

Cambios en la calidad del chile serrano (*Capsicum annuum*) bajo fertilización orgánica o convencional

Changes in the quality of serrano chili (*Capsicum annuum*) under organic or chemical fertilization

José Jiménez León¹

Universidad de Sonora, México

Agustín Rascón Chu²

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., México

Tania Carvallo³

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., México

José Alfonso Sánchez Villegas⁴

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., México

asanchez@ciad.mx

Recepción: 10 Septiembre 2024

Aprobación: 18 Octubre 2024

Publicación: 31 Diciembre 2024



Acceso abierto diamante

Resumen

El chile (*Capsicum annuum* L.) es la tercera solanácea que más se cultiva en el mundo y el chile serrano la segunda variedad más producida en México, su consumo per cápita es el más elevado del mundo. Los altos rendimientos de este cultivo se deben principalmente al uso de variedades mejoradas y al uso de fertilizantes químicos los cuales originan contaminación ambiental y daños a la salud. El uso de fertilizantes orgánicos es una alternativa viable ya que estos se han utilizado en varios cultivos con resultados prometedores. En el presente estudio el objetivo fue comparar la calidad de los frutos producidos con fertilizantes químicos y orgánicos, evaluando cinco tratamientos de fertilización: testigo (inorgánico); testigo+algas; gallinaza; lombricomposta y lixiviado de lombriz. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados no presentaron diferencias en la calidad de los chiles con fertilización química o inorgánica en cuanto a la cantidad de materia seca, sólidos solubles totales,

Notas de autor

¹ Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Rosales y Luis Encinas s/n Colonia Centro, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000.

² Coordinación de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83304.

³ Coordinación de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83304.

⁴ Coordinación de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83304.

*Autor para correspondencia: José Alfonso Sánchez Villegas. Correo electrónico: asanchez@ciad.mx

minerales totales y capsaicinoides. Sin embargo, con la fertilización química los frutos presentaron mayor longitud (4.2 mm), diámetro (1.6 mm) y peso fresco (3.3 g) con respecto al promedio de la fertilización orgánica. Los tratamientos orgánicos evaluados en el presente estudio proporcionan los nutrientes necesarios para mantener una calidad semejante o superior a la que se obtiene con la fertilización sintética ya que están libres de agroquímicos.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, algas, gallinaza, lombricomposta, vermicomposta.

Abstract

Chili (*Capsicum annuum* L.) is the third most cultivated Solanaceae in the world, and serrano chili is the second most produced variety in Mexico; its per capita consumption is the highest in the world. The high yields of this crop are due to the use of improved varieties and chemical fertilizers, which cause environmental contamination and damage to health. Organic fertilizers are a viable alternative since they have been used in several crops with promising results. The present study aimed to compare the quality of fruits produced with chemical and organic fertilizers, evaluating five fertilization treatments: control (inorganic), control+algae, poultry manure, vermicompost, and earthworm leachate. A completely randomized design with three replicates per treatment was used. The results showed no differences in the quality of the chili peppers with chemical or inorganic fertilization in terms of dry matter, total soluble solids, total minerals, and capsaicinoids. However, with chemical fertilization, the fruits presented greater length (4.2 mm), diameter (1.6 mm), and fresh weight (3.3 g) concerning the average of the organic fertilization. The organic treatments evaluated in this study provide the necessary nutrients to maintain a quality like or superior to that obtained with synthetic fertilization since they are free of agrochemicals.

Keywords: *Capsicum annuum*, Seaweed, chicken manure, worm compost, vermicompost..

