

## Estiércol bovino solarizado en la producción de tomate bajo condiciones de malla sombra

María de Lourdes González-Betancourt<sup>1</sup>

Miguel Ángel Gallegos-Robles<sup>1</sup>

Esteban Sánchez-Chávez<sup>2</sup>

Ignacio Orona-Castillo<sup>1</sup>

Bernardo Espinosa-Palomeque<sup>3</sup>

José Dimas López-Martínez<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. CP. 35170. (lulu\_trc14@hotmail.com; garoma64@hotmail.com; orokaz@yahoo.com). <sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo AC. Delicias, Chihuahua, México. (esteban@ciad.mx). <sup>3</sup>Unidad Laguna-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y carretera a Santa Fe s/n, Torreón, Coahuila, México. CP. 27059. (berna-palomeque@outlook.com).

§Autor para correspondencia: pepe.dimaslopez@hotmail.com.

### Resumen

En la agricultura orgánica se busca utilizar de manera sustentable los recursos que se disponen en la región, para así disminuir los costos de producción, especialmente los relacionados con la fertilización. El uso de abonos orgánicos es una alternativa para el logro de este propósito. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de estiércol bovino solarizado en la producción y calidad de frutos de tomate. Se utilizó un diseño bloques al azar con seis repeticiones; los tratamientos fueron cuatro dosis de estiércol solarizado (0, 40, 80, 120 t ha<sup>-1</sup>). No existió diferencia significativa para las variables altura de planta, número de frutos y rendimiento entre las distintas dosis de estiércol, sin embargo, con la aplicación de 120 ton ha<sup>-1</sup> se incrementó en 60.14 y 64.17% el contenido de  $\beta$ -caroteno y antocianinas, en comparación al testigo, respectivamente. Se registraron diferencias significativas en pH y CE del suelo al final del ciclo del cultivo. El uso de estiércol solarizado es una opción sustentable para la producción de tomate en malla sombra, ya que se obtuvieron resultados similares sin la aplicación de la fertilización inorgánicos.

**Palabras clave:** abonos orgánicos, carotenoides, rendimiento.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: marzo de 2020

## Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los productos más consumidos tanto en fresco como procesado en todo el mundo (Zecchin y Mógor, 2017). México es el décimo país productor con 3.3 millones de toneladas, con rendimientos de 35.9 t ha<sup>-1</sup> a campo abierto, 120.3 t ha<sup>-1</sup> en malla sombra y 175.1 t ha<sup>-1</sup> en condiciones de invernadero (SAGARPA, 2016). El fruto de tomate presenta altos contenidos de compuestos bioactivos como el folato, el ascorbato, los polifenoles, los carotenoides, vitaminas y otros nutrientes esenciales, debido a esto, son extremadamente valiosos para la salud humana (Ahmed *et al.*, 2017).

En la producción de tomate se utilizan cantidades excesivas de fertilizantes y agroquímicos, que además de las implicaciones en los costos, generan riesgos en la salud humana y el medio ambiente (Valenciano y Uribe, 2015). En este contexto, una alternativa sostenible para: i) mitigar los efectos ambientales negativos de los fertilizantes; ii) reducir los índices de contaminación de los residuos orgánicos sólidos generados en los sistemas de producción de bovinos; y iii) mejorar la calidad organolépticas y nutracéutica de los frutos, es el uso de abonos orgánicos como el vermicompost, compost y estiércol bovino solarizado (Salas-Pérez *et al.*, 2017; Fortis-Hernández *et al.*, 2018).

Aunado a lo anterior, los beneficios del uso de abonos orgánicos son diversos, ya que además de aportar materia orgánica y nutrimentos, mejoran las características físico-químicas (estructura, retención de humedad y fertilidad) del suelo, incrementan la población microbiana presente en el suelo y se ha demostrado que reducen algunas enfermedades inducidas por hongos fitopatógenos del suelo (Vázquez *et al.*, 2011; López *et al.*, 2014; Valadez *et al.*, 2016). El nitrógeno aportado por los abonos orgánicos es de forma orgánica, que paulatinamente se va mineralizando para la absorción de las plantas (Ramos y Terry, 2014).

