

## Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero

C. Márquez-Quiroz<sup>\*,1</sup>, P. Cano-Ríos<sup>\*\*</sup>, A. Moreno-Reséndez<sup>\*\*</sup>,  
U. Figueroa-Viramontes<sup>\*\*\*</sup>, E. Sánchez-Chávez<sup>\*\*\*\*</sup>, E. De la Cruz-Lázaro<sup>\*</sup>  
y V. Robledo-Torres<sup>\*\*\*\*\*</sup>

\* División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

\*\* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL). México

\*\*\* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México

\*\*\*\* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. México

\*\*\*\*\* Departamento de Horticultura UAAAN. México

### Resumen

El experimento se estableció durante 2011 para evaluar los efectos de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de dos genotipos de tomate saladette desarrollados en cinco sustratos: S1 = arena + solución nutritiva inorgánica; S2 = arena + té de vermicompost; S3 = mezcla de arena: compost (relación 1:1; v/v) + té de vermicompost; S4 = mezcla de arena: vermicompost (relación 1:1; v/v) + té de vermicompost y S5 = mezcla de arena: compost: vermicompost (relación 2:1:1; v/v) + té de vermicompost. Las cuatro mejores combinaciones fueron El Cid x S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 y Cuauhtémoc x S5, que alcanzaron un rendimiento medio de 172,4 Mg ha<sup>-1</sup>, destacando el rendimiento obtenido en la combinación El Cid x S2, que tuvo 184,7 Mg ha<sup>-1</sup> de fruto. En la combinación El Cid x S2 y Cuauhtémoc x S2 se obtuvieron frutos de tamaño mediano, en tanto que la combinación El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3 se obtuvieron frutos con concentraciones mayores a 4,6 °Bx. El contenido de Zn se incrementó en los frutos cosechados bajo los sustratos orgánicos, en tanto que el contenido de Mn se redujo en los mismos. El genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S2 registró los valores más altos en el contenido de N, P y Zn. Los tratamientos propuestos a base de sustratos orgánicos sin soluciones inorgánicas son una alternativa viable, debido a que la calidad de fruta se mantiene y el sobreprecio de los productos orgánicos mejora la relación costo-beneficio de la producción.

**Palabras clave:** *Eisenia fétida*, vermicompost, compost, producción orgánica, condiciones protegidas.

### Abstract

#### Effect of organic fertilization on yield and nutrient content of saladette tomato in greenhouse

The experiment was conducted during 2011 to investigate the effects of organic fertilization on yield and nutrient content of two saladette tomato genotypes grown in five media: S1 = sand + inorganic nutrient solution; S2 = sand + vermicompost tea; S3 = mixture of sand: compost (ratio 1:1; v/v) + vermicompost tea; S4 = mixture of sand: vermicompost (ratio 1:1; v/v) + vermicompost tea and S5 = mixture of sand: compost: vermicompost (ratio 2:1:1; v/v) + vermicompost tea. The best four combinations were El Cid x

---

1. Autor para correspondencia: cesar\_quiroz23@hotmail.com

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.001>

S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 and Cuauhtémoc x S5, which reached an average yield of 172.4 Mg ha<sup>-1</sup>, the combination El Cid x S2 had the highest yield, which was 184.7 Mg ha<sup>-1</sup> of fruit. In the El Cid x S2 and Cuauhtémoc x S2 combination were obtained medium sized fruit, while the El Cid x S3 and Cuauhtémoc x S3 combination were obtained fruits with concentrations greater than 4.6 °Bx. The Zn content was increased in the fruit harvested under organic substrates, while the Mn content was reduced in them. The genotype Cuauhtémoc grown in S2 recorded the higher values in N, P and Zn contents. The proposed treatments based on organic substrates without inorganic solution are viable alternative, because the fruit quality is maintained and the organic products improve the production cost-benefits.

**Key words:** *Eisenia fetida*, vermicompost, compost, organic production, protected conditions.

## Introducción

El papel, los residuos de cocina, el pasto, el estiércol, los residuos de los cultivos, los abonos verdes, los biosólidos de las agroindustrias, las aguas residuales y los residuos de alimentos procesados, una vez que son adecuadamente tratados a través del proceso de composteo y/o vermicomposteo (Lim et al., 2012; Negi y Suthar, 2013; Valdez-Pérez et al., 2011; Warman y AngLopez, 2011), son algunas de las fuentes potenciales de elementos nutritivos de los sistemas de producción orgánica (Ramesh et al., 2005). De acuerdo con INFOAM (2005) y Ramesh et al. (2005) la producción orgánica es una alternativa para consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y de fertilizantes sintéticos, es decir libres de riesgo, y con un alto valor nutricional.

Hoy en día es ampliamente reconocido que el compost (C) y el vermicompost (VC) constituyen una fuente de elementos nutritivos de lenta liberación, los cuales además se encuentran en formas fácilmente disponibles para las plantas, a medida que las especies vegetales los van demandando (Atiyeh et al., 2001). De hecho existen evidencias de que la incorporación de C y VC a los suelos y sustratos de crecimiento favorece el desarrollo y la productividad de diversos cultivos hortícolas, tales como tomate [*Solanum lycopersicum* L.] (Gutiérrez-Miceli et al., 2007), lechuga [*Lactuca sativa* L.] (Steffen et al., 2010), pimiento [*Capsicum annuum* L.] (Arancon et

al., 2004a), ajo [*Allium sativum* L.] (Argüello et al., 2006), fresa [*Fragaria vesca* L.] (Arancon et al., 2004b), entre otras especies de interés comercial.

Por otro lado, al mezclar el C y el VC con medios inertes como la arena se mejoran sus características físicas y químicas evitando la hipoxia. Estos materiales representan una alternativa ecológica para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos y sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos, especialmente en cultivos orgánicos (Rippy et al., 2004). Se ha comprobado que el uso de ambos productos pueden satisfacer los requerimientos nutrimentales del cultivo de tomate en invernadero durante los primeros dos meses posteriores al trasplante (Raviv et al., 2004; Márquez-Hernández et al., 2006). No obstante, después de este tiempo el cultivo manifiesta deficiencias nutrimentales, principalmente de nitrógeno (Rodríguez-Dimas et al., 2007); lo anterior se debe a la baja tasa de mineralización del nitrógeno tanto en el C, como en el VC (Eghball, 2000; Márquez et al., 2008). Debido a lo anterior se ha sugerido que, en los sistemas de producción bajo condiciones protegidas, el estrés nutrimental de los cultivos puede evitarse adicionando té de vermicompost (TVC).

