

## Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero

Cándido Mendoza-Pérez<sup>1§</sup>  
Carlos Ramírez-Ayala<sup>1</sup>  
Antonio Martínez-Ruiz<sup>2</sup>  
Juan Enrique Rubiños-Panta<sup>1</sup>  
Carlos Trejo<sup>2</sup>  
Alejandra Gabriela Vargas-Orozco<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Hidrociencias-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. CP. 56230. (cara@colpos.mx; jerpikike@colpos.mx). <sup>2</sup>Postgrado en Botánica-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. CP. 56230. (catre@colpos.mx; mara2883@hotmail.com). <sup>3</sup>Postgrado en Hidrociencias-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. CP. 56230(loliux\_vargas@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: mendoza.candido@colpos.mx.

### Resumen

El jitomate es una de las hortalizas de mayor consumo en todo el mundo, su producción, calidad y tamaño es afectada por condiciones climáticas, necesidades hídricas y manejo de número de tallos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de jitomate y algunas variables de calidad, en tres condiciones de manejo, en función de número de tallos. El trabajo se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados. Se trasplantó el 20 de abril de 2015 con tezontle como sustrato, bajo riego por goteo. El experimento consistió en tres tratamientos (T1), con uno (T1), dos (T2) y tres (T3) tallos por planta. Se realizaron muestreos en el 1<sup>er</sup>, 5<sup>to</sup> y 10<sup>mo</sup> racimo de la planta, para determinar de los frutos el rendimiento, tamaño, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH y cantidad de vitamina C. Se obtuvo rendimiento de 6.55, 5.91 y 5.45 kg pl<sup>-1</sup> para T1, T2 y T3. T1 fue mejor con 69, 23, 8 y 1% de tamaño grande, mediano, chico y muy pequeño por planta. En las variables de calidad, los sólidos solubles totales y el pH aumentaron a medida que se incrementó el número de tallos por planta comparado con la firmeza que disminuyó. Se encontró mayor contenido de vitamina C en el 10<sup>mo</sup> racimo del T3. Se observó que al aumentar el número de tallos se incrementó la cantidad de frutos por planta, pero el tamaño y la firmeza disminuyeron por lo tanto se recomienda utilizar el T1 para frutos de exportación y T2 para consumo interno.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum* L., acidez titulable, firmeza, pH, sólidos solubles totales, vitamina C.

Recibido: febrero de 2018

Aceptado: abril de 2018

## Introducción

El jitomate o tomate rojo (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en todo el mundo (Chapagain y Wiesman, 2004) y la principal hortaliza cultivada bajo invernadero. El sistema de producción intensiva de jitomate bajo invernadero, que normalmente se practica en Europa y Estados Unidos de América, utiliza variedades de hábito indeterminado y densidades bajas de población que varían de dos a tres plantas por metro cuadrado, donde los tallos de las plantas frecuentemente se podan y se deja un solo tallo que alcanza más de siete metros de longitud, para cosechar 15 o más racimos por planta, en un solo ciclo de cultivo por año (Chapagain y Wiesman, 2004). Este sistema de producción en México es relativamente nuevo y ha generado un impacto en el incremento de superficie cultivada, productividad, rentabilidad y calidad en los últimos años.

El jitomate es un producto básico saludable por su bajo contenido en kilocalorías y grasa y su contenido en fibra, proteínas, vitaminas A, C, E y potasio. Se utiliza en todo el mundo en diferentes presentaciones, ya sea crudo formando parte de ensaladas, como ingrediente en salsas, caldos y guisos o procesado, en forma de salsas, purés, jugos o pasta (Vitale y Pomilio, 2010).

Los jitomates son frutos climatéricos y su maduración es acompañada por cambios en el sabor, textura, color y aroma. Durante este proceso se degrada la clorofila y se sintetizan carotenoides, como el licopeno (antioxidante que da el color rojo) y el  $\beta$ -caroteno (precursor de la vitamina A), giberelinas, quinonas y esteroides (Fraser *et al.*, 1994). Marín-Rodríguez *et al.* (2002) señala que el fruto pierde firmeza, debido a cambios físicos y químicos asociados con la degradación de la pared celular y la solubilización de las pectinas, por las enzimas pectinesterasa (PE), poligalacturonasa (PG) y pectatoliasa (PL).

Cuando el fruto se destina a la agroindustria, sus principales variables de calidad son peso seco, sólidos solubles totales, acidez titulable (equivalente de ácido cítrico), pH, viscosidad (flujo bostwick) y color. Puesto que los valores de la pasta del fruto pueden predecirse, a partir de las mismas mediciones realizadas en fruta fresca homogeneizada también llamada pulpa o puré, los análisis deben realizarse en los frutos al momento de la cosecha (Renquist y Reid, 1998).

