

Fertilizantes orgánicos: influencia de la dosis sobre indicadores morfológicos y de rendimiento en jitomate

Organic fertilizers: influence of the dose on morphological and yield indicators in tomato

Recepción del artículo: 11/11/2024 • Aceptación para publicación: 10/12/2024 • Publicación: 01/01/2025

● <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi24.374>

Edson Jordy Amador-Santiago

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7440-2456>

José Cruz Carrillo-Rodríguez*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4170-224X>

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México.

José Luis Chávez-Servia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8816-4127>

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

Gisela Virginia Campos Angeles

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2258-7124>

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México.

Araceli M. Vera-Guzmán

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7523-1143>

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Autor para correspondencia:

jcarrillo_rodriguez@hotmail.com

Resumen

Los fertilizantes orgánicos pueden ser una alternativa para disminuir el uso de la fertilización convencional. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilizantes orgánicos sobre indicadores morfológicos y de rendimiento en jitomate. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con arreglo bifactorial, donde el factor A fueron dos genotipos de jitomate (LA-113 y H-67) y el factor B, siete tratamientos de fertilización, integrando catorce tratamientos con la combinación de ambos factores. El experimento se condujo de manera comercial en camas, riego por goteo y control de plagas y enfermedades, en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca. Se determinó que los efectos de los tratamientos de fertilización tuvieron una mayor determinación en la respuesta de las variables evaluadas que los efectos de los genotipos e interacción fertilizaciones-genotipos. Los resultados obtenidos muestran que la fertilización inorgánica favorece una mayor altura de planta y precocidad a la floración, fructificación y maduración de fruto, sin embargo, con la utilización de la fertilización orgánica con dosis de 1.5 kg/planta bocashi y lixiviado de bocashi, favorece a un mayor tamaño de frutos, peso medio frutos, número y peso total de frutos por planta de jitomate.

Palabras clave: Bocachi, lixiviado, dosis, morfológicos, rendimiento.

Abstract

Organic fertilizers can be an alternative to reduce the use of conventional fertilization. The objective was to evaluate the effect of different doses of organic fertilizers on morphological and yield indicators in tomato. The experiment was established under a completely randomized design, with a bifactorial arrangement, where factor A was two genotypes of tomato (LA-113 and H-67) and factor B, seven fertilizer treatments, integrating fourteen treatments with the combination of both factors. The experiment was conducted commercially in beds, drip irrigation and pest and disease control, at the Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca. It was determined that the effects of fertilization treatments had a greater determination in the response of the evaluated variables than the effects of genotypes and fertilization-genotype interaction. The results obtained show that inorganic fertilization favors greater plant height and precocity at flowering, fruiting and fruit ripening; however, the use of organic fertilization with a dose of 1.5 kg/plant bocashi and leached bocashi favors greater fruit size, average fruit weight, number and total weight of fruits per tomato plant.

Keywords: Bocachi, leachates, dosage, morphological, yield.

Introducción

Los fertilizantes orgánicos son ocupados en la agricultura orgánica como fuente de nutrición para diversos cultivos con la finalidad de generar alimentos de calidad y mejorar la salud del suelo, la biodiversidad y el medio ambiente (Estepa *et al.*, 2024). Se estima que alrededor del 30% de la producción agrícola mundial se obtiene de la agricultura orgánica y en específico con la utilización de fertilizantes orgánicos, ocupan alrededor del 25% de las tierras agrícolas lo que contribuye a mantener una rica agrobiodiversidad (IFOAM, 2024).

Los fertilizantes orgánicos son considerados una alternativa en respuesta al alto consumo de fertilizantes químicos (185 millones de toneladas) ocupados en la producción de hortalizas (Calzada y D'Angelo, 2021), lo que provoca la contaminación al medio ambiente, así como el aumento en los costos de producción de los productores (IFOAM, 2017). Con la utilización de fertilizantes orgánicos se reduce la utilización de sustancias o materiales que generen efectos contraproducentes como los agroquímicos (Mier-Tous *et al.*, 2022).

Entre las principales funciones de los fertilizantes orgánicos está su uso como sustratos, cobertura, complemento o reemplazo de los fertilizantes químicos, además de mejorar las propiedades físicas, químicas, biológicas y sanitarias del suelo (Tawate *et al.*, 2018; Tesfay, 2020), asimismo del aprovechamiento de desechos subutilizados (Ayala y Garcez, 2018; Mass *et al.* 2020; Saldaña *et al.*, 2022), como el estiércol de animales, restos vegetales o fuentes orgánicas factibles para la descomposición o transformación hacia formas orgánicas simples (Jiménez-Esparza *et al.*, 2019), además de ser la forma más utilizada para incorporar materia orgánica al suelo (Urriola *et al.*, 2021), se ha determinado que, en algunos cultivos como el jitomate, el uso de fertilizantes orgánicos mejora significativamente la producción y la composición fisicoquímica del fruto (Gao *et al.*, 2023; Fan *et al.*, 2023).

En relación a lo anterior mencionado, los fertilizantes orgánicos son una opción eficaz como fuente nutricional en la producción de jitomate, tomando en cuenta que el cultivo de jitomate es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial y nacional. El Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP) en 2023, reporta que al menos el 3.5% del jitomate producido en México es de manera orgánica (129574.06 t).

