



ORGANO-MINERAL FERTILIZERS AND VERMICOMPOST EFFECT ON MORPHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND CAPSAICINOIDS IN *Capsicum chinense* Jacq. †

[EFECTO DE FERTILIZANTES ÓRGANO-MINERALES Y LOMBRICOMPOSTA SOBRE PARÁMETROS MORFOFISIOLÓGICOS Y CAPSAICINOIDES EN *Capsicum chinense* Jacq.]

Liliana Lara-Capistrán^{1*}, Elia Nora Aquino-Bolaños²,
Araceli Minerva Vera-Guzmán³, Luis Guillermo Hernández-Montiel⁴,
Guadalupe Contreras-Martínez⁵ and Isabel Alemán-Chávez^{1*}

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa., Universidad Veracruzana, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria. Xalapa, C.P. 91090, México. Emails: llara_capistrasn@hotmail.com; ialeman@uv.mx *

²Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Universidad Veracruzana, Calle Dr. Castelazo Ayala s/n Industrial Animas, Xalapa C.P. 91190, México. Email: eliaquino@uv.mx

³CIIDIR-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México C.P. 07738, México. Email: aracelivera86@yahoo.com

⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Calle Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México. Email: lhernandez@cibnor.mx

⁵Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana. Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Cultura Veracruzana No. 101, Emiliano Zapata, Xalapa, Veracruz. México. Código Postal 91094. Email: quadacmtz@hotmail.com

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Vermicomposts and mineral organ fertilizers are used as a source of nutrients in the substrate of horticultural crops under greenhouses and promote improvements in growth, production and fruit quality. **Objective:** To evaluate the effect of an organo-mineral fertilizer and two vermicompost origins on morphophysiological parameters, yield and capsaicinoid contents in Super Habanero F1 chili fruits under greenhouse conditions. **Methodology:** A completely randomized experimental design was used with six treatments: T1 Chemical Fertilizers (CF), T2 Organo-mineral Fertilizer (FO), T3 Sheep Manure Vermicompost (L1), T4 Coffee Pulp Vermicompost (L2), T5 FO+L1 and T6 FO+L2, each with twenty replications. Plant height (cm), stem diameter (mm), number of leaves, leaf area (cm²), chlorophyll content (SPAD units), number of total flowers, number of total fruits, harvest index (%), yield per plant (g) sum of 5 harvests, fruit weight (g), equatorial and polar diameter (mm), firmness (N) and capsaicin content (mg CAP or DIH 100 g⁻¹ dry base) were evaluated. The results were analyzed using an ANOVA and contrast of Tukey's minimum significant difference (HSD) with a significant level of 5 % ($\alpha = 0.05$). **Results:** The statistical analysis showed significant differences ($p \leq 0.05$) between the treatments evaluated. In fact, there was a very marked trend in all variables where FO+L2 was the best treatment for morphophysiological parameters, with yield of 989 g plant⁻¹, fruit quality and capsaicin (983.63 mg 100 g⁻¹ db), dihydrocapsaicin (238.89 mg 100 g⁻¹ db) and capsaicinoid contents (1222.53 mg 100 g⁻¹ db). **Implications:** It is possible to increase the yield and improve the quality characteristics of the habanero pepper fruit, through the application of organ-mineral fertilizers and vermicomposts. **Conclusion:** The application of organ-mineral fertilizers plus the incorporation of vermicompost based on coffee pulp (FO+L2) increased the morphophysiology variables, fruit quality, yield per plant and the contents of capsaicinoids in Super Habanero F1 chili fruit.

Key words: Organic fertilizer; Super Habanero F1 pepper; fruit quality; capsaicin.

† Submitted February 20, 2025 – Accepted June 15, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6208>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = L. Lara-Capistrán <http://orcid.org/0000-0002-7448-6918>; E.N. Aquino-Bolaños <http://orcid.org/0000-0002-7090-8677>; A.M. Vera-Guzmán <http://orcid.org/0000-0001-7523-1143>; L.G. Hernández-Montiel <http://orcid.org/0000-0002-8236-1074>; G. Contreras-Martínez <http://orcid.org/0000-0001-6762-3462>; I. Alemán-Chávez <http://orcid.org/0000-0002-1389-5419>

RESUMEN

Antecedentes: Los fertilizantes órgano-minerales y las lombricompostas se utilizan como fuente de nutrientes en sustrato de cultivos hortícolas bajo invernadero y promueven mejoras en el crecimiento, producción y calidad de los frutos. **Objetivo:** Evaluar el efecto de un fertilizante órgano-mineral y dos procedencias de lombricomposta sobre parámetros morfofisiológicos, rendimiento y contenidos de capsaicinoides en frutos de chile Super Habanero F1 en condiciones de invernadero. **Metodología:** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos T1 Fertilizantes químicos (FQ), T2 Fertilizante órgano-mineral (FO), T3 Lombricomposta de estiércol de borrego (L1), T4 Lombricomposta de pulpa de café (L2), T5 FO+L1 y T6 FO+L2, cada uno con veinte repeticiones. Se evaluó altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas, área foliar (cm²), contenido de clorofila (Unidades SPAD), número de flores totales, número de frutos totales, índice de cosecha (%), rendimiento por planta (g) sumatoria de 5 cosechas, peso de frutos (g), diámetro ecuatorial y polar (mm), firmeza (N) y contenido de capsaicina (mg CAP o DIH 100 g⁻¹ base seca (bs)). Los resultados se analizaron mediante un ANOVA y contraste de mínima diferencia significativa (HSD) de Tukey con un nivel de confiabilidad del 95 % ($\alpha = 0.05$). **Resultados:** El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados. De hecho, existió una diferencia muy marcada en todas las variables donde FO+L2 fue el mejor tratamiento para parámetros morfofisiológicos, con rendimientos de 989 g·planta⁻¹, calidad del fruto y contenidos de capsaicina (983.63 mg 100 g⁻¹ bs), dihidrocapsaicina (238.89 mg 100 g⁻¹ bs) y capsaicinoides (1222.53 mg 100 g⁻¹ bs). **Implicaciones:** Es posible incrementar el rendimiento y mejorar las características de calidad del fruto de chile habanero, mediante la aplicación de fertilizantes órgano-minerales y lombricompostas. **Conclusión:** La aplicación de fertilizantes órgano-minerales más la incorporación de lombricomposta a base de pulpa de café (FO+L2) incrementó las variables morfofisiológicas, de calidad de fruto, rendimiento por planta y la cantidad de capsaicinoides en fruto de chile Super Habanero F1.

