

Fertilización Orgánica y Número de Tallos Afecta Calidad y Compuestos Bioactivos en un Híbrido de Tomate tipo Saladette Organic Fertilization and Number of Stems Affect Quality and Bioactive Compounds in a Saladette Tomato Hybrid

Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez¹, Manuel Fortis-Hernández²,
Pablo Preciado-Rangel², Cirilo Vázquez-Vázquez¹ y María Gabriela Cervantes-Vázquez^{1†}

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35, ejido Venecia. 35111 Gómez Palacio, Durango, México; (T.J.A.C.V.), (C.V.V.), (M.G.C.V.).

[†] Autora para correspondencia: cevga@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana. 27170 Torreón, Coahuila, México; (M.F.H.), (P.P.R.).

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por su alta demanda y producción es la hortaliza más importante en el mundo aunado a esto es un alimento funcional por su contenido de antioxidantes. Este cultivo se produce bajo un sistema protegido con una fuente de fertilización inorgánica sintética, lo cual incrementa los costos de producción. Es importante encontrar una fuente alternativa de fertilización y un manejo agronómico que incremente los rendimientos, mejore la calidad comercial y nutracéutica de este cultivo. El objetivo del estudio fue comprobar el efecto sobre la calidad comercial y los compuestos bioactivos de tomate, con dosis de estiércol bovino solarizado y el número de tallos bajo un sistema protegido, así como evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el suelo. La investigación se desarrolló durante el ciclo primavera-verano 2021. Se obtuvieron ocho tratamientos (factorial 4×2) originados de la combinación de cuatro dosis de fertilización (0, 40, 60 Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado y fertilizante químico [Urea (46-0-0) y MAP (11-52-0)] con dos números de tallos (uno y dos tallos) por planta. La calidad comercial fue superior organolépticamente con el tratamiento de 60 Mg ha⁻¹ y con un solo tallo encontrándose superior a los 4.8 °Brix. El mayor rendimiento se obtuvo con la dosis de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino siendo estadísticamente similar a la fertilización química. El contenido de compuestos bioactivos (licopeno y la capacidad antioxidante) se incrementó un 36% con el efecto de la interacción de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol y un tallo en comparación con el tratamiento químico. El contenido de MO, NO₃⁻, NH₄⁺ y PO₄⁻³ en el suelo se incrementó con las dosis de estiércol, por lo que se ve reflejado uno de los beneficios del uso de este abono orgánico.



Cita recomendada:

Cervantes-Vázquez, T. J. A., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Vázquez-Vázquez, C., & Cervantes-Vázquez, M. G. (2024). Fertilización Orgánica y Número de Tallos Afecta Calidad y Compuestos Bioactivos en un Híbrido de Tomate tipo Saladette. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-11. e1848. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1848>

Recibido: 15 de noviembre de 2023.

Aceptado: 18 de enero de 2024.

Artículo. Volumen 42.

Marzo de 2024.

Editor de Sección:

Dr. Juan José Reyes Pérez



Copyright: © 2024 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Palabras clave: alimento funcional, antioxidantes, *Solanum lycopersicum* L.

SUMMARY

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.), due to its high demand and production, is the most important vegetable in the world, coupled with this, it is a functional food due to its antioxidant content. This crop is produced under a protected system with a synthetic inorganic fertilization source, which increases production costs. It is important to find an alternative source of fertilization and agronomic management that increases yields and improves the commercial and nutraceutical quality of this crop. The aim of the study was to verify the effect on the commercial quality and bioactive compounds of tomato, with doses of solarized bovine manure and the number of stems under a protected system, as well as evaluate the effect of organic fertilization on the soil. The research was carried out during the spring-summer 2021

cycle. Eight treatments (4×2 factorial) were obtained from the combination of four fertilization doses (0, 40, 60 Mg ha⁻¹ of solarized manure and chemical fertilizer [Urea (46-0-0) and MAP (11-52-0)] with two numbers of stems (one and two stems) per plant. The commercial quality was superior organoleptically with the treatment of 60 Mg ha⁻¹ and with a single stem being higher than 4.8 °Brix. The highest yield was obtained with the dose of 60 Mg ha⁻¹ of bovine manure being statistically similar to chemical fertilization. The content of bioactive compounds (lycopene and antioxidant capacity) increased by 36% with the effect of the interaction of 60 Mg ha⁻¹ of manure and a stem compared to the chemical treatment. The content of MO, NO₃⁻, NH₄⁺ and PO₄⁻³ in the soil increased with the doses of manure, which reflects one of the benefits of using this fertilizer organic.

Index words: functional food, antioxidants, *Solanum lycopersicum* L.

