

Composta artesanal sola o con microtúnel sobre el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Artisanal Compost alone or with a Micro Tunnel on Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield

Gorgonio López Tolentino¹ orcid.org/0000-0002-8102-9475
Germani Adrián Muñoz Osorio² orcid.org/0000-0003-3814-7625
Emily Elizabeth Marín Colli¹ orcid.org/0000-0003-2951-4366
Efraín Castillo López¹ orcid.org/0000-0001-8788-8636
Jose Antonio Jiménez Chi¹ orcid.org/0000-0002-5492-9291

¹Universidad de Tecnológica del Mayab, Peto, Yucatán.

²Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Yucatán, Edificio Fénix, Mérida, Yucatán, México.

Autor de correspondencia: gamo_688@hotmail.com

Resumen

Objetivo. Determinar el efecto de la composta artesanal sola o con microtúnel sobre el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el trópico subhúmedo de México. **Materiales y métodos.** Se registró el número de hojas/panta (NH), la longitud (LT, cm) y diámetro del tallo (DT, mm), así como el rendimiento comercial (RC, t/ha) y rezaga (producto sin valor comercial, RR, t/ha) de tomate después de los 80 días del trasplante. El modelo estadístico incluyó efectos fijos de 100% de fertilización química (FQ100), sin fertilización (SF), de 100% de fertilización con composta artesanal (FCA100) y de 100% de fertilización con composta artesanal más microtúnel (FCA100+MT) sobre NH, LT, DT, RC y RR. **Resultados.** Los efectos fijos afectaron todas las variables dependientes evaluadas ($p \leq 0.05$). FCA100

Abstract

Objective. To determine the effect of artisanal compost alone or with microtunnel on the growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the sub-humid tropics of Mexico. **Materials and methods.** The number of leaves/plant (NH), the length (LT, cm) and diameter stem (DT, mm), as well as the commercial yield (RC, t/ha) and straggler (product with no commercial value; RR, t/ha) of tomato were recorded 80 days after transplanting. The statistical model included fixed effects of 100% chemical fertilized (FQ100), no fertilization (SF), 100% fertilization with artisanal compost (FCA100) and 100% fertilization with artisanal compost plus microtunnel (FCA100+MT) on NH, LT, DT, RC and RR. **Results.** Fixed effects affected all the dependent variables evaluated ($p \leq 0.05$). FCA100 and FCA100+MT had similar

y FCA100+MT lograron un NH similar, pero FCA100+MT superó a FQ100 y SF ($p=0.0042$). LT y DT fue similar entre FQ100, FCA100 y FCA100+MT, y todos superaron a SF ($p=0.0000$). El tratamiento FCA100+MT lograron el mayor RC (t/ha) y RR (t/ha) ($p=0.0000$) en comparación con los otros efectos fijos evaluados (FQ100, SF, y FCA100). **Conclusión.** FCA100 propició un rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) similar a FQ100, pero este puede ser mejorado si se incluye microtúnel (FCA100+MT).

Palabras clave

Fertilización, agricultura, agroecología, sustentabilidad, productividad.

NH, but FCA100+MT was superior to FQ100 and SF ($p=0.0042$). LT and DT were similar between FQ100, FCA100 and FCA100+MT, and all were superior to SF ($p=0.0000$). The FCA100+MT treatment obtained the higher RC (t/ha) and RR (t/ha) ($p=0.0000$) compared to the other fixed effects evaluated (FQ100, SF, and FCA100). **Conclusion.** FCA100 achieved tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yields similar to FQ100, but this can be improved if microtunnel (FCA100+MT) is included.

Keywords

Fertilization, agriculture, agroecology, sustainability, productivity.