Palabras clave: Abono orgánico; chile Super Habanero F1; calidad del fruto; capsaicina.

INTRODUCCIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se distingue por los niveles de pungencia que posee (100 mil a 445 mil unidades Scoville) y, en consecuencia, su potencial de comercialización en todo el mundo es grande (INTAGRI, 2023).

En la actualidad este cultivo tiene una producción nacional de 27203 t, donde Sinaloa, Yucatán, Tabasco, Campeche y Veracruz ocuparon los primeros cinco lugares, con un volumen de 32.0, 13.0, 10.5, 8.7 y 7.7 % de la producción total, respectivamente (SIAP, 2023). Se exporta a Estados Unidos de América, Japón, Corea del Sur, Italia y Alemania (FIRCO, 2023) pero, como su demanda internacional crece año tras año, con aproximadamente un 13 %, haciéndose necesario impulsar y fomentar la eficacia agroproductiva del cultivo y, por ende, generar tecnologías destinadas a garantizar la rentabilidad y competitividad necesarias para aprovechar las oportunidades y tendencias del mercado que su cadena de valor y comercialización demandan (Meneses y Garruña, 2020; Ruiz-Sánchez *et al.*, 2022).

Por ello, y ante la necesidad de implementar acciones destinadas no solo a preservar su diversidad genética, sino también sus características intrínsecas de aroma, sabor y picor que lo distinguen (Ramírez-Meraz *et al.*, 2024) sin excluir el estatus fitosanitario y productividad para mantener la calidad en las cosechas de chile habanero con denominación y certificación de origen a través de prácticas agroecológicas y de manejo adecuado, sostenible e inocuo; el uso de lombricomposta de diversa procedencia y/o de

fertilizantes órgano-minerales se vuelve una alternativa elegible, tal y como lo han demostrado diversas investigaciones enfocadas en el rendimiento agronómico y calidad del fruto en este cultivo (Javier-López *et al.*, 2022; Luna-Fletes *et al.*, 2025).

Dentro de los compuestos fitoquímicos y propiedades funcionales de los frutos de *C. chinense* destaca el alto contenido de capsaicinoides responsables del picor (de Aguiar *et al.*, 2016; López y Yáñez, 2023) cualidad más importante y de uso en las industrias farmacéutica, agronómica y veterinaria (Díaz-Morales *et al.*, 2024).

Por otra parte, Medina (2016) demostró que el suministro, dosificación y combinación de fertilizantes orgánicos y minerales incrementaron la altura y grosor de tallos en *C. chinense*, mientras que Nofiyanto *et al.* (2018) constataron que los bio-organominerales mejoran la fertilidad del suelo, la germinación, el crecimiento en altura, la cantidad de ramas productivas, el número de flores y la calidad del fruto en plantas de chile (*C. annum* L.).

En otro estudio, Valadez *et al.* (2016) compararon diferentes fuentes de fertilización orgánica en cuatro genotipos de chile serrano (*C. annum* L.), y demostraron que el producto de mejor calidad se obtuvo con la lombricomposta, debido a los elementos nutricionales aportados para el adecuado crecimiento y desarrollo de especies hortícolas, donde es un material a menudo utilizado en sustratos para la producción comercial (Olle, 2016; Steffen *et al.*, 2019) y de uso más sostenible (Kumar *et al.*, 2018), además de mejorar la capacidad de retención de humedad

(Mirzabaiki *et al.*, 2020), en el suelo incrementa la porosidad y disminuye la densidad aparente, lo que provee mayor aireación y mejor drenaje, incrementando su capacidad de retención de humedad (Castro-Rivera *et al.*, 2022). Sin embargo, la composición química de la lombricomposta, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Por ello, es importante evaluar diversos materiales orgánicos, como desechos de animales y residuos industriales, que se utilizan en el lombricompostaje (Flores-Solórzano *et al.*, 2021; Ferraz *et al.*, 2022). Por lo antes mencionado, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de un fertilizante órgano-mineral y dos procedencias de lombricomposta sobre parámetros morfofisiológicos, rendimiento, calidad de fruto y contenidos de capsaicinoides en fruto de chile Super Habanero F1 (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones del experimento

La investigación se realizó en un invernadero tipo capilla ubicado en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, a 19° 33' 17" N, 96° 55' 58" O y elevación de 1,458 msnm (Figura 1).

Los valores promedio de temperatura y humedad relativa que prevalecieron durante el estudio oscilaron entre los 34 °C y 28 %. Para este estudio se utilizaron semillas de chile Super Habanero F1 de la empresa Holmes Seed Company, las cuales se sembraron en charolas de unisel de 200 cavidades con COSMOPEAT® como sustrato de turba de esfagno grado hortícola, se taparon con plástico negro y tras su emergencia se aplicó Previcur® Energy 1 mL·1 L⁻¹, a los 48 días después de la siembra (dds) y cuando las plántulas tenían una altura promedio de 8.16 cm se realizó el trasplante en bolsas negras de polietileno de capacidad de 5 kilogramos, utilizando como sustrato una mezcla de suelo y tepecil en proporción 2:1 (v/v) el cual fue previamente desinfectada con Bunema® 55 GE (Metam Sodio 45 % LS, 100 mL·m²).