La calidad del fruto se evalúa por la apariencia, el color, la textura, el valor nutricional, la composición en madurez de consumo, la sanidad, el sabor y el aroma. El sabor se mide por los sólidos solubles y ácidos orgánicos. La calidad de poscosecha y la vida de anaquel de los frutos es controlada por el estado de madurez en la cosecha (Alam *et al.*, 2006). El sabor es el resultado de diversos componentes aromáticos volátiles y no volátiles y de una compleja interacción entre éstos (Yilmaz, 2001).

Usualmente, el fruto se consume con su máxima calidad organoléptica, que se presenta cuando el fruto ha alcanzado por completo el color rojo, pero antes de un ablandamiento excesivo. Por lo tanto, el color es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y de la vida poscosecha, y un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores. El color rojo es el resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos (Fraser *et al.*, 1994).

Existe limitada información sobre la producción de jitomate bajo condiciones protegidas. Una de las variables de manejo agronómico asociadas a su productividad es el número de tallos a mayor número de tallos es mayor el rendimiento; sin embargo, las variables de respuesta que determinan su calidad pueden verse afectada.

El objetivo de este trabajo, fue evaluar la producción y algunas variables de respuesta que determinan la calidad y tamaño de frutos de jitomate, cultivados en invernadero, con tres condiciones de manejo, en función de número de tallos, en tres partes de la planta.

## **Materiales y métodos**

El trabajo se realizó en un invernadero ubicado en el Campus Montecillo, del Colegio de Postgraduados, estado de México, cuyas coordenadas geográficas son 19.96° latitud norte y 98.9° longitud oeste, con una altitud de 2 244 m. El invernadero utilizado en este estudio es tipo de centro de México, con tres naves con estructuras de metal y cubiertas de plástico de polietileno de alta densidad, con 75% de transmisividad, con malla anti-insecto en las paredes laterales, la ventilación es pasiva mediante ventilas laterales y cenitales de apertura manual.

En la zona se registra una temperatura media anual de 15.3 °C y una precipitación pluvial anual de 603 mm. La evaporación media anual es de 1 743 mm. La temperatura media en el mes más caliente es de 18 °C y en el más frío de 11 °C. El periodo de lluvias es de mayo hasta octubre, con un máximo promedio en julio, de 130 mm, y la época seca es de noviembre hasta abril. El clima se clasifica como templado-frío.

Se usaron semillas de jitomate tipo saladette variedad Cid F1 de crecimiento indeterminado. Se sembró en charolas germinadoras el 5 de marzo, se trasplantó el 20 de abril y se finalizó la cosecha el 20 de septiembre de 2015. Las plantas se mantuvieron a 1, 2 y 3 ejes a través de poda de brotes laterales, y se despuntaron el 8 de julio de 2015, sobre el décimo racimo floral. El marco de plantación fue tresbolillo, con separación de 40 cm entre plantas y 40 cm entre líneas, trasplantadas en bolsas polietileno de color negro de 35 × 35 cm con tezontle rojo como sustrato, en camas con dimensiones de 1.2 m de ancho por 20 m de largo y, con densidad de plantación de 3 plantas m<sup>-2</sup>.

Los tratamientos (T) consistieron en tres condiciones de manejo, en función de número de tallos por planta: con uno (T1), dos (T2) y tres (T3) tallos por planta. El área de cada tratamiento fue de 53 m<sup>2</sup> con una superficie total de 159 m<sup>2</sup>. La distribución de los tratamientos se hizo en bloques al azar con 4 repeticiones cuyas dimensiones fueron 10 m<sup>2</sup>.

El sistema de riego fue por goteo, con línea regante superficial de 16 mm de diámetro. Cada línea regante tenía goteros auto compesados separados a 40 cm y un gasto de 4 L h<sup>-1</sup> por gotero, con una presión de operación de 0.7 kg cm<sup>-2</sup>.

El riego se aplicó diariamente y su número y duración fue diferente de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo en intervalos de cada hora. En los primeros 30 días después de trasplante se aplicaron 5 riegos, a las 10:00, 12:00, 13:00, 14:00 y 15:00 h, con duración de 3 min en cada riego; en la etapa de inicio de floración se incrementaron a 8 riegos aplicados a las 9:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00 y 16:00 h, con duración de 4 min. En la etapa de máxima demanda e inicio

fructificación se aplicaron 10 riegos a las 9:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00, 17:00 y 18:00 h, con duración de 5 min por riego. Los riegos se aplicaron con solución nutritiva de Steiner con (presión osmótico= -0.087 MPa) durante todo el ciclo del cultivo.

### Variables de respuesta en calidad de jitomate

Para determinar las variables de respuesta de calidad de fruto, se realizaron muestreos en tres partes de la planta: el primero, en el 1<sup>er</sup> racimo; el segundo, en el 5<sup>to</sup> racimo y el tercero, en el 10<sup>mo</sup> racimo. Se seleccionaron cuatro frutos por tratamiento y se determinaron firmeza, contenido de sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable, pH y contenido de vitamina C.