Introducción

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo en el mundo (Zecchin y Mógor, 2017), por lo que su alta demanda exige que los agricultores incrementen su producción por unidad de superficie. En este sentido, existen varias tecnologías de producción que permiten aumentar los rendimientos en el cultivo de tomate, pero una de las más comúnmente utilizadas es la fertilización química. Reyes y Cortés (2017) reportaron que México, Centro América y el Caribe tienen el uso más intensivo de fertilizantes, en comparación con otros países de la región, tales como los andinos y las naciones del Mercosur y Chile, y aunque es bien sabido que aportan nutrientes para el desarrollo de los cultivos, también son una fuente de contaminación ambiental y degradación del suelo, haciendo más elevado el costo de producción (Azadi *et al.*, 2014). El excesivo uso de los fertilizantes sintéticos modifica químicamente al suelo hasta llegar a ser inservibles para la agricultura, por lo que su empleo se considera una práctica insostenible ambientalmente (Kang *et al.*, 2009). Además de riesgo del incremento de la concentración de metales pesados donde se aplican por periodos largos en las zonas de cultivo (Fässler *et al.*, 2010) incluyendo los altos costos (De Pablo y Uribe, 2015).

Bajo el contexto anterior, se vislumbra la importancia de investigar nuevas alternativas para incrementar los rendimientos de los cultivos y ofrecer al mercado productos inocuos (Rodríguez *et al.*, 2013); es decir, que no sean dañinos para las personas que los producen y consumen, como para el ambiente. Dentro de las alternativas tecnológicas para la producción agrícola y que pueden ser empleadas, sin detrimento del medio ambiente, se encuentra el uso de residuos orgánicos como la composta (Fortis-Hernández *et al.*, 2018), la cual contiene nutrientes que se mineralizan en el suelo, mejorando sus características físico-químicas para la disposición de las plantas (Valadez *et al.*, 2016). De modo que,

el uso de la composta contribuye a la agricultura orgánica, que hace referencia al uso de los recursos naturales de forma más amigable con el medio ambiente, y fomentando la estabilidad de la biodiversidad edáfica, vegetal y animal (Carvajal y Mera, 2010; De los Ríos-Carmenado *et al.*, 2016).

La composta es el producto que se obtiene mediante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos (frutas, verduras, hierbas, pastos, estiércol, entre otros) y sirve como una forma de conservar la fertilidad del suelo (Peralta-Antonio *et al.*, 2019). En dicho proceso, juegan un rol importante los microorganismos, debido a que tienen la capacidad de degradar, de manera completa, los materiales para su estabilización en el suelo (Kumar y Gopal, 2015; Álvarez-Vera *et al.*, 2019). Asimismo, la humedad (de entre 40 y 60%) también es un factor importante que se tiene que considerar en el proceso de compostaje, ya que coadyuva a la degradación de los residuos, limita las zonas de anaerobiosis y nivela las necesidades de oxigenación (10%) (Román *et al.*, 2013); además, controla el pH y la temperatura para evitar un sobrecalentamiento material (Guzmán *et al.*, 2011). La calidad de la composta está determinada por su concentración de nutrientes liberados y disponibles para las plantas; riqueza nutricional que se deriva directamente del tipo de materiales que se hayan empleado en su elaboración (Castro *et al.*, 2009).

Por otro lado, los cultivos de hortalizas realizados en campo abierto no sólo se ven amenazados por la posible falta de nutrientes en el suelo, sino también porque pueden ser susceptibles a daños ocasionados por enfermedades, plagas y otros factores ambientales, tales como las bajas temperaturas, las precipitaciones pluviales excesivas y las ráfagas de viento, entre otros (Sánchez y Ramírez, 2017). Con relación a esto, existe la posibilidad de emplear microtúneles, los cuales son estructuras construidas para la protección de los cultivos, en este caso del tomate, con el fin de prevenir la transmisión de enfermedades y disminuir el efecto de las condiciones climáticas (Lamont y William, 2009). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la composta artesanal sola o con microtúnel sobre el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en el trópico subhúmedo de México.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo entre el mes de noviembre de 2020 a marzo de 2021 en el área experimental de agricultura sustentable y protegida de la Universidad Tecnológica del Mayab, ubicada en el estado de Yucatán, México (19° 47' y 20° 19' de latitud norte y 88° 35' y 89° 59' de longitud oeste, con una altitud de 35 msnm). El clima es cálido y húmedo con lluvias en verano (AW0). La precipitación y temperatura anual promedio es de 1 034.2 mm y 27.3 °C, respectivamente (CONAGUA, 2019).