INTRODUCCIÓN

El fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más producida en el mundo, tiene como principal beneficio el contenido de antioxidantes, los cuales son biomoléculas con beneficios para la salud humana, siendo por definición un alimento funcional (Andrade-Sifuentes *et al.*, 2020). En el 2021, China fue el principal productor de esta hortaliza con 135 × 10⁶ Mg (FAOSTAT, 2023). En el caso de México, de acuerdo con FAOSTAT en el 2021, ocupó el octavo lugar mundial con una producción de 4 × 10⁶ Mg, del cual el 66% fue bajo sistema protegido (invernadero y casa sombra). En la Comarca Lagunera se produjeron 116 303 Mg, de las cuales el 98% fueron bajo casa sombra (SIAP, 2023). La producción de tomate se ve afectado principalmente por las condiciones climáticas, necesidades hídricas, el manejo de número de tallos, la fertilización, y las plagas y enfermedades (Jirón-Rojas *et al.*, 2016; Mendoza-Pérez *et al.*, 2018). El sistema de producción protegida busca controlar algunas de esas condiciones abióticas y bióticas. En la agricultura protegida, se recomienda un manejo agronómico con máximo de dos tallos, ya que puede incrementar variables de calidad como sólidos solubles totales y vitamina C, al incrementar el número de tallos se presentan mayor demanda de mano de obra, dificultando el manejo agronómico (Mendoza-Pérez *et al.*, 2018). Respecto al uso de fertilizantes químicos es común su uso en cultivos bajo invernadero para mantener una alta productividad (Preciado-Rangel *et al.*, 2011). Sin embargo, una alternativa a esta fuente de fertilizantes sintéticos en los invernaderos es el uso de fertilizantes orgánicos, los cuales han demostrado mejoras biológicas y físicas sobre el suelo en comparación con los fertilizantes químicos (Zhao *et al.*, 2020; Bonanomi *et al.*, 2020). Además, incrementan los rendimientos y mejoran la calidad comercial y la cantidad de sustancias bioactivas en los frutos de tomate como los antioxidantes (Fortis-Hernández *et al.*, 2018; Andrade-Sifuentes *et al.*, 2020). Es recomendado encontrar dosis óptimas de fertilización de acuerdo a la fuente del abono orgánico aplicado, ya que, en el caso del estiércol bovino, si se aplican dosis superiores a 100 Mg ha⁻¹ se reduce el rendimiento hasta un 23% (Andrade-Sifuentes *et al.*, 2020), se debe evitar el incremento en la salinidad de suelo al aplicar estiércol (García-Galindo *et al.*, 2019). Con base a lo anterior descrito, el objetivo del estudio fue comprobar el efecto de las dosis de estiércol bovino solarizado y el número de tallos bajo un sistema protegido de producción en el rendimiento, calidad comercial y compuestos bioactivos de los frutos de tomate tipo saladette, así como evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano 2021, en una casa sombra ubicada en el área experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) localizada en el municipio de Gómez Palacio (25° 78' N, 103° 34' E), perteneciente a la comarca lagunera de Durango, México. El sitio está a 1110 m de altitud y se caracteriza por precipitaciones medias anuales de 248.4 mm con temperaturas medias de 22.1 °C. La malla sombra utilizada fue de polietileno color blanco antiáfidos, con protección contra rayos ultravioleta y con 25% de sombreado, con una estructura metálica de acero galvanizado de 2 mm de espesor y 1.5" de diámetro.

Tratamientos

Los tratamientos considerados fueron ocho (Cuadro 1), resultantes de la combinación de cuatro dosis de fertilización (0, 40, 60 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino solarizado y fertilización química (280-50-00: N-P₂O₅-K) y plantas con un manejo agronómico de poda con uno y dos tallos. El híbrido de tomate fue Palermo F1 (Vilmorin®) tipo saladette, recomendado para la región norte del país por su resistencia a alta luminosidad y baja humedad relativa. Para la evaluación de las variables calidad comercial y compuestos bioactivos el diseño del experimento fue bajo un arreglo factorial 4×2, con una distribución en bloques al azar, con tres repeticiones. Se obtuvieron 24 unidades experimentales. Mientras que para el efecto de la fertilización orgánica en el suelo se evaluó solo el factor fertilización por un diseño de bloques al azar. Cada unidad experimental consto de camas de 7×1.2 m, con espacios entre camas de 1.2 m, con 47 plantas por cama.

Fertilización Orgánica y Química

El estiércol bovino crudo fue solarizado durante 90 días en el Campo experimental de la FAZ, de acuerdo al procedimiento reportado por Vázquez-Vázquez *et al.* (2010); las características químicas del estiércol solarizado se muestran en la Cuadro 2. Posteriormente, el estiércol se aplicó al suelo en el rastreo un mes antes del trasplante en dosis correspondientes a cada tratamiento. La fertilización química (FQ) (280-50-00: N-P₂O₅-K) fue realizada con Urea (46-0-0) y MAP (11-52-0), la fertilización nitrogenada se aplicó en tres partes iguales (seis días después del trasplante, floración y fructificación) y la fertilización fosfatada seis días después del trasplante.

Manejo del Cultivo

Fueron sembradas en almácigo semillas del híbrido de tomate Palermo F1, en charolas de 200 cavidades, utilizando Peat Moss como sustrato. Posteriormente, se regó por asperjado y se cubrió con un plástico negro manteniendo una humedad relativa de 45% y temperaturas de 25±3 °C medido con un higrómetro análogo Tyler®, Alemania (Andrade-Sifuentes *et al.*, 2020). Se trasplantó a los 38 días después de la siembra (dds) cuando las plántulas de tomate tenían de cuatro a cinco hojas verdaderas, en camas de siembra con una distancia entre plantas de 15 cm con espacio entre hileras de 1.2 m. Para el riego se consideró una evapotranspiración media del 80% (tanque evaporímetro tipo A) y se utilizó cintilla con espacio entre gotero de 30 cm dos veces por semana. La poda de las plantas fue a uno y dos tallos, está se realizó a los 60 días después del trasplante (ddt), se guiaron con rafia de polipropileno. Se dio un manejo preventivo para el control de plagas y enfermedades con un bioinsecticida comercial EAUBA-HIPER de MICRO VIDA™. De acuerdo con la clasificación de color rosado de 30 a 60% (Coromoto-Alcedo y Reyes, 2018), fueron cosecharon los frutos, realizándose manualmente con ayuda de guantes y tijeras esterilizadas hasta la formación de nueve racimos por planta (80, 90, 100 y 112 ddt).

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en el cultivo de tomate en casa sombra.
Table 1. Treatments applied to tomato cultivation in shade houses.

Tratamientos	Descripción
T1 = 1T + SE	Un tallo con 0 Mg ha ⁻¹ estiércol
T2 = 2T + SE	Dos tallos con 0 Mg ha ⁻¹ estiércol
T3 = 1T + E40	Un tallo con 40 Mg ha ⁻¹ estiércol
T4 = 2T + E40	Dos tallos con 40 Mg ha ⁻¹ estiércol
T5 = 1T + E60	Un tallo con 60 Mg ha ⁻¹ estiércol
T6 = 2T + E60	Dos tallos con 60 Mg ha ⁻¹ estiércol
T7 = 1T + FQ	Un tallo con fertilización química
T8 = 2T + FQ	Dos tallos con fertilización química

Cuadro2. Características químicas del estiércol bovino solarizado aplicado al cultivo de tomate en casa sombra.
Table2. Chemical characteristics of solarized bovine manure applied to tomato cultivation in shade houses.

	N	P	CE	pH	MO	PSI
	- - - - mg kg ⁻¹ - - - -		dS m ⁻¹		- - - - % - - - -	
Estiércol solarizado	1.75	45.12	7.67	7.95	6.12	5.35

N = nitrógeno; P = fósforo; CE = conductividad eléctrica; pH = potencial hidrógeno; MO = materia orgánica; PSI = porcentaje de sodio intercambiable.

