

Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate*

Influence of irrigation and substrate on yield and quality of tomato

Oscar Germán Martínez-Rodríguez^{1§}, Álvaro Can-Chulim¹, Elia Cruz-Crespo¹ y Juan Diego García-Paredes¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit- Ciencias Biológico Agropecuarias y Unidad Académica de Agricultura. Xalisco, Nayarit, México. Carretera Tepic-Compostela, km 9. CP. 63155. [§]Autor para correspondencia: ogmartinez.r@gmail.com.

Resumen

El tomate es una fuente de vitaminas, minerales y sustancias bioactivas benéficas para la salud humana, tiene una amplia gama de uso en fresco y es una importante materia prima para la industria de transformación. Para incrementar su productividad, se ha involucrado el cultivo en sustratos, en el cual, el riego es uno de los factores más importantes a considerar, ya que en función de las propiedades fisicoquímicas del medio de crecimiento y de las necesidades hídricas de la planta se tiene un uso eficiente de agua y fertilizantes. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el volumen y frecuencia de riego en función de la capacidad de retención de agua del sustrato, así como el volumen de drenado sobre el rendimiento y calidad de fruto de tomate bola variedad Zyanya. La investigación se realizó en Nayarit en 2013 y 2014. Los tratamientos consistieron en tezontle y mezcla de tezontle con vermicompost como sustrato con riego al 80% de solución nutritiva Steiner y el testigo fue tezontle con riego al 100% de solución nutritiva. El volumen y frecuencia de riego se estableció de acuerdo con la capacidad de retención de agua (CRA) del tezontle. Se evaluó el rendimiento, color, diámetro, firmeza, sólidos solubles totales (SST) y porcentaje de acidez del fruto. Se encontraron diferencias significativas en las variables

Abstract

The tomato is a source of vitamins, minerals and bioactive substances beneficial to human health, has a wide range of fresh use and is an important raw material for the processing industry. In order to increase its productivity, it has been involved in cultivation in substrates, in which, irrigation is one of the most important factors to consider, since according to the physicochemical properties of the growth medium and the water needs of the plant has an efficient use of water and fertilizers. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the volume and frequency of irrigation as a function of the water retention capacity of the substrate, as well as the volume of drainage on the yield and quality of tomato fruit ball Zyanya variety. The research was carried out in Nayarit in 2013 and 2014. The treatments consisted of tezontle and mixture of tezontle with vermicompost as substrate with irrigation to 80% of nutrient solution Steiner and the control was tezontle with irrigation to 100% of nutritive solution. The irrigation volume and frequency were established according to water retention capacity (CRA) of tezontle. The yield, color, diameter, firmness, total soluble solids (TSS) and percentage of fruit acidity were evaluated. Significant differences were found in the

* Recibido: noviembre de 2016
Aceptado: enero de 2017

evaluadas. El rendimiento fue de 149 t ha⁻¹, los SST se encontraron entre 4 y 5.17 °Brix, el ácido cítrico osciló de 0.33 a 0.535%. Se concluyó que el vermicompost influyó positivamente en la CRA, debido a esto existió mayor disponibilidad de agua y nutrientes, en consecuencia se obtuvo mayor rendimiento.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, fracción de lixiviación, hidroponía.

Introducción

Actualmente el tomate (*Solanum lycopersicum*) ocupa el primer lugar entre las hortalizas más importantes del mundo (FAO, 2013). Esto se debe a su alta demanda en la industria (Peralta y Spooner, 2007), por su amplia gama de usos para el consumo en fresco y por ser fuente de vitaminas y minerales (Bao *et al.*, 2007). Sin embargo, el fruto debe poseer diversos atributos de calidad que lo hagan aceptable y deseable por los consumidores (Aoun *et al.*, 2013). En consecuencia, para incrementar la productividad de esta hortaliza y obtener mayor calidad en los frutos se ha involucrado los cultivos hidropónicos, dentro de los cuales, el sistema en sustratos es el más utilizado en México (Ojodeagua *et al.*, 2008). En esta técnica, el sustrato o medio de crecimiento es uno de los principales factores que determinan el éxito de un cultivo (Rodríguez *et al.*, 2013).

En las últimas dos décadas, el uso de sustratos comerciales inertes se ha implementado en la producción de tomate en invernadero, obteniendo altos rendimientos (Hao y Papadoupulos, 2002). No obstante, estos presentan un alto costo de adquisición y un acelerado agotamiento de sus reservas, por esta razón, la búsqueda de nuevos materiales para ser utilizados como sustrato es de suma importancia en la investigación, con la finalidad de optimizar recursos y tener una amplia gama de opciones.

De los sustratos minerales para uso hidropónico destaca el tezontle (Cruz *et al.*, 2013). Es un material considerado inerte desde el punto de vista químico, su extracto de saturación tiene un pH próximo a la neutralidad, tiene buena estabilidad, es ampliamente utilizado en hidroponía y por su porosidad interna y externa es un material de fácil manejo (Bastida, 1999; Rodríguez *et al.*, 2013). Otro material que se ha usado como medio de crecimiento es el vermicompost, el cual se ha evaluado en la producción de diversos productos hortícolas,

variables evaluadas. The yield was 149 t ha⁻¹, SSTs were found between 4 and 5.17 °Brix, citric acid ranged from 0.33 to 0.535%. It was concluded that vermicompost had a positive influence on CRA, due to the fact that there was a greater availability of water and nutrients, consequently a higher yield was obtained.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, hydroponics, leaching fraction.

Introduction

Currently tomato (*Solanum lycopersicum*) is the first among the world's most important vegetables (FAO, 2013). This is due to its high demand in the industry (Peralta and Spooner, 2007), for its wide range of uses for fresh consumption and for being a source of vitamins and minerals (Bao *et al.*, 2007). However, the fruit must possess various attributes of quality that make it acceptable and desirable by consumers (Aoun *et al.*, 2013). In order to increase the productivity of this vegetable and to obtain a better fruit quality, hydroponic crops have been involved, in which the substrate system is the most used in Mexico (Ojodeagua *et al.*, 2008). In this technique, the substrate or growth medium is one of the main factors that determine the success of a crop (Rodríguez *et al.*, 2013).

In the last two decades, the use of inert commercial substrates has been implemented in greenhouse tomato production, obtaining high yields (Hao and Papadoupulos, 2002). However, these present a high acquisition cost and an accelerated depletion of their reserves, for this reason, the search for new materials to be used as substrate is of utmost importance in research, in order to optimize resources and have a broad range of options.