El estiércol solarizado se obtiene del proceso llamado solarización, el cual consiste en realizar montículos de un metro de alto de estiércol, humedecer hasta 25% y cubrir con plástico sin albedo, así aumentar la temperatura >60 °C en tiempo variable según las condiciones climáticas y la estación del año del lugar (López *et al.*, 2014). Por otra parte, con el uso del estiércol solarizado se reducen los costos de producción ya que es más económicos que los fertilizantes, siendo una alternativa viable para la producción del cultivo. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar cuatro diferentes dosis de estiércol bovino solarizado sobre la producción y calidad de frutos de tomate en condiciones de malla sombra.

## Materiales y métodos

### Sitio de estudio

El experimento se realizó en una malla sombra de la empresa Ganadera-VIGO SA de CV, ubicada en el km 21 de la carretera Torreón-San Pedro, Coahuila en el paralelo 25° 43' 05'' de latitud norte y en el meridiano 103° 19' 19'' de longitud oeste y a una altura de 1 110 msnm.

## Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron cuatro dosis de estiércol solarizado (0, 40, 80, 120 t ha<sup>-1</sup>) en un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones, cada unidad experimental consistió en camas de siembra de 2 m de largo (1 m entre cama), con una distancia de 15 cm entre plantas. El estiércol utilizado fue solarizado realizando montículo de 1 m de alto y 2 m de ancho por 3 de largo, posteriormente se aplicó agua corriente hasta alcanzar un contenido de humedad de 55% con el fin de tener una mejor distribución de la temperatura, seguido se cubrió con un plástico de polietileno sin albedo, aplicando tierra alrededor de los bordes del plástico.

El contenido de nitrógeno del estiércol solarizado fue analizado utilizando el método Kjeldahl. La cantidad de nitrógeno en los tratamientos se basó en los análisis del estiércol solarizado, considerando que 30% del N en el estiércol se mineralizaría en el primer año (Egball, 2000).

## Muestreo del área experimental

Antes del establecimiento del cultivo, se tomaron 10 muestras de suelo aleatorias en toda el área experimental. Las características físico-químicas iniciales del suelo del sitio experimental se presentan en el Cuadro 1. El pH y la conductividad eléctrica se determinaron en extracto de saturación, la textura por el método de Bouyucos. La cantidad de materia orgánica se estimó con el método de Walkley-Black, además se determinó la densidad aparente por el método de la parafina, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT- AS-02 (NOM-021-RECNAT, 2001). Cabe destacar que el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de materia orgánica fueron determinadas en cada unidad experimental nuevamente al final del ciclo del cultivo.

**Cuadro 1. Parámetros físico-químicos del suelo al inicio del ciclo del cultivo.**

Profundidad	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	PSI (%)	MO (%)	P (ppm)	Textura	Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )
0-30	8.05	2.65	9	1.15	13.5	Franco	1.2

CE= conductividad eléctrica; PSI= porcentaje de sodio intercambiable; MO= materia orgánica; P= fósforo disponible.

## Manejo del cultivo

El material vegetal empleado fue tomate cv. Sahel, el cual fue sembrado en bandejas de poliestireno de 200 cavidades (una semilla por cavidad), las cuales contenían Peat Moss (Premier Promix P6X, Quebec, Canadá) como sustrato. Las bandejas fueron cubiertas con una bolsa plástica negra, y se irrigó diariamente con un atomizador manual (Truper®, México) hasta la germinación de las semillas. El trasplante se realizó en camas de siembra cuando las plántulas tenían un promedio entre 10 y 15 cm de altura y de 3 a 5 hojas verdadera, a una distancia de 15 cm entre plantas, con una densidad de 6.6 plantas m<sup>-2</sup>.

