

## Concentración de nutrientes en la solución nutritiva y rendimiento de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.)

Cuauhtémoc Josué Hernández-Rojas<sup>1</sup>

Engelberto Sandoval-Castro<sup>2§</sup>

Nicolas Gutiérrez-Rangel<sup>2</sup>

Joel Pineda-Pineda<sup>3</sup>

Alejandro Sánchez-Vélez<sup>3</sup>

Vicente Espinoza-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-*Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. CP 56230. Montecillo, Estado de México. (vespinos@)colpos.mx; hercagros@gmail.com). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados-*Campus* Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. CP 72760. (ngrangel@colpos.mx). <sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. CP. 56230. (pinedapjoel@yahoo.com.mx; cienfuegos9@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: engelber@colpos.mx.

### Resumen

El cuatomate es una planta que pertenece a la familia de las Solanaceas, del subgénero *Leptostemonum*, también llamadas “solanaceas espinudas”, por presentar espinas en diferentes partes de los órganos de la planta. Es una especie cultivada y silvestre con un alto potencial para ser aprovechado en nuevos sistemas de reconversión productiva en la región Mixteca Baja Poblana. Con el propósito de valorar su capacidad productiva y caracterizarla agrónomicamente, se estableció un experimento con un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, en Atlixco, Puebla, en condiciones controladas de tezontle rojo como sustrato en hidropónia bajo malla sombra. Las plantas evaluadas tenían un año de edad, la densidad fue de una planta por m<sup>2</sup>, con un distanciamiento entre hileras de 1.25 m y 1 m entre plantas. Se evaluaron cuatro concentraciones de la solución universal de Steiner 25, 50, 75 y 100%. Las variables evaluadas fueron número de racimos, número total de frutos acumulados y número de frutos cosechados, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso de fruto fresco y seco acumulado, así como también el peso promedio de fruto fresco y seco. La concentración de nutrientes claramente influyó el número de frutos cosechados y frutos acumulados, así como también el peso fresco acumulado; las demás variables no se vieron afectadas. Las condiciones de sombra e hidroponía pueden ser una alternativa para fomentar el cultivo de cuatomate y el incremento en la producción; con potencial económico para la región Mixteca de Puebla y otras partes del país.

**Palabras clave:** biomasa, hidroponía, materia seca, rendimiento, solución nutritiva de Steiner.

Recibido: enero de 2018

Aceptado: febrero de 2018

## Introducción

Es necesario que la investigación agrícola se centre en el estudio de la diversidad genética de las hortalizas nativas de México, ya que la mayoría de estas especies hortícolas dan sustento y se usan para satisfacer las necesidades alimenticias y económicas en varias regiones del país. Por sus cualidades nutritivas, las hortalizas juegan un papel trascendental en el equilibrio de la dieta de la población mundial, ya que presentan un alto contenido de agua, fibra, vitaminas y antioxidantes (Vera *et al.*, 2016).

*Solanum glaucescens* Zucc. es una planta que se conoce como cuatomate. Su fruto es muy apreciado como alimento, además de que es un componente y frecuente en la dieta de los pobladores de la Mixteca Baja Poblana, en forma de salsas con las que se acompañan diferentes platillos, para mejorar el sabor de la comida y estimular el apetito (Medina *et al.*, 2014). Las salsas se preparan con los frutos asados o hervidos, junto con frutos de chile “chiltepín” (*Capsicum annuum* L.) y se conoce como “salsa de cuatomate” (Gómez, 2014). Con los frutos también se elaboran purés que se utilizan como base en la preparación de diversos guisos típicos de la región como el “chilate”, en el cual son molidos y agregados (Gutiérrez *et al.*, 2011). Medina *et al.* (2014) indican que este fruto es fuente importante de proteínas y minerales, como potasio, calcio y magnesio, además de vitamina C.

En los últimos años el cuatomate ha tenido importancia económica debido al aumento de la demanda a nivel regional, ya que se comercializa en fresco, en pequeñas cantidades en comunidades de poblanos en Estados Unidos de América, lo que promueve el consumo de esta hortaliza (Gutiérrez *et al.*, 2011). Esta Solanacea crece junto a otras especies forestales, en traspatio y de forma natural, las cuales le dan soporte y sombra, o bien, puede asociarse a otros cultivos, como *Solanum betaceum* Cav. (Feicán *et al.*, 2016). Además, en diferentes municipios de la región, el fruto de cuatomate se recolecta de plantas silvestres, donde es un recurso importante para su autoconsumo y venta (Gutiérrez *et al.*, 2011). Su domesticación ha contribuido a la producción agrícola y alimentaria en la región (Candelaria *et al.*, 2016).

Las características de la región Mixteca Baja Poblana presenta prolongados periodos de sequía y limitada disponibilidad de agua, tanto para el consumo humano como para el desarrollo de la agricultura, con una temperatura media anual de 26 °C (Guízar *et al.*, 2010). El cultivo de cuatomate requiere de sombreado y tutorio para su buen desarrollo (Vargas, 1998).

De acuerdo con lo anterior, hasta el día de hoy no existe documento alguno que haga referencia a la tecnología para la producción de cuatomate en nuevos sistemas de producción, sobre todo en los requerimientos nutrimentales. De tal forma que, en este estudio, se considera que se puede generar conocimiento para este cultivo en condiciones de invernadero con malla sombra y en hidroponía; por lo que el objetivo de este trabajo fue cultivarlo en condiciones protegidas, con malla sombra e hidroponía, usando como sustrato tezontle rojo, y diferentes concentraciones de solución nutritiva Steiner para determinar su efecto en el rendimiento del fruto de cuatomate.

## Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en la Unidad Académica Atlixco, perteneciente al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, ubicado a 18° 53' latitud norte y 98° 26' longitud oeste, y una altitud de 1 824 m. El experimento se desarrolló en casa sombra de monofilamento con 50% de sombreo, con una superficie de 300 m<sup>2</sup>. Esto con el propósito de tener las condiciones ambientales semejantes, a aquellas en que se desarrolla de forma natural esta especie. Las características de la región Mixteca Baja Poblana según la descripción agroclimática de Köppen, impera un clima Aw'o; trópico seco con una precipitación de 600 a 700 mm anuales con lluvias en verano de corta duración de alrededor de cuatro a cinco meses aproximadamente (García, 2004).

Las plantas evaluadas tenían un año de edad y se obtuvieron a través de la siembra por semilla. Aunque la propagación del cuatomate por vía sexual es exitosa y sencilla, mediante esta vía solo se obtiene alrededor de 40% de plantas productivas (Vargas, 1998). En esta especie se presenta un polimorfismo floral llamado heterostilia, en el cual algunas plantas producen flores con estilos largos y fértiles (hembras), y otras poseen flores con estilos cortos, que no pueden fecundarse (machos). De acuerdo con Gutiérrez *et al.* (2011), las primeras son las que se utilizaron para el presente estudio.

Las plantas se desarrollaron en bolsas de polietileno negro, calibre 600, de 0.4 x 0.45 m. Para el sostén de las plantas se utilizó tezontle rojo, con un tamaño de partícula de 5 mm. La separación entre hileras fue de 1.25 m y de 1 m entre plantas, con una densidad de población de 1 planta por m<sup>2</sup>. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. Se evaluaron cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner (1961): 25, 50, 75 y 100%. Cada unidad experimental estuvo compuesta de una planta, con cuatro repeticiones, teniendo cuatro plantas por tratamiento.

La aplicación de las concentraciones de la solución nutritiva a las plantas, se realizó el 15 de julio de 2016. Durante el ciclo se aplicó diariamente un promedio de 1 320 mL de solución nutritiva por planta, en todos los tratamientos. Se utilizó un sistema hidropónico abierto, con un pH en la solución nutritiva de 5.5.

Se procedió a la cosecha de los frutos a los 20 días después de aplicar los tratamientos; cuando los frutos presentaban un color blanquecino de la pulpa, además de carnosidad y firmeza. Este tipo de fruto se reconoce por presentar características de mayor tamaño y color verde oscuro (Figura 1), denominado como tipo "chimeco" (sucio), por lo opaco de su color, sobrenombre que se le da en algunas zonas de la Mixteca de Puebla.

Se realizaron cinco cortes, uno cada ocho días, cosechando todos los frutos maduros por cada tratamiento, en total el experimento duro un mes y medio. El cultivo se desarrolló a libre crecimiento, sin podas. El tutorado de las plantas se hizo, cuando las plantas alcanzaron una altura de un m, para un mejor manejo de estas. Para el soporte se utilizaron estacas de 1.4 m de largo y para la conducción de las ramas, se utilizó malla plástica blanca, con cuadrículas 10 x10 cm y de 1.5 m de ancho.



**Figura 1. Fruto de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cosechado bajo condiciones malla sombra e hidroponía con solución nutritiva Steinar.**

Las variables evaluadas fueron número de racimos (NRA), frutos acumulados totales (FAT), diámetro polar (DPO, cm), diámetro ecuatorial del fruto (DEC, cm), total de frutos cosechados (TFC), peso fresco acumulado de fruto (PFAF, g), peso seco acumulado de fruto (PSAF, g), peso seco por fruto (PSxF, g), peso fresco por fruto (PFxF, g). A las variables respuesta se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA); las medias de cada tratamiento se compararon por la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), con el software Sistema De Análisis Estadístico (SAS), versión 9.1 para Windows (SAS, 2002).

## Resultados y discusión

### Análisis estadístico

El análisis de varianza mostró que hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre concentraciones, para el total de frutos cosechados (TFC) y el peso fresco acumulado de fruto (PFAF), y significativo para frutos acumulados totales (FAT) (Cuadro 1), no así para otros componentes del rendimiento, como número de racimos acumulados (NRA), diámetro polar (DPO) y ecuatorial (DEC) del fruto, peso seco acumulado de fruto (PSAF), peso seco por fruto (PSxF) y peso fresco por fruto (PFxF) (Cuadro 1).

Los componentes de rendimiento que tuvieron altos coeficientes de variación fueron número de racimos acumulados, frutos acumulados totales y peso fresco acumulado de fruto (Cuadro 1), esto pudo deberse a que las plantas evaluadas presentaron algún grado de variación genética. De acuerdo con lo anterior Gutiérrez *et al.* (2011) indican que el cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), es una planta en proceso de domesticación.

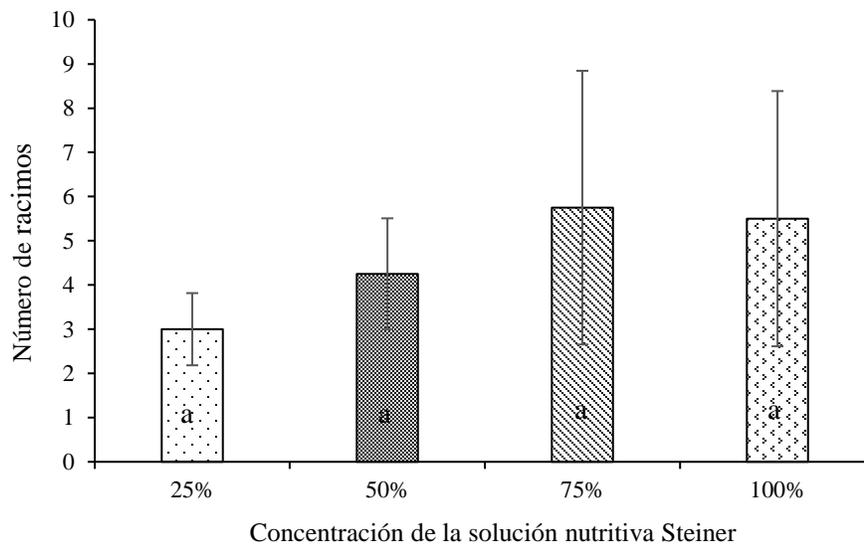
Número de racimos. Los cuatro tratamientos de la solución de Steiner aplicados a cuatomate, no generaron diferencias estadísticas significativas entre estos tratamientos para el número de racimos acumulados durante los cinco cortes. Sin embargo, los resultados muestran mayor número de racimos en las concentraciones más altas de la solución nutritiva (Figura 2), con 75 y 100%, con 6.7 y 6.5 racimos en promedio, respectivamente, durante los días evaluados. Al