N = nitrogen; P = phosphorus; CE = electrical conductivity; pH = hydrogen potential; MO = organic matter; PSI = percentage of exchangeable sodium.

Características Iniciales del Suelo

Se evaluaron los parámetros de reacción del suelo al inicio y al finalizar el experimento por cada unidad experimental a la profundidad de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm, como el pH (1:2 p/v pH), conductividad eléctrica (extracto de saturación), materia orgánica (Walkley-Black), nitratos-amonio (Kjeldahl) y fósforo (Olsen), con base a la NOM-021- RECNAT (SEMARNAT, 2002). Los resultados obtenidos al inicio corresponden a suelos ligeramente salinos y arcillosos, con contenido medio de MO (Cuadro 3).

Calidad Comercial

Las variables evaluadas para la calidad de fruto fueron: rendimiento (kg m⁻²), diámetro polar y ecuatorial (cm) (calibrador analógico Truper®, México). Se consideraron 3 plantas por m² y se seleccionaron 16 frutos al azar de cada tratamiento. Se pesaron mediante una báscula digital (Ohaus®, Suiza) y se registró el peso fresco del fruto de tomate (g). Tres frutos de tomate por tratamiento se seleccionaron al azar para evaluar Sólidos Solubles Totales (SST) con ayuda de un refractómetro digital con rango de 0.0 a 53.0 °Brix (Atago®, Tailandia).

Se midió el contenido de Nitratos (NO₃⁻), en el extracto celular del peciolo (ECP) y NO₃⁻ en fruto fresco de tomate (ECF) con el equipo Cardy Horiba®, Singapur. expresados en mg L⁻¹. Para la extracción de NO₃⁻ en ECP se seleccionando 10 hojas debajo de la tercera hoja debajo del crecimiento de cada fruto por tratamiento (Núñez-Ramírez *et al.*, 2017). Para los NO₃⁻ en ECF se analizó una pasta la cual se macero con un mortero de forma manual tres frutos por tratamiento.

Compuestos Bioactivos

Contenido Fenólico Total, Capacidad Antioxidante y Licopeno

Cinco frutos por tratamiento se seleccionaron al azar y se lavaron con agua corriente del grifo para eliminar impurezas para posteriormente ser liofilizadas. Se seleccionó 1 g de tejido vegetal obtenido de la liofilización y se pulverizó manualmente con mortero. Posteriormente se mezcló con 5 mL de metanol (80%) en tubos plásticos con rosca, los cuales fueron colocados en una centrifuga durante 5 minutos a 3000 rpm a temperatura ambiente (25 °C) (López-Martínez *et al.*, 2016), obteniendo un sobrenadante para la determinación de la capacidad antioxidante y licopeno. Se determinó la capacidad antioxidante equivalente en Trolox de acuerdo con el método in vitro ABTS⁺ publicado por Esparza-Rivera, Stone, Stushnoff, Pilon y Kendall (2006), fue reportado como capacidad antioxidante equivalente en µM equiv Trolox 100 g BF (base fresca) y para el contenido de licopeno se usó el método cromatográfico basado en el método citado por Barba, Cámara, Sánchez, Fernández y López (2006), reportados en mg 100 g BF (base fresca), todos los análisis fueron realizados por triplicado.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados por análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1999). Se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias.

Cuadro 3. Características físico-químicas iniciales de suelo a dos profundidades.
Table 3. Initial physical-chemical characteristics of soil at two depths.

Profundidad	NO ₃ ^{-†}	PO ₄ ⁻³	CE	pH	MO	Textura
cm	- - - -	mg kg ⁻¹ - - - -	dS m ⁻¹		%	
0-15	9	8.21	4.1	7.6	3.5	Arcillosa
0-30	5	2.51	2.2	7.1	3.2	

[†] NO₃⁻ = nitratos; PO₄⁻³ = fósforo disponible; CE = conductividad eléctrica; pH = potencial hidrógeno; MO = materia orgánica.

[†] NO₃⁻ = nitrates; PO₄⁻³ = available phosphorus; CE = electrical conductivity; pH = hydrogen potential; MO = organic matter.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto en el Suelo

Los resultados muestran que al finalizar el experimento en la profundidad de 15 cm de suelo se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para materia orgánica (MO), nitratos (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺), fósforo (P), y conductividad eléctrica (CE); con excepción del pH. Los valores más altos se encontraron con 60 Mg ha⁻¹ de estiércol (Cuadro 4). Los tratamientos con estiércol (40 y 60 Mg ha⁻¹) en la profundidad de 0-15 cm de suelo, incrementaron hasta un 12% la CE en comparación con el tratamiento químico y testigo. La CE está relacionada al contenido de sales solubles (aniones y cationes) en el suelo (Iturri, Kloster, Alvarez, Isasti y Díaz, 2022), en la producción de tomate, se ha encontrado que cuando la CE es alta también lo es la cantidad de fósforo disponible en el suelo, lo cual es deseable (Fan, et al., 2023). Aunque el estiércol aporte al suelo nutrientes para la planta, es importante monitorearlo por el incremento de sales como el sodio, pudiendo ocasionar fitotoxicidad (Júnior, Silva, Lima, Silva y Maia, 2017). La materia orgánica se incrementó un 3%, con la aplicación de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol, siendo estadísticamente similar a la dosis de 40 Mg ha⁻¹ a la profundidad de 15 cm, mientras que para la FQ su valor fue el más bajo, esto concuerda a lo reportado por González et al. (2016) y Oladipupo, Alade, Adewuyi, Ajiboye y Toyin (2020), quienes señalan una mejora en la estructura del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, además, puede favorecer el desarrollo de microorganismos benéficos del suelo (Aslantas, Cakmakci y Sahin, 2007; Cotrina-Cabello, Alejos, Cotrina, Córdoba y Córdoba, 2020). El mayor contenido de nitratos (90.05 mg kg⁻¹) y amonio (19.95 mg kg⁻¹) se encontraron con la dosis de 60 Mg de estiércol en la profundidad de 15 cm, siendo estadísticamente superior a la fertilización química. El fósforo muestra valores de 44 mg kg⁻¹ con los tratamientos de estiércol aplicados, siendo estadísticamente iguales entre ellos, pero superiores al control en un 37%. La mineralización de la materia orgánica presente en el estiércol puede incrementar el contenido de formas asimilables (sales solubles) para la planta (Zhou, Gu, Schlesinger y Ju, 2016). La actividad enzimática de los microorganismos en la capa superior de suelo se ve facilitada por las condiciones físicas (Rivera y Martín, 2004), que propician la conversión de nitrógeno

Cuadro 4. Características físico-químicas del suelo a dos profundidades al finalizar el experimento.
Table 4. Physical-chemical characteristics of the soil at two depths at the end of the experiment.