Mineral substrates for hydroponic use highlights the tezontle (Cruz *et al.*, 2013). It is a material considered inert from the chemical point of view, its saturation extract has a pH close to neutrality, has good stability, is widely used in hydroponics and its internal and external porosity is a material of easy handling (Bastida, 1999; Rodríguez *et al.*, 2013). Another material that has been used as growth medium is vermicompost, which has been evaluated in the production of various horticultural products, either directly added to the soil or in mixture with other substrates, showing favorable results (Márquez *et al.*, 2008). This is because

ya sea agregado directamente al suelo o en mezcla con otros sustratos, mostrando resultados favorables (Márquez *et al.*, 2008). Esto es debido a que el vermicompost incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos (Canellas *et al.*, 2002), posee una elevada capacidad de intercambio catiónico (Pereira y Zezzi, 2004) y aumenta la retención de humedad de los sustratos, optimizando el consumo de agua y fertilizantes por las plantas (Atiyeh *et al.*, 2002).

Cabe mencionar que el sustrato debe poseer características físicas y químicas que, combinados con un programa integral de manejo y fertilización, permita optimizar el desarrollo de las plantas (Pineda *et al.*, 2008). Debido a esto, el riego es un factor importante a considerar en el manejo de los sustratos, ya que tiene un volumen limitado para el crecimiento y desarrollo radical de la planta. Este condiciona el rendimiento y la calidad de la producción y si existe deficiencia de agua puede provocar la muerte de la planta (Al-Omran *et al.*, 2010; Helyes *et al.*, 2012). Harmanto *et al.* (2005) y Flores *et al.* (2007), mencionan que el agua debe ser proporcionada en cantidad y en tiempo exacto puesto que una mala programación del riego promueve la presencia de enfermedades y desórdenes fisiológicos. Por lo tanto la elección oportuna del momento de riego permite obtener mayores rendimientos (Ismail *et al.*, 2008).

En la mayoría de los trabajos donde se ha evaluado sustratos y el vermicompost como componente del medio de crecimiento, no se define o no se especifica el volumen y frecuencia del riego y la relación que guardan con las propiedades físicoquímicas. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del volumen y frecuencia de riego con base a la capacidad de retención de agua del sustrato en el rendimiento y calidad de fruto de tomate bola variedad Zyanya cultivado en tezontle y en mezcla de tezontle con vermicompost.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en un invernadero de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, del 30 de julio de 2013 al 03 de enero de 2014. La humedad relativa media fue de 65%, la temperatura media del mes más cálido fue de 32 °C y para el mes más frío 23.31 °C.

vermicompost increases the solubility of nutrients (Canellas *et al.*, 2002), has a high cation exchange capacity (Pereira and Zezzi, 2004) and increases the moisture retention of the substrates, optimizing the consumption of water and fertilizers by plants (Atiyeh *et al.*, 2002).

It should be mentioned that the substrate must possess physical and chemical characteristics that, combined with an integral management and fertilization program, allow to optimize the development of the plants (Pineda *et al.*, 2008). Due to this, irrigation is an important factor to consider in the handling of substrates, since it has a limited volume for the growth and radical development of the plant. This condition conditions the yield and the quality of the production and if there is water deficiency can lead to the death of the plant (Al-Omran *et al.*, 2010; Helyes *et al.*, 2012). Harmanto *et al.* (2005) and Flores *et al.* (2007), mention that water must be provided in quantity and in exact time since poor irrigation programming promotes the presence of physiological diseases and disorders. Therefore, the timely choice of the irrigation moment allows higher yields (Ismail *et al.*, 2008).

In most studies where substrates have been evaluated and vermicompost as a component of the growth medium, the volume and frequency of irrigation and their relationship with the physicochemical properties are not defined or specified. For this reason, the objective of the present work was to evaluate the influence of the volume and frequency of irrigation based on the water retention capacity of the substrate in the yield and quality of tomato fruit Zyanya variety cultivated in tezontle and tezontle mixture with vermicompost.

Material and methods

The experiment was established in a greenhouse at the Academic Unit of Agriculture of the Autonomous University of Nayarit from July 30, 2013 to January 3, 2014. The average relative humidity was 65%, the average temperature of the warmest month was of 32 °C and for the coldest month 23.31 °C.

Sowing. The Zyanya variety ball tomato seeds were used, which were planted in a 200-well unicef tray. The seedlings were transplanted 28 days after sowing (DDS), with an

Siembra. Se utilizó semillas de tomate bola variedad Zyanya, las cuales se sembraron en una charola de unicel de 200 cavidades. Las plántulas se trasplantaron a los 28 días después de la siembra (DDS), con una altura promedio de 13 cm en macetas de polietileno negro de 8.25 L de capacidad, que contenían los sustratos tezontle y mezcla de tezontle con vermicompost elaborada con residuos de hueso de mango en proporción 80:20 (v/v). El tamaño de partícula del tezontle y de la mezcla fue de 0.5 a 10 mm de diámetro. En ambos medios de crecimiento se determinaron las propiedades físicas de acuerdo con Fonteno (2000) (Cuadro 1).

average height of 13 cm in pots of black polyethylene of 8.25 L capacity, containing the substrates tezontle and mixture of tezontle with vermicompost elaborated with residues of bone of mango in ratio 80:20 (v/v). The particle size of the tezontle and the mixture was 0.5 to 10 mm in diameter. In both growth media the physical properties were determined according to Fonteno (2000) (Table 1). The pots were accommodated in a linear manner with 40 cm between the center of one with respect to the one of the other and 80 cm between rows with a density of 3125 plants m^{-2} .

Cuadro 1. Propiedades físicas de tezontle puro y en mezcla con vermicompost. Tepic, Nayarit.
Table 1. Physical properties of pure tezontle and mixed with vermicompost. Tepic, Nayarit.

Sustrato	Proporción	CA	CRA (%)	PT	DA ($g\ cm^{-3}$)	DP ($g\ cm^{-3}$)
Tezontle	100	46.6	20.7	67.3	0.73	2.22
Tezontle:Vermicompost	80:20	24.5	33.2	57.8	0.8	1.9

CA= capacidad de aireación; CRA= capacidad de retención de agua; DA= densidad aparente; PT= porosidad total; DP= densidad de partícula.

Las macetas se acomodaron de manera lineal con 40 cm entre el centro de una con respecto al de la otra y 80 cm entre surcos con una densidad de 3.125 plantas m^{-2} .