Existen distintas investigaciones dónde se emplean los fertilizantes orgánicos como fuente de nutrición en la producción de jitomate, como la lombricomposta (Triviño y Valencia, 2023), Bocashi (Boudet *et al.*, 2017; Cayuba *et al.*, 2021; López Tolentino *et al.*, 2023),

fertilizantes orgánicos líquidos (Torales Meza *et al.*, 2019).

En este contexto se busca obtener más información sobre el uso de fertilizantes orgánicos en el cultivo de jitomate para reducir la utilización de fertilizantes químicos, por lo cual el objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización orgánica con diferentes niveles de adición de bocashi y lombricomposta en indicadores morfológicos y de rendimiento en dos genotipos de jitomate.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en invernadero, ubicado en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Exhacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca (17°01'10.42"N, 96°45'52.32"O, altitud 1561 m). El material vegetal de jitomate utilizado en el experimento estuvo constituido por una línea experimental (LA-113) de frutos tipo bola y un híbrido interpoblacional (H-67) de fruto tipo riñón o bola-achatado con hombros o costillas. La siembra de las semillas se realizó en charolas de poliestireno con 200 cavidades y sustrato peat moss comercial, y aproximadamente 25 días después de la siembra las plántulas estaban listas para el trasplante en condiciones de invernadero. Para el trasplante se trazaron 4 camas de siembra, con dimensiones de 0.80 metros por 28 metros. Donde se establecieron 7 tratamientos de los cuales 6 fueron de fertilización orgánica y un testigo químico o convencional (Cuadro 1). Se sembró en tres bolillo a una distancia de 0.40 metros entre planta y planta.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización, dosis y combinaciones aplicadas al cultivo de jitomate.

Tratamiento	Fertilizantes orgánicos, dosis y combinaciones y testigo
T1 (Testigo Convencional)	Fertilizante Químico 18-46-0 + Nitrato de calcio + Sulfato de Potasio + Bocashi (1 kg/planta)
T2	1.5 kg/planta de lombricomposta
T3	1.5 kg/planta de lombricomposta + Lixiviado de bocashi
T4	1.5 kg/planta de bocashi
T5	1.5 kg/planta de bocashi + lixiviado de bocashi
T6	1 kg/planta de bocashi + lixiviado de bocashi
T7	1 kg/planta de bocashi + lixiviado de bocashi + 250 g de bocashi solido cada mes

T= Tratamiento

El bocashi se preparó con microorganismo del bosque, se procesaron en formación-descomposición de estiércol de bovino (1 t), aserrín (500 kg), ceniza (40 kg) y carbón molido (50 kg), cal activada (40 kg), melaza (20 L) y hojarasca (200 kg), pasto seco y harina de roca leonardita (10kg) de acuerdo con las recomendaciones de Silva España *et al.*, (2024).

Complementariamente, la fase líquida se hizo con base en las recomendaciones de Rodríguez-Calampa, (2023). Adicionalmente, se hicieron análisis químicos del fertilizante bocashi (Cuadro 2). La lombricomposta de elaboró utilizando desperdicios de cosechas y materiales vegetales locales y lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), y en este caso también se hicieron análisis de composición fisicoquímica (Cuadro 2).

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización, dosis y combinaciones aplicadas al cultivo de jitomate.

Parámetro	pH	CE	MO	C	N	C/N	P	SO ₄	K	Ca ²	Mg ²	Na
		dSm ⁻¹	(%)	(%)	total (%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Bocashi	7.76	3.40	33.30	19.30	1.56	12.40	0.54	0.34	1.14	4.20	0.88	0.07
Lombricomposta	8.85	2.90	19.20	11.20	0.61	18.30	0.36	0.18	0.97	1.63	0.49	0.09

El experimento se estableció bajo un diseño completamente aleatorio con arreglo bifactorial de tratamientos; el factor A estuvo constituido por dos genotipos experimentales de jitomate (LA-113 y H-67) y el factor B se integró por siete tratamientos de fertilización, incluyendo el testigo de fertilización convencional, y en total se integran catorce tratamientos con la combinación de ambos factores. En este caso las plantas individuales evaluadas integraron las repeticiones. El experimento se condujo de manera comercial en camas, riego por goteo y control de plagas y enfermedades de manera convencional.

Para determinar la respuesta del efecto de genotipos y tratamientos, se consideraron las siguientes variables agromorfológicas y relacionadas al fruto: Altura de planta a 30, 60 y 90 días después del trasplante, días a floración, fructificación y maduración del primer y quinto racimos, diámetros polar y ecuatorial de frutos, número y peso de frutos por planta, y peso promedio de frutos.

Una vez compilada toda la información de las variables respuesta, se integró una base de datos y se hicieron análisis de varianza mediante un modelo lineal del arreglo bifactorial con distribución completamente aleatoria, donde las plantas evaluadas fueron las repeticiones. Posteriormente, para determinar las diferencias específicas entre niveles de los factores principales y las interacciones, se realizaron comparaciones múltiples de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$). Todo esto realizado en el programa estadístico SAS 9.4.