Tratamientos	MO ₁	MO ₂	NO ₃ ⁻ ₁	NO ₃ ⁻ ₂	NH ₄ ⁺ ₁	NH ₄ ⁺ ₂	PO ₄ ⁻³ ₁	PO ₄ ⁻³ ₂	CE ₁	CE ₂	pH ₁	pH ₂	
	- - - %	- - -	- - - - - mg kg ⁻¹ - - - - -										- - dS m ⁻¹ - -
E0 [†]	2.45 b	2.56 a	24.25 c	31.02 b	13.45 b	12.50 b	32.65 b	25.87 c	3.54 b	2.81 a	7.57 a	7.19 a	
E40	2.90 a	2.61 a	82.00 b	58.11 a	17.06 a	17.87 a	44.30 a	37.20 b	3.97 a	3.15 a	7.62 a	7.61 a	
E60	3.00 a	2.80 a	90.05 a	58.51 a	19.95 a	18.09 a	44.09 a	40.51 a	3.82 a	3.19 a	7.79 a	7.69 a	
FQ	2.53 b	2.52 a	23.20 c	35.30 b	12.39 b	13.05 b	37.73 b	29.10 c	3.62 b	2.99 a	7.71 a	7.58 a	

[†] E0 = 0 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino; E40 = 40 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino; E60 = 60 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino; FQ = fertilización química (280-50-00 N-P-K); MO = materia orgánica; NO₃⁻ = nitratos; NH₄⁺ = amonio; PO₄⁻³ = fósforo; CE = conductividad eléctrica y pH = potencial de hidrógeno; subíndice 1 = 0-15 cm; subíndice 2 = 15-30 cm. Dentro de columnas, medias con diferentes letras son estadísticamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

[†] E0 = 0 Mg ha⁻¹ of bovine manure; E40 = 40 Mg ha⁻¹ of bovine manure; E60 = 60 Mg ha⁻¹ of bovine manure; FQ = chemical fertilization (280-50-00 N-P-K); MO = organic matter; NO₃⁻ = nitrates; NH₄⁺ = ammonium; PO₄⁻³ = phosphorus; CE = electrical conductivity and pH = hydrogen potential; subscript 1 = 0-15 cm; subscript 2 = 15-30 cm. Within columns, means with different letters are statistically significant (Tukey $P \leq 0.05$).

orgánico presente en la materia orgánica adicionada con las dosis de estiércol a formas asimilables para las plantas (nitratos y amonio) (Wang *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2016), encontrándose la mayor cantidad de nitratos y amonio en las dosis más altas de estiércol aplicadas, lo que asegura una disposición nutrimental nitrogenada a la planta. Al respecto, Reyes-Pérez *et al.* (2019), reportan que se puede suplir las deficiencias de fósforo en el suelo con la aplicación de estiércol bovino, mejorando el crecimiento y rendimiento de la planta de tomate en comparación con un suelo sin enmiendas orgánicas (Aina, Amoo, Mugivhisa y Olowoyo, 2019).

Calidad Comercial

El efecto independiente del estiércol aplicado, presentó diferencias para el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso de fruto fresco y los sólidos solubles, mientras que el efecto por el número de tallos solo se presentó para los sólidos solubles (Cuadro 5). El mayor diámetro ecuatorial y polar, así como peso de fruto de tomate se encontró para la fertilización química, siendo estadísticamente similar a los tratamientos con estiércol. Estudios demuestran que el mayor tamaño de frutos de tomate fue para los fertilizados sintéticamente al ser comparados con abonos orgánicos (Zoran, Nikolaos y Ljubomir, 2014; López-Martínez *et al.*, 2016), esto concuerda con nuestro estudio, el diámetro ecuatorial y polar, así como peso de fruto de tomate fue superior con la fertilización química y estadísticamente similar a los tratamientos con estiércol siendo superior al testigo en un 15%. Para los sólidos solubles, se encontraron diferencias significativas con las dosis aplicadas de estiércol y para el número de tallos, esto indica que la calidad organoléptica fue superior en los tratamientos con 60 Mg ha⁻¹ de estiércol (5.2 °Brix), en un 30 y 15% comparado con el tratamiento testigo y a la fertilización química, respectivamente. Mientras que para un solo tallo se encontró la mayor concentración de sólidos solubles (4.8 °Brix). Los valores de sólidos solubles (SS) obtenidos se encuentran dentro de los rangos de calidad comercial de tomate, los cuales varían de 4 a 6 °Brix (Martínez-Sias, Martínez, Zúñiga y Martínez, 2020). El incremento en los SS del fruto de tomate en los tratamientos con estiércol es una respuesta al estrés salino en la parte radical de la planta, los solutos (sólidos solubles) se acumularon en el fruto para reducir el potencial osmótico celular que facilitó la absorción de agua (Salisbury y Ross 1991; Dorai, Papadopoulos y Gosselin, 2001; Goykovic y Saavedra 2007).

Cuadro 5. Efecto de las dosis de estiércol y el número de tallos en el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso y sólidos solubles en frutos frescos de tomate saladette cultivados en casa sombra.

Table 5. Effect of manure doses and number of stems on polar diameter, equatorial diameter, weight and soluble solids in fresh saladette tomato fruits grown in shade houses.