Figura 1. Mapa de la localización geográfica del invernadero donde se estableció el experimento. (Fuente: elaboración propia).

El tratamiento fertilizado (FQ) se realizó según las recomendaciones de Prado (2005) y López *et al.* (2015) para chile habanero, que consistió en una solución nutritiva a base de 4 meq L⁻¹ de NO₃⁻ (etapa vegetativa), 14:1.25:4.75 meq L⁻¹ de NO₃⁻; H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ (etapa de floración) y 14:5:10.39:4.61 meq L⁻¹ de NO₃⁻; K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺ (etapa de fructificación), además de 4 aplicaciones foliares de microelementos con un producto comercial a base de: Fe 4%, Zn 1.5 %, Mg 0.5 %, B 0.02 %, Mn 0.1 %, Cu 0.05 %, Mo 0.03 %, Co 0.01 %, S 12 %, agentes quelatantes 45 %, diluyentes y acondicionadores 36.6 % (10 mL); y b) N 8 %, P₂O₅ 4 %, K₂O 3 %, CaO 0.49 %, Zn 0.44 %, Mn 0.4 %, S 0.27 %, Co 0.16 %, MgO 0.09 %, B 0.034 %, Cu 0.01 %, Fe 0.01 %, Mo 0.004 %. Para los tratamientos con lombricompostas, se realizó de acuerdo con la densidad de siembra (22,300 plantas·ha⁻¹) calculada conforme a lo reportado por López y Mirafuentes (2004). Se mezclaron 1,120 kg de lombricomposta de estiércol de borrego con 2,880 kg del sustrato (L1); de igual manera, se realizó la mezcla para el tratamiento con lombricomposta de pulpa de café (L2). La aplicación del fertilizante órgano-mineral (FO) se efectuó en el trasplante y en la aparición de los primeros botones florales, con una dosis de 50 g·planta⁻¹, colocada a una distancia de 5 a 10 cm del tallo.

También se efectuaron podas de formación mediante la eliminación de hojas, ramas y flores senescentes. Se programaron de 6 a 9 riegos por día mediante el uso de un temporizador Steren® (timer), los cuales se realizaron utilizando cintilla de riego calibre 6000. Al inicio se hizo un riego con una lámina total de 0.5 L planta⁻¹·día⁻¹ desde el momento del trasplante hasta los 20 días después del trasplante (ddt), de 1 L planta⁻¹·día⁻¹, de los 20 hasta los 50 ddt, con 1.5 L planta⁻¹·día⁻¹ de los 50 hasta 90 ddt y finalmente 2 L planta⁻¹·día⁻¹ de los 90 ddt hasta el final del ciclo. Para el control de plagas y enfermedades, se realizó mediante aplicaciones preventivas con un insecticida biológico (BioPest Max, 1 mL L⁻¹, secundadas con aspersiones foliares de Imidacloprid (2 mL L⁻¹) y Oxiclورو de cobre (5 g 5 L⁻¹).

Diseño experimental y descripción de los tratamientos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos y veinte replicas en cada uno: T1 Fertilizantes químicos (FQ), ambos tratamientos solo con la mezcla de suelo desinfectado T2 Fertilizante órgano-mineral (FO), T3 Lombricomposta de estiércol de borrego (L1), T4 Lombricomposta de pulpa de café (L2), T5 FO+L1 y T6 FO+L2.

Composición del fertilizante órgano-mineral y las lombricompostas utilizadas

El fertilizante órgano-mineral estaba compuesto por estiércol de pollo al 100%, el cual contenía nitrógeno (N 8.00 %), fósforo disponible (P₂O₅ 5.99 %), potasio soluble (K₂O 5.00 %), calcio (Ca 7.0000 %), magnesio (Mg 0.700 %), azufre (S 3.0000 %), boro (B 0.0200 %), cobalto (Co 0.0005 %), cobre (Cu 0.0500 %), fierro (Fe 0.1000 %), manganeso (Mn 0.0500 %), molibdeno (Mo 0.0005 %), sodio (Na 0.1000 %) zinc (Zn 0.500 %) y cloro (Cl 0.1000 %), (Agronatturalia Eco Soluciones, 2021). Para la lombricomposta a base de estiércol de borrego (L1), con las características siguientes un valor pH de 7.53, materia orgánica (M.O. 39.83 %), (N 1.99 %), fósforo (P 997.42 ppm), potasio (K 35.64 Cmol(+)kg⁻¹, Ca 39.0 Cmol(+)kg⁻¹) y Mg 26.50 Cmol(+)kg⁻¹); mientras que la lombricomposta de pulpa de café (L2) presentaba un pH de 7.40, M.O. 84.51 %, P orgánico 0.108 %, P total 0.250 %, N total 3.997 %, K total 2.140 %, Ca total 1.720 %, Mg total 0.800 %, Relación C/N 12.219 %, ácidos fúlvicos 10.595 % y ácidos húmicos 15.105 % (TerraNova Lombricultores, s.f.).