respecto Moreno *et al.* (2005), aplicaron una solución nutritiva madre en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*) la cual aumentó el número de racimos en promedio por planta (4 racimos), que las plantas tratadas con mezclas de vermicompost más arena.

**Cuadro 1. Análisis de varianza de nueve caracteres de *S. glaucescens* Zucc., cultivado bajo malla sombra e hidropónia con cuatro concentraciones de la solución de Steiner.**

FV	NRA	FAT	DPO	DEC	TFC	PFAF	PSAF	PSxF	PFxF
GL trat	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SC trat	39.25 ns	4389	0.139	0.103	757.25	448782.6	14.803	0.592	13.234
CM trat	13.08	1463	0.046	0.034	252.41	149594.2	4.934	0.197	4.411
SC error	47.25	3695.5	0.123	0.16	220.25	190361.5	20.689	0.827	34.193
CM error	5.25	410.61	0.013	0.017	24.472	21151.2	2.298	0.091	2.849
F cal	2.49 ns	3.56*	3.4 ns	1.93 ns	10.31**	7.07**	2.15 ns	2.15 ns	1.55 ns
CV	44.7	38.59	2.987	3.395	22.359	30.169	12.889	12.892	7.887

FV= fuente de variación; Trat= tratamientos; GL= grados de libertad; SC= suma de cuadrados de tratamientos; CM= cuadrados medios de tratamientos; SC error= suma de cuadrados del error; CM error= cuadrados medios del error; F Cal= F calculada; CV= coeficiente de variación; NRA= número de racimos acumulados; FAT= frutos acumulados totales; DPO= diámetro polar de fruto; DEC= diámetro ecuatorial de fruto; TFC= total de frutos cosechados; PFAF= peso fresco acumulado de fruto; PSAF= peso seco acumulado de fruto; PSxF= peso seco por fruto; PFxF= peso fresco por fruto; ns= no significativo; \* = significativo ( $p \leq 0.05$ ); \*\* = altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ).



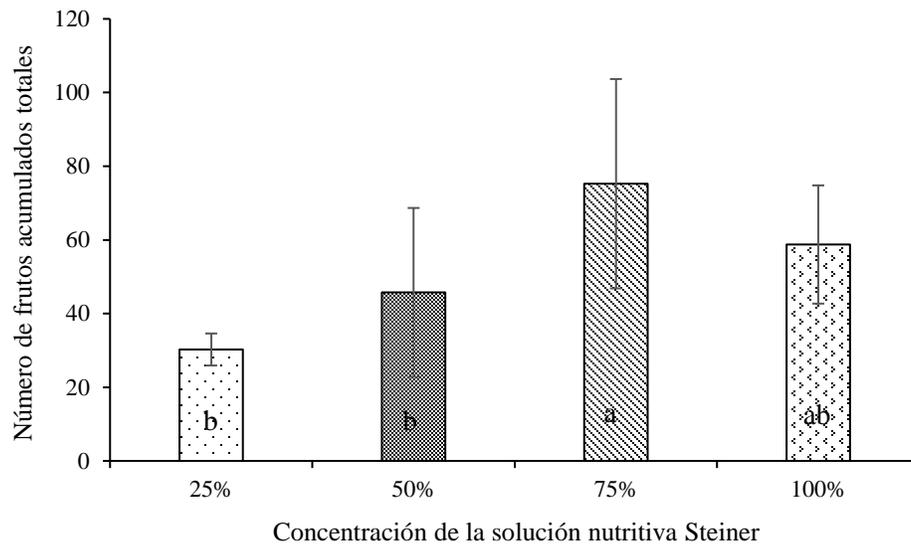
**Figura 2. Número de racimos de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016. (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 5.05).**

En el presente estudio, la solución nutritiva Steiner al 75 y 100% registró un mayor número de racimos promedio por planta (5.7 y 5.5 racimos) que el obtenido por Moreno *et al.* (2005). Además en el estudio de Moreno *et al.* (2005) utilizaron plantas de jitomate recién germinadas fertilizadas con la solución madre que contiene los nutrimentos necesarios para su desarrollo,

mientras que en el presente estudio se utilizaron plantas de un año de crecimiento que fueron fertilizadas con la solución nutritiva Steiner que contiene los nutrimentos necesarios para el desarrollo del cuatomate.

Por otro lado, Carrillo *et al.* (2003) encontraron, para *Lycopersicon esculentum* Mill., bajo condiciones controladas de invernadero, una correlación positiva para el número de racimos, con respecto al rendimiento, lo que indica que a mayor número de racimos aumenta el rendimiento. Además, menciona que la temperatura es un factor importante que influye sobre el número de racimos cosechados, cultivado bajo estas condiciones.