Variable	Diámetro Polar	Ecuatorial	Peso de fruto	Sólidos solubles
	----- cm -----		g	°Brix
Estiércol				
0 Mg ha ⁻¹	4.85 b [†]	4.09 b	62.01 b	4.00 c
40 Mg ha ⁻¹	5.20 a	4.48 a	69.27 a	4.15 c
60 Mg ha ⁻¹	5.56 a	4.48 a	71.39 a	5.22 a
FQ	5.79 a	4.53 a	72.59 a	4.52 b
Tallo				
1	5.55 a	4.41 a	71.13 a	4.82 a
2	5.52 a	4.40 a	67.97 a	4.26 b
Estiércol	0.04 *	0.03 *	0.02 *	0.0001 *
Tallo	0.91 ns	0.96 ns	0.58 ns	0.0004 *
Estiércol*Tallo	0.96 ns	0.85 ns	0.99 ns	0.32 ns

[†] Medias con letras iguales en columnas no son significativas (Tukey $P \leq 0.05$). * ns = significativa y no significativa según Tukey ($P \leq 0.05$).

[†] Means with equal letters in columns are not significant (Tukey $P \leq 0.05$). * ns = significant and not significant according to Tukey ($P \leq 0.05$).

Rendimiento, Nitratos en Extracto Celular de Peciolo y Frutos

Los tratamientos con las dosis de estiércol y fertilización química presentaron diferencias estadísticas en los rendimientos (Cuadro 6). El mayor valor (8.73 kg m²) fue obtenido con la dosis de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol, siendo superior en un 15% al tratamiento testigo y similar a la fertilización química. El número de tallos no mostró diferencia significativa sobre el rendimiento ($P \geq 0.05$), probablemente indicando una redistribución de los nutrientes asimilados desde el tallo principal hacia el tallo secundario durante la etapa temprana de su crecimiento, ya que el tallo secundario ejerce una fuerte demanda de recursos y compite intensamente por los nutrientes disponibles con los frutos en crecimiento en el tallo principal (Cockshull y Ho, 1995). Además, con el incremento de tallos, el área de sombreado es mayor, disminuye la reserva de asimilados por la reducción del área del parénquima, lo que puede conducir a que las reservas de fotoasimilados sean parcialmente removilizadas a los frutos en crecimiento (Moorby, 1981). Nuestros resultados difieren a lo reportado por Andrade-Sifuentes *et al.*, (2020), ellos reportan rendimientos de hasta 12 kg m² con la aplicación de estiércol en dosis de 40 a 80 Mg ha⁻¹, sin embargo, existe un riesgo por la reducción en el rendimiento de hasta el 23%, si se aplican dosis superiores a 100 Mg ha⁻¹ de estiércol. El contenido de nitratos (NO₃⁻) en el fruto (ECF) y en el extracto celular del peciolo (ECP), fueron afectados por las dosis de estiércol aplicadas y por la fertilización química, ambos fueron superiores al testigo en un 8% para ECF y 5% para ECP. Sin embargo, el número de tallos no muestra diferencias significativas. Los valores más altos encontrados para NO₃⁻ en el ECP (1218.32 mg L⁻¹) y ECF (175.18 mg L⁻¹), fueron en las dosis con 60 Mg ha⁻¹ estiércol. La suficiencia de nitrógeno se relaciona con la cantidad de NO₃⁻ en el extracto celular de la planta (Sánchez-Hernández *et al.*, 2016), esto indica que se puede usar como una herramienta para monitorear la suficiencia nutrimental de la planta de tomate bajo condiciones de invernadero (Núñez-Ramírez *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos evidencian que el suministro nutrimental por la aplicación del estiércol bovino está asegurado por la liberación gradual de los bioestimulantes y nutrimentos vegetativos (Traoré *et al.*, 2022), sin embargo, es importante continuar la investigación para encontrar las dosis recomendadas de estiércol ya que se puede generar toxicidad por acumulación de Na⁺ en los tejidos, afectando el desarrollo de la planta (Júnior *et al.*, 2017).

Cuadro 6. Efecto de las dosis de estiércol y el número de tallos en el rendimiento, nitratos (NO₃⁻) en fruto (ECF) y NO₃⁻ en el extracto celular del peciolo (ECP) en frutos de tomate.

Table 6. Effect of manure doses and number of stems on yield, nitrates (NO₃⁻) in fruit (ECF) and NO₃⁻ in the petiole cell extract (ECP) in tomato fruits.

Variable	Rendimiento	NO ₃ ⁻ ECF	NO ₃ ⁻ ECP
	kg m ²	----- mg L ⁻¹ -----	
Estiércol			
0 Mg ha ⁻¹	7.56 b†	158.24 b	844.60 b
40 Mg ha ⁻¹	8.13 a	171.96 a	1109.22 a
60 Mg ha ⁻¹	8.73 a	175.18 a	1218.32 a
FQ	8.23 a	172.49 a	1172.49 a
Tallos			
1	8.64 a	177.16 a	1151.70 a
2	8.23 a	168.77 a	1297.70 a
Estiércol	0.01 *	0.05 *	0.03 *
Tallo	0.43 ns	0.33 ns	0.34 ns
Estiércol*Tallo	0.95 ns	0.80 ns	0.77 ns

† Medias con letras iguales en columnas no son significativas (Tukey $P \leq 0.05$). * ns = significativa y no significativa según Tukey ($P \leq 0.05$).

† Means with equal letters in columns are not significant (Tukey $P \leq 0.05$). * ns = significant and not significant according to Tukey ($P \leq 0.05$).