El TVC, solución resultante del VC en agua procedente de la red potable, ha llamado la atención de productores e investigadores en años recientes debido a que contiene niveles

altos de microorganismos benéficos y elementos minerales (Edwards *et al.*, 2010). La razón más importante para aplicar el TVC es para suministrar biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y componentes químicos de VC solubles en agua que son aplicados a la capa superficial del suelo y que no podrían ser posible mediante el uso de VC sólido. Sin embargo, a la fecha existen pocas referencias acerca del efecto del TVC en el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas.

Con base en lo anterior, el objetivo específico del estudio consistió en evaluar los efectos de la fertilización orgánica en el rendimiento y contenido nutricional de dos genotipos de tomate saladette desarrollados en cinco sustratos bajo condiciones protegidas.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), Torreón, Coahuila, México; ubicada en las coordenadas 25° 05' LN y 101° 40' LO, a una altitud de 1139 m. El estudio se realizó bajo invernadero durante el ciclo de producción en 2011, los ciclos agrícolas fueron en primavera-verano (primera fecha de siembra) y otoño-invierno (segunda fecha de siembra). El invernadero es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado y protegido con malla sombra durante las estaciones del año más calurosos, piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y extractores. Tiene ventanas laterales de 1,20 m de alto, cubiertas con acrílico enrollable y protegida con malla antiáfido (Malla Plas®).

### Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de tratamientos completamente al azar con arreglo factorial 2 x 5

con 12 repeticiones, en donde el primer factor fue el genotipo de tomate saladette: Cuauhtémoc y El Cid, mientras que el segundo factor fueron los sustratos de crecimiento: S1 = arena + solución nutritiva inorgánica (testigo), S2 = arena + TVC al 2,5% de concentración, S3 = mezcla de arena: C (1:1, v:v) + TVC al 2,5% de concentración, S4 = mezcla de arena: VC (relación 1:1 v:v) + TVC al 2,5% de concentración y S5 = mezcla de arena: C: VC (relación 2:1:1 v:v) + TVC al 2,5% de concentración.

### Establecimiento del cultivo

Como material vegetativo se utilizaron los genotipos de tomate Cuauhtémoc y El Cid, de la compañía Harris Moran®, tipo saladette, de crecimiento indeterminado y vida útil media de cuatro a cinco semanas. Para la obtención de las plántulas, de ambos genotipos, se realizaron almácigos en dos fechas, la primera el 06/03 y la segunda el 02/11 de 2011, en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss (Premier®) como medio de crecimiento. El trasplante, de ambos genotipos, se realizó el 09/04 y 07/11 de 2011. En ambas fechas de siembra, la densidad fue de cuatro plantas por m<sup>2</sup>, con una planta por bolsa. Como maceta se utilizaron bolsas de polietileno negro con capacidad de 18 litros, las cuales se llenaron con 12 kg de cada sustrato. Se utilizó arena de río como medio inerte, que fue lavada y esterilizada con una solución al 5% de hipoclorito de sodio. La arena se dejó secar al ambiente por tres días. A cada sustrato, se le aplicó el lavado para lixiviar el exceso de sales de acuerdo con la metodología propuesta por Cano *et al.* (2011).

### Aporte hídrico

El suministro de agua de riego se adaptó según las etapas de desarrollo del cultivo, a los diez días después del trasplante (ddt) se apli-

caron en promedio 0,5 L de agua por maceta día<sup>-1</sup>, aumentando a 0,8 L día<sup>-1</sup> a los 30 ddt y llegando a 1,9 L día<sup>-1</sup> después de los 71 ddt. El agua procedente de la red potable se clasificó como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (Tabla 1) (Ayers y Westcot, 1994). La solución nutritiva empleada para cubrir la demanda nutricional del cultivo en el testigo (S1) fue la recomendada por Castellanos y Ojodeagua (2009) (Tabla 2). Por

otra parte, la demanda nutricional del cultivo para S2, S3, S4 y S5 se complementó con la aplicación constante del TVC al 2,5% de concentración, el aporte de elementos minerales se presenta en la tabla 3.

Para preparar el TVC al 10% de concentración se aplicó el método recomendado por Edwards et al. (2010), que a continuación se describe: en un contenedor de 60 L de capacidad se oxigenaron 45 L de agua con una

Tabla 1. Análisis químico del agua de riego utilizada en el experimento  
Table 1. Chemical analysis of irrigation water used in the experiment

RAS <sup>(1)</sup>	CE <sup>(2)</sup> (dS m <sup>-1</sup> )	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
22,2	1,1	7,8	ND <sup>(3)</sup>	8,0	70,0	6,0	62,1	189,0	82,0	125,0

<sup>(1)</sup>RAS = relación de absorción de sodio. <sup>(2)</sup>CE = conductividad eléctrica. <sup>(3)</sup>ND = no detectado.

Tabla 2. Solución nutritiva inorgánica para cuatro etapas de desarrollo de tomate  
Table 2. Nutrient inorganic solution for four developmental stages of tomato

Ion	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
	1 <sup>er</sup> Cuaje	1 <sup>er</sup> - 3 <sup>er</sup> Cuaje	3 <sup>o</sup> - 5 <sup>o</sup> Cuaje	> 5 <sup>o</sup> Cuaje
mg L <sup>-1</sup>				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	372,0	496,0	620,0	744,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	10,0	10,0	10,0	10,0
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	145,5	145,5	145,5	145,5
K <sup>+</sup>	137,0	215,0	273,0	332,0
Ca <sup>2+</sup>	80,0	80,0	80,0	90,0
Mg <sup>2+</sup>	12,0	18,0	24,0	24,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	144,0	144,0	144,0	192,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	189,0	189,0	189,0	189,0
Na <sup>+</sup>	62,1	62,1	62,1	62,1
Cl <sup>-</sup>	82,0	82,0	82,0	82,0
CE <sup>(1)</sup> (dS m <sup>-1</sup> )	1,4	1,8	2,2	2,4

<sup>(1)</sup>CE = conductividad eléctrica.