Elaboración de la composta

La composta se elaboró de manera artesanal, usando hojarasca de árboles (*Ceiba pentandra* y *Delonix regia*), vegetación nativa triturada (*Rottboellia cochinchinensis*, *Commelina*

diffusa Burm y *Dioscorea carionis* Prain) y suelo común. En el cuadro 1, se muestran los materiales y cantidades utilizadas para la preparación de un m³ de composta.

Cuadro 1

Materiales y cantidades utilizadas para la preparación de un m³ de composta

Materiales	Cantidad
Hojarasca de árboles (kg)	30
Vegetación nativa triturada (kg)	40
Suelo común (kg)	40

Se trazó y descontaminó un m² de terreno, el cual sirvió de cama para agregar capas de 10 cm de cada uno de los materiales; mismos que fueron humedecidos aplicando un litro de agua cada dos capas de material. La primera capa fue de hojarasca de árboles mezclada con vegetación nativa triturada y la segunda capa fue de suelo. Este proceso de agregación de capas se realizó consecutivamente hasta completar un m de altura. Para mantener la temperatura, se empleó un riego con tres litros de agua cada cuatro días y se cubrió el material con plástico negro. La temperatura fue medida cada dos días, durante un mes, introduciendo un machete de metal en el centro de la cama por cinco minutos, y que, por tanto, al ser retirado pueda ser tocado con la mano sin experimentar reflejos en respuesta de sentir alta temperatura. Después de disminuir la temperatura, se dejó reposar tres meses para la maduración de la composta, la cual ocurre a temperatura ambiente e indica el fin del proceso de composteo (Loayza y Gallegos, 2020). La composta madura tiene un color marrón oscuro (Docampo, 2014).

Preparación del terreno e instalación de sistema de riego

Las labores de preparación del terreno consistieron en la delimitación de un área de siembra de 180 m²; la eliminación de la vegetación, la labranza y la nivelación usando herramientas básicas, tales como carretillas, azadones, machetes y palas. Asimismo, se hicieron ocho surcos de 15 m de longitud y 90 cm de ancho, considerando 50 cm entre surcos (a manera de pasillo). La instalación del sistema de riego se realizó manualmente colocando una cintilla de polietileno de alta densidad por surco; misma que fue conectada a una salida de agua que provenía de un tubo tipo PE LD de 5", alimentado por una bomba de 1 HP. El agua fue extraída de un pozo profundo.

Siembra y trasplante del tomate

Se emplearon semillas certificadas de tomate, charolas de germinación de poliestireno de 200 cavidades (previamente desinfectadas con cloro a razón de 10 a 15 ml/L de agua), sustrato comercial (*peat moss premier*) y plástico de color negro opaco de polietileno. Para la siembra, se inició con el llenado de las cavidades de las charolas con sustrato humedecido. Posteriormente, se depositó una semilla por cavidad a una profundidad de 2 mm. Las charolas fueron colocadas dentro de un invernadero y cubiertas con plástico negro

hasta su germinación, que fue a los cuatro días a partir del inicio de la siembra. Después de la germinación, las charolas fueron colocadas dentro de un microtúnel, aplicando riego y fertilización con biol a razón de 5 ml/L de agua. Previo al trasplante, se aplicó riego profundo al suelo de aproximadamente dos horas. El trasplante se realizó 20 días después de la siembra, empleando espacios de 40 cm entre plantas y una profundidad de 10 cm cubriendo completamente el cepellón. Posterior al trasplante, se instalaron microtúneles (cubiertos con malla tipo agríbon permeable), que fueron construidos de acuerdo al tamaño del surco y de 80 cm de altura, colocando cada dos m, mangueras de polietileno de 1" y 1.5 m de largo dobladas en forma de arco y, clavadas en el suelo con puntas de madera (insertadas en ambas salidas de la manguera) y sujetadas con rafia agrícola a lo largo y en los extremos del surco. Los riegos se realizaron cada tercer día procurando un tiempo de alrededor de 2 h/d.