Variables de respuesta

Se evaluó a los 109 ddt altura de la planta con flexómetro graduado en cm de la base del tallo hasta la última bifurcación, diámetro del tallo en mm de la base del tallo con un vernier graduado en mm, área foliar con el programa Photoshop, el contenido de clorofila se midió con Medidor de clorofila TIPSAC (unidades SPAD) considerando la quinta hoja después del ápice de cada tallo y hasta los 140 ddt se evaluó porcentaje total de aborto de flores, número flores totales por planta y frutos totales por planta, índice de cosecha (IC %) se estimó mediante la relación de rendimiento agronómico/biomasa total, rendimiento de cinco cosechas (g·planta) y a los 120 ddt se evaluó peso de frutos (g báscula digital MED-080), diámetro ecuatorial y diámetro polar (mm, vernier digital Mitutoyo modelo CD-S6), firmeza de fruto (N, penetrometro analógico QA Supplies FT011), determinación de capsaicina mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) el contenido de capsaicina se cuantificó a partir de frutos completos, secos y molidos, cosechados en su etapa de madurez fisiológica y comercial con acetonitrilo a 70 °C durante cuatro horas y agitación cada 30 min. El extracto se filtró a través de acrodiscos (PTFE de 45 µm) y se analizó en un equipo HPLC (Agilent Technologies 1260 Infinity II). A continuación, se utilizó un detector de arreglo de diodos, una columna hypersil ODS (longitud 250 mm, DI 4 mm y tamaño de partícula 5 µm, Agilent, USA) y una fase móvil de acetonitrilo:agua (45:55) grado HPLC en condiciones isotérmicas. El volumen de inyección fue de 20 µL, la velocidad de flujo 1.0 mL min y una presión de 120

bar. Por último, para la cuantificación se usó una curva estándar de capsaicina y dihidrocapsaicina (Sigma Aldrich Inc.), y los resultados se expresaron en mg por 100 g de base seca (mg CAP o DIH 100 g⁻¹ bs) y rendimiento total de cinco cosechas hasta los 140 DDT con una báscula digital MED-080 (kg).

Análisis estadístico

Se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos obtenidos basándose en las pruebas de Shapiro-Wilk (1965) y Hartley (1950), y los resultados se analizaron mediante un ANOVA de una vía y la prueba de medias de Tukey con un nivel de confiabilidad del 95 % ($\alpha = 0.05$) del software STATISTICA (versión 8.0) (StatSoft, Inc. 2007) para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables morfofisiológicas

El análisis de varianza muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el tratamiento con la aplicación del fertilizante órgano-mineral, en combinación con una fuente de lombricomposta procedente de pulpa de café (FO+L2), presentó los valores más altos para las variables morfofisiológicas de las plantas de chile habanero (Tabla 1). Para la altura de las plantas, este tratamiento registró incrementos del 30.06 %, mientras que, para el diámetro del tallo, el aumento fue del 127.59 %. En cuanto al número de hojas, área foliar y contenido total de clorofila, se observaron incrementos en 41.99 %, 155.30 % y 4.76 %, respectivamente, en comparación con la fertilización química, que obtuvo los valores promedio más bajos (Tabla 1).

En el número total de flores por planta, se observó nuevamente diferencias significativas ($P \leq 0.05$) siendo el tratamiento FO+L2 que presentó los valores promedio más altos (67 flores por planta), con incrementos del 19.64 % en comparación con las plantas fertilizadas con fertilización química (FQ). En

cuanto al porcentaje de aborto de flores, los tratamientos en los que se aplicaron fertilizantes órgano-minerales y lombricompostas presentaron porcentajes bajos (8.66 %), mientras que las mayores pérdidas de flores se registraron con el fertilizante químico (12.6 %) (Tabla 1).

Finalmente, en la variable número total de frutos por planta, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el tratamiento FO+L2 que obtuvo incrementos del 37.5 %, superando a la fertilización química (FQ), que presentaron un promedio de alrededor de 48 frutos por planta (Tabla 1).

El uso de lombricomposta de pulpa de café favorece parámetros reproductivos y de crecimiento vegetativo (Zergaw *et al.*, 2023) tal como se observó en los resultados obtenidos en esta investigación. Desde los 20 días después del trasplante se evidenciaron diferencias en el crecimiento. Además, los fertilizantes a base de desechos de cáscara de café pueden sustituir a los fertilizantes inorgánicos por su aporte de NPK (Flores-Solórzano *et al.*, 2021), lo que permite obtener plantas más altas, con mayor número de hojas y un mayor grosor del tallo, como se observó en plántulas de café en viveros (Erdawati y Purwanto, 2021).

Por otro lado, los fertilizantes órgano-minerales al ser una combinación con desechos de café, presentan una mayor concentración de nutrientes, lo que genera resultados positivos en los cultivos de producción (Smith *et al.*, 2020; Camargos *et al.*, 2022). Además, mejoran indirectamente la biodisponibilidad de los nutrientes (Bouhria *et al.*, 2022).

En este sentido, Crusciol *et al.* (2020) mencionan que el uso de fertilizantes órgano-minerales es adecuado para suplir los requerimientos de la caña de azúcar y puede reemplazar completamente al fertilizante mineral. Además, la eficiencia del fertilizante órgano-mineral en el desarrollo de los tallos y en el rendimiento de azúcar es más pronunciada, logrando promedios de 96 % y 113 %, respectivamente, en comparación con el fertilizante mineral.

Tabla 1. Análisis para las variables morfofisiológicas de chile Super Habanero F1 tratado con fertilización química, lombricompostas y fertilizante órgano-mineral.