Tabla 3. Elementos minerales aportados en cada sustrato y en la solución nutritiva orgánica durante el ciclo de producción  
 Table 3. Nutrients provided in each substrate and in the organic nutrient solution during the crop production cycle

Sustrato	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	MO <sup>(1)</sup>	Da <sup>(2)</sup>
	(g maceta <sup>-1</sup> )					(mg maceta <sup>-1</sup> )					(%)
S3	151,8	75,0	211,7	551,9	59,2	35,9	37296,0	1638,0	1008,0	29,2	1,2
S4	80,0	9,4	55,4	436,0	37,8	6,3	44667,0	2079,0	1322,0	10,5	1,2
S5	115,9	42,2	133,6	493,9	48,5	21,1	40981,5	1858,5	1165,5	19,9	1,2
TVC <sup>(3)</sup> /FS	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cantidad de TVC aplicado	
	(g ciclo <sup>-1</sup> )					(mg ciclo <sup>-1</sup> )					(L ciclo <sup>-1</sup> )
PFS	293,3	173,1	250,9	1141,3	265,0	70,7	84,8	17,7	55,8	106,0	
SFS	213,8	126,2	182,9	831,8	193,2	51,5	61,8	12,9	40,7	77,3	

<sup>(1)</sup>MO = materia orgánica. <sup>(2)</sup>Da = densidad aparente. <sup>(3)</sup>TVC = té de vermicompost; FS = fecha de siembra; PFS = primera fecha de siembra; SFS = segunda fecha de siembra.

bomba de aire (Biopro: BP9891. Tiray Technology Co Ltd®) 2 h antes de introducir una bolsa tipo red con 4,5 kg de VC, la bolsa tipo red con VC se introdujo previamente en un recipiente con 20 L de agua durante 5 min para lavar el exceso de sales. Se añadió 40 g de piloncillo o panela, producto elaborado a partir de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), sin refinar (Solís-Pacheco et al., 2006), como fuente de energía para promover el crecimiento y desarrollo de los microorganismos. La oxigenación se realizó de manera continua hasta la conclusión del proceso (24 h), para preservar la calidad del TVC se mantuvo aireado durante las 24 h. Por otra parte, para aplicar el TVC al 2,5% de concentración en S2, S3, S4 y S5, el TVC al 10% de concentración se diluyó a una proporción de 1:3 utilizando 1 L de TVC por cada 3 L de agua de la red potable. El pH del TVC fue ajustado a un valor de 5,5 con ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>\*H<sub>2</sub>O) grado alimenticio, aplicado a una concentración 5 mM (1,2 g L<sup>-1</sup>) (Capulín-Grande et al., 2007).

#### Abonos empleados

El vermicompost se elaboró a base de estiércol y se adquirió en el Módulo de Abonos Orgánicos y Lombricultura de la UAAAN-UL. En este módulo se utilizaron estiércoles de caballo y de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.), mezclados en una relación 1:1, en volumen, y lombrices *Eisenia fetida* (Atiyeh et al., 2000a) durante un periodo de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000). El compost fue comercial (MaxCompost®), el aporte de elementos minerales se presenta en la tabla 3.

#### Prácticas agronómicas

Durante el ciclo de cultivo, que duró 144 (primera fecha de siembra) y 132 (segunda fecha de siembra) ddt respectivamente; la temperatura mínima y máxima dentro del invernadero fluctuó entre 17,4 y 36,9 °C, mientras que la humedad relativa mínima y máxima osciló entre 20 y 79%.

El sistema de cultivo, para ambos genotipos, fue a un tallo, con podas semanales. El manejo fitosanitario se realizó con aplicaciones de Biodie® (tricarboxilos vegetales) y Protek® (derivados de ácidos de la extracción de aceites vegetales), insumos aprobados por las normas para productos orgánicos (IFOAM, 2003). Desde el inicio de la floración y hasta el amarre del octavo racimo, para la primera fecha de siembra, y el quinto racimo, para la segunda fecha de siembra, diariamente se polinizó manualmente las flores, entre las 11:00 y 13:00 h.

Las variables evaluadas fueron: número de frutos por planta, peso promedio de fruto, tamaño de fruto (diámetro polar y ecuatorial), espesor de pericarpio, índice refractométrico, rendimiento, el contenido mineral y el contenido de nitratos en frutos.

#### Parámetros hortícolas

La cosecha de frutos se realizó del primero al octavo racimo y del primero al quinto racimo para la primera y segunda fecha de siembra respectivamente. En cada cosecha se cuantificó el número de frutos por planta, mientras que el tamaño y el peso promedio se determinó tomando una muestra de 10 frutos por planta. El rendimiento se determinó con el peso del número total de frutos obtenidos en la cosecha, utilizando una báscula Ohaus modelo 3729 con capacidad máxima de 3000 gramos y resolución de 0,1 gramos. Parte de los frutos cosechados se maceraron en fresco a los cuales se les determinó el índice refractométrico en grados brix (°Bx) con un refractómetro manual de 0 a 32% (Atago® modelo ATC1E).

#### Propiedades químicas del fruto

El contenido de nitrógeno (N) se determinó con el método de Kjeldahl (AOAC, 1980). El Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn) se re-

alizó por el método de la mezcla tri-ácida y espectrofotometría de absorción atómica (Jones et al., 1991; AOAC, 1980), mientras que la determinación de Fósforo (P) se realizó con el método de metavanadato molibdato de amonio y colorimetría (Alcántar y Sandoval, 1999). En tanto que la determinación del contenido de nitratos en fruto se llevó a cabo con la metodología propuesta por Keeney y Nelson (1982).

#### Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza. Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron comparadas utilizando la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0,05% (SAS, 2004). Los niveles de significancia están representados por \* a  $p < 0,05$ , \*\* a  $p < 0,01$ , \*\*\* a  $p < 0,001$  y NS como no significativo.