Diseño experimental y análisis de datos

Se aplicaron cuatro tratamientos: 1) 100% de fertilización química (FQ100), 2) sin fertilización (SF), 3) 100% de fertilización con composta artesanal (FCA100) y 4) 100% de fertilización con composta artesanal más microtúnel (FCA100+MT), distribuidos completamente al azar, se usó un tratamiento por surco de 20 plantas. En cuanto a la fertilización química se aplicó 10 g de solución nutritiva (N, P, K, Ca, Mg) por litro de agua directamente al suelo, una vez por semana, hasta la etapa de la floración (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007), mientras que la composta se aplicó a razón de 125 g/m² alrededor de cada planta, sólo una vez al momento del trasplante (Diédhiou *et al.*, 2020). El suelo es considerado como franco con pH neutro y un contenido de materia orgánica de 5.3% (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

Se usaron seis plantas/surco para registrar el número de hojas/planta (NH) a través del conteo, la longitud del tallo (LT, cm), desde su base hasta el ápice de la planta, el diámetro del tallo (DT, mm) medido a dos cm del suelo, el rendimiento comercial (RC, t/ha) que se obtuvo pesando los frutos con valor mínimo de 100 g, y la rezaga (RR, t/ha), que se refiere a los frutos no comerciables con un peso menor de 100 g, se incluyeron los frutos dañados o malformados. Para la cosecha se consideraron los frutos de color rosado a rojo y se realizó de dos a tres veces por semana durante dos meses. Los pesos promedios fueron usados para obtener el rendimiento por hectárea. Las mediciones se estimaron con una cinta métrica común de 10 m de longitud y los pesos con una báscula mecánica con cucharón de 5 kg (Truper BAS-5M). El modelo estadístico incluyó efectos fijos de FQ100, SF, FCA100 y FCA100+MT sobre NH, LT, DT, RC y RR de tomate después de los 80 días del trasplante. Las diferencias entre medias fueron determinadas a través de la prueba de Duncan al 0.05 de significancia. Los datos fueron analizados con el programa estadístico STATGRAPHICS® Centurion 18 (2017).

Resultados

En el cuadro 2, se muestran los resultados del efecto de la composta artesanal sola o con microtúnel sobre el número de hojas/planta (NH), la longitud del tallo (LT, cm), el diá-

metro del tallo (DT, mm), el rendimiento comercial (RC, t/ha) y de rezaga (RR, t/ha) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el trópico subhúmedo de México. Los efectos fijos afectaron todas las variables dependientes evaluadas. Los tratamientos FCA100 y FCA100+MT lograron un NH similar, pero éste último superó a FQ100 y SF ($p=0.0042$) en un 14.64 y 19.47 %, respectivamente. Por otro lado, FQ100, FCA100 y FCA100+MT lograron una LT y un DT similar, y todos superaron a SF ($p=0.0000$). El tratamiento FCA100+MT logró el mayor RC (t/ha) y RR (t/ha) ($p=0.0000$) en comparación con los otros efectos fijos evaluados (FQ100, SF, y FCA100).

Cuadro 2

Efecto de la composta artesanal sola o con microtúnel sobre el número de hojas/planta, la longitud y diámetro del tallo, y el rendimiento comercial (RC, t/ha) y de rezaga (RR, t/ha) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el trópico subhúmedo de México

Tratamientos	Número de hojas (hojas/planta)	Longitud de tallo (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Rendimiento comercial (t/ha)	Rendimiento rezaga (t/ha)
FQ100	11.66 b	83.33 a	16.67 a	37.33 b	6.33 bc
SF	11.0 b	71.0 b	13.33 b	18.26 c	5.50 c
FCA100	12.5 ab	83.83 a	18.17 a	34.83 b	7.17 b
FCA100+MT	13.66 a	86.0 a	17.0 a	55.17 a	8.67 a
EEM	0.23	0.52	0.22	0.38	0.16
Valor-p	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

FQ100 = 100% de fertilización química, SF = sin fertilización (SF), FCA100 = 100% de fertilización con composta artesanal, FCA100+MT = 100% de fertilización con composta artesanal más microtúnel, EEM = Error estándar de la media. Diferente literal en la misma columna significan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Discusión