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum L.*) es la tercera solanácea después del tomate y papa que se cultiva a nivel mundial (Solís-Marroquín *et al.*, 2017), en el año 2021 se cosecharon en el mundo 3.7 millones de ha con una producción de 40.3 millones de toneladas (Díaz-José *et al.*, 2023). El chile es originario de México y es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial por el valor nutricional de sus frutos, ya que son una excelente fuente de fitoquímicos con propiedades antioxidantes como carotenoides, capsaicinoides y compuestos fenólicos, especialmente los flavonoides, la quercetina y la luteolina (Ertani *et al.*, 2015). El chile serrano es la segunda variedad más producida en México, se cultiva en 27 estados de la República Mexicana y tiene el consumo per cápita más elevado del mundo, con 17.2 kg (Díaz-José *et al.*, 2023). Los altos rendimientos del chile se deben principalmente al uso de variedades mejoradas y al uso de fertilizantes químicos. De los elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son los más importantes debido a que la mayoría de los cultivos los requieren en altas cantidades para obtener rendimientos elevados (Penuelas *et al.*, 2023), sin embargo los fertilizantes sintéticos presentan una baja eficiencia para ser absorbidos por las plantas (<50 %), por lo tanto, el fertilizante no utilizado por los cultivos originan contaminación ambiental y calentamiento global (Valadez Sánchez *et al.*, 2016; Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010), así como la acumulación de metales pesados al suelo como el arsénico, cadmio, flúor, plomo y mercurio, además de tener un costo elevado (Pérez y Barrantes, 2017), lo que encarece la producción agrícola. El cultivo de chile es altamente demandante de nutrientes, y se ha reportado que el estado nutricional de la planta puede afectar la calidad y contenido de capsaicinoides (Valadez Sánchez *et al.*, 2016). Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos para asegurar altos rendimientos provoca el deterioro del medio ambiente y reduce la calidad de los alimentos y la salud, principalmente en niños (Ye *et al.*, 2020). Con la finalidad de mitigar los efectos adversos de la fertilización química, en los últimos años se ha incrementado el interés por la fertilización orgánica, lo cual contribuye a que la agricultura sea más sostenible además de ofrecer alternativas a los fertilizantes sintéticos, que cada vez son menos aceptables por los consumidores (Van Oosten *et al.*, 2017). Cruz-Crespo *et al.* (2015), comentan que la fertilización orgánica puede ser utilizada como fuente nutricional para la producción de chile serrano y que las características físicas de calidad y rendimiento de este fruto pueden ser mejorados por el uso de lombricomposta, sola o en combinación con fertilizantes químicos. Sin embargo, Castellanos *et al.* (2017), citan que no es fácil proporcionar suficientes nutrientes a los cultivos utilizando sólo abonos orgánicos, por lo que se deben buscar alternativas para satisfacer las necesidades nutrimientales de los cultivos sin afectar la producción y calidad. Al respecto, Ramos y Terry (2014), concluyen que los abonos orgánicos pueden ser una opción viable al uso de fertilizantes minerales para proveer los nutrientes requeridos por un cultivo. Esto debido a que promueven el incremento de la materia orgánica del suelo, la actividad microbiana y liberación gradual de nutrientes, para una nutrición más balanceada. Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de la fertilización química y orgánica sobre algunos parámetros de calidad, como la concentración de capsaicinoides en el chile serrano y así lograr una producción sustentable sin afectar la rentabilidad del cultivo, además de contribuir a la seguridad alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se utilizaron los frutos del chile serrano híbrido Don Vicente, los cuales fueron proporcionados por el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora: 29°00'48" LN y 111° 08'07" LO y 151 msnm, clima BW (h) hw (e) el cual corresponde a la categoría de muy árido, extremoso y cálido, caracterizado por una precipitación media anual de 321 mm, evapotranspiración potencial de 2704 mm, temperatura media

anual de 23,1° C, con temperatura extremas en invierno y verano de -3.5° C y 49 °C, respectivamente (CONAGUA, 2014). El suelo es de textura franco-arenosa, con 50.6 % de arena, 28.0 % de limo y 21.4 % de arcilla; con capacidad de campo de 22.7 %, punto de marchitez permanente de 10.8 % y saturación de 47.4 %, v/v; la conductividad eléctrica del agua de riego fue de 0.57 dS·m⁻¹. El cultivo se realizó bajo un sistema de agricultura protegida durante el ciclo primavera-verano de 2019 en un área de casa sombra de 375 m² con un módulo de riego por goteo en cintilla.

Siembra y Cultivo

La siembra se realizó manualmente el 13 de diciembre de 2019, se utilizaron charolas de unicel de 200 cavidades con peat moss como sustrato. El trasplante se efectuó 46 días después de la siembra (26 de enero del 2020). La densidad de plantación fue de 3.3 plantas m⁻², lo cual da una densidad de plantación de 41,625 plantas·ha⁻¹. La aplicación del riego se aplicó cuando la tensión de humedad alcanzó valores de -15 a -20 kPa en tensiómetros colocados a 30 cm de profundidad. El riego se realizó por cintilla con goteros a 30 cm de separación y gasto de 1 L.h⁻¹.

Fertilizantes y Variables Estudiadas

Se evaluaron cinco tratamientos de fertilización: testigo inorgánico con nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio (290 N, 75 P, 250 K, 70 Ca, 45 Mg kg·ha⁻¹); testigo inorgánico + extracto de algas (2.L ha⁻¹); gallinaza (9 t·ha⁻¹); lombricomposta (5 t·ha⁻¹) y lixiviado de lombriz (300 L·ha⁻¹). Se midió la longitud y diámetro del fruto con un vernier digital (Truper®), el peso individual del fruto se determinó en una balanza analítica (Ohaus modelo Voyager, Switzerland), el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST), expresados como °Brix, se cuantificaron en un refractómetro ATAGO (Pal-1, Tokyo, Jap.). La concentración de capsaicina y dehidrocapsaicina se determinaron en la placenta y pulpa del fruto, para lo cual se utilizó la técnica propuesta por Morán-Bañuelos *et al.*, 2008. El contenido de materia seca y minerales totales se realizó de acuerdo con la metodología recomendada por la AOAC (1990). Las variables se estimaron a través de seis cosechas, cada una con intervalos entre 4 y 6 días.