Resultados y discusión

En el análisis de varianza se registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05, 0.01$) entre tratamientos de fertilización orgánica (F), genotipos evaluados (G) e interacción fertilización-genotipos (F x G) para todos los parámetros evaluados, las excepciones fueron altura de planta a 60 y 90 días después del trasplante (ddt), días a

floración del primer racimo y diámetro ecuatorial de fruto. En todos los casos la varianza o cuadrado medio debido al efecto de tratamientos de fertilización fue mayor que el efecto de genotipos y que de la interacción F x G (Cuadro 3).

Cuadro 3. Significancia de cuadrados medios.

Fuentes de variación	Fertilización (F)	Genotipos (G)	F x G	Error	C.V. (%)
Altura de planta a 30 ddt ¹	0.50**	0.07**	0.03**	0.005	10.6
Altura de planta a 60 ddt	0.55**	0.08 ^{ns}	0.28**	0.027	9.1
Altura de planta a 90 ddt	0.78**	0.08 ^{ns}	0.21**	0.045	9.5
Días a floración 1er. R ²	303.8**	33.0**	32.2**	4.1	6.3
Días a floración 5º. R	643.3**	226.3**	58.5**	13.2	5.9
Días a fructificación 1er. R	326.9**	17.1 ^{ns}	48.5**	9.56	7.7
Días a fructificación 5º R	609.1**	208.9**	58.4**	9.0	4.2
Días a maduración 1er. R	333.1**	154.3**	19.6*	7.8	3.4
Días a maduración 5º R	582.7**	568.0**	227.7**	13.6	3.0
D ² . polar de fruto	112.6**	483.6**	68.8*	26.8	8.6
D. ecuatorial de fruto	522.9**	26.7 ^{ns}	194.0**	42.7	10.8
Núm. frutos/planta	468.1**	677.6**	95.0**	18.4	17.0
Peso total de frutos/planta	1740.8**	180.1**	143.2**	15.9	9.3
Peso medio de frutos	25.19**	3.27*	3.41**	0.49	8.2

¹ddt = días después del trasplante; ²D= Diámetro; ³R= Racimo; ^{ns} No significativo ($P > 0.05$); * significativo a $P \leq 0.05$; **significativo a $P \leq 0.01$; C.V. = Coeficiente de Variación.

Con base en los resultados de la evaluación de la fertilización orgánica con lombricomposta, bocashi y fertilización inorgánica se registraron los siguientes patrones de referencia: El tratamiento testigo convencional (T1) promovió un mayor crecimiento de planta a 30, 60 y 90 días después del trasplante (ddt), mayor precocidad a la floración, fructificación y maduración de frutos, presento bajo diámetro polar de frutos y alto diámetro ecuatorial, pero intermedio número y peso de frutos (Cuadro 4), Selvakumar *et al.*, (2018), mencionan que la combinación de fertilizantes orgánicos y químicos, representa una estrategia de manejo de nutrientes, esto debido a que los fertilizantes orgánicos tienen materia orgánica de lenta liberación de nutrientes, además de bioestimulantes (Espinosa-Palomeque *et al.*, 2020; Traoré *et al.*, 2022), por lo que estarán disponibles por un periodo más largo y se puede complementar con la aplicación de fórmulas de fertilizantes químicos, que pueden liberar más rápido los nutrientes al suelo, así brindando los nutrientes de forma inmediata a las plantas (Tlelo-Cuautle *et al.*, 2023).

La aplicación de 1.5 kg/planta de lombricomposta sin y con adición de lixiviado de bocashi (T2-T3) indujo menor crecimiento de planta a los 60 y 90 ddt, la floración, fructificación y maduración de frutos fue tardía (Cuadro 4), la respuesta a la obtención de estos resultados se puede acreditar a la composición nutricional y origen de los materiales ocupados para la preparación de la lombricomposta, así como factores climáticos e incluso la forma en la que se preparó (Soto-Paz *et al.*, 2019), la variabilidad es un problema muy común que presentan los fertilizantes orgánicos (Tawate *et al.*, 2018; Tesfay, 2020),

sin embargo, con la adición de 1.5 kg/planta de lombricomposta y lixiviado de bocashi (T3), se alcanzaron altos diámetros polares (59.5 mm), valores superiores a los obtenidos por el testigo convencional (56.7 mm) (Cuadro 4), este efecto pudo estar relacionado con la adición de sustancias húmicas de metabolitos, entre ellos el potasio y otros minerales que nutren a las plantas, el potasio es necesario para el desarrollo de los frutos, encontrado en niveles óptimos en el fertilizante orgánico bocashi (Cuadro 2), esto pudo haber provocado que los frutos bajo la acción del lixiviado de bocashi se comportaran de forma superior con respecto al testigo.