## Resultados y discusión

### Número de frutos por planta

La tabla 4 muestra la comparación de medias para fecha de siembra, genotipos y sustratos. El número de frutos por planta en la primera fecha de siembra fue 55,8% superior a la segunda fecha de siembra; y respecto a los sustratos utilizados el S1 fue 21,7% superior en el número de frutos al promedio obtenido en los sustratos orgánicos. En tanto que el genotipo Cuauhtémoc desarrollado en el sustrato S1 presentó el mayor número de frutos por planta en el ciclo de producción 2011 (Tabla 5). Con relación al número de frutos obtenidos en el genotipo Cuauhtémoc, se observó un decremento del 25,8; 19,3; 27,4 y 16,1% bajo S2, S3, S4 y S5, respectivamente, en comparación con el número de frutos obtenidos en el S1 del mismo genotipo. En relación con el genotipo El Cid, se observó un

Tabla 4. Comparación de medias para fecha de siembra, genotipo y sustrato de tomate saladette bajo condiciones de invernadero  
 Table 4. Comparison of means for sowing date, genotype and substrate in the saladette tomato crop under greenhouse conditions

Factor de estudio/ Significancia	NF <sup>(1)</sup>	PF	DP	DE	EP	IR	R
		(g)		(cm)		(°Bx)	(Mg ha <sup>-1</sup> )
<b>Fecha de siembra</b>	*** (2)	***	***	NS	***	***	***
Primera fecha	34,0 a <sup>(3)</sup>	79,8 b	5,9 b	5,0 a	0,77 a	4,6 a	112,7 a
Segunda fecha	15,0 b	89,1 a	6,3 a	5,0 a	0,70 b	4,2 b	54,1 b
<b>Genotipos (G)</b>	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS
Cuauhtémoc	24,0 a	83,6 a	6,2 a	4,9 b	0,72 a	4,3 a	79,9 a
El Cid	23,6 a	86,5 a	6,0 a	5,0 a	0,74 a	4,4 a	79,2 a
<b>Sustrato (S)</b>	**	***	NS	***	NS	***	***
S1	29,0 a	94,5 a	6,3 a	5,3 a	0,76 a	4,0 c	106,0 a
S2	23,0 b	96,1 a	6,1 ab	5,1 b	0,72 ab	4,1 c	86,6 b
S3	23,0 b	74,5 c	5,9 ab	4,8 d	0,73 ab	4,6 a	67,9 c
S4	22,0 b	83,5 b	6,2 a	4,9 c	0,73 ab	4,5 ab	70,4 c
S5	23,0 b	80,5 b	5,9 b	4,9 c	0,71 b	4,4 b	73,4 c

<sup>(1)</sup>NF = número de frutos; PF = peso del fruto; DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; EP = espesor de pulpa; IR = índice refractométrico; R = rendimiento. <sup>(2)</sup>\* = p < 0,05; \*\* = p < 0,01; \*\*\* = p < 0,001; NS = no significativo. <sup>(3)</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales con la prueba DMS p < 0,05.

decremento del 2,0 y 10,2% bajo S2 y S3, respectivamente, con excepción del S4 y S5 donde se incrementó en 8,1 y 2,0% el número de frutos en comparación con el número de frutos obtenidos en el S1 del mismo genotipo. A menudo se observa una reducción de 11,11 a 76,36% en el número de frutos cuando se utilizan mezclas de arena con sustratos orgánicos (Moreno-Reséndez *et al.*, 2005; Reséndez *et al.*, 2012). Resultados similares han sido reportados por Rodríguez *et al.* (2008) quienes obtuvieron un decremento de 22,91 y 31,25% en el número de frutos de dos híbridos de tomate bola al usar mezclas de arena: VC.

Peso promedio, tamaño de fruto y espesor de pericarpio

El peso promedio de los frutos en la segunda fecha de siembra fue 11,6% superior respecto a la primera fecha de siembra; en los sustratos evaluados el sustrato S1 fue superior en un 21,1; 11,5 y 14,7%, respecto S3, S4 y S5, con excepción del S2 que no fue significativamente diferente al S1 (Tabla 4). Cuando se considera el ciclo de producción 2011 tanto que El Cid x S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 y Cuauhtémoc x S5 presentaron los mayores valores con sustrato orgánico (Tabla 5). Con respecto al menor valor, este se observó en

Tabla 5. Comparación de medias de las variables evaluadas en genotipos de tomate saladette durante el ciclo de producción 2011  
 Table 5. Comparison of means of the variables evaluated in saladette tomato genotypes during the 2011 crop production cycle

Factor de estudio/ Significancia	NF <sup>(1)</sup>	PF	DP	DE	EP	IR	R
		(g)		(cm)		(°Bx)	(Mg ha <sup>-1</sup> )
<b>Genotipo x Sustrato</b>	*** (2)	***	**	**	**	***	***
Cuauhtémoc x S1	62,0 a <sup>(3)</sup>	80,3 g	6,0 f	5,0 d	0,74 d	4,23 g	208,5 a
Cuauhtémoc x S2	46,0 h	93,8 c	6,2 b	5,1 c	0,74 d	4,14 j	166,3 f
Cuauhtémoc x S3	50,0 e	75,1 j	6,0 f	4,7 g	0,73 e	4,72 b	149,6 h
Cuauhtémoc x S4	45,0 i	79,2 h	6,4 a	4,9 f	0,72 f	4,54 c	142,3 i
Cuauhtémoc x S5	52,0 c	80,4 f	5,8 h	4,9 f	0,73 e	4,35 f	167,2 e
El Cid x S1	49,0 f	96,9 b	6,2 c	5,3 a	0,77 b	4,16 i	186,3 b
El Cid x S2	48,0 g	98,6 a	6,1 e	5,2 b	0,73 e	4,18 h	184,7 c
El Cid x S3	44,0 j	75,2 i	5,9 g	4,9 f	0,76 c	4,74 a	131,0 j
El Cid x S4	53,0 b	87,9 d	6,1 d	5,2 b	0,78 a	4,38 e	171,7 d
El Cid x S5	50,0 d	84,0 e	5,7 i	5,0 e	0,74 d	4,41 d	162,9 g

<sup>(1)</sup>NF = número de frutos; PF = peso del fruto; DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; EP = espesor de pulpa; IR = índice refractométrico; R = rendimiento. <sup>(2)</sup>\* = p< 0,05; \*\* = p<0,01; \*\*\* = p<0,001; NS = no significativo. <sup>(3)</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales con la prueba DMS p≤0,05.

Cuauhtémoc x S4, El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3. Como consecuencia de la aplicación de TVC, el peso promedio de fruto en S2 en Cuauhtémoc y El Cid se incrementó en 16,8 y 1,7%, respectivamente, en comparación con S1. Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2007), quienes reportaron un incremento de 15,37% en el peso de fruto de tomate desarrollado bajo arena + TVC en comparación con el testigo desarrollado en arena + fertilizantes inorgánicos.