Compuestos Bioactivos

En general, el contenido de licopeno y la capacidad antioxidante se vio afectado por el número de tallos y las dosis de estiércol aplicadas (Cuadro 7). Para el número de tallos, el fruto de tomate a un solo tallo mostró el mayor contenido de licopeno (1.79 mg 100 g BF) y capacidad antioxidante (310.03 μM equiv Trolox 100 g BF). Aunque exista un alto contenido de licopeno y capacidad antioxidante con un tallo, el mayor contenido de licopeno (2 mg 100 g BF) y capacidad antioxidante (348.46 μM equiv Trolox 100 g BF) se encontraron con las dosis de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol; siendo superior a los valores encontrados con el tratamiento químico, en un 70 y un 24%, respectivamente. El ambiente, puede ser un factor estresante para el incremento en el contenido de especies oxidativas en el fruto de tomate (Salas-Pérez *et al.*, 2016), las dosis aplicadas de estiércol pudieron ocasionar un estrés salino en el medio radical, ocasionando la síntesis y acumulación de especies antioxidantes en el fruto, como mecanismo de defensa de la planta (Mittler, Vanderauwera, Gollery y Breusegem, 2004), evitando daños patogénicos por la capacidad que tienen de neutralizar radicales libres (Espinoza, Nieblas, Morales, Salgado y Ramírez, 2021). La interacción del número de tallos y dosis de estiércol aplicadas, tuvieron un efecto significativo y superior con relación al efecto simple de estos factores (Figura 1). En la interacción de 60 Mg ha⁻¹ con un tallo, fue mayor el contenido de licopeno (2.3 mg 100 g⁻¹) (Figura 1a) y la capacidad antioxidante (373.47 μM equiv Trolox 100 g) (Figura 1b). La mayor cantidad de antioxidantes en los frutos de las plantas con un tallo se puede atribuir a que existe una mayor distribución de los asimilados vegetales, en comparación con un tallo secundario que compite con el desarrollo del fruto (Peil y Gálvez, 2004). Nuestros resultados evidencian el beneficio de usar abonos orgánicos en la mejora de la calidad nutraceutica de los frutos de tomate como lo reportan López-Martínez *et al.* (2016) en el incremento del contenido de licopeno y mayor capacidad antioxidante (Zhang, Duan, Tan y Zhang, 2016, Fortis-Hernández *et al.*, 2018).

Cuadro 7. Efecto de las dosis de estiércol y el número de tallos en el contenido de licopeno y la capacidad antioxidante del fruto fresco de tomate saladette producidos en casa sombra.

Table 7. Effect of manure doses and the number of stems on the lycopene content and antioxidant capacity of fresh saladette tomato fruit produced in shade houses.

Variable	Licopeno	Capacidad antioxidante
	mg 100 g BF	μM equiv Trolox 100 g BF
Estiércol		
0 Mg ha ⁻¹	1.42 c†	241.46 d
40 Mg ha ⁻¹	1.61 b	292.33 b
60 Mg ha ⁻¹	2.00 a	348.46 a
FQ	1.173 d	280.83 c
Tallo		
1	1.79 a	310.03 a
2	1.31 b	271.61 b
Estiércol	0.0001*	0.0001 *
Tallo	0.0001 *	0.0001 *
Estiércol*Tallo	0.0001 *	0.0001 *

† Medias con letras iguales en columnas no son significativas (Tukey $P \leq 0.05$). * ns = significativa y no significativa según Tukey ($P \leq 0.05$).

† Means with equal letters in columns are not significant (Tukey $P \leq 0.05$). * ns = significant and not significant according to Tukey ($P \leq 0.05$).

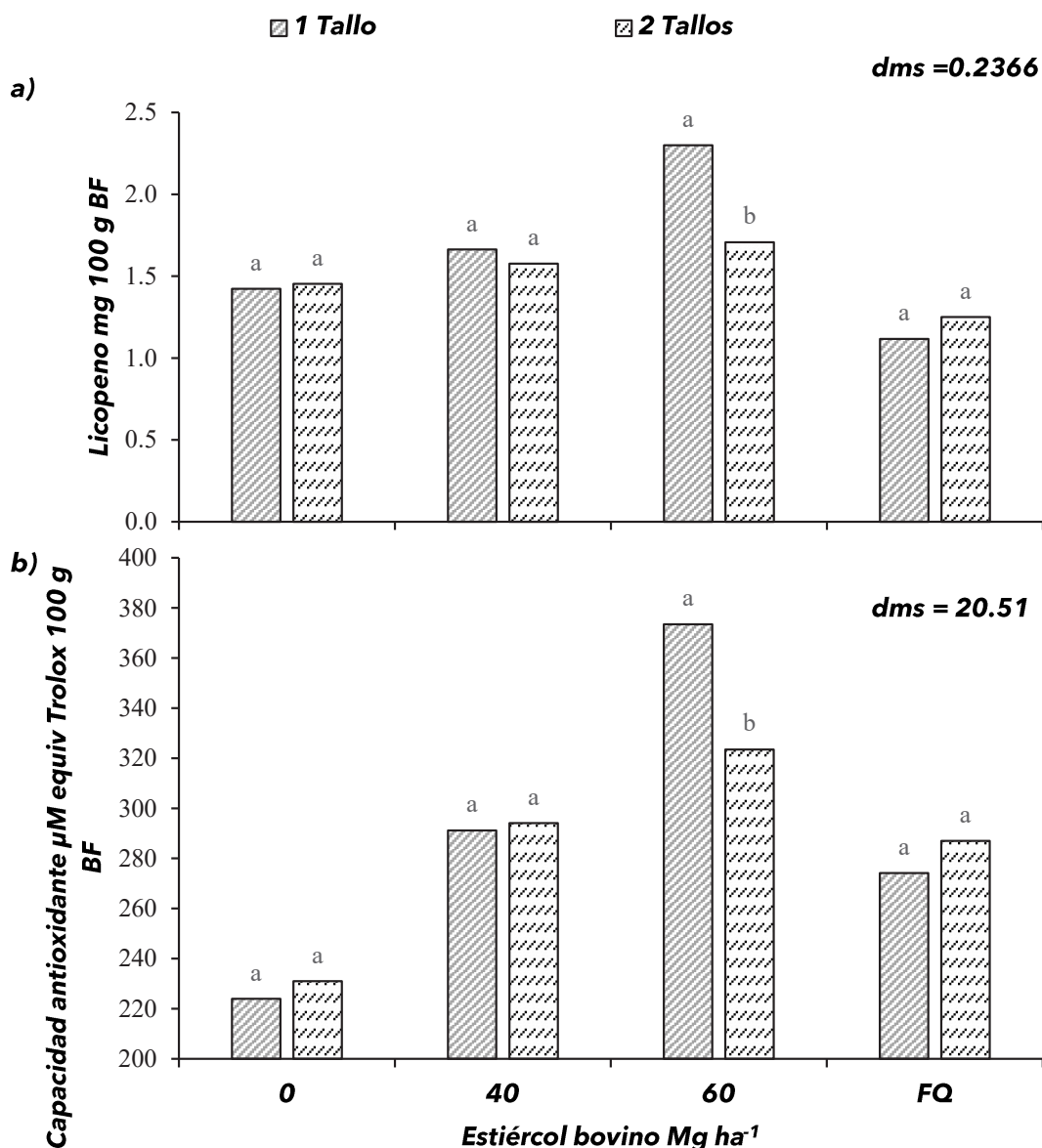


Figura 1. Interacción de los efectos del estiércol bovino solarizado y el número de tallos sobre el contenido de licopeno (A) y capacidad antioxidante (B) en frutos de tomate saladette. FQ = fertilización química. Letras diferentes en las barras indican diferencia significativa con $P \leq 0.05$