Extracción y Cuantificación de Capsaicinoides

El pericarpio y placentas con semillas de 25 frutos de chile se picó, homogenizó y secó a 40 °C por 48 h en una estufa Yamato (DX 600, Japón), posteriormente se pulverizó y se conservó en oscuridad hasta su análisis. 0.5 g de muestra se colocaron en tubos de vidrio y se le agregaron 5 mL de acetonitrilo grado HPLC (Sigma, USA) y se colocaron por 5 h en baño de agua a 60 °C con agitación cada 30 min. El sobrenadante se enfrió a temperatura ambiente y se filtró a través de una membrana de nylon de 25 mm de diámetro con poro de 0.45 µm (Millipore® Co., USA). Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de líquidos Varian Pro Star 230 con bomba de gradiente ternario y horno de columna Pro Star 500, acoplado a un detector Pro Start 310 UV serie 1100, con inyección manual al que se acondicionó una columna Zorbax eclipse plus C18 de 4.6 X 250 mm de 5 µm de Agilent. El tiempo de retención de la capsaicina es de 3.96 min y la dehidrocapsaicina de 4.97 min. El flujo isocrático fue de 1.5 mL min⁻¹, la absorbancia de 202 nm y temperatura de 28 °C, la fase móvil consistió en acetonitrilo y solución amortiguadora de fosfato de potasio monobásico 35 mM en proporción 65:35, antes de la inyección, las muestras se filtraron por membranas de nylon a 0.45µm.

Análisis Estadísticos

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento la unidad experimental consistió en 25 frutos por repetición. Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía con un nivel de significancia del 0.05, en los casos en que se detectaron diferencias significativas, se realizó una comparación de medias según la prueba de rengos múltiples de Tukey, para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud del Fruto

La longitud del fruto de chile serano presentó diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) por efecto de los tratamientos evaluados, tanto en el promedio de las seis cosechas realizadas, así como en los diferentes cortes efectuados (Cuadro 1). En general, los frutos con mayor longitud se lograron con la fertilización química o testigo (88.1 mm), los valores intermedios se registraron con los tratamientos de lombricomposta (85.3 mm) y gallinaza (83.8 mm) mientras que los menores resultados se obtuvieron en los tratamientos control + algas (83.4 mm) y lixiviado de lombriz (82.9 mm). La mayor longitud de los frutos se logró en la segunda y tercera cosecha, sobresaliendo los tratamientos testigo y lixiviado de lombriz, esto muy probablemente se deba a la disponibilidad de nutrientes en esta etapa del cultivo. Los resultados de longitud del presente estudio son superiores a los reportados por Valdez Sánchez *et al.* (2016), ya que estos autores reportaron una longitud entre 6.64 y 7.30 cm en cuatro variedades de chile serrano al utilizar cuatro fertilizantes orgánicos.

Cuadro 1

Longitud, diámetro y peso del fruto del chile serrano híbrido Don Vicente bajo diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	1*	2	3	4	5	6	Media
Longitud (mm)							
Testigo	85.9 ^a	94.7 ^a	92.5 ^a	88.3 ^a	85.4 ^a	84.9 ^a	88.1 ^a
Testigo+algas	77.0 ^b	84.8 ^b	82.7 ^b	86.4 ^{ab}	86.9 ^a	82.8 ^{ab}	83.4 ^c
Gallinaza	86.4 ^a	85.9 ^{bc}	85.5 ^b	82.1 ^c	86.7 ^a	76.2 ^c	83.8 ^{bc}
Lombricomposta	88.2 ^a	82.9 ^c	85.5 ^b	87.5 ^a	86.7 ^a	80.6 ^b	85.3 ^b
Lixiviado de lombriz	87.7 ^a	88.8 ^b	86.5 ^b	83.6 ^{bc}	78.3 ^b	72.9 ^d	82.9 ^c
Diámetro (mm)							
Testigo	16.9 ^{ab}	20.3 ^a	21.4 ^a	22.4 ^a	21.5 ^a	21.7 ^a	20.7 ^a
Testigo+algas	15.3 ^b	18.2 ^{bc}	19.5 ^a	20.7 ^b	21.3 ^a	20.9 ^b	19.3 ^b
Gallinaza	17.2 ^{ab}	18.4 ^{bc}	20.3 ^a	19.7 ^b	21.0 ^a	19.3 ^d	19.3 ^b
Lombricomposta	16.5 ^{ab}	17.5 ^d	19.2 ^a	20.5 ^b	20.1 ^b	20.2 ^c	19.0 ^b
Lixiviado de lombriz	18.1 ^a	18.9 ^b	19.0 ^a	19.6 ^b	19.0 ^c	19.1 ^d	18.9 ^b
Peso Fresco (g)							
Testigo	11.3 ^a	17.4 ^a	19.3 ^a	18.8 ^a	18.6 ^a	18.7 ^a	17.4 ^a
Testigo+algas	8.2 ^c	12.7 ^{bc}	13.7 ^b	17.0 ^{bc}	18.1 ^{ab}	16.3 ^b	14.3 ^b
Gallinaza	11.0 ^a	13.4 ^{bc}	15.0 ^b	14.9 ^d	17.7 ^{ab}	13.2 ^c	14.2 ^{bc}
Lombricomposta	10.8 ^{a,b}	11.5 ^d	14.5 ^b	17.4 ^{ab}	16.7 ^b	15.4 ^b	14.4 ^b
Lixiviado de lombriz	10.6 ^{ab}	14.5 ^b	14.5 ^b	15.5 ^{cd}	13.8 ^c	12.4 ^c	13.5 ^c