El riego de las plantas se realizó con cintilla dos veces al día. La polinización fue realizada por medio de abejorros (*Bombus*) colocando un panal cada 30 m<sup>2</sup>. Las plantas fueron podadas y guiadas a un solo tallo y tutoradas con rafia.

## **Variables evaluadas en planta**

La altura de planta se midió con un flexómetro (Truper<sup>®</sup>, México) desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento, el diámetro de tallo se determinó a un 1 cm de la base del tallo con un vernier digital (Truper<sup>®</sup>, México), estas variables se evaluaron al final del ciclo del cultivo. El número de frutos y rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) se obtuvo considerando los frutos de tamaño comercial del primer al décimo racimo por planta. El peso promedio de fruto se obtuvo empleando una báscula analítica con resolución de 0.1 mg marca Shimadzu<sup>®</sup>.

## **Carotenoides**

### **Licopeno y $\beta$ -caroteno**

La concentración de licopeno y  $\beta$ -caroteno se determinó por espectrofotometría de acuerdo a Fish *et al.* (2002), con modificaciones. Para ello se tomó 1 g de tomate molido el cual se mezcló con 20 mL de acetona: etanol: hexano (1:1:2, v/v). La mezcla obtenida se sometió a un baño ultrasónico (Branson, modelo 3510, China) por 15 min a 30 °C a una frecuencia de 40 kHz. A la mezcla anterior se le adicionaron 5 mL de agua destilada la cual se agitó vigorosamente por 2 min en un vórtex, después la muestra se centrifugó a 10 000×g por 10 min (Thermo Scientific, modelo ST 16R, Alemania).

En espectrofotómetro (Jenway, Techne Inc., modelo 6715 UV/Vis, EE UU) se registró la absorbancia a los sobrenadantes a 503 y 478 nm para licopeno y  $\beta$ -caroteno, respectivamente. La concentración carotenoides se determinó utilizando curvas estándar y expresando los resultados en mg de licopeno y  $\beta$ -caroteno por 100 g de peso fresco (PF).

### **Antocianinas**

Las antocianinas se determinaron de acuerdo con la técnica descrita por Lee *et al.* (2005), por diferencia de pH y se expresaron como mg equivalentes de cianidina 3-glucósido por 100 g de muestra seca.

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y donde se detectaron diferencias significativas se realizó la separación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), utilizando programa de SAS 9.3 (SAS, 2016).

## **Resultados y discusión**

### **Altura de planta**

La altura de planta no fue afectada por las dosis de estiércol solarizado utilizado (Cuadro 2). Una mayor altura aumenta el número de hojas y mayor área para realizar la fotosíntesis y en consecuencia el rendimiento (Rodríguez *et al.*, 1998). La altura de planta fue similar a la reportada por Márquez *et al.* (2006); Márquez-Hernández *et al.* (2013), la mayor altura de planta se registró

en el tratamiento con 120 t ha<sup>-1</sup>, probablemente sea debido a la presencia de hormonas naturales como bioestimuladores y reguladores de crecimiento y ácidos húmicos, generados por microorganismos capaces de producir auxinas, citoquininas y giberelinas (Azarmi *et al.*, 2008; Mahmoud *et al.*, 2009).

### Número de frutos

El suministro de estiércol solarizado no afectó el número de frutos por planta (Cuadro 2), con la utilización de cualquier dosis de estiércol se obtiene la mayor cantidad de frutos por planta, estos resultados podrían estar relacionados con el efecto del conjunto de promotores de fitohormonas presentes en los abonos orgánicos aplicados (Ramos y Terry, 2014) y de las sustancias húmicas de baja masa molar a las cuales se les atribuyen propiedades semejantes a estas fitohormonas (Murillo *et al.*, 2016), mismas que pudieran favorecer la producción de flores y frutos cuajados de mayor peso.