Firmeza: se midió en la zona ecuatorial de los frutos, utilizando un texturómetro digital (Universal Fuerza Five), con escala de 0.1 hasta 0.32% de fuerza y un puntal cónico de 0.8 mm registrándose la lectura en Newton (N) de la fuerza aplicada hasta la penetración del puntal.

Sólidos solubles totales (°Brix): se determinaron en el jugo del fruto mediante un refractómetro digital, marca Atago con escala de 0 hasta 32% y se expresaron en °Brix.

El pH: se trituraron 10 g de pulpa con 50 mL de agua desionizada, se filtró para eliminar los restos de tejido vegetal y en una alícuota de 5 mL, se determinó el pH, con un potenciómetro.

Acidez titulable: se evaluó de acuerdo con la metodología de AOAC (1990), para lo cual se homogeneizaron 10 g de pulpa en 50 mL de agua desionizada. Se tomó una alícuota de 10 mL, la cual fue neutralizada con (NaOH) al 0.1 N y fenolftaleína con indicador. Los resultados se reportaron como porcentaje de ácido cítrico, utilizando la ecuación.

$$\% \text{ Ác. cítrico} = \frac{(\text{mL NaOH gastado}) \times (\text{N NaOH}) \times (\text{Meq. ácido}) \times (\text{VT}) \times (100)}{(\text{Peso muestra}) \times (\text{Alícuota})}$$

Vitamina C (ácido ascórbico): se determinó de acuerdo con la metodología de AOAC (1990). Se homogeneizaron 20 g de tejido fresco en 30 mL de solución de ácido oxálico (0.5%), se tomó una alícuota de 5 mL y se tituló con solución tilma (0.01%) hasta que permaneció una coloración rosa visible por 1 min. La concentración se expresó en mg 100 g<sup>-1</sup> utilizando como estándar el ácido ascórbico.

Relación de sólidos solubles totales-acidez titulable: se obtuvo un indicador, que es el cociente entre sólidos solubles totales (SST o °Brix) y acidez titulable (AT). Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{SST}}{\text{AT}} = \frac{\text{°Brix}}{\text{acidez titulable}}$$

Donde: SST/AT= relación sólidos solubles totales/acidez titulable; °Brix= grado Brix del jugo de jitomate; acidez titulable= expresada en ácido cítrico.

## Evaluación de rendimiento y número de frutos por planta

Después del trasplante, se seleccionaron siete plantas de cada tratamiento, para evaluar rendimiento y número de frutos por planta, hasta el décimo racimo. Una vez cosechados los frutos, se contabilizaron y se pesaron en una báscula, para calcular el rendimiento ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) y número de frutos por planta.

### Clasificación de tamaño de frutos

En cada corte se clasificaron los frutos por tamaño, en este trabajo, el fruto fue de tipo alargado (saladette) en las siguientes categorías (grande, mediano, chico y muy pequeño), de acuerdo con el diámetro ecuatorial mínimo y máximo, como menciona la Norma Mexicana NMX-FF-031-1997 (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Clasificación de tamaño del fruto de jitomate tipo alargado (saladette).**

Tamaño	Diámetro (mm)	
	Mínimo	Máximo
Chico	38	52
Mediano	52	60
Grande	60	71
Extra grande	71	En adelante

### Análisis estadístico de comparación de medias

Para determinar la diferencia significativa de las variables evaluadas para el diseño de bloques al azar, se realizó un análisis de comparación de medias, con la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 95%, con el paquete estadístico MINITAB.

## Resultados y discusión

### Número total de frutos

El Cuadro 2, presenta el número total de frutos, que se obtuvieron en las repeticiones de cada tratamiento, donde en promedio se obtuvieron 62, 78 y 84 frutos por planta para T1, T2 y T3, respectivamente. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores medios del número total de frutos en los tres tratamientos. Los resultados obtenidos de esta investigación son similares a los resultados reportados por Villegas *et al.* (2004) con 47.1 frutos de tomate variedad Gabriela con densidad de plantación de  $3.8 \text{ pl m}^{-2}$  cultivado bajo condiciones de invernadero.

**Cuadro 2. Número total de frutos obtenidos por planta en los tres tratamientos.**

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	Promedio
T1 (un tallo)	59 b	60 b	65 b	67 b	65 b	57 b	61 b	62 b
T2 (dos tallos)	71 a	73 a	77 a	79 a	89 a	69 a	87 a	78 a
T3 (tres tallos)	77 a	80 a	78 a	84 a	99 a	83 a	76 a	84 a

Valores con la misma letra en cada columna, son iguales entre sí (Tukey, 0.05).