* Número de corte: n=25; medias con letra distintas en una misma columna, son estadísticamente diferentes ($p<0.05$)**Diámetro del Fruto**

Los tratamientos tuvieron un efecto estadísticamente significativo ($p<0.05$) en el diámetro del fruto (Cuadro 1) tanto entre los cortes, como en el promedio de las seis cosechas realizadas, donde el mayor valor se registró en el testigo (20.7 mm). El resto de los tratamientos resultaron estadísticamente iguales entre ellos, con valores que oscilaron entre 19.3 y 18.9 mm (testigo+algas; gallinaza y lixiviado de lombriz, respectivamente). Valores inferiores (entre 1.6 y 1.5 cm) al presente estudio fueron reportados por Valdez Sánchez *et al.* (2016), estos mismos autores reportan mayor diámetro del fruto al utilizar vermicomposta como fuente de fertilización orgánica. Estas diferencias con nuestros resultados muy probablemente se deban a los diferentes aportes nutrimientales de los fertilizantes orgánicos aplicados.

Peso Fresco del Fruto

En el Cuadro 1 se observa que el promedio de los seis cortes efectuados, el testigo resultó con el mayor peso fresco promedio del fruto (17.4 g) y estadísticamente superior ($p<0.05$) al resto de los tratamientos evaluados. Los valores intermedios se lograron en los frutos de los tratamientos lombricomposta, testigo+algas y gallinaza con valores de 14.4, 14.3 y 14.2 g por fruto respectivamente, mientras que el menor peso se obtuvo en el

tratamiento lixiviado de lombriz (13.5 g). Esta misma tendencia se observó en cada uno de los seis cortes efectuados. Valores inferiores de peso fresco (4.12 g) fueron reportados por Díaz *et al.* (2023), al fertilizar con bocashi un cultivo de chile serrano. Ramos y Terry (2014) mencionan que los fertilizantes orgánicos no aportan los mismos contenidos de macro y micronutrientes en comparación con los sintéticos, estos mismos autores señalan que los fertilizantes orgánicos aportan otras ventajas al suelo, como incrementar el contenido de materia orgánica, la capacidad de retención de humedad, regular el pH y mejoran la infiltración de humedad y el estado fitosanitario de las plantas, lo que aporta mayor calidad a los frutos. Aun así, las dosis altas de materia orgánica no necesariamente están relacionadas con una mayor producción de frutos (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

Materia Seca

Esta variable no se vio afectada en el fruto de chile serrano por los tratamientos utilizados (Cuadro 2). Solo en la primera fecha de muestreo se presentaron diferencias en el tratamiento testigo+algas con el mayor contenido de materia seca (9.0 %). Aunque no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en el promedio de las seis cosechas realizadas, el contenido de materia seca fue superior al testigo entre un 4.7 % y 8.2 % en los tratamientos gallinaza y testigo+algas, respectivamente. Trinidad y Velasco (2016) mencionan que el efecto positivo de la combinación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos es que estos últimos además de aportar nutrientes esenciales para los cultivos también mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, influyendo en un mayor rendimiento de los cultivos. Además, la fertilización orgánica permite el desarrollo de frutos con calidad comercial que compiten directamente en el mercado con los frutos producidos convencionalmente con fertilización inorgánica (Valenzuela-García *et al.*, 2019).

Cuadro 2

Contenido de materia seca, sólidos solubles totales y minerales totales del chile serrano híbrido Don Vicente bajo diferentes tratamientos de fertilización orgánica e inorgánica.

Tratamiento	1*	2	3	4	5	6	Media
Materia Seca (%)							
Testigo	7.6 ^b	7.3 ^a	8.2 ^a	9.2 ^a	8.7 ^a	10.4 ^a	8.5 ^a
Testigo+algas	9.0 ^a	8.6 ^a	8.9 ^a	9.3 ^a	9.2 ^a	10.0 ^a	9.2 ^a
Gallinaza	7.8 ^b	7.8 ^a	8.4 ^{ab}	9.3 ^a	10.2 ^a	9.9 ^a	8.9 ^a
Lombricomposta	7.6 ^b	7.8 ^a	8.3 ^{ab}	9.4 ^a	9.8 ^a	11.1 ^a	9.0 ^a
Lixiviado de lombriz	7.9 ^b	7.2 ^{ab}	8.8 ^a	9.7 ^a	9.9 ^a	10.4 ^a	9.0 ^a
Sólidos Solubles Totales (° Brix)							
Testigo	4.97 ^b	4.27 ^b	4.80 ^b	5.67 ^a	5.47 ^a	6.60 ^a	5.29 ^a
Testigo+algas	6.03 ^a	5.43 ^a	5.50 ^a	6.17 ^a	5.60 ^a	7.23 ^a	5.99 ^a
Gallinaza	5.37 ^b	4.83 ^{ab}	5.17 ^{ab}	5.47 ^a	6.50 ^a	6.90 ^a	5.71 ^a
Lombricomposta	5.10 ^b	4.63 ^b	5.03 ^{ab}	4.47 ^a	6.63 ^a	6.87 ^a	5.62 ^a
Lixiviado de lombriz	5.33 ^b	4.9 ^{ab}	5.03 ^a	5.90 ^a	6.63 ^a	7.00 ^a	5.80 ^a
Minerales Totales (%)							
Testigo	5.66 ^a	5.45 ^{ab}	5.21 ^a	4.97 ^{ab}	4.99 ^a	5.48 ^a	5.29 ^a
Testigo+algas	5.47 ^b	5.65 ^a	5.36 ^a	5.12 ^a	5.14 ^a	5.29 ^a	5.34 ^a
Gallinaza	5.63 ^{ab}	5.21 ^{ab}	5.16 ^a	4.64 ^c	4.85 ^a	5.43 ^a	5.15 ^a
Lombricomposta	5.70 ^a	5.47 ^{ab}	5.25 ^a	4.76 ^{bc}	4.76 ^a	5.35 ^a	5.24 ^a
Lixiviado de lombriz	6.75 ^a	5.09 ^b	5.11 ^a	4.62 ^c	4.62 ^a	4.69 ^a	5.11 ^a