Número de frutos acumulados totales. Las plantas a las que se les aplicó la solución nutritiva Steiner alta (75 y 100%) presentaron el mayor número de frutos acumulados, con 75 y 59 (Figura 3). Esto puede ser debido a una mayor disponibilidad de nutrientes en la solución nutritiva. Con estos resultados al aumentar la concentración de la solución nutritiva Steiner, se aumenta el número de racimos y a su vez el número de frutos acumulados.



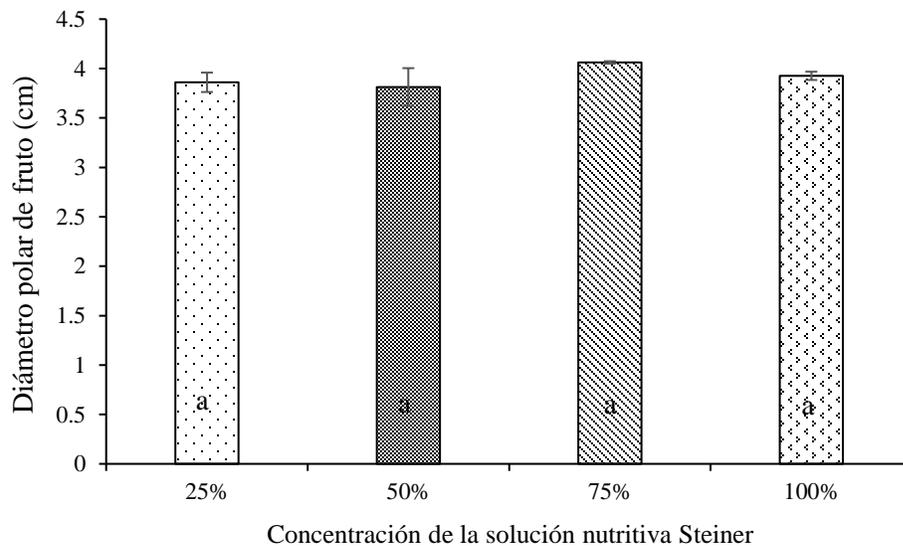
**Figura 3. Número de frutos acumulados totales de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016. (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 44.731).**

Al respecto, Maldonado *et al.* (2016) reportan 33 frutos por planta de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.), a cielo abierto, con la solución de Steiner a 25%, mientras que en el presente estudio se registraron 30 frutos en promedio por planta de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo malla sombra, fertilizados con solución nutritiva Steiner al 25%, lo que indica que *S. glaucescens* cultivado bajo estas condiciones produce más frutos.

En otra solanácea (*Capsicum annuum* L.), el mayor número de frutos se encontró en concentraciones altas de solución nutritiva Steiner (75, 100 y 125%) y el menor número de estos en la concentración a 25% (Valentín *et al.*, 2013). Lo que coincide el presente estudio donde a mayor concentración mayor número de frutos obtenidos del cuatomate (*S. glaucescens*). El

mismo efecto lo reportan Lima *et al.* (2014), quienes al aplicar diferentes concentraciones de nitrógeno y fósforo, en forma de sulfato de amonio y superfosfato, encontraron respuestas en dosis altas, donde se incrementó el número de frutos en el cultivo de *Solanum melogena* L.

Diámetro polar de fruto. No se registró efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre el diámetro polar del fruto de *S. glaucescens* (3.81 a 4.06) (Figura 4), pero este diámetro polar fue superior al reportados por Vargas (1998) quien evaluó una muestra de 211 frutos comerciales de cuatomate, y encontró que el diámetro polar osciló de 3.65 a 3.69 cm. Además sobre otras especies de *Solanum*, los frutos de cuatomate cosechados en esta investigación tienen mayor diámetro polar que *Solanum uncinellum* (1.2 a 2.7 cm) reportado por Benítez *et al.* (2011). En cambio, para otra solanácea como *Physalis pruinosa*, con la aplicación de nutrientes a base de algas el diámetro polar de fruto verde-amarillo fue de 11.57 mm (García *et al.*, 2015).

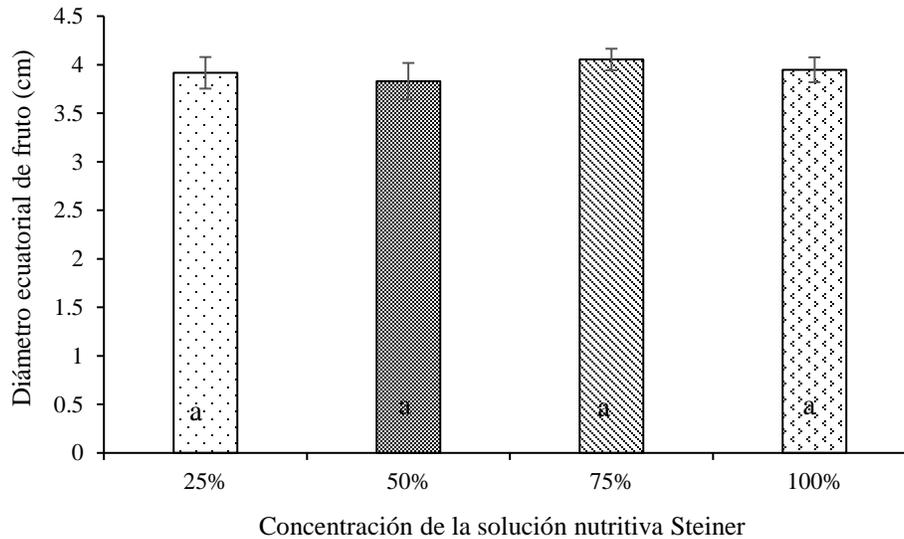


**Figura 4. Diámetro polar de fruto de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016.** (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 0.26 cm).