Villegas *et al.* (2004) menciona que a medida que se incrementa la densidad de plantación por metro cuadrado, aumenta el número total de frutos por planta, pero el tamaño disminuye, siendo el tamaño una variable importante para la selección y clasificación de frutos con fines de exportación.

### Clasificación de tamaño de frutos

La Figura 1, presenta clasificación de tamaño de frutos cosechados por tratamiento. El tratamiento de un tallo (T1) fue el mejor en cuanto a tamaño se refiere con 69, 23, 8 y 1% de frutos categoría (grande, mediano, chico y muy pequeño) por planta, respectivamente. Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los reportados por Rodríguez *et al.* (2008), en jitomate bajo invernadero, ya que encontraron que 60% correspondió a tamaño extra-grande, 20% a primera, 10% a segunda y 10% a pérdida.

En el tratamiento de dos tallos (T2) se obtuvieron 49, 33, 17 y 1% frutos de tamaño (grande, mediano, chico y muy pequeño) por planta, respectivamente. Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a lo reportado por Quintana-Baquero *et al.* (2010), en jitomate bajo invernadero reportaron que 9% de tamaño extra-grande, 52% de primera, 27% de segunda, 11% de tercera y 2% de cuarta. Para el tratamiento de tres tallos (T3), se obtuvieron 37, 39, 23 y 2% de frutos de tamaño (grande, mediano, chico y muy pequeño) por planta, respectivamente. No se encontró revisión de literatura de rendimiento, tamaño y calidad de este tratamiento.

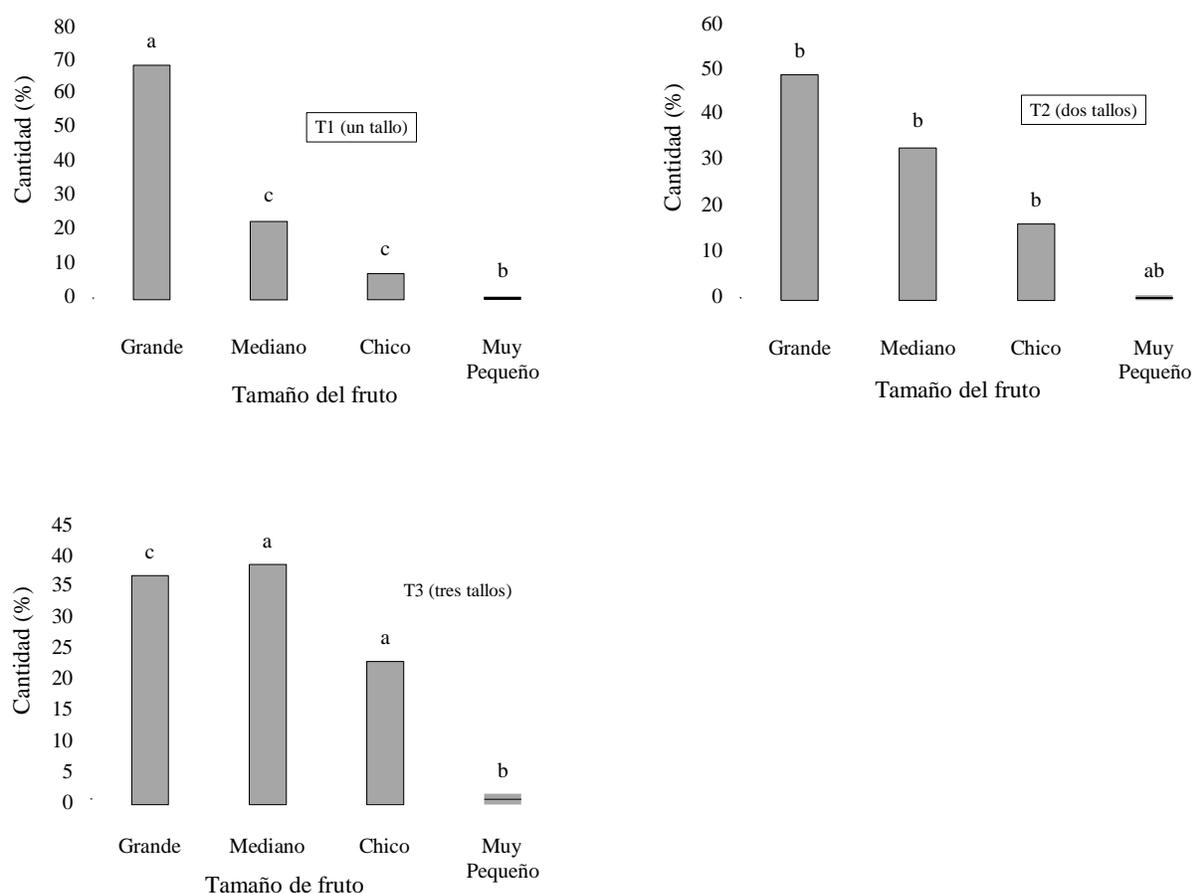


Figura 1. Clasificación de tamaño de fruto en los tres tratamientos.