Tratamientos	AP (cm)	DT (mm)	NH	AF (cm ²)	CC (SPAD)	NFTP	ADF (%)	NFrTP
FQ	67.66±0.57c	8.08±0.25 c	87.33±0.57c	135.61±3.20d	99.33±0.1a	56±1b	12.6±0.3a	48±0.7bc
FO	66.6±1.15c	9.13±1.04 c	88.66±0.57c	142.21±3.54d	88.80±0.12b	48±1d	8.66±0.5b	46±0.5cd
L1	56±1.0d	14.49±2.02 b	76.66±0.57d	184.97±3.92c	88.55±0.1b	45.3±0.57d	8.66±0.5b	43±0.5d
L2	66.6±1.15c	15.12±1.09b	87.33±0.57c	186.34±1.14c	88.64±0.1b	47.6±0.52d	8.66±0.5b	46±0.5cd
FO+L1	75.33±0.57b	17.08±0.43 ab	98.66±0.57b	217.9±11.10b	98.62±0.5b	52±1c	8.66±0.5b	50±0.5b
FO+L2	88.0±1.0a	18.39±1.55a	124±1 ^a	346.22±2.4a	104.06±6.8a	67±1a	8.6±0.5b	66±1.15a
EE	3.53	0.91	4.33	5.22	1.81	2.1	0.99	2.49

Fertilizante químico (FQ); Fertilizante órgano-mineral (FO); Lombricomposta de estiércol de borrego (L1); Lombricomposta de pulpa de café (L2); FO+L1 y FO+L2. AP= altura de la planta; DT= diámetro del tallo; NH= número de hojas; AF= área foliar; CC= Contenido de clorofila; NFTP= número de flores totales por planta; ADF= aborto de flores y NFrTP= número de frutos totales por planta. Valores con letras iguales, dentro de columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $p \leq 0.05$). EE error estándar, coeficientes de variación y $\pm$ Desviación estándar.

Por otra parte, Corrêa *et al.* (2018) mencionan que el uso de fertilizantes órgano-minerales en formas fluidas o sólidas aumenta el contenido total de N, mantiene el K intercambiable y eleva el contenido de P disponible, mejorando parámetros morfofisiológicos, tal como pudo ocurrir en este estudio.

Índice de cosechas (%) y rendimiento por planta (g)

Para las variables índice de cosecha (Figura 2a) y rendimiento por planta (Figura 2b), el mejor tratamiento fue FO+L2, con incrementos de 221.11 % con respecto a las plantas-fertilizadas (FQ). No obstante, los tratamientos L2, L1 y FO+L1 también presentaron valores agronómicos destacados del orden de 468.05 %, 366.66 % y 320.47 %, mientras que en FQ y FO los incrementos respectivos fueron de 213.88 % y 29.51 % (Figura 2b).

Los resultados derivados de la combinación entre ambos abonos (fertilizante órgano-mineral con lombricomposta de pulpa de café) y sus respectivos componentes (p. ej. materia orgánica, nitrógeno y fósforo), cuya disponibilidad de nutrientes seguramente contribuye a mejorar las propiedades físico-químicas y biológicas de un suelo o sustrato, sin duda conlleva a efectos positivos sobre las cadenas tróficas en los diferentes niveles de fauna (micro, meso y macro) que no solo se traducen en beneficios sobre la floración, fructificación, cosecha y rendimiento de un cultivo determinado, sino que superan las aplicaciones de la fertilización química (Ramos *et al.*, 2019).

Así, los resultados obtenidos en este estudio muestran que las lombricompostas utilizadas en esta investigación favorecieron procesos que, debido probablemente a los nutrientes potencialmente disponibles para las plantas, influyeron sobre la producción total de frutos de chile Super Habanero F1.

Del mismo modo, Reyes-Pérez *et al.* (2017) sugieren que los abonos orgánicos (vermicompost y compost de jacinto de agua) incrementan el contenido de macro y micro nutrientes del suelo y, por ende, ambos son una buena alternativa para fomentar su uso en el cultivo de col morada (*Brassica oleracea* cv. 'Capitata') y reducir la fertilización química. Por su parte Medina (2016) señaló que la fertilización órgano-mineral en el cultivo de chile habanero (*C. chinense*) incrementó los rendimientos máximos agronómicos y su calidad en condiciones de invernadero, comparado con la fertilización únicamente orgánica y química. Así como lo mencionan Díaz-José *et al.* (2023) que el uso de abonos orgánicos representa una opción sustentable con una mayor rentabilidad para la producción de chile serrano.

Variables de calidad de fruto

El análisis estadístico mostró diferencias significativas en los parámetros de calidad de fruto (peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial y firmeza del fruto) (Tukey, $p \leq 0.05$) donde FO+L2 fue el mejor tratamiento en todos ellos con incrementos respectivos de 327.86%, 76.45%, 73.25% y 19.65% respectivamente con las plantas fertilizadas (FQ y FO) (Tabla 2).