La fertilización con bocashi a dosis de 1.5 kg/planta con y sin adición extra de lixiviados de bocashi (T4-T5) generaron mayores alturas de planta a 60 ddt (Cuadro 4), también se obtuvieron plantas regularmente precoces a la floración (29 ddt) y fructificación (38 a 39 ddt), Reyes-Hernández *et al.*, (2023) reportaron valores similares en días a floración (29 a 33 ddt del primer racimo floral), fructificación (36 a 40 días ddt) con la utilización de diferentes fuentes orgánicas, compost y tés fermentados, además no hubo diferencia significativa en la variable número de frutos por planta al 5 racimo, obteniéndose un rango de 29 a 30 frutos (Cuadro 4), resultados similares obtenidos por Reyes-Hernández *et al.*, (2023), con la utilización de fertilizantes orgánicos y tés fermentados (30 a 35 frutos). Con la utilización de 1.5 kg/planta de bocashi (T4) se obtuvo los mayores pesos totales de frutos/planta (2817 g) (Cuadro 4), caso similar al obtenido por Martin, (2023), ya que logro obtener mayores pesos de frutos/planta con la utilización de bocashi, en comparación a otras fertilizaciones orgánicas. Esto es un indicador del gran potencial que este fertilizante tiene en la producción de jitomate, ya que otros autores como Cayuba *et al.*, (2021); Ramírez-Iglesias *et al.*, (2021); Medina Saavedra *et al.*, (2022), obtuvieron la misma respuesta con la utilización de bocashi como fertilizante en el cultivo de jitomate. Es importante mencionar que la adición extra o no de lixiviados de bocashi no fue significativamente diferente, ya que a menudo los extractos acuosos obtenidos del compost (lixiviados), tienen desequilibrios iónicos (Ruiz y Salas, 2022), sin embargo, es recomendable el uso de fertilizantes orgánicos líquidos para la producción de hortalizas por su rápida disponibilidad de nutrientes, fácil aplicación y reducción en la lixiviación. La fertilización orgánica es una alternativa en la agricultura ecológica y convencional (Ilahi *et al.*, 2020).

La fertilización con bocashi a 1 kg/planta con y sin adición extra de bocashi en lixiviado o sólido, no genero un comportamiento significativamente mejor que el bocashi a razón de 1.5 kg/planta, pero si se obtuvieron pesos de frutos por planta generalmente altos (2166.5 g),

con una producción de 27 frutos por planta, comparables a los resultados obtenidos por López Tolentino *et al.*, (2023), ya que con la utilización de 120 g de bocashi adicionados semanalmente obtuvo pesos de fruto/planta de 2437 g y 25 frutos/planta. También se lograron obtener diámetros polares de 61.8 mm y diámetros ecuatoriales de 59.7 mm (Cuadro 4), superando a los obtenidos por Estrada-Arellano *et al.*, (2023), con valores de 61 mm y 48.8 mm respectivamente en híbridos comerciales de jitomate y con la utilización de 1 kg/planta de estiércol composteado.

Cuadro 4. Promedios de respuesta en caracteres agronómicos de jitomate bajo diferentes tratamientos de fertilización orgánica versus un testigo de fertilización mineral, en invernadero.

Caracteres evaluados	Ferti.	Lombricomposta		Bocashi		Bocashi	
	Mineral (T1)	(1.5 kg/planta) (T2)	LB ² (T3)	(B, 1.5 kg/planta) (T4)	+ LB (T5)	+ LB (T6)	LB + 0.25 kg B (T7)
Alt. planta a 30 ddt ¹ (m)	0.84 a ³	0.83 a	0.84 a	0.53 c	0.63 b	0.50 c	0.53 c
Alt. planta a 60 ddt ¹ (m)	2.01 a	1.52 c	1.64 c	1.86 ab	1.86 ab	1.85 b	1.88 ab
Alt. planta a 90 ddt ¹ (m)	2.55 a	1.91 d	2.08 cd	2.21 bc	2.27 bc	2.29 b	2.23 bc
Días florac. 1 ^{er} R ³	28.8 d	39.0 a	36.7 b	29.8 cd	29.9 cd	31.4 c	31.0 c
Días florac. 5 ^o R	59.2 cd	72.7 a	66.4 b	57.3 d	57.8 cd	60.8 c	58.7 cd
Días fructif. 1 ^{er} R	36.8 b	37.1 b	38.4 b	38.6 b	39.2 b	44.9 a	47.1 a
Días fructif. 5 ^o R	70.4 c	81.3 a	74.7 b	65.8 d	66.8 d	68.5 cd	67.5 d
Días madur. 1 ^{er} R	78.2 c	87.7 a	88.7 a	80.3 bc	79.2 c	82.4 b	82.3 b
Días madur. 5 ^o R	113.2 d	129.2 a	122.8 b	116.0 cd	119.0 c	124.4 b	122.9 b
D ² . polar de fruto	56.7 c	57.2 bc	59.5 a-c	61.7 ab	63.0 a	61.8 ab	59.6 a-c
D. ecuatorial de fruto	69.7 a	53.1 c	57.6 bc	62.9 b	61.5 b	59.8 b	59.7 b
Núm. frutos/planta	25.2 bc	16.3 d	21.6 c	30.3 a	29.4 a	26.2 ab	27.3 ab
	1965.5						
Peso frutos/planta (g)	b	785.3 c	1086.2 c	2817.7 a	2617.6 a	2166.5 b	2041.7 b
Peso medio de frutos (g)	80.8 bc	48.6 d	50.1 d	93.4 a	89.4 ab	83.3 a-c	75.5 c

¹ ddt, días después del trasplante; ² LB, lixiviados de bocashi; ³ En hilera, medias con la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tukey, $p \leq 0.05$).