## Variables de respuesta de calidad de jitomate

Los resultados de los sólidos solubles totales (°Brix) se encontraron que T3 (tres tallos) en el tallo secundario 1 tuvo el valor más alto con 4.6, 4.65 y 4.83 para el 1<sup>er</sup>, 5<sup>to</sup> y 10<sup>mo</sup> racimo, respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en °Brix en los tres tratamientos tampoco en los racimos (Cuadro 3). Los resultados de este trabajo son similares a lo reportado por Casierra-Posada y Aguilar-Aventaño (2008), en jitomate de 4 °Brix cultivado en invernadero.

Renquist y Reld (1998), menciona que cuando los frutos presentan los sólidos solubles totales muy bajos, se debe a que se cosechan muy temprano, sin alcanzar su grado de desarrollo; estos autores explican el comportamiento de los jitomates en algún tipo de dilución, por la cual toma de agua durante el desarrollo del fruto excede la producción de azúcares y ácidos orgánicos.

**Cuadro 3. Resultados de sólidos solubles totales (°Brix) en los tres tratamientos.**

Racimos	T1 (un tallo)	T2 (dos tallos)		T3 (tres tallos)		
	Tallo principal	Tallo principal	Tallo secundario	Tallo principal	Tallo secundario 1	Tallo secundario 2
1 <sup>er</sup> racimo	4.5 a	4.15 a	4.4 a	4.13 a	4.6 a	4.2 a
5 <sup>to</sup> racimo	4.65 a	4.5 a	4.53 a	4.68 a	4.65 a	4.23 a
10 <sup>mo</sup> racimo	4.58 a	4.43 a	4.6 a	4.93 a	4.83 a	4.28 a

Se observó que los hidratos de carbono, como se muestra en el Cuadro 3, sufrieron cambios bioquímicos al incrementar el número de tallos por planta, ya que la degradación de los polisacáridos de las membranas celulares, ejercieron una contribución importante sobre el aumento en contenido de azúcares es por eso que los frutos de menor tamaño que se producen en el T3 (tres tallos) presentaron mejor sabor y contenido de vitamina C y se utilizan principalmente para preparación de puré y salsa.

Para la variable firmeza, el T1 presentó el valor más alto con 4.7, 4.43 y 4.75 en el 1<sup>er</sup>, 5<sup>to</sup> y 10<sup>mo</sup> racimo, respectivamente. Debido a que este tratamiento presentó menor índice de área foliar, los rayos de radiación solar alcanzaron introducir hasta el lugar donde estaban los frutos, por eso, desarrollaron cutícula más gruesa y resistente para proteger los daños directos del sol. Además, de protección la cutícula desarrollada sirvió a los frutos a incrementar su vida de anaquel. En cambio, el T3 presentó su cutícula más delgada, debido a que su índice de área foliar fue mayor de 6 protegió la entrada los rayos solares directos hacia los frutos (Cuadro 4). El resultado obtenido en este trabajo es similar a lo reportado por Casierra-Posada y Aguilar-Aventaño (2008).

**Cuadro 4. Resultado de la variable firmeza obtenido en los tres tratamientos.**

Racimos	T1 (un tallo)	T2 (dos tallos)		T3 (tres tallos)		
	Tallo principal	Tallo principal	Tallo secundario	Tallo principal	Tallo secundario 1	Tallo secundario 2
1 <sup>er</sup> racimo	4.7 a	4.7 a	4.4 a	5.18 a	3.9 a	3.95 a
5 <sup>to</sup> racimo	4.43 a	4.1 a	4.19 a	3.24 b	3.68 a	3.84 a
10 <sup>mo</sup> racimo	4.75 a	1.43 b	1.56 b	1.54 b	1.71 b	2.93 b

Los frutos de jitomate están compuestos predominantemente por células de parénquima y microfibrillas de células suspendidas en una matriz de glicoproteínas, agua, pectina y polisacáridos de hemicelulosa (Scheible y Pauly, 2004). Estos compuestos les confieren consistencia a los tejidos y con ello adquieren una mayor resistencia al penetrómetro; por lo tanto, cuando los frutos se cosechan en grados tempranos de maduración, la actividad enzimática que desnaturaliza los compuestos que les confieren rigidez a los frutos es menor que en aquellos frutos cosechados en estados tardíos de desarrollo.

Relación de sólidos solubles totales-acidez titulable: (Ballinger and Maness, 1970; Marshall and Spiers, 2002), encontraron que una baja relación de sólidos solubles totales/acidez titulable (SST/AT) está asociada con baja calidad de frutos, la cual está relacionado con variables de meteorológica como días nublados, exceso de radiación, temperatura y transpiración alta de frutos.