Sistema de riego. Se utilizó riego por goteo con un gasto hidráulico de 3 $L\ h^{-1}$ por emisor por planta. El requerimiento de riego de la planta se estableció usando la ecuación de Blaney y Criddle como referencia (Aguilera y Martínez, 1996) y se ajustó de acuerdo con la capacidad de retención de agua (CRA) del tezontle y una fracción de lixiviación de 15%. Se utilizó riego con control automatizado. Se monitoreó la uniformidad de emisión del sistema mediante el coeficiente de uniformidad de caudales y presiones.

Riego. El tezontle (T) y mezcla de tezontle con vermicompost (T:V), se regaron con solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1961) al 80% de concentración, pH= 5.5 y CE= 2.34 $dS\ m^{-1}$. El tezontle testigo (TT) se regó a una concentración del 100% de solución de Steiner, pH= 5.5 y CE= 2.6 $dS\ m^{-1}$.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y un testigo, con doce repeticiones, generando un total de 36 plantas. El primer tratamiento consistió en tezontle con riego al 80% de concentración de solución nutritiva Steiner con base a la capacidad de retención de agua del tezontle, el segundo tratamiento fue la mezcla de tezontle con vermicompost con el mismo riego y el tercer tratamiento fue el testigo (tezontle con riego al 100% de solución nutritiva Steiner con base a la capacidad de retención

Irrigation system. Drip irrigation was used with a hydraulic cost of 3 $L\ h^{-1}$ per emitter per plant. The irrigation requirement of the plant was established using the Blaney and Criddle equation as a reference (Aguilera and Martínez, 1996) and adjusted according to tezontle water retention capacity (CRA) and a leaching fraction of 15%. The irrigation was used with automated control. The emission uniformity of the system was monitored by the coefficient of uniformity of flows and pressures.

Irrigation. The tezontle (T) and tezontle mixture with vermicompost (T:V) were watered with Steiner's nutrient solution (Steiner, 1961) at 80% concentration, pH= 5.5 and CE= 2.34 $dS\ m^{-1}$. The control tezontle (TT) was watered at a concentration of 100% Steiner's solution, pH= 5.5 and CE= 2.6 $dS\ m^{-1}$.

Experimental design. A completely randomized design with two treatments and one control, with twelve replicates, was used, generating a total of 36 plants. The first treatment consisted of tezontle irrigation with 80% concentration of nutrient solution Steiner based on the water retention capacity of the tezontle, the second treatment was the mixture of tezontle with vermicompost with the same irrigation and the third treatment was the control (tezontle with 100% Steiner nutrient solution based on tezontle water retention capacity). The experimental unit was from a pot with one plant to a single stem with five clusters per plant, and five fruits per cluster.

de agua del tezontle). La unidad experimental fue de una maceta con una planta a un solo tallo con cinco racimos por planta, y cinco frutos por racimo.

Variables evaluadas

Volumen de riego. Se midió el volumen de riego utilizado en todo el ciclo de cultivo, para esto, se registró la programación del riego por día y se midió el volumen drenado de cada tratamiento.

Rendimiento. Se obtuvo mediante la suma total del peso fresco de los frutos cosechados.

Color, diámetro, firmeza, SST y acidez titulable del fruto. Se midieron en el primer fruto de cada racimo de la planta cuando estos alcanzaron su estado de madurez de consumo (cuando los frutos presentaron una coloración roja al 100% de acuerdo a la tabla de color de The John Henry Co. MI, USA).

Color. Se determinó con dos lecturas, una por cada lado del fruto, por medio de un colorímetro (3 nh, NR145).

Diámetro. Se midió con un vernier digital (TRUPER, CALDI-6MP, México) de manera ecuatorial.

Firmeza. Se midió con un penetrómetro (OA, FT 327, Italia) para lo cual se quitó el epicarpio de la zona a evaluar.

Sólidos solubles totales. Se determinaron en el jugo del tomate mediante un refractómetro digital (HANNA, HI96801, Rumania).

Acidez titulable. Se evaluó en porcentaje de ácido cítrico por el método de la AOAC (1995).

Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey con un nivel de significancia de 95%, mediante el paquete estadístico Statistic Analysis System (SAS, 2009).

Resultados y discusión

Volumen de riego. El volumen total promedio de riego aplicado en el ciclo de cultivo fue de 201.1 L planta⁻¹, lo equivalente a 6284.75 m³ ha⁻¹, con una frecuencia de riego inicial de dos riegos por día y 15 al final del cultivo. El

Variables evaluated

Irrigation volume. The volume of irrigation used throughout the growing cycle was measured. The irrigation schedule was recorded per day and the volume drained of each treatment was measured.

Performance. It was obtained by summing the fresh weight of the fruits harvested.

Color, diameter, firmness, TSS and titratable acidity of the fruit. They were measured on the first fruit of each plant cluster when they reached their maturity stage (when the fruits showed a red coloration at 100% according to the color chart of The John Henry Co. MI, USA).

Color. It was determined with two readings, one for each side of the fruit, by means of a colorimeter (3 nh, NR145).

Diameter. It was measured with a digital vernier (TRUPER, CALDI-6MP, Mexico) in an equatorial manner.

Firmness. It was measured with a penetrometer (OA, FT 327, Italy) for which the epicarp was removed from the area to be evaluated.

Total soluble solids. They were determined in tomato juice using a digital refractometer (HANNA, HI96801, Romania).

Titratable acidity. It was evaluated in percentage of citric acid by the method AOAC (1995).

An analysis of variance and Tukey's mean comparison test with a significance level of 95% were performed using the statistical package Statistic Analysis System (SAS, 2009).

Results and discussion

Irrigation volume. The average total irrigation volume applied in the crop cycle was 201.1 L plant⁻¹, equivalent to 6284.75 m³ ha⁻¹, with an initial irrigation frequency of two irrigations per day and 15 at the end of the crop. The T treatment maintained a mean drainage volume of 20% (1256.95 m³ ha⁻¹); The TT treatment of 24% (1 508.34 m³ ha⁻¹) while T:V was the lowest with 16% (1005.56 m³ ha⁻¹). The vermicompost influenced the CRA, which coincides with the result obtained in the physical characterization of growth media (Table 1).

tratamiento T mantuvo una media de volumen de drenado del 20% ($1256.95 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$); el tratamiento TT de 24% ($1508.34 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) mientras que T:V fue el más bajo con 16% ($1005.56 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). El vermicompost influyó en la CRA, lo cual coincide con el resultado obtenido en la caracterización física de los medios de crecimiento (Cuadro 1).

Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con lo mencionado por Albiac y Tapia (2004), ellos señalan que la técnica de cultivo en sustrato para tomate requiere un gasto de agua por encima de $60\,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; sin embargo, Yescas *et al.* (2011) reportan en sus resultados un consumo neto de $2\,900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ muy por debajo de lo mencionado anteriormente. No obstante, obtuvieron bajos rendimientos. Por otra parte, Suazo *et al.* (2014) en su investigación con tezontle y mezclas de tezontle con arena 1:1, aplicó un volumen total de $6\,696 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ con densidad de siembra de 3 plantas m^{-2} similar al presente estudio. Ellos utilizaron 412 m^3 más de agua. El riego aplicado en función de las propiedades físicas del tezontle produjo un ahorro de agua y un uso eficiente de fertilizantes en la mezcla, ya que el 16% de volumen de drenado permitió un óptimo desarrollo de la planta y un buen rendimiento.

Rendimiento. El tratamiento testigo (TT) obtuvo el rendimiento más bajo con 139.72 t ha^{-1} y este a su vez no mostró diferencias significativas con T (140.52 t ha^{-1}). Sin embargo, el tratamiento con vermicompost (T:V) mostró diferencias significativas con los tratamientos antes mencionados con más de 9 t de diferencia (149.78 t ha^{-1}).

El rendimiento obtenido resultó por debajo a los reportados por Ortega *et al.* (2010), quienes obtuvieron 250 t ha^{-1} en un sustrato elaborado por aserrín y composta; sin embargo, utilizaron una densidad de siembra de 6 plantas m^{-2} contra 3.125 plantas m^{-2} que se utilizó en esta investigación. A pesar de ello, en un tratamiento de tezontle puro dichos autores reportaron 131 t ha^{-1} lo cual es menor comparado con T (140 t ha^{-1}) y TT (139 t ha^{-1}). Por su parte, Suazo *et al.* (2014) con una densidad de siembra de 3 plantas m^{-2} reportaron rendimientos de 85.5, 107.7 y 113.1 t ha^{-1} en mezcla de tezontle y arena (1:1), donde el valor más bajo corresponde a una concentración de solución nutritiva de Steiner de 50%, el valor intermedio a 75% y el más alto a 100% de concentración. Significa que el riego aplicado en función de las propiedades físicas del suelo mostró un efecto positivo con altos rendimientos a baja densidad de siembra, donde 16% de volumen de drenado en sustratos es suficiente para obtener resultados favorables.

The results obtained in the present investigation agree with what Albiac and Tapia (2004) mentioned, they point out that the substrate cultivation technique for tomato requires a water expenditure above $60\,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; however, Yescas *et al.* (2011) report a net consumption of $2\,900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in its results, well below what was previously mentioned. Nevertheless they obtained low yields. On the other hand, Suazo *et al.* (2014) in their research with tezontle and 1:1 tezontle sand mixes, applied a total volume of $6\,696 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ with planting density of 3 plants m^{-2} similar to the present study. They used 412 m^3 more of water. Irrigation applied as a function of the physical properties of the tezontle produced a water saving and an efficient use of fertilizers in the mixture, since the 16% volume of drainage allowed an optimum development of the plant and a good performance.

Yield. The control treatment (TT) obtained the lowest yield with 139.72 t ha^{-1} and this did not show significant differences with T (140.52 t ha^{-1}). However, treatment with vermicompost (T:V) showed significant differences with the aforementioned treatments with more than 9 t of difference (149.78 t ha^{-1}).

The yield obtained was below those reported by Ortega *et al.* (2010), who obtained 250 t ha^{-1} in a substrate made from sawdust and compost, however, used a planting density of 6 plants m^{-2} against 3.125 plants m^{-2} that was used in this research. However, in a pure tezontle treatment, these authors reported 131 t ha^{-1} which is lower compared to T (140 t ha^{-1}) and TT (139 t ha^{-1}). On the other hand, Suazo *et al.* (2014) with a planting density of 3 plants m^{-2} reported yields of 85.5, 107.7 and 113.1 t ha^{-1} in a mixture of tezontle and sand (1:1), where the lowest value corresponds to a concentration of nutrient solution of Steiner of 50%, the intermediate value to 75% and the highest to 100% concentration. This shows that the irrigation applied as a function of the physical properties of the growth medium showed a positive effect with the obtaining of high yields with low seed density, where it is demonstrated that the 16% volume of drainage in substrates is sufficient for obtain favorable results.

Color, diameter and firmness of the fruit. The comparison of means showed no significant effect on color by the treatments evaluated in the first four clusters (Table 2). However, in the fifth cluster there was a significant difference in the HUE of TT with the lowest value.

Color, diámetro y firmeza del fruto. La comparación de medias no mostró efecto significativo en el color en los primeros cuatro racimos (Cuadro 2). No obstante, en el quinto racimo si existió diferencia en el HUE de TT con el valor más bajo.

All tomatoes, presented red according to the color chart called “Tomato color standards USDA. Visual Aid TM-L-1” (The John Henry Co. MI, USA), which illustrates with 12 color photographs the color requirements.

Cuadro 2. Comparación de medias del color de frutos del primer y quinto racimo de tomate bola variedad Zyanya. Ciclo 2013- 2014.

Table 2. Comparison of fruit color means of the first and fifth bunch tomato variety Zyanya. Cycle 2013-2014.

Tratamiento	1			5		
	L	HUE	CROMA	L	HUE	CROMA
T	49.448 a	45.297 a	46.374 a	48.28 a	47.255 a	39.618 a
T:V	49.238 a	45 a	44.412 a	49.37 a	46.435 a	38.101 a
TT	49.083 a	44.44 a	45.877 a	47.625 a	41.232 b	40.226 a

Medias con misma literal dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). T = tezontle; T:V = tezontle-vermicompost; TT= tezontle testigo.

Todos los tomates, presentaron color rojo de acuerdo a la carta de color denominada “Tomato color standards USDA. Visual Aid TM-L-1” (The John Henry Co. MI, USA), la cual ilustra con 12 fotografías en color los requerimientos de color.