### Rendimiento

No se detectó diferencia significativa para la variable rendimiento por la aplicación de diferentes dosis de estiércol solarizado. Sin embargo, la dosis de 120 t ha<sup>-1</sup>, superó 6% al tratamiento testigo (Cuadro 2). Los resultados anteriores pudieran atribuirse al mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo por el uso del estiércol (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010). La poca respuesta en el rendimiento de los tratamientos de estiércol probablemente sea debió a que microorganismos requieren nitrógeno para su metabolismo y poder así iniciar las transformaciones de estiércol, por lo cual el nitrógeno sufre una inmovilización; lo que pudiera explicar la no respuesta en el rendimiento el primer año de su aplicación (Salazar-Sosa *et al.*, 2004).

**Cuadro 2. Valores promedio de altura de planta, número de frutos, rendimiento de tomate, por efecto de cuatro dosis de estiércol solarizado.**

Estiércol (t ha <sup>-1</sup> )	Altura (cm)	Número de frutos	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
0	191	28	127
40	191	30	132
80	191	30	132
120	195	30	135
Significancia	ns	ns	ns

Valores medios de tratamientos con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns= no significativo.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con lo establecido por Tüzel *et al.* (2004) quienes mencionan que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica; además que el precio del producto por ser orgánico se incrementa de 20 a 40% con respecto al valor obtenido en el sistema tradicional (Sloan, 2002; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010), el valor comercial de dicha producción sería mayor a una producción convencional.

## Carotenoides

El consumo regular de tomates se ha correlacionado con la reducción en el riesgo de padecer una variedad de patologías como el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Borguini y Ferraz, 2009). Este efecto positivo se atribuye a los antioxidantes, en particular, los carotenoides (licopeno y  $\beta$ -caroteno), los cuales tienen la capacidad de neutralizar especies reactivas de oxígeno y previniendo cambios oxidativos en el cuerpo humano (Gutiérrez-Tlahque *et al.*, 2018; López-Palestina *et al.*, 2018). Estos resultados indican un mayor contenido de carotenoides ( $\beta$ -carotenos y licopeno), al aumentar las dosis de estiércol aplicado (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Valores promedio de  $\beta$ -Caroteno, licopeno y antocianinas en frutos de tomate, por efecto de cuatro dosis de estiércol solarizado.**

Estiércol (t ha <sup>-1</sup> )	$\beta$ -Caroteno (mg 100 <sup>-1</sup> PF)	Licopeno (mg 100 <sup>-1</sup> PF)	Antocianinas (mg cianidina-3-glucósido 100 g <sup>-1</sup> PS)
0	1.38 c	4.75	0.067 b
40	2.15 ab	4.8	0.1 a
80	1.49 bc	5.23	0.75 ab
120	2.21 a	5.29	0.11 a
Significancia	*	ns	*

Valores medios de tratamientos con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \* = significativo  $p < 0.05$ , ns = no significativo.

Se conoce que el contenido de licopeno varía con la dosis y tipo de fertilización, el tiempo de cosecha, la variedad y las condiciones ambientales (Waliszewski y Blasco, 2010), al respecto Illera-Vives *et al.* (2012), señala que el aumento de carotenoides está asociado a un incremento de salinidad del medio radical, por lo tanto, el estiércol al tener un exceso de sales solubles puede causar estrés que aumenta la producción de estos carotenoides. Borghesi *et al.* (2011), reportaron que el estrés salino aumenta en el fruto de tomate la concentración de carotenoides y antocianinas, lo anterior representa una opción con potencial de explotación para obtener frutos de tomates con mayor calidad nutracéutica.

## Parámetros de suelo al final del ciclo del cultivo

### Potencial de hidrógeno

La aplicación del estiércol solarizado modificó el pH del suelo (Cuadro 4). Cualquier dosis de estiércol aumentó el pH del suelo con relación al testigo, resultados similares han sido reportados por Fortis-Hernández *et al.* (2009); Trejo-Escareño *et al.* (2013), quienes indican aumentos del pH con los incrementos en la cantidad de estiércol aplicado al suelo; estos aumentos de pH son debido a que la amonificación, actúa como un gran sumidero de protones favoreciendo así el aumento del pH.

## Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica fue afectada por las diferentes dosis de estiércol utilizadas, obteniendo la conductividad eléctrica mayor, con las dosis más altas de estiércol (Cuadro 4). Eghball (2000) indica que en predios donde se aplicó estiércol y composta residual, la conductividad eléctrica se eleva por efecto de la descomposición de la MO residual, la cual incrementa la concentración de Ca, Mg y K en el suelo.

En este mismo sentido Trejo-Escareño *et al.* (2013), señalan que dosis altas de estiércol incrementa significativamente la conductividad eléctrica en el suelo debido a que la mineralización del estiércol libera altas cantidades de aniones y cationes, lo que conlleva incremento de la salinidad del suelo; debido a lo anterior, se debe cuidar las dosis de estiércol aplicado ya que su utilización sin algún método de control como el análisis de suelo puede causar problemas de salinidad, causando la pérdida de la estructura del suelo o la inhibición del crecimiento vegetal (Smith *et al.*, 2001), especialmente en suelos con continua aplicación de estiércol.

## Materia orgánica

El análisis de varianza para el contenido de la materia orgánica en el suelo, no detecto diferencias significativas entre las dosis de estiércol y el testigo; sin embargo, a medida que se incrementó la dosis de estiércol, la materia orgánica aumento ligeramente (Cuadro 4), lo anterior, evidencia los efectos favorables del uso de estiércol, especialmente dosis altas, siendo este abono una opción para recuperar la materia orgánica en suelos degradados (Ochoa *et al.*, 2009). La materia orgánica es fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad en la agricultura (Johnston *et al.*, 2009) y su presencia adecuada en el suelo mejora la capacidad buffer, enriquece la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura del suelo evitando la erosión y permite el desarrollo de la micro y macro-fauna benéfica del suelo (Aslantas *et al.*, 2007).

**Cuadro 4. Valores promedio de pH, CE y MO en suelo al final del cultivo a una profundidad 0-30 cm, por efecto de cuatro dosis de estiércol solarizado.**

Estiércol (t ha <sup>-1</sup> )	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO (%)
0	7.7 b	3.1 b	1.3
40	8.4 ab	3.1 b	1.4
80	8.1 a	3.6 ab	1.5
120	7.9 ab	4.3 a	1.6
Significancia	*	*	ns

Valores medios de tratamientos con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). CE= conductividad eléctrica; MO= materia orgánica; \*= significativo  $p < 0.05$ ; ns = no significativo.

## Conclusiones

El uso de estiércol solarizado promovió mayor rendimiento y calidad nutracéutica en frutos de tomate, bajo las condiciones del presente experimento. El tratamiento con 40 t ha<sup>-1</sup> de estiércol solarizado mejoro significativamente los parámetros de calidad nutracéutica en frutos de tomate.

El uso de estiércol afecta las propiedades de suelo, al aumentar la conductividad eléctrica y modificar el pH, se debe cuidar las dosis de estiércol ya que este al aplicarse en cantidades elevadas puede causar problemas de salinidad. Por lo tanto, el uso de estiércol solarizado es una opción sustentable para la producción de tomate en malla sombra.