Por otra parte, se observó un decremento en S3 de 6,4 y 22,4%, respectivamente para los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, en comparación con el valor del peso promedio en el fruto en S1. Con relación al valor obtenido

en S4 para los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, se registró un decremento de 1,3 y 9,2%, respectivamente, en comparación con el valor obtenido en S1 (Tabla 5). Con frecuencia se observa, en tomate, una reducción de 19,2 y 35,7% en el peso de frutos cuando se usan mezclas (1:1) de arena: VC y arena: C respectivamente (Rodríguez *et al.*, 2008; Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

Para diámetro polar durante el ciclo de producción (Tabla 5) los valores medios estuvieron entre 5,7 y 6,4 cm, presentando Cuauhtémoc x S4 el mayor diámetro ecuatorial. El tamaño de fruto se determinó con base al diámetro ecuatorial, utilizando la norma Mexicana NMX-FF-031 (1997). El genotipo Cuau-



htémoc mostró menor diámetro ecuatorial que el genotipo El Cid (Tabla 4), el genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo todos los sustratos de estudio tuvo un tamaño de fruto chico, junto con los sustratos S3 y S5 en el genotipo El Cid (Tabla 5). En tanto que El Cid desarrollado bajo S1, S2 y S4 obtuvieron frutos de tamaño mediano (SAGARPA-ASERCA, 2011). Con respecto al espesor de pericarpio, el genotipo El Cid presentó los mayores valores en S1, S3, S4 y S5, en tanto que el genotipo Cuauhtémoc presentó los menores valores en S3, S4 y S5 (Tabla 5).

Lo encontrado en este estudio resulta interesante, considerando que el peso y tamaño de fruto se afectó en mayor proporción en el genotipo El Cid debido al uso de fertilización convencional (S1) y orgánica (S2 y S4). En tanto que el genotipo Cuauhtémoc solo incrementó el peso de fruto bajo la fertilización convencional (S1) y orgánica (S2 y S5). El hecho de no haberse reducido el tamaño y peso de los frutos en las plantas del genotipo El Cid desarrolladas bajo las fuentes orgánicas anteriores, representa un importante valor agregado en el producto cosechado. Este resultado se podría explicar con experiencias de otros autores como lo reportado por López-Espinosa *et al.* (2013), quienes evaluaron la aplicación de fertilizantes orgánicos en chile jalapeño y concluyeron que no se decrementó el peso ni el tamaño del fruto bajo esta fuente de fertilización en comparación con la fertilización inorgánica. Este hecho está relacionado con lo reportado por Arancón *et al.* (2004b), quienes aplicaron vermicompost a un campo de fresas y se aumentó significativamente el contenido de citocininas, las cuales junto con las auxinas presentes en semillas inmaduras de frutos jóvenes, influyen en la regulación de la división y alargamiento celular, y por lo tanto inductores del crecimiento y peso del fruto, como lo mencionan Raven *et al.* (1992). En relación con lo anterior, Coletto (1995), menciona que después de la división celular inicia la acumula-

ción de los fotoasimilados y con ello el crecimiento y peso de fruto. Por tanto, es probable que la fertilización orgánica, al reducir la demanda de asimilados y otras hormonas en tejidos de crecimiento apical, favoreciera el contenido de citocininas y la acumulación de fotoasimilados en fruto. Caso contrario sucedió en el genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo la fertilización orgánica.

#### Índice refractométrico

El contenido de sólidos solubles en la primera fecha de siembra se incrementó 7,8% con respecto al valor obtenido en la segunda fecha de siembra, en el caso de sustrato el S3 incrementó los sólidos solubles en 14,7% respecto al S1 (Tabla 4). En tanto que El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3 presentaron los mayores valores en el ciclo de producción 2011, con incrementos de 12,2 y 10,3% respectivamente, en comparación con el genotipo desarrollado bajo S1 (Tabla 5). Por otra parte, el menor contenido de sólidos solubles se registró en El Cid x S1 y Cuauhtémoc x S2. En consecuencia, se confirma que el uso de sustratos orgánicos generó frutos de mejor calidad en cuanto a contenido de sólidos solubles, ya que el tomate para consumo en fresco debe de contener más de 4,0 °Bx (Santiago *et al.*, 1998). Sin embargo, Díez (2001) mencionó que el tomate, para procesado o consumo en fresco, debe de contar con un contenido de sólidos solubles de al menos 4,5 °Bx. De acuerdo a lo anterior, los dos genotipos de tomate desarrollados en los cinco sustratos produjeron tomates con más de 4 °Bx, por lo cual son adecuados para consumo en fresco, mientras que para la industria, solo Cuauhtémoc x S3, Cuauhtémoc x S4 y El Cid x S3 alcanzaron los 4,5 °Bx requeridos.

#### Rendimiento

Se obtuvo el mayor rendimiento en la primera fecha de siembra; el sustrato convencional

(S1) con adición de fertilizantes químicos superó en un 29,6% a la media general de 74,6 Mg ha<sup>-1</sup> obtenida bajo los sustratos orgánicos (Tabla 4). Sin embargo, el uso de fertilizantes inorgánicos no está permitido en la normativa para la producción orgánica, además de incrementar los costos de producción, por lo que los resultados observados en el presente estudio se sugieren como adecuados para probarse en trabajos posteriores. El mayor rendimiento del testigo, con respecto a los sustratos evaluados fue referido por Márquez et al. (2009) y De la Cruz-Lázaro et al. (2010), quienes encontraron mayor rendimiento en los sistemas de producción inorgánica. Al respecto, Stanhill (1990) menciona que en la agricultura orgánica el rendimiento se reduce entre 10 y 30% respecto a la agricultura convencional. No obstante la disminución en el rendimiento observada en el presente trabajo puede ser compensada por el sobreprecio que tiene el tomate orgánico, que es de 5,84 veces el precio del tomate obtenido con el manejo convencional (SIAP, 2005).

En la tabla 5 se observa que el genotipo El Cid x S2, presentó el mayor rendimiento de fruta orgánica con 184,7 Mg ha<sup>-1</sup>, seguido de El Cid x S4, Cuauhtémoc x S5 y Cuauhtémoc x S2. Estas cuatro mejores interacciones sobresalientes tuvieron una media de 172,4 Mg ha<sup>-1</sup>, es decir 324,8% más que los 40,6 Mg ha<sup>-1</sup> reportados para tomate orgánico producido a cielo abierto (SIAP, 2011). No obstante, probablemente factores como la lixiviación (Castellanos, 2004), la volatilización, la adsorción, etc., pudieron influir para no obtener mayor rendimiento, sobre todo, en S3, S4 y S5. Los resultados obtenidos concordaron con lo establecido por Atiyeh et al. (2000a, 2000b), quienes recalcaron que los sustratos orgánicos beneficiaron el desarrollo de los cultivos en invernadero, y que las diferencias detectadas en las variables evaluadas se relacionaron con el contenido de elementos nutritivos y el incremento de sus comunidades microbianas (Arancon et al., 2004b).