* Número de corte: n=25; medias con letra distintas en una misma columna, son estadísticamente diferentes (p<0.05).

Contenido de Sólidos Solubles Totales

Se observaron diferencias significativas (p<0.05) en los valores de SST entre los tratamientos únicamente en las tres primeras cosechas (Cuadro 2). Los tratamientos con fertilización orgánica mostraron un mayor contenido de SST, sobresaliendo en la primera, segunda y tercera cosecha el tratamiento testigo+algas con 6.03, 5.43 y 5.50 °Brix respectivamente. En el promedio de las seis cosechas realizadas, el mayor contenido de SST se registró en la combinación de fertilizante inorgánico+algas (5.99 °Brix), lo que superó al testigo (5.29 °Brix) en un 13.2 %. El resto de los tratamientos estuvieron por arriba del tratamiento testigo: Lixiviado de lombriz, Gallinaza y lombricomposta con 5.8, 5.71 y 5.62 °Brix respectivamente, lo que equivale a un aumento de esta variable del 9.6, 7.9 y 6.2 % respectivamente con respecto a la fertilización química. Esta misma tendencia fue citada por López-Salazar *et al.* (2019), al reportar un incremento en SST del 7.0 % con respecto al testigo al adicionar 200 mg kg⁻¹ de ácido fulvico. Los valores promedios obtenidos en el presente estudio fluctuaron entre 5.29 y 5.99 °Brix, lo cual coincide con lo publicado por estos autores, quienes citan que el chile serrano comercial se cosecha entre 5 y 6 °Brix. Se ha reportado que el contenido de azúcares es mayor en frutos de chile procedentes de plantas cultivadas en suelos suplementados con fertilizantes orgánicos

(Márquez-Quiroz *et al.*, 2014; Castellanos *et al.*, 2017), esto muy probablemente se deba al contenido de hormonas y reguladores de crecimiento presentes en las compostas.

Contenido de Minerales Totales

En el Cuadro 2 se puede apreciar que en la primera cosecha el mayor contenido de minerales totales se registró con el lixiviado de lombriz (6.75 %), pero sin diferencias significativas ($p<0.05$) con el testigo (5.66 %). A partir de la segunda cosecha no se detectó diferencias estadísticamente significativas, aunque la mayor acumulación de minerales se logró con fertilización testigo+algas, con excepción de la sexta cosecha. En lo que respecta al promedio de los seis cortes realizados, el mayor contenido de minerales totales se logró con la fertilización química + algas (5.34 %), seguido del tratamiento testigo (5.29 %), pero sin diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos. Aliyu, (2000) reportó que los insumos utilizados como fertilizantes orgánicos contienen bajas cantidades de nutrientes y que estos son liberados lentamente al suelo, sin embargo, esto no se observó en nuestro experimento, ya que los valores de esta variable son estadísticamente igual al testigo. Es probablemente que los microorganismos presentes hayan mejorado la absorción de nutrientes del suelo a partir de formas insolubles o inmovilizadas.