La evaluación del número de hojas es importante, porque indica en primera instancia un evento favorable para la producción del cultivo, ya que la actividad fotosintética laminar y el crecimiento están estrechamente relacionados (Barraza *et al.*, 2004). En este sentido, los resultados del presente estudio mostraron un mayor NH en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el uso de FCA100+MT y en comparación con FQ100, que puede ser atribuido a la composta y al microtúnel. Al respecto, Cantero-Flores *et al.* (2016) indican que la composta producida con residuos verdes incrementa el contenido de materia orgánica y ayuda a mejorar algunas características del suelo. En Yucatán, Widman *et al.* (2005), concluyeron que la composta (elaborada con una mezcla de suelo y residuos sólidos) tuvo un efecto sobre la mejora del suelo, el número de hojas y en el crecimiento de plantas de tomate en comparación con plantas que crecieron directamente en muestras

de suelo y en muestras de suelo adicionado con fertilizantes. En otro estudio llevado a cabo en Campeche, también se observó mayor NH en tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) a los 45 días del cultivo sin la aplicación de fertilizante de síntesis química (NH, 75.40 ± 28.5) que con ella (NH, 53.66 ± 34.6), como consecuencia del daño por nutrición y mortalidad (Cruz *et al.* 2017).

La tasa de crecimiento del cultivo de tomate alcanza los valores máximos a los 75 días después del trasplante, lo que indica más eficiencia productiva de biomasa por unidad de superficie de suelo (Barraza *et al.*, 2004). LT y DT fue similar entre tratamientos (FQ100, FCA100 y FCA100+MT), alcanzando un promedio de 81.04 cm y 16.29 mm, respectivamente. De manera similar, Widman *et al.* (2005) reportaron efectos potenciales de la composta elaborada con residuos sólidos municipales, mezclada con suelo sobre LT de plantas de tomate a los 59 días, en comparación con el uso de fertilizante. En otro estudio, sin embargo, se reportó una LT de alrededor de 150 cm a los 75 días después del trasplante, lo que indica una diferencia de alrededor de 54% de altura de la planta con respecto al promedio alcanzado en el presente estudio (81.04 cm) que se obtuvo a los 80 días del trasplante. Las diferencias entre estudios se pueden explicar en cuanto al manejo agronómico, que incluyen las cantidades de nutrientes utilizadas para el cultivo, el manejo de plagas y enfermedades, el control de malezas y el aporte hídrico, entre otros. Asimismo, se han realizado otros estudios para evaluar la respuesta productiva de diversos cultivos bajo el suministro de composta. En Chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq), por ejemplo, se observó una similitud en cuanto a la altura de la planta a los 90 días después del trasplante con el uso de composta, bocashi y lombricomposta; de igual modo, se encontró similitud en el DT con el uso de composta y bocashi (López *et al.*, 2012).

El RC es la variable más importante en los cultivos agrícolas, ya que de ella puede depender la rentabilidad del sistema productivo (de Pablo y Uribe, 2015). En este sentido, el tratamiento FCA100+MT logró el mayor RC (t/ha) en comparación con FQ100, SF y FCA100, como consecuencia del uso de composta más microtúnel. En el cuadro 2 se puede observar la similitud de RC entre FQ100 y FCA100 con un promedio de 36.08 t/ha, lo que indica un RC inferior de alrededor del 65% con respecto al FCA100+MT. El tratamiento FCA100+MT también tuvo mayor NH, LT y DT, lo que sugiere más cantidad de frutos por unidad de superficie, en comparación con los otros tratamientos. Por lo tanto, es de esperar que, a mayor número de frutos, mayor RC en peso (Barraza *et al.*, 2004) y por consiguiente mayor RR, tal y como se observó en el presente estudio.

Se puede hipotetizar que el uso de FQ100 más microtúnel tiene un efecto potencial sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate; sin embargo, el objetivo del presente estudio se centró en FCA100 y FCA100+MT debido a la practicidad y bajo costo de la estrategia, así como a la sostenibilidad que ofrece desde el punto de vista ambiental (Reyes y Cortés, 2017). En general, FCA100+MT muestra una efectividad importante sobre las variables de respuesta NH, LT, DT, RC y RR, en comparación con FCA100 y FQ100, debido probablemente a que la composta aporta nutrientes como P, K, S, materia orgánica y microorganismos que favorecen las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo para un mejor desarrollo de las plantas (Torres *et al.*, 2018;

Cantero-Flores *et al.*, 2016) y por el uso de microtúnel, el cual previene la posible afectación por enfermedades y condiciones climáticas adversas (Lamont y William, 2009). Asimismo, es importante indicar que debido a que FCA100 y FQ100 tuvieron similar comportamiento en todas las variables evaluadas, FCA100 sería una opción para aquellos productores que no tengan microtúnel. Finalmente, es necesario realizar más investigación que permita identificar la disponibilidad de nutrientes de la composta para el cultivo de tomate y su comparación con otros abonos orgánicos que puedan ser elaborados con materiales existentes en la región.