### Literatura citada

- Ahmed, B.; Zaidi, A.; Khan, M. S.; Rizvi, A.; Saif, S. and Shahid, M. 2017. Perspectives of plant growth promoting rhizobacteria in growth enhancement and sustainable production of tomato. *In: Zaidi, A. and Khan, M. S. (Eds.). Microbial strategies for vegetable production*. Cham, Switzerland. Springer Nature. 125-149 pp.
- Aslantas, R.; Cakmakci, R.; and Sahin, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Sci. Hortic.* 111(4):371-377.
- Azarmi, R.; Ziveh, P. S. and Satari, M. R. 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pak. J. Biol. Sci.* 11(14):1797-1820.
- Borghesi, E.; González-Miret, M. L.; Escudero-Gilete, M. L.; Malorgio, F.; Heredia, F. J. and Meléndez-Martínez, A. J. 2011. Effects of salinity stress on carotenoids, anthocyanins, and color of diverse tomato genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 59(21):11676-11682.
- Borguini, R. G. and Ferraz, S. T. E. A. 2009. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Reviews Inter.* 25(4):313-325.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64(1):2024-2030.
- Fish, W. W.; Perkins, V. P. and Collins, J. K. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J. Food Comp. Anal.* 15(1):309-317.
- Fortis-Hernández, M.; Leos-Rodríguez, J. A.; Preciado-Rangel, P.; Orona-Castillo, I.; García-Salazar, J. A.; García-Hernández, J. L. y Orozco-Vidal, J. A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoam.* 27(4):329-336.
- Fortis-Hernández, M.; Preciado-Rangel, P.; Segura-Castruita, M. A.; Mendoza-Tacuba, L.; Gallegos-Robles, M. A.; Hernández, G. J. L. and Vásquez-Vásquez, C. 2018. Changes in nutraceutical quality of tomato under different organic substrates. *Hortic. Bras.* 36(2):189-194.
- Gutiérrez-Tlahque, J.; Aguirre-Mancilla, C. L.; Raya-Pérez, J. C.; Ramírez-Pimentel, J. G.; Jiménez-Alvarado, R. and Hernández-Fuentes, A. D. 2018. Effect of climate conditions on total phenolic content and antioxidant activity of *Jatropha dioica* Cerv. var. *dioica*. *Ciencia e Investigación Agraria.* 45(1):70-81.
- Hernández-Rodríguez, O. A.; Ojeda-Barrios, D. L.; López-Díaz, J. C. y Arras-Vota, A. M. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia.* 4(1):1-6.
- Illera-Vives, M.; López Mosquera, M. E.; López Fabal, A. and Salas-Sanjuan, M. d. C. 2012. Acondicionamiento de un compost salino para su uso como sustrato de cultivo. *Recursos Rurais.* 8(1):13-19.
- Johnston, A. E.; Poulton, P. R. and Coleman, K. 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Adv. Agron.* 101(1):1-57.