En este trabajo se encontró una relación SST/AT promedio de 10.57, 9.98 y 11.29 para T1, T2 y T3 que son los valores adecuados para la cosecha de jitomate ya que permite alargar su vida de anaquel, variable que está directamente relacionada con la firmeza del fruto (Cuadro 5). Cuando los frutos presentan valor de firmeza de 4.5 su vida de anaquel puede oscilar entre 15 y 25 días a temperatura ambiente de 18 °C. Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los reportados por San Martín-Hernández *et al.* (2012) de 11.66 en tomate cultivado en hidroponía bajo condiciones protegidas en diferente granulometría de tezontle como sustrato.

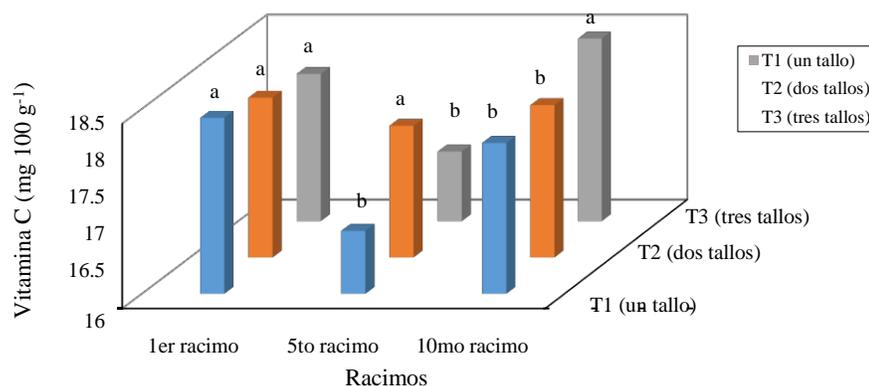
**Cuadro 5. Resultados de relación de sólidos solubles totales-acidez titulable contenido en el jugo del fruto de jitomate para los tres tratamientos.**

Racimos	T1 (un tallo)	T2 (dos tallos)		T3 (tres tallos)		
	Tallo principal	Tallo principal	Tallo secundario	Tallo principal	Tallo secundario 1	Tallo secundario 2
1 <sup>er</sup> racimo	11.18	10.07	10.5	9.99	12.3	13.37
5 <sup>to</sup> racimo	11.52	9.23	10.49	11.7	12.2	12.34
10 <sup>mo</sup> racimo	9	9.74	9.84	10.51	9.83	9.41

Algunos investigadores han sugerido que la SST/AT, es importante para definir las diferencias de calidad entre variedades, otros indican que la calidad de los frutos puede ser mejorado incrementando el contenido total de azúcares y ácidos. La mejor forma de definir el índice de madurez en una fruta es estimando la relación sólidos solubles totales-acidez titulable, este parámetro indica el contenido de azúcares en relación con la menor cantidad de acidez presente en la fruta (Kushman and Ballinger 1967).

Galleta *et al.* (1970) menciona que la relación SST/AT es un parámetro que determina la resistencia del fruto para desprenderse de la planta, siempre y cuando no se tome esta característica en horas de alta temperatura o intensidad luminosa. Una adecuada relación de sólidos solubles totales-acidez titulable es una medida preponderante que está íntimamente relacionada con la calidad del fruto para ser transportado a grandes distancias (Kushman y Ballinger, 1970).

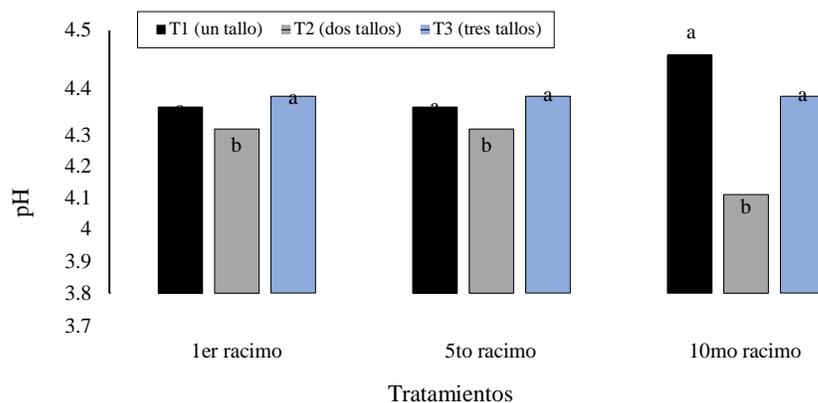
Respecto a la vitamina C, se encontró que T1 presentó 18.38 mg 100 g<sup>-1</sup> de contenido de vitamina C en el 1<sup>er</sup> racimo, en el 5<sup>to</sup> racimo, el T2 presentó 17.78 mg 100 g<sup>-1</sup> y en el 10<sup>mo</sup> racimo el T3 fue el que presentó mayor contenido de vitamina C con 18.47 mg 100 g<sup>-1</sup>. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores medios de vitamina C en los racimos (Figura 2). Estos resultados son similares a lo reportado por Ceballos-Aguirre *et al.* (2012), en frutos de tomate tipo cereza L., cultivados en campo con valores desde 29 hasta 85 mg 100 g<sup>-1</sup>.