Contenido de Capsaicina

En la primera cosecha el contenido de capsaicina en la placenta de los frutos del tratamiento testigo ($3912.7 \mu\text{g.g}^{-1}$) fue estadísticamente mayor ($p<0.05$) a los obtenidos con la fertilización orgánica, sin embargo a partir del segundo corte la mayor concentración de este alcaloide se registró en los tratamientos con fertilización orgánica, sobresaliendo la lombricomposta y lixiviado de lombriz con 5882.6 y $5492.3 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente (Cuadro 3). Respecto al promedio de este alcaloide en los seis cortes realizados, el contenido fue mayor con la fertilización orgánica, destacando el tratamiento de lombricomposta seguido de lixiviado de lombriz y gallinaza con 4395.9 , 4321.6 y $4111.4 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente, sin diferencias significativas respecto al testigo ($3879.5 \mu\text{g.g}^{-1}$). En la pulpa del fruto, a partir del tercer corte se encontró un mayor contenido de capsaicina en la fertilización orgánica, sobresaliendo el lixiviado de lombriz y gallinaza, aunque sin diferencias significativas con respecto al testigo. En el promedio de los seis cortes, el mayor contenido de este alcaloide resultó en la fertilización con lixiviado de lombriz ($58.9 \mu\text{g.g}^{-1}$), sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos evaluados. Se puede apreciar una disminución de capsaicina después de la tercera cosecha, lo cual se puede deber a la disminución de nutrientes disponibles ya que el estado nutricional de la planta tiene un efecto en la acumulación de este alcaloide (Vázquez-Flota *et al.*, 2007), estos mismos autores señalan que la disminución de capsaicina también ocurre normalmente con la edad del cultivo y se debe al incremento de las enzimas peroxidásicas. Los resultados del presente estudio indican que el contenido de esta variable no se ve afectado estadísticamente por la fertilización orgánica, esto concuerda con Ramos y Terry (2014), quien señaló que la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos no afecta la pungencia del fruto de chile Jalapeño, mientras que la genética y las condiciones del cultivo influyen en el contenido de estos alcaloides (Vázquez-Flota *et al.*, 2007).

Cuadro 3

Contenido de capsaicina en placenta y pulpa del fruto del chile serrano híbrido Don Vicente bajo diferentes tratamientos de fertilización orgánica e inorgánica.

Tratamiento	Capsaicina en Placenta ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)						Media
	1*	2	3	4	5	6	
Testigo	3912.7 ^a	5242.4 ^a	4617.9 ^a	3750.1 ^b	3905.2 ^a	1848.4 ^b	3879.5 ^a
Testigo+algas	1932.5 ^b	5305.4 ^a	5241.6 ^a	4265.3 ^b	3267.2 ^b	2072.1 ^b	3670.4 ^a
Gallinaza	2272.0 ^b	5361.8 ^a	5498.7 ^a	5411.0 ^a	4267.4 ^a	1857.3 ^b	4111.4 ^a
Lombricomposta	2815.6 ^{ab}	5882.6 ^a	5649.8 ^a	4393.4 ^b	4556.2 ^a	3077.8 ^a	4395.9 ^a
Lixiviado de lombriz	2723.5 ^b	5492.3 ^a	5370.0 ^a	5529.0 ^a	4296.7 ^a	2518.0 ^a	4321.6 ^a

Tratamiento	Capsaicina en Pulpa ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)						Media
	1	2	3	4	5	6	
Testigo	104.7 ^a	80.6 ^a	64.1 ^a	40.9 ^b	38.0 ^a	9.2 ^b	56.3 ^a
Testigo+algas	76.9 ^c	78.9 ^a	65.9 ^a	29.9 ^c	20.2 ^b	10.6 ^b	47.0 ^a
Gallinaza	67.3 ^c	76.3 ^a	73.9 ^a	69.7 ^a	39.4 ^a	9.7 ^b	57.8 ^a
Lombricomposta	91.8 ^{ab}	78.2 ^a	76.2 ^a	20.3 ^c	15.5 ^b	10.8 ^b	50.5 ^a
Lixiviado de lombriz	80.3 ^{bc}	72.6 ^a	82.8 ^a	64.9 ^a	35.9 ^a	16.9 ^a	58.9 ^a

* Número de corte: n=25; medias con letra distintas en una misma columna, son estadísticamente diferentes ($p<0.05$)

Contenido de Dehidrocapsaicina

En el Cuadro 4 se puede observar que la dehidrocapsaicina en la placenta del fruto tuvo un comportamiento similar a la capsaicina, solo que este alcaloide resultó mayor en los tratamientos de fertilización orgánica a partir del segundo corte, sobresaliendo el lixiviado de lombriz y lombricomposta, aunque los cambios estadísticos ($p<0.05$) con el testigo solo se observaron en la segunda, cuarta y sexta cosecha. En lo que respecta al promedio de los seis cortes, el mayor contenido de esta variable se registró con la fertilización orgánica, destacando el lixiviado de lombriz, seguido de lombricomposta y gallinaza con 3604.1 , 3399.8 y $3090.4 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ respectivamente, mientras que con el testigo se obtuvo un contenido de $2525.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. En lo que respecta a la pulpa del fruto, el contenido de esta variable durante el primer corte fue mayor con la fertilización química ($76.3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) pero sin diferencias estadísticas con la fertilización orgánica. A partir de la segunda cosecha, la síntesis de dehidrocapsaicina es mayor estadísticamente ($p<0.05$) con la fertilización orgánica, esta misma tendencia se observó en el promedio de los seis cortes en donde el mayor contenido de este alcaloide se registró con la fertilización orgánica sobresaliendo el lixiviado de lombriz, seguido de gallinaza y lombricomposta con 69.7 , 60.5 y $58.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ respectivamente, pero solo el lixiviado de lombriz resultó estadísticamente superior al testigo ($48.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$). Los resultados de capsaicina y dehidrocapsaicina en el presente estudio son superiores a los reportados por Valadez-Sánchez *et al.*, (2016) en este mismo cultivar tanto en la placenta como en la pulpa del fruto. Resultados contrastantes en el contenido de estos alcaloides han sido reportados por efecto de la nutrición mineral, en donde una disminución de nitrógeno incrementa el contenido de estos capsaicinoides, sin embargo, en chile jalapeño se ha reportado un incremento de éstos al aumentar el contenido de N y K (Borges-Gómez *et al.*, 2010), estos mismos autores concluyeron que los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa y luz juegan un papel importante en la síntesis de estos compuestos. Enriquecer el suelo con residuos orgánicos no solo mejorar las propiedades físicas del suelo con un aumento de la