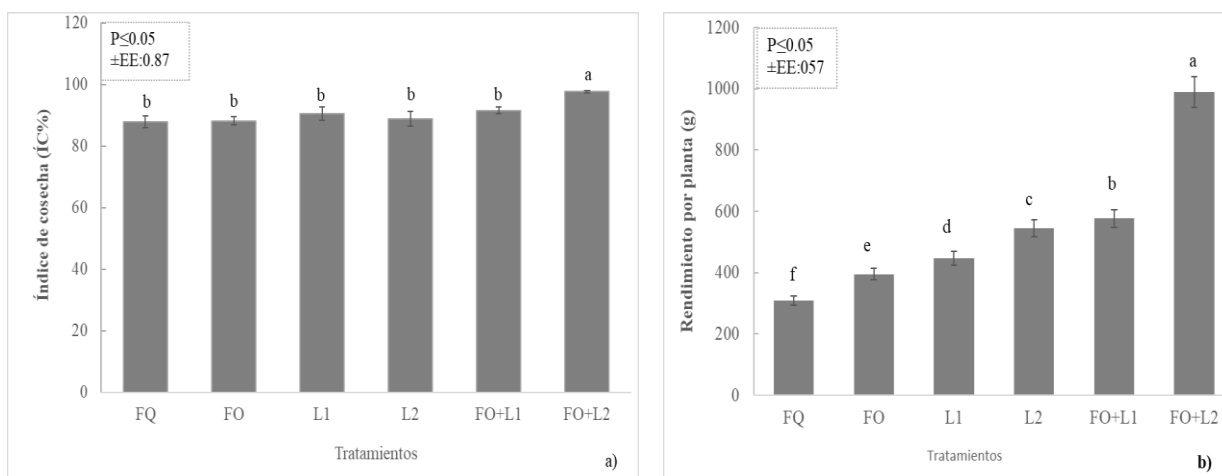


Figura 2. Efecto de la fertilización química, lombricompostas y fertilizante órgano-mineral sobre índice de cosecha (%) a) y rendimiento por planta b) de chile Super Habanero F1. Fertilizante químico (FQ); Fertilizante órgano-mineral (FO); Lombricomposta de estiércol de borrego (L1); Lombricomposta de pulpa de café (L2); FO+L1 y FO+L2. Las barras con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $p \leq 0.05$). Las líneas verticales en las barras son la desviación estándar ($\pm$).

Tabla 2. Variables de calidad del fruto de chile Súper Habanero F1 (*Capsicum chinense* Jacq.).

Tratamientos	Variables evaluadas			
	Peso de frutos (g)	Diámetro polar del fruto (mm)	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	Firmeza (N)
FQ	3.66±0.51 e	31.81±5.31 e	21.50±3.38d	9.30±0.81 ab
FO	5.83±0.75 de	39.02±3.19 cd	26.51±2.96 cd	8.60±1.59 ab
L1	8.16±1.16 cd	40.74± 7.49c	29.65±2.93 bc	9.10±2.30 ab
L2	11.83±1.32b	51.05±3.80ab	34.01±3.29 ab	6.78±2.65ab
FO+L1	9.83±1.16 bc	49.23±4.2 b	34.41±2.43 ab	8.78±2.70 ab
FO+L2	15.66±3.55 a	56.13±4.0 a	37.25±4.26 a	10. 29±1.59a
EE	0.71	0.45	0.77	0.30

Fertilizante químico (FQ); Fertilizante órgano-mineral (FO); Lombricomposta de estiércol de borrego (L1); Lombricomposta de pulpa de café (L2); FO+L1 y FO+L2. Valores con letras iguales, dentro de columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $p \leq 0.05$). EE error estándar, coeficientes de variación y $\pm$ Desviación estándar.

Los resultados pudieran atribuirse al efecto positivo que la aplicación conjunta de fertilizante órgano-mineral y la lombricomposta de pulpa de café propiciaron a partir de las dinamización de funciones biológicas del suelo (Tao *et al.*, 2015) y gran número de compuestos orgánicos requeridos por la planta para mejorar las características fundamentales que determinan la calidad del fruto (Medina, 2016), en este sentido Nofiyanto *et al.* (2018) corroboraron después de aplicar fertilizante bio-organomineral (Pellet MOSS, 25 t·ha⁻¹) en *C. annuum* al igual que Valadez *et al.* (2016) con el uso de lombricomposta (10 Mg·ha⁻¹) en chile serrano (*C. annuum*), por su parte Boudet *et al.* (2017) registraron que 2.99 t·ha⁻¹ de abono orgánico, tipo bocashi, influyó sobre características de calidad de fruto de jitomate (*S. lycopersicum* L. cv. 'Vyta') tales como grosor del mesocarpio, diámetro polar y ecuatorial.

Aunado a ello, la respuesta obtenida en la presente investigación pudiere atribuirse al impacto que la lombricomposta de pulpa de café es capaz de promover en algunas propiedades relacionadas con los parámetros morfológicos y organolépticos de frutos como jitomate (*S. lycopersicum*) (Jahanbakhshi y Kheiralipour, 2018). Además, el régimen nutricional aplicado en el momento idóneo de la etapa vegetativa de las plantas de chile habanero (*C. chinense*) repercute en la calidad de sus frutos (López-Gómez *et al.*, 2017).

También se han registrado efectos positivos en la producción y calidad de los frutos de chile habanero donde se aplicó lombricomposta por ejemplo en rendimiento por planta (616.41 g), además, el peso de fruto fue de 7.8 g, con longitud de 35.7 mm, diámetro de 25.76 mm, grosor de pericarpio de 2.08 mm y número de lóculos de 3.44 (Javier-López *et al.*, 2022); beneficios que, de la mezcla de composta (60 % de residuos de palma datilera, oliva y maíz, 1:1:1) suplementada con estiércol de borrego (40 %), concuerdan con lo reportado con la calidad (longitud,

diámetro y porcentaje de jugo) de los frutos de jitomate (*S. lycopersicum* cv. 'Asala') (Al-Kahtani *et al.*, 2018).

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de abonos orgánicos a los cultivos, hace que se les considere uno de los pilares básicos de la agricultura sostenible debido a la abundancia de microorganismos copiotrofos (Bhunja *et al.*, 2021) mismos que aportan elementos nutritivos al suelo y favorecen la formación de consorcios microbianos beneficiosos para las plantas (Lara-Capistrán *et al.*, 2022). En este sentido, Sánchez-Monedero *et al.* (2019) reportaron que las enmiendas orgánicas evaluadas mostraron un desempeño agronómico favorable, reflejado en mejoras significativas en los parámetros de calidad y comerciabilidad tanto de las uvas producidas en viñedos del noreste de Italia como de los tomates cultivados en invernaderos del sur de España.