Conclusiones

FCA100 propició un crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) similar a FQ100, pero este puede ser mejorado si se incluye microtúnel (FCA100+MT).

Agradecimientos

Se agradece a los alumnos Donaldo Guadalupe, Roberto Dival, María Selene y Ángel Antonio del décimo cuatrimestre de ingeniería en agricultura, por su colaboración en las labores de campo para el presente estudio.

Literatura citada

- Aazadi, M.S.; Siyadat, S.A.; Poor, S.M.M. y Younesi, E. (2014). The study effect of nitrogen, *Azotobacter* spp. and *Azospirillum* spp. on phenological and morphological traits of durum wheat cultivars in Dehloran region, Iran. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 48(1): 15-21.
- Álvarez-Vera, M.; Largo, A.; Iglesias-Abad, S. y Castillo, J. (2019). Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. *Scientia Agropecuaria*. 10(3): 353-361.
- Barraza, F.V.; Fischer, G. y Cardona, C.E. (2004). Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agron. Colomb.* 22(1): 81-90.
- Borges-Gómez, L.; Moo-Kauil, C.; Ruíz-Novelo, J.; Osalde-Balam, M.; González-Valencia, C.; Yam-Chimal, C. y Can-Puc, F. (2014). Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: características físicas y químicas predominantes. *Agrociencia*. 48(4): 347-359.
- Cantero-Flores, A.; Bailón-Morales, R.; Villanueva-Arce, R.; Calixto-Mosqueda, M. C. y Robles-Martínez, F. (2016). Compost made with green waste as an urban soil improver. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. 8(2): 71-83.
- Carvajal M.J.S. y Mera, B.A.C. (2010). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + Limpia*. 5(2): 77-96.
- Castro, A.; Henríquez, C. y Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agron. Costarricense*. 33(1): 31-43.
- Comisión Nacional del Agua - CONAGUA (2019). Reporte del clima en México. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2019.pdf> (29 noviembre 2022).