Diámetro ecuatorial de fruto. Al igual que el diámetro polar del fruto, no se registró efecto de las concentraciones de la solución nutritiva Steiner sobre *Solanum glaucescens* Zucc., al registrar frutos de 3.92, 3.83, 3.95 y 4 cm de diámetro ecuatorial del fruto con 25, 50, 75 y 100% de solución nutritiva Steiner (Figura 5). Vargas (1998) recolectó frutos comerciales de cuatomate en la región Mixteca Baja Poblana, en los cuales encontró diámetros ecuatoriales que variaron de 4.10 a 4.12 cm, estos diámetros indican que fueron ligeramente mayores en los frutos cosechados en las soluciones a 25, 50 y 100% y similares con concentración de 75% del presente estudio (Figura 5). Además este mismo autor, de la relación largo/ancho del fruto, encontró que 78% eran esféricos, mientras el resto (22%) eran ligeramente ovalados. A su vez, también reporta la ausencia de canales y curvaturas a lo largo de estos.

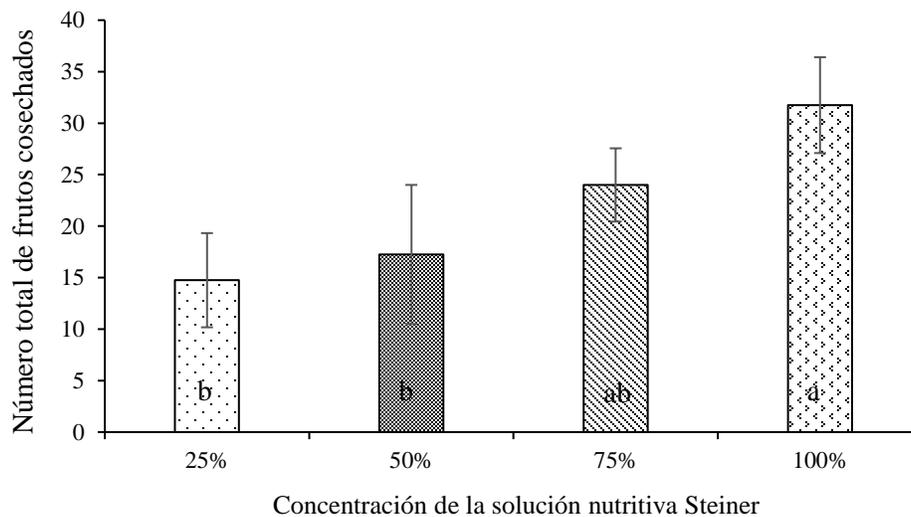
Sobre otra especie de *Solanum*, Maldonado *et al.* (2016), reportan 4.7 cm de diámetro ecuatorial de *Solanum lycopersicum* L., con solución nutritiva Steiner al 25%, el cual fue superior al diámetro ecuatorial de *S. glaucescens* (3.92 cm) con misma solución Steiner al 25% del presente

estudio. De igual manera en otra solanácea Rojas *et al.* (2008) reportan del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), muestreado durante dos años, un ancho de fruto de 4.8 y 4.1 cm con solución nutritiva Steiner a 75%, por lo que los frutos de cuatomate tienen una menor anchura (3.95 cm) tratada con la misma concentración de solución nutritiva Steiner a 75%, comparados con los frutos de *C. pubescens*.



**Figura 5. Diámetro ecuatorial de fruto de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016 (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 0.30 cm).**

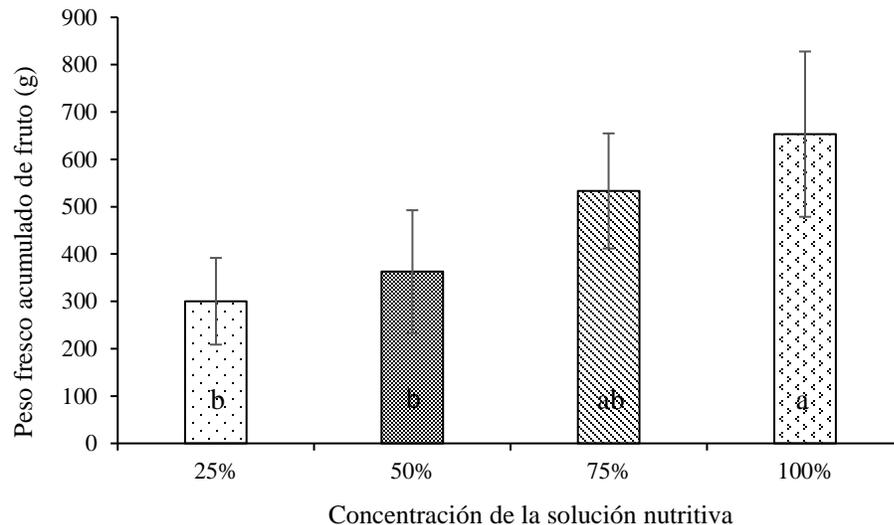
Número total de frutos cosechados. Todas las plantas tratadas con concentraciones de solución nutritiva Steiner, presentaron frutos de tamaño y color comercialmente aceptable, pero hubo efecto de estas concentraciones sobre el número de frutos cosechados, donde a mayor concentración de la solución nutritiva de Steiner (25, 50, 75 y 100%), mayor fue el número de frutos cosechados por planta (15, 17, 24 y 32 frutos, respectivamente) (Figura 6).