Los genotipos evaluados presentaron respuestas diferenciales en caracteres de planta, fisiológicos, características de fruto y variables asociadas al rendimiento. La línea avanzada LA-113 presento mayor altura de planta a 30, 60 y 90 días después del trasplante (tardíos a la floración, fructificación del primer racimo y quinto racimo y precoz en la maduración del quinto racimo, menores diámetros de frutos, pero con mayor número y peso de frutos por planta que el híbrido interpoblacional H-67. Este híbrido se comportó como tardío en la maduración del quinto racimo e incluyendo mayor peso medio de frutos (Cuadro 5).

Todas las variables presentaron interacciones significativas fertilización-genotipos con patrones de comportamiento altamente variables. La fertilización mineral genero una mayor altura de planta en LA-113 y H-67 y también un mayor diámetro ecuatorial en H-67 y diámetro polar en LA-113, y ambos casos precocidad a la floración, fructificación y maduración del primer y quinto racimo, pero solo en H-67 se obtuvo un mayor peso medio de frutos.

Cuadro 5. Diferencias y semejanzas de respuesta entre genotipos de jitomate fertilizados con formulaciones orgánicas y mineral, en condiciones de invernadero.

Caracteres evaluados	Genotipos evaluados	
	H-67	LA-113
Altura de planta a 30 ddt ¹ (m)	0.65 b ²	0.69 a
Altura de planta a 60 ddt (m)	1.78 a	1.82 a
Altura de planta a 90 ddt (m)	2.20 a	2.25 a
Días a floración 1er. Racimo	31.9 b	32.9 a
Días a floración 5º. Racimos	60.6 b	63.1 a
Días a fructificación 1er. Racimo	39.9 a	40.6 a
Días a fructificación 5º racimo	69.5 b	72.0 a
Días a maduración 1er. Racimo	81.6 b	83.7 a
Días a maduración 5º racimo	123.1 a	119.1 b
Diámetro polar de fruto	61.8 a	58.1 b
Diámetro ecuatorial de fruto	61.0 a	60.1 a
Núm. frutos/planta	23.0 b	27.4 a
Peso total de frutos/planta (g)	1821.3 b	2030.3 a
Peso medio de frutos (g)	77.2 a	71.7 b

¹ddt = días después del trasplante; ²en renglón, medias con la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tukey, p ≤ 0.05).

La aplicación de lombricomposta (1.5 kg/planta) con y sin lixiviado promovieron un mayor diámetro polar de fruto en H-67, precocidad a la floración cuando no se usaron lixiviados y regularmente tardíos a fructificación y madurez del primer y quinto racimo, y también con los más bajos valores de número y peso total de frutos, incluyendo peso medio de frutos.

La aplicación de bocashi a razón de 1.5 kg/planta con y sin lixiviados indujeron mayor diámetro polar, precocidad a la floración, fructificación y maduración del primer y quinto racimo, alto número y peso de frutos por planta con frutos de mayor peso en ambos genotipos evaluados (Cuadro 6), la utilización de fertilizantes orgánicos contribuye a mantener los suelos sanos y fértiles (Bonanomi *et al.*, 2020), además de representar una alternativa para la fertilización de los cultivos y mitigar los problemas ocasionados por el uso intensivo de insumos químicos tradicionales (Álvarez *et al.*, 2019; Aguilar-Paredes *et al.*, 2023).

El uso de bocashi (1 kg/planta) y lixiviado de bocashi presentaron plantas altas, mayores diámetros polares de fruto, precocidades a la floración, fructificación y madurez de frutos en ambos genotipos evaluados. Con 1 kg de bocashi por planta se registraron valores altos en número total de frutos y peso medio de frutos, pero bajos rendimientos por planta (Cuadro 6).

Todo esto indica que la aplicación de bocashi a razón de 1.5 kg/planta más lixiviado de bocashi, genera un mayor número de frutos/planta (25.1 a 33.7), peso total de frutos/planta (2.21 a 3.04 kg), planta con mayores densidades de fruto (88.0 a 96.6 g), y precoces a la floración, fructificación y madurez del primer y quinto racimo floral o de frutos, estos resultados probablemente estén relacionados en la síntesis de diversos metabolitos, como aminoácidos y proteínas, en las plantas donde se

Cuadro 6. Respuesta en caracteres agro morfológicos en función de la interacción genotipo-tratamientos de fertilización, en condiciones de invernadero.