- Lee, J.; Durst, R. W. and Wrolstad, R. E. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J. AOAC Inter.* 88(5):1269-1278.
- Lopez, M. J. D.; Salazar, S. E.; Trejo-Escareño, H. I.; García, H. J. L.; Navarro, M. M. y Vázquez-Vázquez, C. 2014. Producción de algodón con altas densidades de siembra usando fertilizantes orgánicos. *Phyton. Rev. Inter. Bot. Exp.* 83(1):237-242.
- López-Palestina, C.; Aguirre-Mancilla, C.; Raya-Pérez, J.; Ramírez-Pimentel, J.; Gutiérrez-Tlahque, J. and Hernández-Fuentes, A. 2018. The effect of an edible coating with tomato oily extract on the physicochemical and antioxidant properties of garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) fruits. *Agronomy.* 8(11):248.
- Mahmoud, E.; El-Kader, N. A.; Robin, P.; Akkal-Corfini, N. and El-Rahman, L. A. 2009. Effects of different organic and inorganic fertilizers on cucumber yield and some soil properties. *World J. Agric. Sci.* 5(4):408-414.
- Márquez, H. C.; Cano, R. P.; Chew, M. Y. L.; Moreno, R. A. and Rodríguez, D. N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 12(2):183-188.
- Márquez-Hernández, C.; Cano-Ríos, P.; Figueroa-Viramontes, U.; Avila-Diaz, J. A.; Rodríguez-Dimas, N. y García-Hernández, J. L. 2013. Rendimiento y calidad tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *Phyton.* 82(1):55-61.
- Murillo, L. R. A.; Pérez, R. J. J.; Cunuhay, E. K. A.; Murillo, L. M. V.; Quintana, L. F. V.; Mero, C. M. V.; Coronel, E. A. L.; Herrada, R. M.; Bravo, C. D. A. y Mendoza, A. A. F. 2016. Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L). *Biocencia.* 18(3):33-36.
- NOM-021-RECNAT. (2001). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2001. <http://diariooficial.gob.mx/nota-detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002>.
- Ochoa, E. S.; Ortiz, S. C. A.; Gutiérrez, C. M.; Quintero, L. R. y Silva, G. T. 2009. Aplicación directa de residuos sólidos orgánicos municipales a suelos volcánicos. *Terra Latinoam.* 27(1):53-62.
- Ramos, A. D. and Terry, A. E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales.* 35(4):52-59.
- Rodríguez, M.; Ma. de las Nieves.; Alcántar, G. G.; Aguilar, S. A.; Etchevers, B. J. D. y Santizo, R. J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoam.* 16(2):135-141.
- SAGARPA. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de producción agrícola. Producción agrícola de tomate rojo (jitomate). <http://www.siap.gob.mx/>.
- Salas-Pérez, L.; García-Hernández, J. L.; Márquez, H. C.; Fostis-Hernández, M.; Estrada-Arellano, J. R.; Esparza-Rivera, J. R. y Preciado-Rangel, P. 2017. Yield and nutraceutical quality of tomato fruits in organic substrates. *Ecos. Rec. Agropec.* 4(10):169-175.
- Salazar-Sosa, E.; Vázquez-Vázquez, C.; Leos-Rodríguez, J. A.; Fortis-Hernández, M.; Montemayor-Trejo, J. A.; Figueroa-Viramontes, R. y López-Martínez, J. D. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. *Phyton. Rev. Inter. Bot. Exp.* 73(1):259-273.

- SAS (Statistical Analysis System). (2016). SAS/STAT 9.1 user's guide. Cary, NC, USA. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugintroduction/61750/PDF/default/statugintroduction.pdf>.
- Sloan, A. E. 2002. The natural & organic foods marketplace. *Food Technol.* 56(1):27-37.
- Smith, D. C.; Beharee, V. and Hughes, J. C. 2001. The effects of composts produced by a simple composting procedure on the yields of swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *flavescens*) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus*). *Sci. Hortic.* 91(3-4):393-406.
- Trejo-Escareño, H. I.; Salazar-Sosa, E.; López-Martínez, J. D. y Vázquez-Vázquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(5):727-738.
- Tüzel, Y.; Öztekin, G. B.; Ongun, A. R.; Gümüş, M.; Tüzel, I. H. and Eltez, R. Z. 2004. Organic tomato production in the greenhouse. *Acta Hortic.* 659(1):729-736.
- Valadez, S. Y. M.; Olivares, S. E.; Vázquez, A. R. E.; Esparza-Rivera, J. R.; Preciado-Rangel, P.; Valdez-Cepda, R. D. y García-Hernandez, J. L. 2016. Calidad y concentración de capsaicinoides en genotipos de chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) producidos bajo fertilización orgánica. *Phyton. Rev. Inter. Bot. Exp.* 85(1):21-26.
- Valenciano, J. P. and Uribe, T. J. 2015. Control system of management for intensive cultivation activity in tomato production: Spanish case. *J. Agric. Sci. Technol.* 17(1):11-21.
- Vázquez, V. C.; García-Hernandez, J. L.; Salazar-Sosa, E.; López-Martínez, J. D.; Valdez-Cepda, R. D.; Orona-Castillo, I.; Gallegos-Robles, M. A. y Preciado-Rangel, P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado a suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17(1):69-74.
- Waliszewski, K. N. y Blasco, G. 2010. Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México.* 53(3):254-265.
- Zecchin, V. J. S. and Móggor, Á. F. 2017. How can bacteria, as an eco-friendly tool, contribute to sustainable tomato cultivation? probiotics in agroecosystem. Springer. 163-173 pp.