**Figura 6. Número total de frutos cosechados cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016 (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 10.9).**

De forma similar, Gastelum *et al.* (2013) evaluaron las mismas concentraciones de la solución nutritiva Steiner (25, 50, 75 y 100%) sobre otra solanácea *Physalis peruviana* L. y estos autores concluyeron que el rendimiento del cultivo fue afectado por la concentración de la solución nutritiva Steiner. Se observó un incremento al aumentar la concentración de la solución, obteniendo 110 frutos por planta con 100% de la solución nutritiva de Steiner, mientras que en el presente estudio a esta misma concentración de la solución Steiner se cosecharon 32 frutos de cuatamate. Por otro lado, Valentín *et al.* (2013) encontraron que a mayores concentraciones osmóticas de solución nutritiva Steiner aplicadas a chile de agua (*Capsicum annuum* L.), bajo condiciones protegidas e hidroponía, el número de frutos se incrementó, llegando a 100 frutos por planta con concentración osmótica de 0.09 MPa de solución nutritiva Steiner.

Peso fresco total acumulado de fruto. Para *S. glaucescens* cultivado bajo sombra e hidroponía, al aumentar la concentración de la solución nutritiva Steiner se aumentó el peso fresco del cuatamate y por lo tanto se reflejó en mayor rendimiento, al registrar pesos promedios acumulados de 300.25, 363, 533.25 y 706.75 g por planta a 25, 50, 75 y 100% de solución nutritiva Steiner (Figura 7).

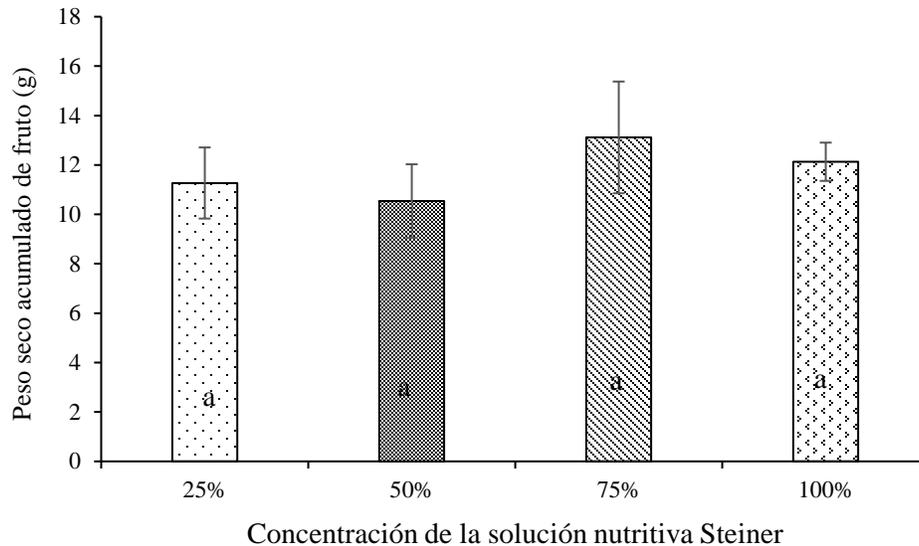


**Figura 7. Peso fresco acumulado de fruto cuatamate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016. (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 278.62 g).**

Esto también se observa en otra solanácea como “chile de agua” (*Capsicum annuum* L.), donde las soluciones con concentraciones altas fueron las que presentaron mayor rendimiento que aquellas que tuvieron menor concentración (Valentín *et al.*, 2013). O bien, *Physalis ixocarpa* Brot., cultivada bajo diferentes concentraciones de nutrimentos, la producción de fruto aumentó, de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, donde la solución al 75% alcanzó la máxima producción de frutos por planta (3 kg por planta), pero a partir de ese punto la producción de frutos por planta disminuyó (Castro *et al.*, 2000).

El uso de las soluciones nutritivas con diferentes concentraciones se ha utilizado en otros cultivos con similares resultados, como *Capsicum pubescens* R y P (Pérez y Castro, 2010) y el tomillo (*Thymus vulgaris* L.) (Guerrero *et al.*, 2011).

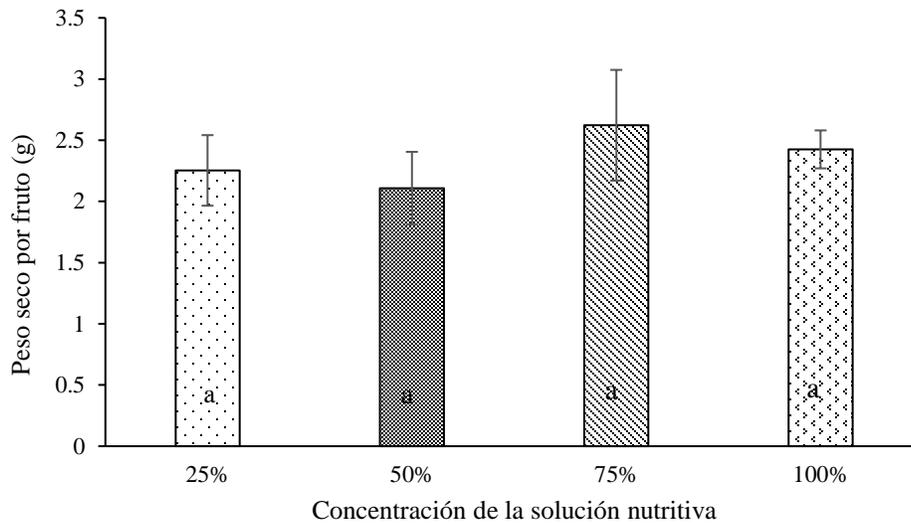
Peso seco acumulado de fruto. Entre las concentraciones de la solución nutritiva Steiner se mantiene el peso seco acumulado de fruto de cuatomate, con 11.26, 10.53, 13.11 y 12.12 g al 25, 50, 75 y 100% de la solución nutritiva Steiner (Figura 8). Un efecto similar fue reportado para “chile de agua” (*Capsicum annuum* L.) utilizando potenciales osmóticos altos en solución nutritiva Steinar, bajo condiciones protegidas, no se observaron diferencias en la acumulación de materia seca en fruto (Valentín *et al.*, 2013).