Este tipo de herramientas se utilizan con frecuencia para determinar el punto de maduración de los frutos, al respecto, Thai *et al.* (1990) sugirieron utilizar el croma como un indicador de los estados de madurez del tomate; sin embargo, en los resultados obtenidos al momento del corte el fruto mostró un HUE de 82.601 y CROMA de 28.53, mientras que el color de los frutos maduros de TT del quinto racimo presentaron HUE de 41.23 y CROMA 40.22, donde existe una notable diferencia de más de 40° en HUE contra 11.69° en CROMA, por lo tanto este no es un buen indicador del estado de madurez, tal como lo señala López y Gómez (2004). Un HUE de 90° es indicativo de color amarillo puro y CROMA cercano a cero presenta una tendencia al color blanco (García *et al.*, 2011). Dado esto junto con las evidencias anteriores, indican que los cambios de coloración de amarillo a rojo presentan poca variación en croma lo que corrobora lo mencionado por Padrón *et al.* (2012).

Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Sánchez *et al.* (2008), quienes en tomates maduros tipo “Muchamiel, Murciano, Pera y Flor de Baladre” presentaron los ángulos de tono (HUE) de 52.31, 48.92, 48.08 y 40.94; cromas de 39.49, 38.76, 36.89 y 29.53; respectivamente para los cuatro tipos. Sin embargo, Padrón *et al.* (2012) reporta en sus resultados cuando el tomate alcanzó la coloración de rojo valores de 80 para HUE y 81 para CROMA.

These types of tools are frequently used to determine the ripening point of fruits, Thai *et al.* (1990) suggested using chroma as an indicator of tomato ripeness, however, in the results obtained at the time of cutting the fruit showed an HUE of 82.601 and CROMA of 28.53, while the color of the mature fruits of TT of the fifth cluster presented HUE of 41.23 and CHROMA 40.22, where there is a remarkable difference of more than 40° in HUE against 11.69° in CROMA, therefore this is not a good indicator of the state of maturity, as López and Gómez (2004). A HUE of 90° is indicative of pure yellow color and CHROMA close to zero presents a tendency to white color (García *et al.*, 2011). Given this together with the previous evidence, they indicate that the changes of coloration of yellow to red presents little variation in chroma which corroborates what mentioned by Padrón *et al.* (2012).

The results obtained were similar to those reported by Sánchez *et al.* (2008), who presented the HUE angles of 52.31, 48.92, 48.08 and 40.94 in ripe tomatoes “Muchamiel, Murciano, Pera and Flor de Baladre”; Chrome of 39.49, 38.76, 36.89 and 29.53; respectively for the four types. However, Padrón *et al.* (2012) reports in its results when the tomato reached the red color values of 80 for HUE and 81 for CHROME.

Diameter. The results obtained are shown in Table 4. It was observed that all evaluated fruits were of first caliber in the classification of Escobar and Lee (2001) (Table 3). They mentioned that the diameter of the first fruit corresponds to 67 to 82 mm, whereas according to norm NMX-FF-031-1997 all fruits were extra large (>70 mm).

Diámetro. Los resultados se muestran en el Cuadro 3. Se observó que todos los frutos evaluados fueron de primera en la clasificación de Escobary Lee (2001). Indican que el diámetro del fruto es de 67 a 82 mm, mientras en la norma NMX-FF-031-1997 todos los frutos fueron extra grandes (>70 mm).

On the other hand, Ardila *et al.* (2011) in their research on tomato 'Long life' obtained fruits of 60 to 70 mm in diameter, values similar to the results obtained, which, in turn, were below those reported by Casierra *et al.* (2007) with diameters above 80 mm.

Cuadro 3. Comparación de medias del diámetro de fruto de tomate bola variedad Zyanya. Ciclo 2013-2014.
Table 3. Comparison of means of the diameter of tomato fruit ball Zyanya variety. Cycle 2013-2014.

Tratamiento	Diámetro de fruto (mm), racimo					Promedio
	1	2	3	4	5	
T	72.55 a	72.43 a	73.23 a	73.58 a	71.18 b	72.59 a
T:V	70.32 a	70.02 b	72.43 a	71.2 b	74.61 a	71.71 a
TT	70.35 a	72.32 a	73.62 a	70.58 b	71.06 b	71.58 a

Medias con misma literal dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). T= tezontle; T:V= tezontle-vermicompost; TT= tezontle testigo.

Por otra parte, Ardila *et al.* (2011) en su investigación en tomate 'Larga vida' obtuvieron frutos de 60 a 70 mm de diámetro, valores similares a los resultados obtenidos, los cuales, a su vez resultaron por debajo a los reportados por Casierra *et al.* (2007) con diámetros por encima de 80 mm.

Firmness. There were no significant statistical differences between the recorded firmness of the fruits (Table 4). In general, there was a tendency to increase from cluster one to five, the treatment with the strongest fruits was T, followed by TT and T:V respectively.

Cuadro 4. Comparación de medias de la firmeza (kg cm^{-2}) del fruto de tomate bola variedad Zyanya. Ciclo 2013-2014.
Table 4. Comparison of firmness means (kg cm^{-2}) of tomato fruit ball Zyanya variety. Cycle 2013-2014.

Tratamiento	Racimo					Promedio
	1	2	3	4	5	
T	1.8 a	2.56 a	3.33 a	2.57 b	3.4 a	2.73 a
T:V	1.45 b	1.45 c	2.3 b	3.18 a	3.43 a	2.36 a
TT	1.37 b	1.61 b	3.57 a	3.05 a	2.57 b	2.43 a

Medias con misma literal dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). T= tezontle; T:V= tezontle-vermicompost; TT= tezontle testigo.

Firmeza. No existieron diferencias estadísticas significativas entre las firmezas registradas de los frutos (Cuadro 4). En general, existió una tendencia a incrementar del racimo uno al cinco, el tratamiento que presentó los frutos más firmes fue T, seguido de TT y T:V respectivamente.

Se compararon los resultados obtenidos con los reportados por Casierra y Aguilar (2008) quienes en tomate "Marimba, Sofia y Bravona" de tipo comercial cosechados en distintas etapas de maduración, obtuvieron 0.643, 0.701 y 0.688 kg cm^{-2} respectivamente.

Compared with those reported by Casierra and Aguilar (2008), commercial tomatoes harvested at different stages of maturation yielded 0.643, 0.701 and 0.688 kg cm^{-2} respectively in commercial "Marimba, Sofia and Bravona" tomatoes. These results are different from those obtained in the present investigation, which reached firmness of 1.17 to 3.57 kg cm^{-2} . Cruz (2010) in mixtures of tezontle with vermicompost evaluated the concentration of nutrient solution and obtained values of 0.581 to 0.612 kg cm^{-2} , which were different with those reported in Table 4.

Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la presente investigación, los cuales alcanzaron firmezas de 1.17 a 3.57 kg cm⁻². Cruz (2010) en mezclas de tezontle con vermicompost evaluó la concentración de solución nutritiva y obtuvo valores de 0.581 a 0.612 kg cm⁻², los cuales resultaron diferentes con los reportados en el Cuadro 4.

Por su parte Villareal *et al.* (2010) en su estudio en suelo con aplicación de vermicompost más fertilización química mencionaron que la aplicación de vermicompost más la fertilización tradicional, mejoraron la firmeza de los frutos. En este sentido, Zaller (2007) mencionó que la aplicación de vermicompost aumentó la firmeza, aunque depende de la variedad, así como de la cantidad aplicada de esta en el medio de crecimiento. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos el riego, así como el vermicompost al 20% no influyó en la firmeza del fruto de tomate bola variedad Zyanya.

Sólidos solubles totales. Los SST están asociados con una mayor conductividad eléctrica de los sustratos (Ochoa *et al.*, 2009), a pesar de ello, los resultados obtenidos comparados por tratamiento no concuerdan con lo mencionado. El tratamiento T:V tuvo mayor conductividad eléctrica que T; sin embargo, no obtuvo mayor contenido de SST. En TT se encontró por encima de los demás tratamientos en el contenido de SST, no hubo diferencias significativas entre tratamientos solo entre racimos. Existió un incremento del contenido de SST del primer racimo comparado con el quinto racimo (Cuadro 5), estos resultados son ligeramente mayor a los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2013) quienes reportan un contenido de SST de 4 a 4.2, muy por debajo de los resultados de San Martín *et al.* (2012) quienes obtuvieron arriba de 7 en tezontle mezclado con arena y fibra de coco en proporción 3:1.

On the other hand, Villareal *et al.* (2010) in their study in soil with application of vermicompost plus chemical fertilization mentioned that the application of vermicompost plus the traditional fertilization, improved the firmness of the fruits. In this sense, Zaller (2007) mentioned that the application of vermicompost increased firmness, although it depends on the variety, as well as the amount of this applied in the growth medium. Therefore, according to the irrigation results obtained, as well as the 20% vermicompost did not influence the firmness of the tomato fruit ball Zyanya variety.

Total soluble solids. The SSTs are associated with a higher electrical conductivity of the substrates (Ochoa *et al.*, 2009); however, the results obtained compared by treatment do not agree with the mentioned. The T:V treatment had higher electrical conductivity in the growth medium than T, however, did not obtain higher TSS content. In TT was found above the other treatments in the SST content, however, there were no significant differences between treatments alone between clusters. There was an increase in the SST content of the first cluster compared to the fifth cluster (Table 5), these results are slightly higher than those obtained by Rodríguez *et al.* (2013) who reported an SST content of 4 to 4.2 and well below the results of San Martín *et al.* (2012) who obtained above 7 in tezontle mixed with sand and coconut fiber in a 3:1 ratio.

Moreno *et al.* (2005) evaluated pure vermicompost and different proportions with sand in “Hora-Dade” tomato, and obtained values of 5.1 to 6° of SST. The highest values were obtained when vermicompost was used between 25 and 50% as a component of the substrate.

Cuadro 5. Sólidos solubles (grados brix) en tomate bola variedad Zyanya.
Table 5. Soluble solids (brix degrees) in tomato ball Zyanya variety.

Tratamiento	Racimo					Promedio
	1	2	3	4	5	
T	4.61 a	4.35 a	4.22 b	4.35 b	5.17 a	4.54 a
T:V	4.2 b	4 b	4.35 b	4.25 b	4.78 b	4.31 a
TT	4.51 a	4.26 a	4.58 a	4.92 a	4.55 c	4.56 a

Medias con misma literal dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). T= tezontle; T:V= tezontle-vermicompost; TT= tezontle testigo.

Moreno *et al.* (2005) evaluaron el vermicompost puro y a diferentes proporciones con arena en tomate “Hora-Dade”, y obtuvieron valores de 5.1 hasta 6° de SST. Los valores

Preciado *et al.* (2011) in tomato “El Cid” saladete in river land as substrate and nutrient solution Steiner, compost, vermicompost and vermicompost leachate, obtained 4.1,

más elevados se obtuvieron cuando el vermicompost se usó entre el 25 y 50% como componente del sustrato. Preciado *et al.* (2011) en tomate saladete “El Cid” en tierra de río como sustrato y solución nutritiva Steiner, te de composta, te de vermicompost y lixiviado de vermicompost, obtuvieron 4.1, 4.5, 4.4 y 4.6 °Brix, respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación. De acuerdo a este autor, el contenido de SST para el consumo en fresco de un tomate de calidad debe ser mayor a 4 y son considerados como aptos para su consumo en fresco y de calidad. Sin embargo, no todos son aptos para la industria de procesos según Diez (2001), quien menciona que el contenido de SST debe estar entre 4.5 y 5.5 °Brix.

Acidez titulable. La acidez titulable ácido cítrico varió de 0.36 a 0.535%. Al igual que en la firmeza existe una tendencia de incremento del porcentaje de acidez del primer al quinto racimo (Cuadro 6). Según San Martín *et al.* (2012) y Cantwell *et al.* (2007) la acidez se asocia al incremento de la salinidad. En esta investigación la salinidad se controló con la lámina de lavado, este incremento de acidez se atribuye a la menor disponibilidad de nutrientes por la diferencia de altura de un racimo respecto a otro, ya que a mayor altura, mayor acumulación de solutos para generar menor potencial osmótico para absorber agua y nutrientes.

4.5, 4.4 and 4.6° Brix, respectively. These values are similar to those obtained in the present investigation. According to this author, the SST content for fresh consumption of a quality tomato should be greater than 4 and are considered as fit for fresh consumption and quality. However, not all are suitable for the process industry according to Diez (2001), who mentions that the content of SST must be between 4.5 and 5.5° Brix.