Figure 1. Interaction of the effects of solarized bovine manure and the number of stems on the lycopene content (A) and antioxidant capacity (B) in saladette tomato fruits. FQ = chemical fertilization. Different letters in the bars indicate significant difference with $P \leq 0.05$

CONCLUSIONES

La calidad comercial fue superior organolépticamente con el tratamiento de 60 Mg ha^{-1} y con un solo tallo encontrándose superior a los $4.8 \text{ }^\circ\text{Brix}$. El mayor tamaño se encontró para la fertilización química, siendo estadísticamente similar a los tratamientos con estiércol, mientras que no existe diferencia con el factor número de tallos. El contenido de compuestos bioactivos (licopeno y la capacidad antioxidante) se incrementó un 36% con el efecto de la interacción de 60 Mg ha^{-1} de estiércol y un tallo en comparación con el tratamiento químico. Aunado a esto se incrementó la cantidad de materia orgánica, nitratos, amonio y fósforo en el suelo con la dosis más alta de estiércol, reflejando así una de las bondades de este abono orgánico aplicado al tomate en casa sombra.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización e investigación: C.V.V. Validación y análisis formal: M.G.C.V. y M.F.H. Escritura, revisión, edición y visualización: C.V.V. y T.J.A.C.V. Supervisión: P.P.R. Adquisición de fondos: C.V.V.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).