Interacción genotipo-fertilización	Altura de planta (m) a			Diam. Polar (mm)	Diam. Ecuatorial (mm)	Días de racimo a	
	30 ddt ¹	60 ddt	90 ddt			Florac. 1er	Florac. 5º
H-67:							
T1	0.77 bc ²	1.90 ab	2.53 ab	54.9 cd	77.0 a	28.1 e	58.2 e
T2	0.80 a-c	1.64 cd	1.97 de	61.0 a-d	51.3 e	37.5 ab	69.8 b
T3	0.80 a-c	1.41 d	1.86 e	62.5 a-c	56.4 bc	38.8 a	68.3 bc
T4	0.54 d	1.85 bc	2.13 e-e	63.6 ab	63.5 b	28.8 e	56.1 e
T5	0.55 d	1.83 bc	2.27 a-d	65.5 a	61.5 b	29.5 e	57.0 e
T6	0.53 d	1.92 ab	2.39 a-c	62.6 a-c	58.5 bc	29.8 e	57.4 e
T7	0.55 d	1.90 ab	2.22 b-d	62.3 a-c	59.1 bc	30.9 de	57.3 e
LA-113:							
T1:	0.91 a	2.12 a	2.57 a	58.5 a-d	62.5 b	29.5 e	60.3 de
T2:	0.85 ab	1.39 d	1.85 e	53.5 d	54.8 bc	40.6 a	75.6 a
T3:	0.87 ab	1.87 a-c	2.30 a-c	56.4 b-d	58.7 bc	34.6 bc	64.5 b-d
T4:	0.52 d	1.87 a-c	2.29 a-d	59.8 a-d	62.3 b	30.9 de	58.5 e
T5:	0.71 c	1.88 a-c	2.27 a-d	60.5 a-d	61.5 b	30.3 de	58.6 e
T6:	0.47 d	1.77 bc	2.20 cd	61.0 a-d	61.1 bc	33.1 cd	64.2 cd
T7:	0.52 d	1.85 bc	2.24 b-d	56.8 b-d	60.2 bc	31.2 de	60.2 de
Interacción genotipo-fertilización	Días a etapa del racimo				Núm. frutos/planta	Peso total de frutos /planta (g)	Peso medio de frutos (g)
	Fructif. 1er	Fructif. 5R	Madurez 1er	Madurez 5º			
H-67:							
T1:	38.6 cd	68.6 d-f	75.6 g	110.2 e	20.9 e-f	1917.4 c	92.7 ab
T2:	44.9 ab	77.1 b	87.3 a-c	130.4 a	15.1 f	878.4 de	57.6 d-f
T3:	47.8 a	75.2 bc	88.9 a	125.8 ab	19.1 d-f	793.8 e	42.9 fg
T4:	36.5 d	65.5 f	79.1 fg	114.7 de	27.0 bc	2589.8 ab	96.6 a
T5:	36.6 d	66.5 ef	79.0 fg	121.6 bc	25.1 b-d	2217.0 bc	88.0 ab
T6:	37.4 cd	66.1 f	81.3 d-f	130.4 a	28.2 ab	2413.8 bc	86.4 a-c
T7:	37.9 cd	67.7 ef	80.4 d-f	128.7 a	25.6 b-d	1938.6 e	75.9 bc
LA-113:							
T1:	39.8 cd	72.3 cd	80.8 d-f	116.3 cd	29.5 ab	2013.5 e	68.9 e-e
T2:	49.3 a	85.6 a	88.2 ab	128.0 a	17.6 ef	692.1 e	39.7 g
T3:	42.1 bc	74.2 bc	88.5 ab	119.9 cd	24.1 b-e	1378.5 d	57.3 e-g
T4:	37.7 cd	66.2 f	81.5 d-f	117.3 cd	33.6 a	3045.6 a	90.2 ab
T5:	37.0 d	67.1 ef	79.4 e-g	116.5 cd	33.7 a	3018.1 a	90.8 ab
T6	39.8 cd	71.0 c-e	83.6 c-e	118.4 cd	24.3 b-d	1919.2 c	80.2 a-c
T7:	38.9 cd	67.4 ef	84.3 b-d	117.2 cd	29.0 ab	2144.8 bc	75.2 b-d

¹ddt = días después del trasplante; ²En columna, dentro de cada variable, medias con la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tukey, p ≤ 0.05); *T= Tratamientos de fertilización.

aplicó este fertilizante orgánico, favoreciéndose la acumulación de biomasa (Kokornaczyk *et al.*, 2017) o posiblemente al incremento de materia orgánica, macro y micro elementos, la liberación de ácidos húmicos e incremento de la actividad biológica en la rizosfera (Wei *et al.*, 2019; Villalobos *et al.*, 2022). Sin embargo, es importante aclarar que las respuestas positivas pueden variar y están estrechamente vinculadas al contexto geográfico, ecológico y climático donde se aplican estas prácticas agroecológicas (Cruz-Koizumi *et al.*, 2017).

Conclusiones

La evaluación de dosis de fertilizantes orgánicos (lombricomposta y bocashi) en comparación con un testigo (T1) de aplicación de fertilizantes inorgánicos o minerales en dos genotipos de jitomate, en proceso de mejoramiento genético (LA-113 y H-67), ayudaron a determinar que: Con la aplicación de fertilizante bocashi a razón de 1.5 kg/planta más lixiviado favoreció la precocidad, pero sobre todo mayor peso medio de frutos, número y peso total de frutos por planta en comparación al testigo químico, considerándose una alternativa para reducir el uso de los fertilizantes mineralizados en el cultivo de jitomate.