Titratable acidity. The acid titratable citric acid varied from 0.36 to 0.535%. As in firmness there is a tendency to increase the percentage of acidity from the first to the fifth cluster (Table 6). According to San Martín *et al.* (2012) and Cantwell *et al.* (2007) the acidity is associated to the increase of the salinity. In this research the salinity was controlled with the washing sheet, this increase of acidity is attributed to the lower availability of nutrients by the difference in height of a cluster with respect to another, since at a higher height, greater accumulation of solutes to generate less osmotic potential to absorb water and nutrients. There were no significant differences between treatments at the end of cultivation, although in each cluster. The fruits from plants growing in tezontle reached a higher percentage of acidity, above 0.5% expressed as nitric acid concentration. San Martín *et al.* (2012) obtained 0.1% higher than the results obtained.

Cuadro 6. Porcentaje de acidez expresado en ácido nítrico de tomate bola variedad Zyanya.
Table 6. Percentage of acidity expressed in nitric acid tomato variety ball Zyanya.

Tratamiento	Racimo					Media
	1	2	3	4	5	
T	0.36 a	0.375 b	0.401 a	0.501 a	0.535 a	0.43 a
T:V	0.33 b	0.375 b	0.354 c	0.438 cd	0.516 a	0.4 a
TT	0.37 a	0.403 a	0.406 a	0.427 b	0.424 b	0.4 a

Medias con misma literal dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). T= tezontle; T:V= tezontle-vermicompost; TT= tezontle testigo.

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos al final del cultivo aunque sí en cada racimo. Los frutos provenientes de plantas que crecieron en tezontle alcanzaron mayor porcentaje de acidez, por arriba de 0.5% expresado en concentración de ácido nítrico. San Martín *et al.* (2012) obtuvo 0.1% mayor que los resultados obtenidos.

Vázquez *et al.* (2015) en tomate saladette publicaron un contenido de ácido cítrico de 0.24 a 0.32%, que resultó inferior los obtenidos en esta investigación, donde los valores fluctúan de 0.33 a 0.535% de ácido cítrico.

Vázquez *et al.* (2015) in tomato saladette published a citric acid content of 0.24 to 0.32%, which resulted below the results presented in this research where values within the range of 0.33 to 0.535% of citric acid were obtained. Moneruzzaman *et al.* (2009) in tomato Roma VF evaluated the effect of different storage conditions on tomatoes in different maturity stages, in a treatment comparable to those of the present research, obtained 0.438% of citric acid, which agrees with the parameters reported here; however, did not exceed the values obtained.

Moneruzzaman *et al.* (2009) en tomate Roma VF evaluaron el efecto de diferentes condiciones de almacenamiento en tomates en distintos estados de madurez, en un tratamiento comparable con los de la presente investigación obtuvo 0.438% de ácido cítrico lo que concuerda con los parámetros aquí reportados: no obstante, no sobrepasó los valores obtenidos.

Conclusiones

El volumen y frecuencia de riego para tomate bola variedad Zyanya de acuerdo a la capacidad de retención de agua del tezontle con 20% de volumen de drenado fue de 6 284.75 m³ ha⁻¹ distribuido de acuerdo a la necesidad hídrica de la planta de dos a 15 riegos. El vermicompost fue el responsable del mayor rendimiento. En mezcla con el tezontle obtuvo un volumen de drenado de 16%, lo cual, fue suficiente para el crecimiento y desarrollo de la planta de tomate bola variedad Zyanya. El volumen y frecuencia de riego y el sustrato no influyeron en la calidad del fruto, sin embargo, el riego aplicado en función de la capacidad de retención de agua del tezontle y la concentración al 80% de solución nutritiva Steiner cubrió la demanda nutricional de la planta con altos rendimientos y frutos calidad. La aplicación del volumen y riegos frecuentes en función del sustrato utilizado y los requerimientos del cultivo permiten la optimización de recursos.

Literatura citada

- Aguilera, C. M. y Martínez, E. R. 1996. Relaciones agua suelo planta atmosfera. Cuarta edición corregida. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 256 p.
- Albiac, J. y Tapia, J. 2004. El modelo para el análisis del sector agrario: Necesidades hídricas de los cultivos. Instituto Juan de Herrera. Madrid, España. <http://www.habitat.aq.upm.es/boletín/n27/ajalb4.htm>.
- Al, O. A.; Al, H. A.; Wahb, A.; Nadeem, M. and Al, E. A. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in Sandy calcareous soil. *Turk J Agric For.* 34:59-73.
- AOAC (Official Methods of Analysis) . 1995. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- Aoun, B. A.; Belgacem, L.; Leila, B. and Ali, F. 2013. Evaluation of fruit quality traits of traditional varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in Tunisia. *Afr. J. Food Sci.* 7(10):350-354.

Conclusions

The volume and frequency of irrigation for tomato ball Zyanya variety according to the water retention capacity of the tezontle with 20% volume of drainage was 6 284.75 m³ ha⁻¹ distributed according to the water requirement of the plant two to 15 irrigations. The vermicompost was responsible for the higher yield. In mixture with the tezontle it obtained a volume of drainage of 16%, which, was enough for the growth and development of the tomato plant ball Zyanya variety. The volume and frequency of irrigation and the substrate did not influence the quality of the fruit, however, the irrigation applied according to the tezontle water retention capacity and the concentration to 80% of nutrient solution Steiner covered the nutritional demand of the plant with high yields and fruit quality. The application of volume and frequent irrigation depending on the substrate used and the requirements of the crop allow the optimization of resources.

End of the English version



- Ardila, R.; Fischer, G. y Balaguera, L. 2011. Caracterización del crecimiento del fruto y producción de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico bajo invernadero. *Rev. Colomb. Cienc. Hort.* 5(1):44-56.
- Atiyeh, R.; Lee, S.; Edwards, C.; Arancon, N. and Metzger, J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Bao, B.; Ke, L.; Jiang, J. and Ying, T. 2007. Fruit quality of transgenic tomatoes with suppressed expression of LeETR1 and LeTR2 genes. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 16:122-126.
- Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 5(1):5-11.
- Canellas, L.; Olivares, F.; Okorokova, F. and Facanha, A. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiol.* 130(4):1951-1957.
- Cantwell, M.; Stoddard, S.; LeStrange, M. and Aegerter, B. 2007. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. 740 p.
- Casierra, P. F.; Constanza, C. M. y Cárdenas, H. J. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agron. Colomb.* 25(2):299-305.
- Casierra, P. F. y Aguilar, V. O. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agron. Colomb.* 26(2):300-307.