## Contenido nutricional

Los elementos minerales, son necesarios para el metabolismo de la planta, cumplen funciones como constituyentes de moléculas orgánicas, en la reserva energética, de forma iónica y reacciones redox (Raven et al., 1992). La deficiencia, se refleja principalmente en frutos y en desordenes fisiológicos que se traducen en bajos rendimientos, tamaños, peso, color, forma, sabor y calidad nutritiva (Mancera et al., 2007; Martínez et al., 2008), lo que demuestra la gran importancia del contenido adecuado; a pesar de que son diversos los factores que pudieran influenciar en la absorción, movilidad y asimilación en la planta (Shaviv y Mikkelsen, 1993). En la tabla 6 se observa que el contenido de N, P, K, Mg, Fe, Zn y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en frutos del genotipo Cuauhtémoc se incrementó con respecto al genotipo El Cid en 2,4; 12,8; 2,7; 11,8; 7,9; 14,3 y 2,4%, respectivamente. En tanto que el contenido de Ca, Na y Mn en frutos del genotipo El Cid se incrementó en 5,6; 10,0 y 7,4%, respecto al genotipo Cuauhtémoc. En relación al contenido mineral en frutos del factor sustrato, se observó que el S1 obtuvo los mayores valores para K, Ca, Na y Mn; en tanto que el S2 registró un incremento con respecto al sustrato S1 de 22,0% en el contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; el S3 documentó un incremento en el contenido de P y Zn con respecto al sustrato S1 de 9,3 y 25,0%, respectivamente; el S4 incrementó el contenido de Fe con respecto al sustrato S1 en 25,0% y el S5 incrementó el contenido de N y Mg con respecto al sustrato S1 en 1,8 y 5,6%, respectivamente. Con base en lo anterior, el flujo de minerales en plantas es variado y depende de la disponibilidad, demanda entre órganos y la etapa de desarrollo de la misma (Gutiérrez, 1997). Es posible que al usar sustratos orgánicos se modifique el patrón de traslocación de minerales y estos sean enviados en mayor proporción hacia los frutos en desarrollo (Rademacher, 2004). Al respecto, Ordóñez-Santos

Tabla 6. Comparación de medias del contenido nutricional (en peso seco) de tomate orgánico y convencional  
 Table 6. Comparison of nutritional content (in dry weight) of organic and conventional tomato

Factor de estudio/ Significancia	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Genotipo (G)</b>	*** (1)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Cuauhtémoc	17,0 a	4,4 a	42,5 a	1,8 b	1,9 a	1,0 b	54,8 a	19,2 a	10,8 b	4,2 a
El Cid	16,6 b	3,9 b	41,4 b	1,9 a	1,7 b	1,1 a	50,8 b	16,8 b	11,6 a	4,1 b
<b>Sustrato (S)</b>	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S1	16,7 d <sup>(2)</sup>	4,3 c	47,2 a	2,4 a	1,8 b	1,2 a	52,0 c	16,0 e	14,5 a	5,0 b
S2	16,8 c	4,4 b	41,9 c	1,2 d	1,6 c	1,2 a	55,0 b	19,5 b	13,5 b	6,1 a
S3	16,9 b	4,7 a	42,8 b	1,8 c	1,8 b	0,9 b	51,0 d	20,0 a	13,5 b	3,6 c
S4	16,9 b	3,3 d	38,7 d	2,1 b	1,8 b	1,2 a	65,0 a	16,5 d	6,0 d	3,1 e
S5	17,0 a	4,3 c	39,2 d	1,8 c	1,9 a	0,8 c	41,0 e	18,0 c	8,5 c	3,2 d
<b>G x S</b>	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Cuauhtémoc x S1	16,5 f	4,2 e	52,2 a	2,1 c	2,0 a	1,2 b	54,0 c	17,0 e	16,0 a	4,9 d
Cuauhtémoc x S2	17,1 a	5,2 a	37,9 i	1,0 i	1,9 b	1,0 c	50,0 e	23,0 a	12,0 d	5,6 b
Cuauhtémoc x S3	17,1 a	4,8 b	41,3 f	2,0 d	1,8 c	0,8 d	52,0 d	21,0 b	15,0 b	3,3 g
Cuauhtémoc x S4	17,1 a	3,7 f	38,8 g	2,2 b	2,0 a	1,2 b	81,0 a	17,0 e	7,0 e	3,6 f
Cuauhtémoc x S5	17,1 a	4,3 d	42,4 d	1,9 e	1,8 c	0,8 d	37,0 h	18,0 d	4,0 g	3,3 g
El Cid x S1	16,5 h	4,3 d	42,2 e	2,8 a	1,7 d	1,2 b	50,0 e	15,0 g	13,0 c	5,1 c
El Cid x S2	16,5f	3,6 g	45,9 b	1,5 h	1,3 e	1,4 a	60,0 b	16,0 f	15,0 b	6,6 a
El Cid x S3	16,6 e	4,6 c	44,3 c	1,6 g	1,9 b	1,0 c	50,0 e	19,0 c	12,0 d	3,9 e
El Cid x S4	16,7 d	2,9 h	38,7 h	2,1 c	1,7 d	1,2 b	49,0 f	16,0 f	5,0 f	2,6 i
El Cid x S5	16,9 d	4,2 e	36,0 j	1,7 f	2,0 a	0,7 e	45,0 g	18,0 d	13,0 c	3,0 h

(1)\* = p<0,05; \*\* = p<0,01; \*\*\* = p<0,001; NS = no significativo. (2)Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales con la prueba DMS p≤0,05.

et al. (2011), encontraron que el factor genotipo influyó en el contenido nutricional de tomates fertilizados de manera orgánica y convencional, siempre y cuando se le proporcione a la planta los elementos minerales suficientes en el medio de crecimiento.

El genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S2 registró los valores más altos en el contenido de N, P y Zn, y el segundo mejor valor de Mg y  $\text{NO}_3^-$  en el fruto respecto a todas las combinaciones genotipo x sustrato evaluadas. Por otra parte, se observó un decremento en el contenido de Mn del 75,0% en el genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S5, respecto al sustrato convencional (Tabla 6). El incremento en la concentración de Zn y el decremento de Mn en los frutos orgánicos, es parte de un modelo que se le atribuye a la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en suelos orgánicos (Gosling et al., 2006). Al respecto, Ryan et al. (2004) observaron pequeñas variaciones en el contenido de N, K, Mg, Ca, S y Fe entre granos cultivados de manera orgánica y convencional, sin embargo el grano producido de manera orgánica registró mayor contenido de Zn y Cu pero menor contenido de Mn y P en comparación con la fertilización convencional. La explicación posible para el incremento en el contenido de Zn y Cu sería la aplicación de estiércoles biotransformados, que actúan como un suministro adicional para la planta (Zhou et al., 2005). Acorde con los resultados obtenidos en el presente estudio, el contenido nutricional de los frutos producidos de manera orgánica y convencional se encuentran dentro de los rangos promedio reportados por Kelly y Bateman, (2010).

### Conclusiones

Los resultados sugieren que el uso de fuentes orgánicas pudo satisfacer las necesidades del tomate durante el ciclo de producción bajo

condiciones de invernadero. Las cuatro mejores combinaciones fueron El Cid x S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 y Cuauhtémoc x S5, que alcanzaron un rendimiento medio de  $172,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ , sobresaliendo el obtenido en la combinación El Cid x S2, que tuvo  $184,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  de fruto. En la combinación El Cid x S2 y Cuauhtémoc x S2 se obtuvieron frutos de tamaño mediano, en tanto que la combinación El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3 se obtuvieron frutos con concentraciones mayores a  $4,6 \text{ }^\circ\text{Bx}$ . El contenido de Zn se incrementó en los frutos cosechados bajo los sustratos orgánicos, en tanto que el contenido de Mn se redujo en los mismos. El genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S2 registró los valores más altos en el contenido de N, P y Zn. A pesar que el manejo convencional a base de nutrición inorgánica resulta en rendimientos de 20 a 40% mayores a los tratamientos propuestos a base de sustratos orgánicos sin soluciones nutritivas, estos últimos son una alternativa viable, debido a que la calidad de fruta se mantiene y el sobreprecio de productos orgánicos mejora la relación costo-beneficio de la producción.

### Agradecimientos

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) por la beca otorgada durante los estudios de doctorado del primer autor.

### Bibliografía

- Alcántar GG y Sandoval VM, 1999. Manual de análisis químico del tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A. C. Chapingo, México. 156 pp.
- AOAC, 1980. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. Washington, D.C. USA.

- Argüello JA, Ledesma A, Núñez SB, Rodríguez CH, Díaz-Goldfarb MDC, 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of 'Rosado Paraguayo' garlic bulbs. *Hortscience*, 41(3): 589-592.
- Arancon NQ, Edwards CA, Atiyeh RM, Metzger JD, 2004a. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource. Technol*, 93: 139-144.
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch C, Metzger JD, 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. effects on growth and yields. *Bioresource. Technol*, 93: 145-153.
- Atiyeh RM, Arancon NQ, Edwards CA, Metzger JD, 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource. Technol*, 75: 175-180.
- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S, Metzger JD, 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource. Technol*, 78, 11-20.
- Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD, 2000b. Effects of vermicompost and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología*, 44: 579-590.
- Ayers RS, y Westcot WD, 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 pp.
- Bansal S, y Kapoor KK, 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresource. Technol*, 73: 95-98.
- Cano RP, Figueroa VU, Cruz MJM, Araiza EIA, Moreno-Reséndez A, 2011. Determinación del requerimiento de lavado y fitotoxicidad en compostas y sustratos para la producción en invernadero. P 320-334. In: Agricultura Orgánica. Cuarta parte. M Fortis, E Salazar, J Dimas, P Preciado (Eds.). Universidad Juárez del Estado de Durango. México.
- Capulín-Grande J, Nuñez-Escobar R, Aguilar-Acuña JL, Estrada-Botello M, Sánchez-García P, Mateo-Sánchez JJ, 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Rev Chapingo Ser Hortíc*, 13(1): 5-11.
- Castellanos JZ, 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. P 103-123. In: Manual de producción hortícola en invernadero. JZ Castellanos (Ed.). Intagri. Celaya, Guanajuato, México.
- Castellanos JZ, y Ojodeagua JL, 2009. Formulación de la solución nutritiva. P 131-156. In: Manual de producción de tomate en invernadero. J Z Castellanos (Ed.). Intagri. México.
- Coletto JM, 1995. Crecimiento y Desarrollo de las Especies Frutales. Segunda edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 168 pp.
- De la Cruz-Lázaro E, Osorio-Osorio R, Martínez-Moreno E, Lozano RJ, Gómez-Vázquez A, Sánchez-Hernández R, 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35(5): 363-368.
- Diez NM, 2001. Tipos varietales. P 93-129. In: El cultivo del tomate. F Nuez, (Ed.). Madrid, España.
- Edwards CA, Askar AM, Vasko-Bennett MA, Arancon N, 2010. The Use and Effects of Aqueous Extracts from Vermicompost or Teas on Plant Growth and Yields. P 235-248. In: Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. Edwards CA, Arancon NQ, Sherman R. (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL. <http://dx.doi.org/10.1201/b10453-16>
- Eghball B, 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci Soc Am J*, 64: 2002-2030.
- Gosling P, Hodge A, Goodlass G, Bending GD, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agric Ecosyst Environ*, 113: 17-35.
- Gutiérrez-Miceli FA, Santiago-Borraz J, Montes MJA, Carlos NC, Abud-Archila M, Oliva MAL, Rincón-Rosales R, Dendooven L, 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource. Technol*, 98(15): 2781-2786.
- Gutiérrez MV, 1997. Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agron Costarric*, 21(1): 127-137.