LITERATURA CITADA

- Aina, O. E., Amoo, S. O., Mugivhisa, L., & Olowoyo, J. (2019). Effect of organic and inorganic sources of nutrients on the bioactive compounds and antioxidant activity of tomato. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 3681-3694. https://doi.org/10.15666/aeer/1702_36813694
- Andrade-Sifuentes, A., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Orozco-Vidal, J. A., Yescas-Coronado, P., & Rueda-Puente, E. (2020). Azospirillum brasilense and solarized manure on the production and phytochemical quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomy*, 10(12), 1-22. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121956>
- Aslantas, R., Cakmakci, R., & Sahin, F. (2007). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111(4), 371-377. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.016>
- Barba, A. O., Hurtado, M. C., Mata, M. S., Ruiz, V. F., & De Tejada, M. L. S. (2006). Application of a UV-vis detection -HPLC method for a rapid determination of lycopene and b-carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95(2), 328-336. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.028>
- Bonanomi, G., Alioto, D., Minutolo, M., Marra, R., Cesarano, G., & Vinale, F. (2020). Organic amendments modulate soil microbiota and reduce virus disease incidence in the TSWV-tomato pathosystem. *Pathogens*, 9(5), 7-9. <https://doi.org/10.3390/pathogens9050379>
- Cockshull, K. E., & Ho, L. C. (1995). Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. *Journal of Horticultural Science*, 70(3), 395-407. <https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515309>
- Coromoto-Alcedo, C. Y., & Reyes, I. (2018). Microorganismos Promotores de Crecimiento en el Biocontrol de *Alternaria alternata* en tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). *Bioagro*, 30(1), 59-66.
- Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova-Mendoza, P., & Córdova-Barrios, I. C. (2020). Effect of organic fertilizers on agricultural soil of Purupampa Panao, Peru. *Centro Agrícola*, 47(2), 31-40.
- Dorai, M., Papadopoulos, A. P., & Gosselin, A. (2001). Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*, 21(4), 367-383. <https://doi.org/10.1051/agro:2001130>
- Esparza-Rivera, J. R., Stone, M. B., Stushnoff, C., Pilon-Smith, E., & Kendall, P. A. (2006). Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *Journal of Food Science*, 71(3), 270-276. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15653.x>
- Espinoza-Ruiz, F. H., Nieblas-Rosales, A. C., Morales-Beltrán, F. A., Salgado-Zamora, S., & Ramírez-Loya, J. G. (2021). Capacidad antioxidante de tomate orgánico y convencional, determinado con dos métodos fotométricos: estudio preliminar. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 3456-3464. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-052>
- Fan, H., Zhang, Y., Li, J., Jiang, J., Waheed, A., Wang, S., ... & Zhang, R. (2023). Effects of organic fertilizer supply on soil properties, tomato yield, and fruit quality: A global meta-analysis. *Sustainability*, 15(3), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su15032556>
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2023). Base de datos estadísticos. Consultada el 25 de agosto, 2023, desde <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Segura-Castruita, M. A., Mendoza-Tacuba, L., Gallegos-Robles, M. A., Hernández-García, J. L., & Vázquez-Vázquez, C. (2018). Changes in nutraceutical quality of tomato under different organic substrates. *Horticultura Brasileira*, 36(2), 189-194. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180207>
- García-Galindo, O., Figueroa-Viramontes, U., Cueto-Wong, J. A., Núñez-Hernández, G., Gallegos-Robles, M. Á., & López-Martínez, J. D. (2019). Disponibilidad de nitrógeno usando dos tipos de estiércol de bovino lechero en cultivos de maíz forrajero y triticale. *Nova Scientia* 11(22), 124-141. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1709>
- González, B. M. L., Fortis, H. M., Preciado, R. P., Segura, C. M. A., Salazar-Sosa E., García, H. J. L., & Esparza, R. J. R. (2016). Calidad fitoquímica de tomate Saladette producido con sustratos orgánicos bajo condiciones de invernadero. *Phyton*, 85(1), 71-78.
- Goykovic-Cortés, V. G., & Saavedra, R. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)*, 25, 47-58.
- Iturri, A., Kloster, N. S., Alvarez, C., Isasti, J., & Díaz-Zorita, M. (2022). ¿Qué medimos cuando analizamos la conductividad eléctrica de aguas y suelos?. *Notas Agrícolas Pampeanas*, 6, 17-22.
- Jirón-Rojas, R. L., Nava-Camberos, U., Jiménez-Díaz, F., Alvarado-Gómez, O. G., Ávila-Rodríguez, V., & García-Hernández, J. L. (2016). Densidades de *Bactericera cockerelli* (Sulc) e Incidencia del "Permanente del Tomate" en Diferentes Condiciones de Producción del Tomate. *Southwestern Entomologist*, 41(4), 1085-1094. <https://doi.org/10.3958/059.041.0408>
- Júnior, E., Silva, A., Lima, J., Silva, M., & Maia, J. (2017). Vegetative development and content of calcium, potassium, and sodium in watermelon under salinity stress on organic substrates. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 1149-1157. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017001200003>
- López-Martínez, J. D., Vázquez-Díaz, D. A., Esparza-Rivera, J. R., García-Hernández, J. L., Castruita-Segura, M. A., & Preciado-Rangel, P. (2016). Yield and nutraceutical quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(4), 409-414. <https://doi.org/10.35196/rfm.2016.4.409-414>
- Martínez-Sias, V. A., Martínez-Hernández, J. J., Zúñiga-Estrada, L., & Martínez-Montoya, J. F. (2020). Efecto de azufre y gallinaza sobre índices fisiológicos y del rendimiento en *Solanum lycopersicum* L. *Agro Productividad*, 13(7), 1-11. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1764>
- Mendoza-Pérez, C., Ramírez-Ayala, C., Martínez-Ruiz, A., Rubiños-Panta, J. E., Trejo, C., & Vargas-Orozco, A. G. (2018) Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 355-366. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1077>
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., & Breusegem, F. V. (2004). Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in Plant Science*, 9(10), 490-498. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.08.009>
- Moorby, J. (1981). *Transport systems in plants*. New York, NY, USA: Longman. ISBN: 0582443792
- Núñez-Ramírez, F., Grijalva-Contreras, R. L., Robles-Contreras, F., Macías-Duarte, R., Escobosa-García, M. I., & Santillano-Cázares J. (2017). Influencia de la fertirrigación nitrogenada en la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo, el rendimiento y la calidad de tomate de invernadero. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(2), 93-103.
- Oladipupo, A. J., Alade, A. A., Adewuyi, S., Ajiboye, G. A., & Toyin, B. O. (2020). Soil Phosphorus Fractions, Reaction, and Conductivity in Some Southwestern Nigerian Soils as Affected by Animal Manure Mixtures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51, 2616-2632. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1845362>
- Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., García-Hernández, J. L., Rueda-Puente, E. O., Esparza-Rivera, J. R., Lara-Herrera, A., & Orozco-Vidal, J. A. (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*, 36(9), 689-693.
- Peil, R. M. N., & Gálvez, J. L. (2004). Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira*, 22(2), <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000200020>
- Reyes-Pérez, J. J., Pérez-Santo, M., Sariol-Sánchez, D. M., Enríquez-Acosta, E. A., Bermeo-Toledo, C. R., & Llerena-Ramos, L. T. (2019). Respuesta agroproductiva del arroz var. INCA LP-7 a la aplicación de estiércol vacuno. *Centro Agrícola*, 46(3), 39-48.
- Rivera, R., & Martín, G. (2004). Mineralización del nitrógeno de la Canavalia ensifomes en un suelo ferralítico rojo de la habana. *Cultivos Tropicales*, 25, 83-88.
- Salas-Pérez, L., González-Fuentes, J. A., García-Carrillo, M., Sifuentes-Ibarra, E., Parra-Terrazas, S., & Preciado-Rangel, P. (2016). Calidad biofísica y nutraceutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Nova Scientia*, 8(17), 310-325. <https://doi.org/10.21640/ns.v8i17.677>
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1991). *Plant Physiology*. California, USA: Wadsworth Publishing Company.
- Sánchez-Hernández, D. J., Fortis-Hernández, M., Esparza-Rivera, J. R., Rodríguez-Ortiz, J. C., De la Cruz-Lázaro, E., Sánchez-Chávez, E., & Preciado-Rangel, P. (2016). Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutraceutica. *Interciencia*, 41(3), 213-217.
- SAS Institute. (1999). *SAS/STAT User guide. Release 8.0*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021 SEMARNAT-2000 antes NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. D. F., México: SEGOB.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). Cierre de la producción agrícola. Consultado el 07 de marzo de 2023, desde <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Traoré, A., Bandaogo, A. A., Savadogo, O. M., Saba, F., Ouédraogo, A. L., Sako, Y., ... & Ouédraogo, S. (2022). Optimizing Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Growth With Different Combinations of Organo-Mineral Fertilizers. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 1-7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.694628>
- Vázquez-Vázquez, C., Salazar-Sosa, E., Fortis-Hernández, M., Reyes-Oliva, M. I., Zúñiga-Tarango, R., & González, J. A. (2010). Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4), 609-617.
- Wang, X. H., Cui, J., Shi, X., Zhao, X., Zhao Y., & Wei, Z. (2015). Bioresource technology relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. *Bioresource Technology*, 198, 395-402. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.041>
- Zhang, E., Duan, Y., Tan, F., & Zhang, S. (2016). Effects of Long-term Nitrogen and Organic Fertilization on Antioxidants Content of Tomato Fruits. *Journal of Horticulture*, 3(172), 1-5. <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000172>
- Zhao, F., Zhang, Y., Li, Z., Shi, J., Zhang, G., Zhang, H., & Yang, L. (2020). Vermicompost improves microbial functions of soil with continuous tomato cropping in a greenhouse. *Journal of Soils and Sediments*, 20, 380-391. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02362-y>
- Zhou, J., Gu, B., Schlesinger, W. H., & Ju, X. (2016). Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands. *Scientific Reports*, 6, 1-8. <https://doi.org/10.1038/srep25088>
- Zoran, I. S., Nikolaos, K., & Ljubomir, S. (2014). Tomato Fruit Quality from Organic and Conventional Production. In V. Pilipavicius (Ed.). *Organic Agriculture Towards Sustainability* (pp. 147-169). Rijeka, Croatia: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/58239>