Literatura citada

- Aguilar-Paredes, A., Valdés, G., Araneda, N., Valdebenito, E., Hansen, F. y Nuti, M. (2023). Microbial community in the composting process and its positive impact on the soil biota in sustainable agriculture. *Agronomy* 13(2), 542. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020542>
- Álvarez, V. M., Largo, A., Iglesias, A. 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. doi:10.17268/sci.agropecu.2019.03.05
- Ayala, C. y Garcez, D. (2018). Decision Making and Agriculture. *Desenvolvimento em questao*, 43, 175-199. <http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2018.43.175-199>
- Bonanomi, G., Filippis, F., Zotti, M., Idbella, M., Cesarano, G., Al-Rowaily, S. et al. (2020). Repeated applications of organic amendments promote beneficial microbiota, improve soil fertility and increase crop yield. *Applied Soil Ecology*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103714>
- Boudet Antomarchi, A., Boicet Fabr , T., Santos Durán, R. y Meriño Hernández, Y. (2017). Efecto sobre el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de diferentes dosis de abono orgánico bocashi en condiciones agroecológicas. *Revista Centro Agrícola*, 44(4), 37-42.
- Calzada, J. y D'Angelo, G. (2021). Demandantes y exportadores de fertilizantes en el mundo. <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/demandantes-y>
- Cayuba, C., Cayuba, H. y Vicente, J. (2021). Crecimiento y desarrollo agronómico del tomate (*Solanum lycopersicum*), con dos tipos de abono orgánico en el municipio de Palos Blancos. *Revista estudiantil AGRO-VET*, 5(1), 2523-2037. <https://agrovvet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/47>
- Cruz-Koizumi, Y., Alay n Gamboa, J. y Mor n Ríos, A. (2017). Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) en Calakmul, Campeche (México). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(2), 41-53.
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González- Rodríguez, G. A., Reyes-González, A., Ayala-Garay, A. V. y Preciado-Rangel, P. (2020). Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalape o pepper fruits (*Capsicum annum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 795-803. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.605>
- Estepa, L., Amador, L. y Nekhay, O. (2024).  Es económicamente viable la agricultura orgánica y agroecol gica? Un estudio de caso en Paraguay. *Revista de fomento social*, 308, 235-265. <https://doi.org/10.32418/rfs.2024.308.5320>
- Estrada-Arellano, E., Murillo-Amador, B., Cervantes-Vázquez, T. J. A., Gallegos-Robles, M. A., Fortis-Hernández, M. y Vázquez-Vázquez, C. (2023). Fertilización orgánica para mejorar calidad nutraceutica de híbridos de tomate y su efecto en las propiedades químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-11. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1613>
- Fan, H., Zhang, Y., Li, J., Jiang, J., Waheed, A., Wang, S., Rasheed, S.M., Zhang, L. y Zhang, R. (2023). Effect of organic fertilizer supply on soil properties, tomato, yield, and fruit quality: a global meta-analysis. *Sustainability*, 15, 2556. <https://doi.org/10.3390/su15032556>
- Gao, F., Li, H., Mu, X., Gao, H., Zhang, Y., Li, R., Cao, K. y Ye, L. (2023). Effect of organic fertilizer application on tomato yield and quality: a meta-analysis. *Applied Science*, 13, 2184. <https://doi.org/10.3390/app13042184>
- IFOAM. (2017). Definition of Organic Agriculture. <http://www.ifoam.org/en/organic-landmarks/definition-organic>
- IFOAM. (2024). Why Organic. <https://www.ifoam.bio/why-organic>
- Ilahi, H., Hidayat, K., Adnan, M., Rehman, F., Tahir, R., Saeed, M. S., Shah, S. W. A. y Toor, M. D. (2020). Accentuating the Impact of Inorganic and Organic Fertilizers on Agriculture Crop Production: A Review, Ind. J. Pure App. Biosci.9(1), 36-45. <http://dx.doi.org/10.18782/2582-2845.8546>
- Jiménez-Esparza, L., Decker-Campuzano, F., González-Parra, M. y Mera-Andrade, R. (2019). Abonos orgánicos una alternativa en el desarrollo de cormos de orito (*Musa acuminata* AA). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(1), 54-62.
- Kokornaczyk, M. O., Primavera, F., Luneia, R., Baumgartner, S. y Betti, L. (2017). Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. *Biological Agriculture and Horticulture* 33(3). 1-15. <https://doi.org/10.1080/01448765.2016.1214889>
- López Tolentino, G., Muñoz Osorio, G., Marín Colli, E., Castillo López, E., Canul Tun, C. y Alonso Zu iga, E. (2023). Fertilización con bokashi sobre el crecimiento y rendimiento de tomate bola (*Solanum lycopersicum* L) en Yucatán. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*, 27, 166-174. <http://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.28>
- Maas, L., Malvestiti, R. y Gontijo, L. (2020). Work in organic farming: an overview. *Ci nc Rural*, 50(4). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190458>
- Martin, M. (2023). Efecto de abonos organicos en el rendimiento de tres variedades de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum*) en el CIESAM-tingua, 2022. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM_f38f9ab0d1e2a351c8c6e763e6e97ce/Description