**Figura 2. Contenido de vitamina C (ácido ascórbico) en el jugo de frutos de jitomate en los tres tratamientos.**

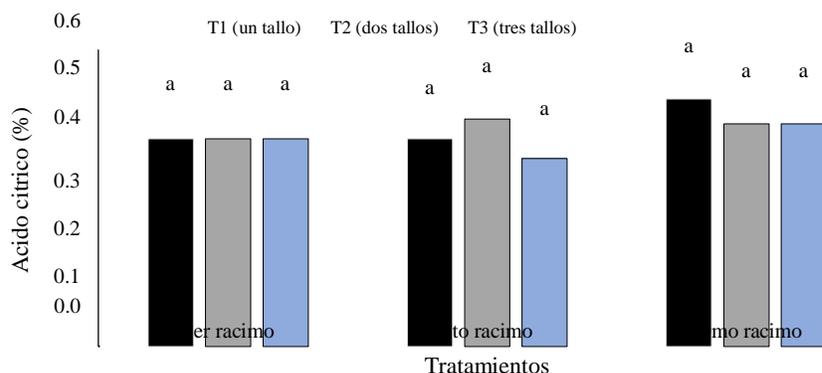
La desventaja del T3 es que únicamente 37% de los frutos fueron de tamaño grande con fines de exportación, 63% restante fueron frutos de tamaño mediano, chicos y muy pequeños. La ventaja desde el punto de vista nutricional para los seres humanos es 63% de los frutos que fueron de menor tamaño presentaron mayor contenido de vitamina C. Los consumidores finales prefieren este tamaño para consumo en fresco como licuados, preparación de sala, como condimento (puré), ya que para ellos estos frutos presentan mejor aroma y sabor. Finalmente se aprovecha todos los frutos que produce la planta y se evita el desperdicio por ser de menor tamaño.

Para pH, T1 presentó el valor más alto en el 10<sup>mo</sup> racimo de 4.47 comparado con el T3 que presentó el mismo valor de 4.4 (Figura 3). Estos datos son similares a lo reportado por Gómez y Camelo (2002), en jitomate con pH 4.36. Lo anterior, implica que los frutos cosechados antes de maduración no logran realizar los procesos bioquímicos que conducen a que los ácidos orgánicos se transformen en otros compuestos que determinan el sabor y el aroma de los frutos. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores de pH entre los racimos.



**Figura 3. Valores de pH en el jugo de frutos de jitomate en los tres tratamientos.**

Para la variable acidez titulable el valor más alto se presentó en el T1 con 0.5% en el 10<sup>mo</sup> racimo, comparado con el T3 que presentó el valor más bajo de 0.38% en el 5<sup>o</sup> racimo. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores (%) de ácido cítrico entre los racimos, ni en los tres tratamientos (Figura 4). Resultados similares a los encontrados en el presente experimento fueron reportados por Gomes y Camelo (2002), en tomates almacenadas en atmosferas controladas de 0.45%.



**Figura 4. Acidez titulable, expresada como el porcentaje de ácido cítrico en el jugo en los tres tratamientos.**

### Rendimiento por planta

El rendimiento obtenido por planta para cada uno de los tratamientos, el valor más alto se obtuvo en T1, con 6.55 kg pl<sup>-1</sup>, seguido por T2, con 5.91 kg pl<sup>-1</sup> y el más bajo fue T3, con 5.45 kg pl<sup>-1</sup>. Los datos obtenidos en este trabajo son similares a los reportados por Flores *et al.* (2007), de 4.65 kg pl<sup>-1</sup> (20 kg m<sup>-2</sup>) en jitomate saladette, variedad tequila con densidad de plantación de 4.3 pl m<sup>-2</sup> con las mismas características geométricas del invernadero, mismas condiciones de clima y manejo de riego y nutrición.