Contreras *et al.* (2014) indicaron que la aplicación de abonos órgano-minerales (hasta el 50 % del aporte total) en fondo puede ser una alternativa a la fertirrigación convencional en la producción de hortalizas como jitomate (*L. esculentum* cv. 'Pitenza') y calabacín (*C. pepo* L. cv. 'Victoria') ya que con ello no solo disminuyen los costos de fertilización, sino que se contribuye a incrementar el contenido de materia orgánica del suelo de tal forma que ello puede llegar a repercutir positivamente en características fundamentales de la calidad de un fruto como lo constituye el sabor, aroma, textura, color y valor nutritivo, entre otros (Contreras *et al.*, 2013).

Concentración de capsaicinoides

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos para los contenidos de capsaicina (Figura 3a), dihidrocapsaicina (Figura 3b) y capsacinoides (Figura 3c), siendo FO+L2 el tratamiento con los valores promedio más altos respecto al tratamiento fertilizado (FQ) (97.05 %, 87.92 % y 95.20 %, respectivamente).

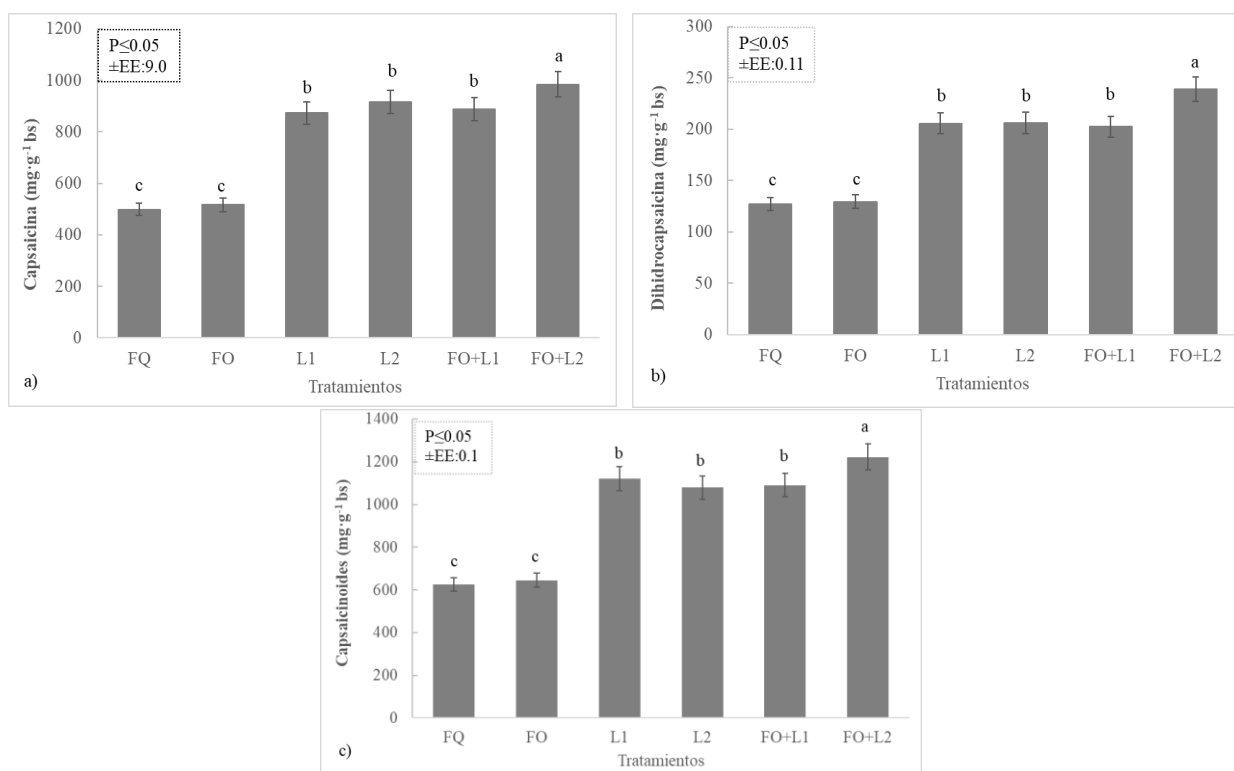


Figura 3. Efecto de la fertilización química, lombricompostas y fertilizante órgano-mineral sobre capsaicina a), dihidrocapsaicina b) y capsaicinoides c) en frutos de chile Super Habanero F1. Fertilizante químico (FQ); Fertilizante órgano-mineral (FO); Lombricomposta de estiércol de borrego (L1); Lombricomposta de pulpa de café (L2); FO+L1 y FO+L2. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $p \leq 0.05$). Las líneas verticales en las barras son la desviación estándar ($\pm$).

Aunque aún no se comprenden completamente muchos de los beneficios derivados de la incorporación de abonos orgánicos provenientes de residuos sólidos lombricomposteados en los sistemas suelo-planta, los resultados obtenidos hasta el momento coinciden en considerarlos materiales de gran utilidad para promover buenas prácticas agronómicas que contribuyen a la sostenibilidad de la agricultura (Bellitürk, 2018).

Así, y de acuerdo con Dey *et al.* (2019), la lombricomposta se está consolidando día a día como uno de los mejores abonos naturales, ya que no solo presenta niveles más altos de materia orgánica, carbono orgánico, NPK total disponible, micronutrientes y enzimas microbianas reguladoras del crecimiento vegetal, sino que también es una fuente de nutrientes elegible para aumentar el valor funcional y la calidad nutracéutica de los frutos de chile habanero (*C. chinense*) (Dey *et al.*, 2019) y chile dulce (*C. annuum*) (Aminifard y Bayat, 2016; Espinosa-Palomeque *et al.*, 2020), sin afectar la capacidad productiva del cultivo.

Los abonos orgánicos ejercieron un efecto positivo sobre las variables de calidad del fruto de chile Súper Habanero F1 evaluadas en este estudio, ya que

promovieron mejores resultados que las plantas fertilizadas. Además, con la aplicación de lombricomposta de pulpa de café se incrementó la producción de fruto fresco y los contenidos de capsaicinoides, compuestos que poseen propiedades analgésicas beneficiosas para la salud, lo que hace que su producción sea importante en el campo de la medicina (Jeediya *et al.*, 2022).