**Figura 8.** Peso seco acumulado de fruto de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016. (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 3.35 g).

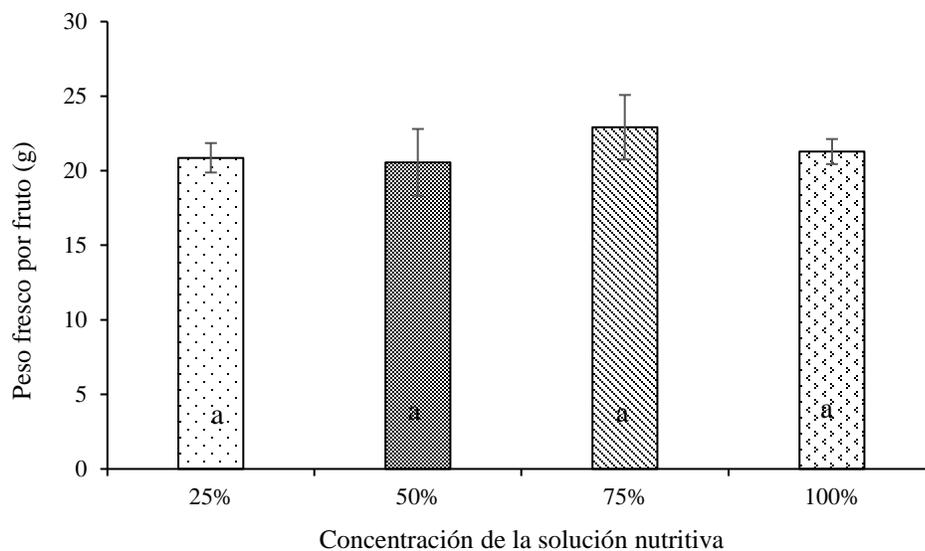
Cuando se aplica diferentes concentraciones de nutrientes a un cultivo, puede existir la posibilidad de que estos sean dirigidos, a diferentes órganos, mayormente los de demanda, y no a sitios de la planta de interés comercial. Peil y Galvez (2005) indican que existe el interés en que una máxima proporción de asimilados sea destinada a los frutos; sin embargo, existen límites en la fracción de los asimilados que pueden desviarse de estos, ya que las plantas necesitan destinar una cantidad suficiente para los demás órganos.

Peso seco por fruto. Al igual que el peso seco acumulado de fruto, el peso seco por fruto (2.25, 2.10, 2.62 y 2.42 g) no se incrementa en el cultivo de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), evaluado bajo un sistema de sombreo e hidroponía con diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner (25, 50, 75 y 100%) (Figura 9). Por otro lado, el porcentaje de materia seca acumulada en fruto de cuatomate fue de alrededor de 11% del peso fresco del fruto para las diferentes concentraciones de solución Steiner, en comparación con lo reportado por Peña *et al.* (2013) en *Solanum lycopersicum*, cultivado en invernadero e hidroponía, encontraron valores de 4.5 y 5.4% de peso fresco de fruto, lo cual indica que los porcentajes fueron menores en comparación con la materia seca acumulada de frutos de *S. glaucescens* Zucc. encontrados en el presente estudio.



**Figura 9. Peso seco por fruto de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016 (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 0.66 g).**

Peso fresco por fruto. Los frutos cosechados de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) presentaron pesos frescos similares (entre 20 y 23 g, aproximadamente) en plantas tratadas con solución nutritiva Steiner al 25, 50, 75 y 100% (Figura 10). En un estudio previo, las plantas de cuatomate registraron un peso promedio de 12.27 g de peso fresco de fruto, frutos grandes (30 g) y chicos (5.87 g), ambos de dos municipios (Tehuizingo e Izúcar de Matamoros) (Vargas, 1998), lo que indica que los frutos obtenidos bajo estas condiciones en el cultivo de cuatomate tienen pesos promedios mayores que los obtenidos por este autor.



**Figura 10. Peso fresco por fruto de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla, 2016 (Tukey  $p \leq 0.05$ ; 3.77 g).**

Por otro lado, Gastelum *et al.* (2013) reportan que a medida que aumenta la concentración de 25 a 50 y 75% de solución Steiner aumenta el peso del fruto de ochuva (*Physalis peruviana* L.), pero este peso del fruto disminuye al 100% de solución Steiner, excepto en plantas con densidad de 8 plantas por m, en donde se registró el mayor peso de frutos de cuatomate. En cambio, en el presente estudio al aumentar la concentración de solución nutritiva Steiner se aumentó el peso de frutos del cuatomete.

Muñoz (2009) señala que aplicaciones excesivas de nitrógeno en tomate en invernadero, incrementan la posibilidad de que aparezca un desorden de maduración en el fruto, llamado “hombro verde”, mientras que Castellanos (2009) indica que el exceso de nitrógeno en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) lo torna muy vegetativo, además de que aparecen en el ramillete floral hojas, característica de exceso de vigor en la planta.

En el presente estudio en cuatomate, esta característica no se presentó en la etapa de floración, apareció después del tercer corte, cuando los frutos se cosecharon en el tratamiento con 100% de concentración de solución Steiner. Con todos estos resultados es necesario determinar la concentración óptima de la solución nutritiva para asegurar el mejor peso de frutos de los cultivos agrícolas, para evitar que un exceso de concentración de la fertilización afecte el rendimiento del cultivo y precio económico comercial.