- Cruz, C. E. 2010. Mezclas de vermicomposta y tezontle, diseñadas mediante un programa de optimización en SAS, para el cultivo de tomate bajo invernadero e hidroponía. Tesis doctoral. 142 p.
- Cruz, C. E.; Can, C. A.; Sandoval, V. M.; Bugarín, M. R.; Robles, B. A. y Juárez, L. P. 2013. Sustratos en la horticultura. *Rev. Bio. Cienc.* 2(2):17-26.
- Escobar, H. y Lee, R. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. In: Ardila, R. G.; Fischer, G. y Balaguera, L. H. 2011. Caracterización del fruto y producción de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico bajo invernadero. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 5(1):44-56.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2013. <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/S>.
- Flores, J.; Ojeda, B. W.; López, I.; Rojano, A. y Salazar, I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoam.* 25(2):127-134.
- Fonteno, W.; Harden, C. and Brewster, J. 2000. Procedures for determining physical properties of horticultural substrates using the NCSU porometer. Horticultural Substrate Laboratory. North Carolina State University. 26 p.
- García, T.; Zamudio, F.; Bello, P.; Romero, B. y Solorza, J. 2011. Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica. *Rev. Iberoam. Polímeros.* 12(3).
- Hao, X. y Papadopoulos, A. 2002. Growth, photosynthesis and productivity of greenhouse tomato cultivated in open or closed rock-wool system. *Can. J. Plant Sci.* 82:771-780.
- Harmanto, V. M.; Salokhe, M.; Babel, S. and Tantau, H. J. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agric. Water Manag.* 71:225-242.
- Helyes, L.; Lugasi, A. and Pék, S. 2012. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turk J Agric For.* 36:702-709.
- Ismail, S. M.; Ozawa, K. and Khondaker, N. A. 2008. Influence of single and multiple water application timings on yield and water use efficiency in tomato (var. First power). *Agric. Water Manag.* 95:116-122.
- López, C. A. and Gómez, P. 2004. Comparison of color index for tomato ripening. *In: Zapata (a), L.; Gerard, L.; Davies, C.; Oliva, L.; Schvad, M.* 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Ciencias, Docencia y Tecnología.* 17(34):207-226.
- Márquez, H. C.; Cano, R. P. y Rodríguez, D. N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34(1):69-74.
- Moreno, R. A.; Valdés, P. M. y Zarate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc.* 65(1):26-34.
- Moneruzzaman, K. M.; Hossain, M. S.; Sani, M.; Saifuddin, W. and Alenazi, M. 2009. Effect harvesting and storage conditions on the post harvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Roma VF. *Aust. J. Crop Sci.* 3:113-121.
- NMX-FF-031-1997. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Hortalizas frescas tomate - (*Lycopersicon esculentum* Mill). Normas mexicanas, Dirección General de normas.
- Nuez, F.; Rodríguez, A.; Tello, J.; Cuartero, J. y Segura, B. 2001. El cultivo del tomate, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Ochoa, M. E.; Figueroa, U. V.; Cano, R. P.; Preciado, R. P.; Moreno, R. A. y Rodríguez, D. N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15:245-250.
- Ojodeagua, A.; Castellanos, R.; Muñoz, R.; Alcántar, G.; Tijerina, C.; Vargas, T. y Enríquez, R. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Rev. Fitotec. Mex.* 31:367-374.
- Ortega, M. L.; Sánchez, O. J.; Ocampo, M. J.; Sandoval, C. E.; Salcido, R. A. y Manzo, R. F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai. Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable. Universidad Autónoma Indígena de México.* 6(3): 339-346.
- Padrón, P.; Padrón, L.; Montes, H. y Oropeza, G. 2012. Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agron. Costar.* 36(1):97-111.
- Peralta, I. and Spooner, D. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). *Genet. Improv. Solanac. Crops* 2: 1-27.
- Pereira, M. and Zezzi, A. 2004. Preconcentration of Cd (II) and Pb (II) using humic substances and flow system coupled to flame atomic absorption spectrometry. *Microchim. Acta.* 215-222.
- Pineda, P.; Castillo, G.; Moráles, C.; Colinas, L.; Valdez, A. y Avitia, G. 2008. Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 14(2).
- Preciado, R. P.; Fortis, H. M.; García, H. J.; Rueda, P. E.; Esparza, R. J.; Lara, H. A.; Segura, C. M. y Orozco, V. J. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia.* 36(9): 689-693.
- Rodríguez, D. E.; Salcedo, P. E.; Rodríguez, M. R.; González, E. D. y Munguía, M. 2013. Reúso del tezontle: efecto en sus características físicas y en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Terra Latinoam.* 31(4):275-284.
- San Martín, H. C.; Ordáz, V. M.; Sánchez, C. P. G.; Colina M. T. B. y Borges, G. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de Tezontle. *Agrociencia.* 46(3):243-254.
- Sánchez, E.; Catalá, M. S.; Moráles, M. A.; Gomariz, J.; Egea, S. J. M. y Costa, J. 2008. Caracteres de calidad de diferentes tipos de tomate murcianos. Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Bullas, Murcia, España. *In: Padrón, P.; Padrón, L.; Montes, H. y Oropeza, G.* 2012. Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agron. Costar.* 36(1):97-111.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil.* 15: 134- 154.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS User's guide: Statistic. Cary, NC, USA.
- Suazo, L. F.; Zepeda, B. R.; Sánchez, C. F.; Martínez, H. J.; Virgen, V. J. and Tijerina, C. L. 2014. Growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) as affected by hidroponics, greenhouse and irrigation regimes. *Ann. Res. Review Biol.* 4(24):4246-4258.
- Thai, C. N.; Shewfelt, R. L. and Garner, J. C. 1990. Tomato color changes under constant and variable storage temperatures: empirical models. *In: Zapata, L.; Gerard, L.; Davies, C.; Oliva, L. y Schvad, M.* 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Ciencias, Docencia y Tecnología.* 34: 207-226.

- Vázquez, V. P.; García, L. M.; Navarro, C. M. y García, H. D. 2015. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Mex. Agron.* 19(36):1351-1356.
- Villareal, R. M., Parra, T. S., Sánchez, P. P., Hernández, V. S., Osasuna, E. T., y Basilio, H. J. 2010. Cobertura vegetal, vermicompost y actividad microbiana del suelo en la producción de tomate. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(2):217-231.
- Yescas, C. P.; Segura, C. M. A.; Orozco, V. J. A.; Enríquez, S. M.; Sánchez, J. L. S.; Frías, R. J. E.; Montemayor, J. A. T. y Preciado, R. P. 2011. Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate. *Terra Latinoam.* 29: 441-448.
- Zaller, J. G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Sci. Hortic.* 112:191-199.