### Conclusiones

Con relación en las variables de calidad, los sólidos solubles totales y el pH aumentaron con el incremento de número de tallos por planta comparado con la firmeza que disminuyó. En el 10<sup>o</sup> racimo del T3 (tres tallos) se presentó mayor contenido de vitamina C. Además, se encontró una relación positiva entre sólidos solubles totales/acidez titulable que indica son frutos de buena calidad y mayor resistencia de los frutos para desprenderse de la planta. El rendimiento obtenido fue de 6.55, 5.91 y 5.45 kg pl<sup>-1</sup> para T1, T2 y T3 por planta, respectivamente. El T1 fue mejor en tamaño de frutos con 69, 23, 8 y 1% de categoría grande, mediano, chico y muy pequeño por planta, respectivamente. Adicionalmente se observó que, al incrementar el número de tallos por planta, aumenta el número total de frutos; sin embargo, el tamaño disminuye drásticamente por eso se recomienda a los productores utilizar el T1 para producir frutos de tamaño grande para fines de exportación y el T2 para producir frutos para consumo interno (tianguis, supermercados etc). Además, estos dos tratamientos presentan menor demanda de mano de obra, mejor control de plagas y enfermedades y fácil manejo agronómico.

## Literatura citada

- AOAC. 1990. Official Methods and Analysis. 14<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Airlington, VA, EEUU. 689 pp.
- Alam, M. J.; Rahman, M. H.; Mamun, M. A. and Islam, K. 2006. Enzyme activities in relation to sugar accumulation in tomato. Proc. Pak. Acad. Sci. 43(4):241-248.
- Ballinger, W. and Maness, E. 1970a. Anthocyanins in ripe fruit of the highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum* L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(3):283-285.
- Ballinger, W. and Kushman, 1970. Relationship of stage of ripeness to composition and keeping quality of highbush blueberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(2):239-242.
- Casierra, P. F. y Aguilar, A. O. E. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. Agron. Colomb. 26(2):300-307.
- Ceballos, A. N.; Vallejo, C. F. A. y Arango, A. N. 2012. Evaluación de contenido de antioxidantes en introducciones de tomate tipo cereza (*Solanum* spp.) Acta Agron. 61(3):230-238.
- Chapagain, P. B. and Wiesman, Z. 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. Sci. Hortic. 99(3):279-288.
- Flores, J.; Ojeda, W.; López, I.; Rojano, A. y Salazar, I. 2007. Requerimiento de riego para tomate de invernadero. Terra Latinoam. 25(2):127-134.
- Fraser, P. D.; Truesdale, M. R.; Bird, C. R.; Schuch, W. and Bramley, P. M. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. Plant Physiol. 105(1):405-413.
- Galleta, G.; Ballinger, W.; Monroe, R. and Kushman, L. 1971. Relationships between fruit acidity and soluble solid level of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(6):758-762.
- Gómes, P. A.; Camelo, A. F. L. 2002. Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. Horticultura. Brasileira, Brasília. 20(1):38-43.
- Kushman, L. and Ballinger, W. 1967. Acid and Sugar Changes During ripening in Wolcott Blueberries. Plant Physiol. 92(1):290-295.
- Marín-Rodríguez, M. C.; Orchard, J. and Seymour, G. B. 2002. Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. J. Exp. Bot. 53(2):2115-2119.
- Marshall, D. and Spiers, J. 2002. Incidence of splitting in premier and tifblue rabbiteye blueberries. Act. Hort. 574(1)295-303.
- Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-hortalizas frescas-tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)-Especificaciones. NMX-FF-031-1997. Publicado en el DOF 07/01/1998.
- Rodríguez, D. N.; Cano, R. P.; Figueroa, V. U.; Palomo, G. P.; Favela, C. E.; Álvarez, R. V. P.; Márquez, H. C. y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. Mex. 31(3):265-272.
- Renquist, R. A. and Reid, J. B. 1998. Quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit from four bloom dates in relation to optimal harvest timing. New Zeal. J. Crop Hort. Sci. 26(3):161-168.
- Quintana-Baquero, R. A.; Balaguera-López, H. E.; Álvarez-Herrera, J. G.; Cárdenas-Hernández, J. F y Hernando-Pinzón, E. 2010. Efecto del número de racimos por planta sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Rev. Colomb. Cienc. Hortic. 4(2):199-208.

- San Martín-Hernández, C.; Ordaz-Chaparro, V. M.; Sánchez-García, P.; Colinas-León, M. T. B.; Borges-Gómez, L. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*. 46(3):243-254.
- Scheible, W. R. and Pauly, M. 2004. Glycosyltransferases and cell wall biosynthesis: novel players and insights. *Curr. Opin. Plant Biol.* 7(1):285-295.
- Vitale, A.; Bernatene, E. and Pomilio, A. 2010. Carotenoides en quimiopreención: licopeno. *Acta Bioquímica Clínica Latinoam.* 44(2):195-238.
- Villegas, C. J. R.; González, H. V. A.; Carrillo, S. J. S.; Livera, M. M.; Sánchez del C. F. y Osuna, E. T. 2004. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidad de población en dos sistemas de producción. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(4):333-338.
- Yilmaz, E. 2001. The chemistry of fresh tomato flavor. *Turk. J. Agric. For.* 25(1):149-155.