porosidad y capacidad de retención de agua, así como la mejora de las características biológicas y la actividad de las poblaciones microbianas en el suelo. (Zhai *et al.*, 2009), sino que también estimulan la actividad de las enzimas O-metiltransferasa y capsaicinoides sintetasa que son los responsables de la producción de capsaicina y dehidrocapsaicina (Álvarez *et al.*, 2016).

Cuadro 4

Contenido de dehidrocapsaicina ($\mu\text{g.g}^{-1}$) en placenta y pulpa del fruto del chile serrano híbrido Don Vicente bajo diferentes tratamientos de fertilización orgánica e inorgánica.

Tratamiento	Dehidrocapsaicina en Placenta ($\mu\text{g.g}^{-1}$)						Media
	1*	2	3	4	5	6	
Testigo	2624.9 ^a	2630.1 ^b	2576.1 ^a	2368.4 ^c	3197.8 ^{ab}	1756.8 ^b	2525.7 ^a
Testigo+algas	1418.0 ^c	3441.3 ^{ab}	3860.6 ^a	3416.9 ^b	2557.6 ^b	2489.4 ^a	2864.0 ^a
Gallinaza	2156.2 ^{ab}	3172.6 ^{ab}	3620.4 ^a	4254.3 ^a	3791.9 ^{ab}	1546.9 ^b	3090.4 ^a
Lombricomposta	2107.1 ^b	3831.6 ^a	3780.3 ^a	3383.5 ^b	4276.2 ^a	3020.1 ^a	3399.8 ^a
Lixiviado de lombriz	2318.3 ^{ab}	3908.4 ^a	3801.3 ^a	4594.5 ^a	3897.6 ^{ab}	3104.3 ^a	3604.1 ^a

Tratamiento	Dehidrocapsaicina en Pulpa ($\mu\text{g.g}^{-1}$)						Media
	1	2	3	4	5	6	
Testigo	76.6 ^a	41.7 ^c	56.8 ^b	36.0 ^c	57.4 ^b	20.9 ^b	48.2 ^b
Testigo+algas	74.8 ^a	58.6 ^{bc}	62.2 ^b	39.4 ^{bc}	ND	25.5 ^b	52.1 ^{ab}
Gallinaza	66.4 ^a	78.9 ^a	86.1 ^a	48.8 ^b	ND	22.4 ^b	60.5 ^{ab}
Lombricomposta	60.7 ^a	67.7 ^{ab}	100.7 ^a	39.4 ^{bc}	ND	22.6 ^b	58.2 ^{ab}
Lixiviado de lombriz	68.9 ^a	81.1 ^a	84.5 ^a	64.2 ^a	74.5 ^a	45.0 ^a	69.7 ^a

* Número de corte. n=25; medias con letra distintas en una misma columna, son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).

CONCLUSIONES

La producción de chile serrano híbrido Don Vicente fertilizado químicamente produjo frutos con mayor longitud, diámetro y peso fresco, pero con características de calidad semejantes a los obtenidos con fertilización orgánica. La lombricomposta y el lixiviado de lombriz estimulan la acumulación de capsaicinoides lo que podría representar un beneficio tecnológico en áreas como los alimentos o la medicina. Los resultados sugieren que se puede obtener chile serrano híbrido don Vicente con fertilización orgánica de buena calidad, lo que podría redundar en una agricultura más sustentable.