## Conclusiones

La concentración de nutrimentos en la solución nutritiva influyó en el número de frutos cosechados y frutos acumulados, así como en el peso fresco acumulado, en el cultivo de cuatomate, cultivado en malla sombra e hidroponia. Las variables número de racimos, diámetro polar y diámetro ecuatorial de fruto, peso seco acumulado de fruto, peso fresco y seco por fruto no fueron afectadas por la concentración de las soluciones nutritivas. Las condiciones de sombra e hidropónia pueden ser una alternativa para fomentar el cultivo de cuatomate y el incremento en la producción, con un gran potencial económico para ser desarrollarse en la región Mixteca Baja Poblana y otras partes del país.

## Literatura citada

- Benítez, de R. C. E.; Nee, M. y Rodríguez, P. 2011. Estudio taxonómico de representantes de *Solanum* sección Dulcamara s.l. (Solanaceae) de Sudamérica Tropical. Acta Botánica Venezuelica. 34(2):381-405.
- Candelaria, M. B.; Ramírez, M. M.; Flota, B. C. y Dorantes, J. J. 2016. Recursos genéticos “criollos” de zonas rurales de Campeche, México. Rev. Agroprod. 9(9):29-32.
- Carrillo, R. J. C.; Jiménez, F.; Días, G.; Sánchez, G. P.; Catarino, P. y Arellanes A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Agron. Mesoam. 14(1):85-88.
- Castellanos, R. J. Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). Celaya, Guanajuato, México. 458 p.

- Castro, B. R.; Sánchez, G. P.; Peña, L. A.; Alcántar, G. G.; Baca, C. G. y López, R. R. M. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con el rendimiento. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 6(1):33-38.
- Feicán, M. C. G.; Encalada, A. C. R. y Becerril, R. A. E. 2016. Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* cav.). *Rev. Agroprod.* 9(8):78-86.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª (Ed.). Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 90 p.
- García, S. M. L.; Santiaguillo, H. J. F.; De Luna, V. A.; Rodríguez, D. E. y Corona, S. J. P. 2015. Caracterización agromorfológica de *Physalis pruinosa*. *Rev. Agroprod.* 8(1):62-68.
- Gastelum, O. D. A.; Sandoval, V. M.; Trejo, L. C. y Castro, B. R. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo Ser. Hortic.* 19(2):197-210.
- Gómez, S. L. E. 2014. Cuato ¿Qué? Cuatomate. *Hallazgo culinario. México Desconocido.* 443:11.
- Guerrero, L. L. A.; Ruiz, P. L. del M. Rodríguez, M. M de las N.; Soto, H. M. y Castillo M. A. 2011. Efecto del cultivo hidropónico de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en la calidad y rendimiento del aceite esencial. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17(2):141-149.
- Guízar N. E.; Granados, S. D.; Castañeda, M. A. 2010. Flora y vegetación en la porción sur de la Mixteca Poblana. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. Forest. Amb.* 16(2):95-118.
- Gutiérrez, R. N.; Medina, G. A.; Ocampo, F. I.; López, P. A. y Pedraza, S. M. E. 2011. Conocimiento tradicional del “cuatomate” (*Solanum glausencens* Zucc.) en la Mixteca Baja Poblana, México. *Agric. Soc. Des.* 8(3):407-420.
- Lima, P. R.; Carlesso, R. E.; Borsoi, A.; Ecco, M.; Fernandes, F. V. I.; Rampim, L. and da Fonseca, P. R. E. B. 2014. Effects of different rates of nitrogen (N) and phosphorus pentoxide (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) on eggplant yield. *Afr. J. Agric. Res.* 9(19):1435-1441.
- Maldonado, P. R.; Ramírez, V. P.; González, H. V. A.; Castillo, G. F.; Sandoval, V. M.; Livera, M. M. y Cruz, H. N. 2016. Riqueza agronómica en colectas mexicanas de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) nativos. *Rev. Agroprod.* 9(12):68-75.
- Medina, D. K.; Muñoz, R. D.; Guzmán, G. R. I. y Acereto, E. P. O. 2014. Valor nutrimental y funcional del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), fruto silvestre de la región mixteca. *Ciencias de la Frontera.* 12(3):93-100.
- Moreno, R. A.; Valdés, P. M. T. y Zárate, L. Y. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 65(1):26-34.
- Muñoz, R. J. J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *In: manual de producción de tomate en invernadero.* Castellanos, R. J. Z (Ed.). Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). Celaya, Guanajuato, México. 458 p.
- Peña, Y. M. Casierra, P. F. y Monsalve, O. I. 2013. Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 7(2):217-227.
- Pérez, G. M. y Castro, B. R. 2010. El chile manzano. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 135 p.
- Peil, R. M. y Galvez, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Rev. Bras. Agric.* 11(1):5-11.

- Rojas, L. P. C.; Pérez, G. M.; Colinas, L. M. T. B.; Sahagún, C. J. y Avitia, G. E. 2008. Modelos matemáticos para estimar el crecimiento del fruto de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 14(3):289-294.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's Guide, Statistics Version, 9.1 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired compositions. Horticultural Experiment Station, Naaldwijk, Netherlands. Plant Soil 15:134-154.
- Valentín, M. M. C.; Castro, B. R.; Rodríguez, P. J. E. y Pérez, G. M. 2013. Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum Annuum* L.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 19 (4):71-78.
- Vargas, M. O. 1998. Estudio etnobotánico y caracterización agronómica del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) en la región Mixteca Baja Poblana. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 111 p.
- Vera, S. K. S.; Cadena, I. J.; Latournerie, M. L.; Santiaguillo, H. J. F.; Rodríguez, C. A.; Basurto, P. F. A.; Castro, L. D.; Rodríguez, G. E.; López, L. P. y Ríos, S. E. 2016. Conservación y utilización sostenible de las hortalizas nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 132 p.