FF-54-1982. (2015). Norma Oficial Mexicana NMX-FF-54-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano - hortalizas en estado fresco - tomate con cáscara. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4788109&fecha=31/12/1982.pdf](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4788109&fecha=31/12/1982.pdf). Consultado el 20 de enero de 2016.
- OJODEAGUA, AJL; CASTELLANOS, RJZ; MUÑOZ, RJJ; ALCÁNTAR, GG; TIJERINA, CL; VARGAS, TP; ENRÍQUEZ, RS. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 367-374.
- PEÑA-LOMELÍ, A; MOLINA-GALÁN, JD; SAHAGÚN-CASTELLANOS, J; ORTIZ-CERECERES, J; MÁRQUEZ-SÁNCHEZ, F; CERVANTES-SANTANA, T; SANTIAGUILLO-HERNÁNDEZ, JF. 2008. Parámetros genéticos en la variedad CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14: 5-11.
- RAMOS-LARA, C; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, G; GALVIS-SPINOLA, A; PEÑA-LOMELÍ, A; MARTÍNEZ-GARZA, A. 2002. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra Latinoamericana* 4: 465-469.
- SÁNCHEZ, CF; MORENO-PÉREZ, EDC; CONTRERAS-MAGAÑA, E; VICENTE-GONZÁLEZ, E. 2006. Reducción del ciclo de crecimiento en pepino europeo, mediante trasplante tardío. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 87-90.
- SÁNCHEZ-GUERRERO, MC; ALONSO, JF; LORENZO, P; MEDRANO, E. 2010. Manejo del clima en el invernadero mediterráneo. España: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía. 130p.
- SANTIAGUILLO, HJF; CEDILLO, PE; CUEVAS, SJA. 2010. Distribución Geográfica de *Physalis* spp. en México. UACH Prometeo Editores, México. 245p.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. SAS/ETS 9 User's Guide, Volumes 1 and 2. Cary, EUA: SAS Institute Inc. 2143 p.
- SEMARNAT 2000. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaport/al/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>. Consultado el 10 de enero de 2016.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Consultado el 24 de junio de 2016.
- SOLDEVILLA, CS; PEÑA, LA; SOLÍS, MF; VASQUEZ, RTR; COLINAS, LMT. 2002. Aplicación al suelo de CO<sub>2</sub>, uso de acolchados plásticos y sistemas de manejo en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Revista Chapingo* 8: 25-38.
- TANNY, J. 2012. Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. *Biosystems Engineering* 114: 26-43.
- TEITEL, M; ATIAS, M; BARAK, M. 2010. Gradients of temperature, humidity and CO<sub>2</sub> along a fan-ventilated greenhouse. *Biosystems Engineering* 106: 166-174.
- VARGAS-PONCE, O; VALDIVIA-MARES, LE; SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, J. 2015. Potencial alimenticio de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. *Agroproductividad* 8: 17-23.
- VILLALOBOS, RS; CASTELLANOS, RJZ; OJODEAGUA, AJL. 2004. Manejo del riego en el invernadero. In: CASTELLANOS, JZ. (ed). Manual de producción hortícola en invernadero. 2da ed. México: INTAGRI. p. 80-102.
- WANG, D; KANG, Y; WAN, S. 2006. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management* 87: 180-186.
- ZHANG, HX; CHI, DC; WANG, Q; FANG, XY. 2011. Yield and quality response of cucumber to irrigation and nitrogen fertilization under subsurface drip irrigation in solar greenhouse. *Agricultural Sciences in China* 10: 921-930.