- INFOAM, 2003. International Federation of Organic Agriculture Movements. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158 pp.
- Jones BRJR, Wolf B, Mills HA, 1991. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro. Publishing Inc. Athens, Georgia, USA. 213 pp.
- Keely SD, Bateman AS, 2010. Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops – Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and lettuces (*Lactuca sativa*). *Food Chem*, 119: 738-745.
- Keeney DR, y Nelson DW, 1982. Nitrogen – Inorganic forms. P 643-698. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (Eds.). Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy. Madison, Wisc. USA.
- Lim SL, Wu TY, Sim EYS, Lim PN, Clarke C, 2012. Biotransformation of rice husk into organic fertilizer through vermicomposting. *Ecol Eng*, 41: 60-64.
- López-Espinosa ST, Moreno-Reséndez A, Cano-Ríos P, Rodríguez-Dimas N, Robledo-Torres V, Márquez-Quiroz C, 2013. Organic fertilization: An alternative to produce jalapeño pepper under greenhouse conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(9): doi-10.9755/ejfa.v25i9.15979
- Mancera MM, Soto JM, Sánchez E, Yañez RM, Montes F, Balandran RR, 2007. Caracterización mineral de manzana 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' de dos países productores. *Tecnología Chihuahua*, 1(2): 6-17.
- Martínez FE, Sarmiento J, Fischer G, Jiménez F, 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(3): 389-398.
- Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P, Chew-Madina YJ, Moreno-Reséndez A, Rodríguez-Dimas N, 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Rev Chapingo Ser Hortic*, 12(12): 183-189.
- Márquez HC, Cano RP, Rodríguez DN, 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agríc. Téc. Méx*, 34: 69-74.
- Márquez HC, Cano P, Rodríguez N, Moreno A, De La Cruz E, García JL, Preciado P, Castañeda G, García C, 2009. Producción en invernadero de tomate orgánico. P 1-24. In: I Simposio de Producción Moderna de Melón y Tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Torreón Coahuila. México.
- Moreno-Reséndez A, Valdes-Perezgasga MT, Zarate-Lopez T, 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agri. Tec. Chile*, 65: 26-34.
- Negi R, y Suthar S, 2013. Vermistabilization of paper mill wastewater sludge using *Eisenia fetida*. *Bioresource. Technol*, 128: 193-198.
- NMX-FF-031, 1997. Normas Mexicanas. Productos alimenticios no industrializados, para su consumo humano-Hortalizas frescas-tomate- (*Lycopersicon esculentum* Mill.)-Especificaciones. Disponible en <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/1998/nmx-ff-031-1998.pdf> 29 pp. (17 marzo de 2013).
- Ordóñez-Santos LE, Vázquez-Odériz ML, Romero-Rodríguez MA, 2011. Micronutrient contents in organic and conventional tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Food. Sci. Tech*, 46: 1561-1568.
- Rademacher W, 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Hort*, 653: 29-32.
- Ramesh P, Singh M, Rao AS, 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Sci*, 88(4): 561-568.
- Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE, 1992. Biología de las plantas. Volumen 2. Traducido al español por Santamaria R, Lloret F, Mas M, Cardona MA. Editorial Reverté. Barcelona, España. 773 pp.
- Raviv M, Oka Y, Katan J, Hadar Y, Yogev A, Medina S, Krasnovsky A, Ziadna H, 2004. High-nitrogen compost as a médium for organic container-grow crops. *Bioresource. Technol*, 96(4): 419: 427.
- Reséndez AM, Aguilar FJL, Viramontes UF, Dimas NR, Arroyo JV, Carrillo JLR, Ríos PC, Valdés MHR, 2012. Tomato production in sand: vermicompost mixtures compared with sand and nutritive solution. *J. Agri. Sci. Rev*, 1(1): 19-26.
- Rippy JFM, Peet MM, Louis FJ, Nelson PV, 2004. Plant development and harvest yield of green-

- house tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience*, 39(2): 223-229.
- Rodríguez-Dimas N, Cano-Ríos P, Favela-Chávez E, Figueroa-Viramontes U, De Paul-Álvarez V, Palomo-Gil A, Márquez-Hernández C, Moreno-Reséndez A, 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Rev Chaingo Ser Hortic*, 13(2): 185-192.
- Rodríguez DN, Cano RP, Figueroa VU, Palomo GA, Favela CE, Álvarez RVP, Márquez HC, Moreno RA, 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev Fitotec Mex*, 31: 265-272.
- Ryan MH, Derrick JW, Dann PR, 2001. Grain mineral concentrations and yield of wheat grown under organic and conventional management. *J Sci Food Agr*, 84: 207-216.
- SAGARPA-ASERCA, 2011. Pliego de condiciones para uso de la marca oficial México Calidad Suprema en tomate. BANCOTEX ASERCA. PC-020-2005. Disponible en [http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%2012/PC\\_020\\_2005\\_Tomate.pdf](http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%2012/PC_020_2005_Tomate.pdf) 22 pp. (Fecha de consulta 20 noviembre de 2012).
- Santiago J, Mendoza M, Borrego F, 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agron. Mesoam*, 9: 59-65.
- SAS, 2004. Statistical Analysis System. What's New in SAS 9.0, 9.1, 9.1.2 and 9.1.3. SAS Institute Inc. Cary N. C. USA.
- SIAP, 2005. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción de jitomate rojo orgánico. [Fecha de consulta: 8 de agosto de 2011] Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)
- SIAP, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción de jitomate rojo orgánico. [Fecha de consulta: 8 de agosto de 2011] Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)
- Shaviv A, y Mikkelsen RL, 1993. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation - A review. *Fert Res*, 35: 1-12.
- Solís-Pacheco JR, Pérez-Martínez F, Orozco-Ávila I, Flores-Montaña JL, Ramírez-Romo E, Hernández-Rosales A, Aguilar-Uscanga B, 2006. Descripción de un proceso tecnificado para la elaboración de piloncillo a partir de caña de azúcar. *e-Gnosis*, 4(1): 1-8.
- Stanhill G, 1990. The comparative productivity of organic agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ*, 30: 1-26.
- Steffen GPK, Antonioli ZI, Steffen RB, Machado RG, 2010. Cascara de arroz y estiércol bovino como sustrato para la multiplicación de lombrices de tierra y la producción de plántulas de tomate y lechuga. *Acta Zool Mex. Nueva Ser*, 26(SPE2): 333:343.
- Valdez-Pérez MA, Fernández-Luqueño F, Franco-Hernandez O, Flores LB, Dendooven L, 2011. Cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in limed or unlimed wastewater sludge, vermicompost or inorganic amended soil. *Sci Hort*, 128: 380-387.
- Warman PR, y AngLopez MJ, 2011. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource. Technol*, 101: 4479-4483.
- Zhou DM, Hao XZ, Wnag YJ, Dong YH, Cang L, 2005. Copper and Zn uptake by radish and pak-choi as effected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere*, 59(2): 167-175.
- (Aceptado para publicación el 15 de mayo de 2013)