- Cruz, K.Y.P.; Alayón, G.J.A. y Morón, R.A. (2017). Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en tomate verde (*Physalis Ixocarpa* Brot. Ex Horn) en Kalakmul Campeche (México). *Avances en Investigación Agropecuaria*. 21(2): 41-53.
- De los Ríos-Carmenado, I.; Becerril-Hernández, H. y Rivera, M. (2016). La agricultura ecológica y su influencia en la prosperidad rural: visión desde una sociedad agraria (Murcia, España). *Agrociencia*. 50: 375-389.
- De Pablo, V.J. y Uribe, T.J. (2015). Control system of management for intensive cultivation activity in tomato production: Spanish case. *J. Agric. Sci. Tecnol*. 17:11-21
- Diédhiou, I.; Lara, M.J.L. y Rojas V.A.N. (2020). Respuesta agronómica del pepino (*Cucumis sativus* L.) a la aplicación de abonos orgánicos en diferentes sistemas de producción. *Revista Granmense de Desarrollo Local*. 4: 478-490.
- Docampo, R. (2014). Guía de compostaje en pequeña escala. *Revista INIA*. 38: 46-49.
- Fässler, E.; Robinson, B.H.; Stauffer, W.; Gupta, S.K.; Papritz, A. y Schulin, R. (2010). Phytomanagement of metal-contaminated agricultural land using sunflower, maize and tobacco. *Agric. Ecosyst. Environ*. 136(1-2): 49-58.
- Fortis-Hernández, M.; Preciado-Rangel, P.; Segura-Castruita, M.A.; Mendoza-Tacuba, L.; Gallegos-Robles, M.A.; García, H.J.L. y Vásquez-Vásquez, C. (2018). Changes in nutraceutical quality of tomato under different organic substrates. *Hortic. Bras*. 36(2): 189-194.
- Guzmán, M.K.; Azero, A.M. y Sánchez, P.J. (2011). Estimación del coeficiente isohúmico de residuos de maíz en Inceptisoles de Pairumani, Vinto, Cochabamba. *Revista Boliviana de la Ciencia del Suelo*. 1(1): 24-36.
- Kang, S.M.; Joo G.J.; Hamayun, M.; Na, C.I.; Shin, D.H.; Kim, H.Y.; Hong, J.K. y Lee, I.J. (2009). Gibberellin production and phosphate solubilization by newly isolated strain of *Acinetobacter calcoaceticus* and its effect on plant growth. *Biotechnol Lett*. 31(2): 277-81.
- Kumar, B.L. y Gopal, D.V.R.S (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech*. 5: 867-876.
- Lamont, J. y William, Jr. (2009). Overview of the use of high tunnels worldwide. *HortTechnology*. 19(1): 25-29.
- Loayza, D.R.C. y Gallegos, J.R.O. (2020). Efecto del uso de tres tipos de aceleradores biológicos en el compostaje de residuos orgánicos de mercados, parques y jardines de Arequipa. *NAWPARISUN Revista de Investigación Científica*. 3(1): 23-36.
- López, A.M.; Poot, M.J.E. y Mijangos, C.M.A. (2012). Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola*. 12(2): 307-312.
- Peralta-Antonio, N.; Bernardo, F.G.; Waththier, M. y Silva, S.R.H. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *IDESIA*. 37(2): 59-66.
- Reyes, G.E. y Cortés, J.D. (2017). Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012). *Bioagro*. 29(1): 45-52.
- Rodríguez-Dimas, N.; Cano-Ríos, P.; Favela-Chávez, E.; Figueroa-Viramontes, U.; de Paul-Álvarez, V.; Palomo-Gil, A.; Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez, A. (2007). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Rev Chapingo Ser Hortic*. 13(2): 185-192.
- Rodríguez, R.R.C.; Figueredo, V.J. y González, P.O.S. (2013). Influencia de la quitosana en tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) var. "Amalia". *Centro Agrícola*. 40(2): 79-84.

- Román, P.; Martínez, M.M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 122 p.
- Sánchez, P.D. y Ramírez, T.N. (2017). Diseño de un modelo de programación lineal para la planeación de producción en un cultivo de fresa, según factores costo/beneficio y capacidades productivas en un periodo temporal definido. *Ingenierías USBMed*. 8(1): 7-11.
- STATGRAPHICS® Centurion 18. (2017). Manual de Usuario. Statgraphics Technologies, Inc. www.STATGRAPHICS.com
- Torres, D.; Mendoza, B.; Gomes, C.; Almas, L.; Hernandez, W.; Carrero, L.; Castillo, E.; Makhoul, I. y Escalona, A. (2018). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre el crecimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*) en ambientes protegidos. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*. 2(11): 4-18.
- Valadez, S.Y.M.; Olivares, S.E.; Vázquez, A.R.E.; Esparza-Rivera, J.R.; Preciado-Rangel, P.; Valdez-Cepeda, R.D. y García-Hernández, J.L. (2016). Calidad y concentración de capsaicinoides en genotipos de chile Serrano (*Capsicum annum* L.) producidos bajo fertilización orgánica. *Phyton (B. Aires)*. 85: 21-26.
- Widman, A.F.; Herrera, R.F. y Cabañas, V.D.D. (2005). El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán. Estudios preliminares. *Ingeniería*. 9(3): 31-38.
- Zecchin, V.J.S. y Mógor, Á.F. (2017). How Can Bacteria, as an Eco-Friendly Tool, Contribute to Sustainable Tomato Cultivation? In: Kumar, V; Kumar, M; Sharma, S; Prasad, R. (eds). *Probiotics in Agroecosystem*. Springer, Singapore. Pp.163-173.

Recepción: 30 de septiembre de 2022

Arbitraje: 30 de octubre de 2022

Dictamen: 13 de noviembre 2022

Aceptado: 27 de noviembre 2022