Literatura citada

- Aliyu, L. (2000). Effect of organic and mineral fertilizers on growth, yield and composition of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Biological and Agriculture and Horticulture*, 2000. 18; 29-36.
- Álvarez Solís, J. D., Mendoza Niñez, J. A., León Martínez, N. S., Castellano Albores, J. y Gutiérrez Miceli, F. A. (2016). Effect of bokashi and vermicompost leachate on yield and quality of pepper (*Capsicum annuum*) and onion (*Allium cepa*) under monoculture and intercropping cultures. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*. 43: 243-252.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15 ed. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, VA.
- Armenta Bojórquez, A. D., García Gutiérrez, J. R., Camacho Báez, J. R., Apodaca Sánchez, M. A., Montoya, L. G. y E. Nava Pérez. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai* 6: 51-56.
- Borges Gómez, L., Cervantes Cárdenas, L. Ruiz Novelo, J., Soria Frregoso, M., Reyes Oregel, V. y Villanueva Couoh, E. (2010). Capsaicinoides en chile habanero (*Casicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*. 28: 35-41.
- Castellanos, J. Z., Cano-Ríos, P., García-Carrillo, E. M., Olalde Portugal, V., Preciado-Rangel, P. J., Ríos-Plaza, L. y García Hernández, J. L. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. *Compost Science & Utilization*. 25: 2326-2397.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Estadísticas del agua en México, edición 2014. SEMARNAT-CONAGUA. México, D. F.
- Cruz-Crespo, E., Sumaya-Martínez, M. T., Can-Chulim, A., Pineda-Pineda, J., Bugarín-Montoya, R. y Aguilar-Benítez, G. (2015). Quality, bioactive compounds, and antioxidant activity of serrano chili peppers cultivated in volcanic rock-vermicompost and nutrient solutions. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5: 1557-1565.
- Díaz-José, J., Andrés-Meza, P., González-Cuevas, B. M., Leyva-Ovalle, O. R. y Cebada-Merino, M. (2023). Chemical and organic fertilization on the yield of serrano pepper (*Capsicum annuum* L.) in Veracruz, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 10, e1472. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1472>.
- Ertani, A., Sambo, P., Nicoletto, C., Santagata, S., Schiavon, M., y Nardi, S. (2015). The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help sustainable agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2:11.
- López-Salazar, R., Peña Ramos, F. M., Sánchez-Bernal, F., Lozano Cavazos, C. J., Benavides Mendoza, A., y González-Fuentes, J. A. (2019). Effect of an iron fulvate on quality and production of 'Serrano' chili fruits. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 10: 1367-1378.
- Márquez-Quiroz, C., Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A., Figueroa-Viramontes, U., Sánchez-Chávez, E., De la Cruz-Lázaro, E., y Robledo-Torres, V. (2014). Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. *ITEA*. 110: 3-17.
- Morán-Bañuelos, S. H., Aguilar-Rincón, V. H., Corona-Torres, T. y Castillo-González, F. (2008). Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. *Agrociencia* 42: 807-816.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguex, E., Larrinaga-Mayoral, J. A. y García-Hernández, J. L. (2002). El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*. 27: 417-422.
- Penuelas, J., Coello, F. y Sardans, J. (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security* 12:5. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5>.

- Ramos Agüero, D. y Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*. 35: 52-59.
- SAS. 1999. SAS/STAT User's Guide. Release 6.08 Version. Cary: SAS Institute Inc. 705 p.
- Solís-Marroquín, D., Lecona-Guzmán, C. A., Ruiz-Lau, N., Ocampo, P., Rodas-Trejo, J., Gonzales-Santiago, C., González-Mejía, O. y Gordillo-Páez, L. (2017). Análisis bromatológico de frutos de chile "siete caldos" (*Capsicum annuum*) cultivados en condiciones de cielo abierto y casa sombra. *Agroproductividad*: 10: 34-40.
- Pérez López, E. y Barrantes Murillo, C. (2017). Evaluación de tres métodos para la recuperación de metales pesados en fertilizantes. *Cuadernos de Investigación UNED Research Journal*. 9: 257-265.
- Trinidad Santos, A. y Velasco Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*: 9: 52-58.
- Valadez Sánchez, Y. M., Olivares Sáenz, E., Vázquez Alvarado, R. E., Esparza-Rivera, J. R., Preciado-Rangel, P., Valdez-Cepeda, R. D. y García-Hernandez, J. L. (2016). Calidad y concentración de capsaicinoides en genotipos de chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) producidos bajo fertilización orgánica. *FYTON* 85: 21-26.
- Valenzuela-García, A. A., Figueroa-Viramontes, U., Salazar-Sosa, E., Orona-Castillo, I., Gallegos Robles, M. A., García-Hernández, J. L. y Troyo-Diéguex, E. (2019). Effect of organic and inorganic fertilizers on the yield and quality of jalapeño pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Agriculture*, 9, 208; doi:10.3390/agriculture9100208.
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S. y Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem Biol Techn Agric*. 4:5.
- Vázquez-Flota, F., Miranda-Ham, M. L., Monforte-González, M., Gutiérrez-Carbajal, G., Velázquez-García, C. y Nieto-Pelayo, Y. (2007). La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 30: 353-360.
- Ye, L., Zhao, X., Bao, E., Li, J., Zou, Z. y Cao, K. (2020). Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. *Scientific Reports*. 10:1-11.
- Zhai, Z., Ehret, D. L., Forge, T., Helmer, T., Lin, W., Dorais, M. y Papadopoulos, A. P. (2009). Fertilizers for greenhouse tomatoes: Productivity and substrate microbiology. *HortScience*. 44:800–09.

Información adicional

redalyc-journal-id: 813

**Disponible en:**

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81381932004>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

José Jiménez León, Agustín Rascón Chu, Tania Carvallo,
José Alfonso Sánchez Villegas

**Cambios en la calidad del chile serrano (*Capsicum annuum*) bajo fertilización orgánica o convencional
Changes in the quality of serrano chili (*Capsicum annuum*) under organic or chemical fertilization**

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha

vol. 25, núm. 2, p. 136 - 149, 2024

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.,

México

rebasa@hmo.megared.net.mx

ISSN: 1665-0204