- Medina Saavedra, T., Mexicano Santoyo, L., Espinoza Castro, M. G., Hernández Ramírez, V. M., Martínez Ayala, N., Pérez Casique, B. A. y Ramírez Arroyo, A. (2022). Evaluación del efecto de composta tipo bocashi en germinación y desarrollo de plántulas. *Jóvenes en la ciencia*, 16, 1–7. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3625>
- Mier-Tous, J., Pinto-Osorio, D., Moreno-Pallares, M., Corrales-Paternina, A. y Echeverría, A. (2022). Percepción de los agricultores sobre la resiliencia de los agroecosistemas en el norte de Colombia. *INGE*, 18(2), 39-52. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.18.2.04>
- Muñoz Villalobos, J., Urrieta Velázquez, J., Cerano Paredes, J., Martínez Sifuentes, A. y Macías Rodríguez, H. (2022). Contribución de micronutrientes en una composta aeróbica elaborada con estiércol de ganado bovino. *Agrofaz. Publicación Semestral de Investigación Científica* 4(2), 15- 22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8708262&info=resumen>
- Ramírez-Iglesias, E., Ríofrío-Vega, R. M., González-Augusto, C. A., y Ortiz-Saquinola, P. G. (2021). Efecto de diferentes bioabonos en el crecimiento de plantas de tomate de riñón var. Alambra (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía Tropical*, 71(1), 1-12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5091803>
- Reyes-Hernández, R., Carrillo-Rodríguez JC., Chávez-Servia, JL., Perales-Segovia, C., Vera-Guzmán, AM., Hernández Delgado, S., Mayek Pérez, N., Aquino-Bolaños, E. y Alba-Jiménez, J. (2023). Fertilización orgánica y su respuesta en caracteres de planta y fruto de tomate en cultivo sin suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1), 1-17. <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.375>
- Rodríguez-Calampa, N. y Tafur-Torres, Z. (2023). *Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica*. https://estaticos.qdq.com/swdata/files/950/950904418/CIn_3256.pdf
- Ruiz, J. y Salas S., M. del C. (2022). The use of plant growth promoting bacteria for biofertilization; effects on concentrations of nutrients in inoculated aqueous vermicompost extract and on the yield and quality of tomatoes. *Biological Agriculture and Horticulture*, 38. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.2010596>
- Saldaña, C., Acosta, M., de la Cruz, A. y Venezuela, M. (2022). Impacto de la agricultura orgánica en la producción de plantas medicinales. *Medicina Naturista*, 16(1), 41-47. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8257031>
- Selvakumar G., Yi, P., Lee, S. y Han. S. (2018). Influence of organic and inorganic fertilizer application on red pepper yield, soil chemical properties, and soil enzyme activities. *Horticultural Science and Technology*, 36, 789-798. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20180077>
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva, D., Gómez, L. y Corlay, L. (2024). Microorganismos de montaña en la producción de bocashi y su efecto en el desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Lumen et virtus*, 15(39). <https://doi.org/10.56238/levv15n39-157>
- Soto-Paz, J., Oviedo-Ocaña, E. R., Manyoma-Velásquez, P. C., Torres-Lozada, P. y Gea, T. (2019). Evaluation of mixing ratio and frequency of turning in the co-composting of biowaste with sugarcane filter cake and star grass. *Waste Management*, 96, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.015>
- Tawate, S., Gupta, R. y Jain, K. (2018). Technology Commercialization in Bio-fertilizer Firm: An Indian Case. *International Journal of Global Business and Competitiveness*, 13(1), 65–74. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijgbc&volume=13&issue=1&article=005>
- Tesfay, M. G. (2020). Does fertilizer adoption enhance smallholders' commercialization? An endogenous switching regression model from northern Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 9(3). <https://doi.org/10.1186/s40066-020-0256-y>
- Tlelo-Cuautle, A., Taboada-Gaytan, O., Cruz-Hernández, J., López-Sánchez, H. y López, P. (2023). Efecto de la fertilización orgánica y química en el rendimiento de fruto de chile poblano. *Rev. Fitotec. Mex*, 43(3), 283-289. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.238>
- Torales Meza, D., Godoy, C., López E. y Gonzáles, J. (2019). *Efecto de fertilizantes foliares orgánicos en la producción de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill Variedad BONUS F1 en condiciones de campo*. <https://divulgacioncientifica.unca.edu.py/index.php/CongresoF/CP/article/view/93>
- Traoré, A., Bandaogo, A. A., Savadogo, O. M., Saba, F., Ouédraogo, A. L., Sako, Y. 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. <http://doi.org/10.3389/fsufs.2021.694628>
- Triviño, M y Valencia, J. (2023). *Eficiencia de abonos orgánicos (humus y bocashi) en cultivo de *Solanum lycopersicum* (tomate) y *Capsicum annuum* (pimentón), como alternativa de seguridad alimentaria en huertas urbanas*. <http://repositorio.uniautonoma.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/771>
- Urriola, L., Montes-Castillo, K. y Díaz-Vergara, M. (2021). Evaluación de la fitotoxicidad de abonos orgánicos comerciales usando semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y pepino (*Cucumis sativus*). *Revista Semilla Del Este*, 1(2), 1–11.
- Wei, Y., D. Wu, D. Wei, Y. Zhao, J. Wu, X. Xie, et al. (2019). Improved lignocellulose-degrading performance during straw composting from diverse sources with actinomycetes inoculation by regulating the key enzyme activities. *Bioresource Technology*, 271, 66-74.