Por su parte, Gokkus (2025) menciona que los niveles altos de capsaicina surgen cuando las plantas enfrentan estrés hídrico o deficiencias nutricionales debido a una baja incorporación de fertilizantes. Sin embargo, en esta investigación se obtuvieron resultados contrarios, ya que los valores más altos de capsaicina se registraron en el tratamiento FO+L2, que consistió en la combinación de dos fertilizantes.

CONCLUSIÓN

La aplicación de fertilizantes órgano-minerales, junto con la incorporación de lombricomposta a base de pulpa de café (FO+L2), incrementó las variables morfofisiológicas, la calidad del fruto, el rendimiento por planta y la cantidad de capsaicinoides en los frutos de chile Super Habanero F1 establecidos bajo condiciones de invernadero. El uso de estos abonos

orgánicos puede ser una alternativa de manejo viable y elegible para su implementación en los sistemas de producción de este cultivo. Por consiguiente, la aplicación de fracciones orgánicas de residuos sólidos lombricomposteados se considera una alternativa biotecnológica viable como enmienda o sustrato para el manejo de esta solanácea en invernadero, debido a que no solo funciona como un fertilizante bio-orgánico, sino también por sus implicaciones ecológicas y agroproductivas.

Acknowledgements

To the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad Veracruzana for the support granted for the realization of part of the research and to the CIIDIR-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, for the support for the performance of the analysis of capsaicinoids with HPLC.

Funding. This research was carried out with its own resources, support from the SNII scholarship and secondary support from the Faculty of Agricultural Sciences, Xalapa., UV, México.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest. The funding sources had no role in the design of the study, in the collection, analysis, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

Compliance with ethical standards. Do not apply.

Data availability. The authors confirm that all data underlying the findings are fully available without restriction upon reasonable request to the corresponding author, Isabel Alemán-Chávez (ialeman@uv.mx). All relevant data necessary to replicate this study are described in the paper.

Author contribution statement (CRediT). **L. Lara-Capistrán** – Investigation, Methodology, Validation, Formal analysis, Writing –original draft, Writing-review & editing. **I. Alemán-Chávez** – Investigation, Methodology, Validation, Formal analysis, Writing–original draft, Writing-review & editing. **E.N. Aquino-Bolaños** – Investigation, Methodology, Validation. **L.G. Hernández-Montiel** – Supervision, Validation. **A.M. Vera-Guzmán** – Investigation, Methodology, Validation. **G. Contreras-Martínez** – Formal analysis, writing – original draft.

REFERENCES

Agronatturalia Eco Soluciones., 2021. Perfect Blend Organics. [online]. Available at: <http://www.agronatturalia.com/inicio/productos/perfect-blend-organics>.

AL-Kahtani, S.H., Ahmed, M.A., Al-Selwey, W.A. and Abdel-Razzak, H.S., 2018. Evaluation of composed agricultural crop wastes application on growth, mineral content, yield, and fruit quality of tomato. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 6(1), pp. 159-167. [https://doi.org/10.18006/2018.6\(1\).159.167](https://doi.org/10.18006/2018.6(1).159.167)

Aminifard, M.H. and Bayat, H., 2016. Effect of vermicompost on fruit yield and quality of bell pepper. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(2), pp. 221-229. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2017.209130.129>

Ávila-Juárez, L., Rodríguez, G.A., Rodríguez, P.N., Guevara, G.R.G., Torres P.I., Ocampo, V.R.V. and Moustapha, B., 2015. Vermicompost leachate as a supplement to increase tomato fruit quality. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(1), pp. 46-59. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000005>

Bellitürk, K., 2018. Vermicomposting in Turkey: Challenges and opportunities in future. *Eurasian Journal of Forest Science*, 6(4), pp. 32-41. <https://doi.org/10.31195/ejefs.476504>

Bhunja, S., Bhowmik, A., Mallick, R. and Mukherjee, J., 2021. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. *Agronomy*, 11, pp. 823. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050823>

Boudet, A.A., Boicet, F.T., Durán, R.S. and Meriño, H.Y., 2017. Efecto sobre el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de diferentes dosis de abono orgánico bocashi en condiciones agroecológicas. *Centro Agrícola*, 44(4), pp. 37-42. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852017000400006&script=sci_abstract

Bouhia, Y., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Boukhari, M.E.M.E., Mphatso, C., Zeroual, Y. and Lyamlouli, K., 2022. Conversion of waste into organo-mineral fertilizers: current technological trends and prospects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 21(2), pp. 425-446. <https://link.springer.com/article/10.1007/s1157-022-09619-y>

Camargos, O.R., Queiroz, L.M.J., Queiroz, L.M.R., Oliveira, A.G., Ferraz de Almeida, R. and de

- Camargo, R., 2022. Organomineral fertilizers potentiate Atlantic potato cultivation. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 49(3), pp. 157-168. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8830970>
- Castro-Rivera, R., Aguilar-Benítez, G., Peña-Valdivia, B.C., Cruz-Crespo, E., Solís-Oba, M.M. and Lara-Ávila, P.J., 2022. Reacciones fisiológicas y crecimiento inicial de maíz tuxpeño con vermicompost y suspensión de riego. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25, pp.013. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3698>
- Contreras, J.I., Cánovas, G. and Baeza, R., 2014. Aplicación en fondo de fertilizantes organominerales como alternativa a la fertirrigación convencional en cultivos hortícolas: II. Efecto sobre la calidad de frutos y salinidad de la solución del suelo. In: Sociedad Española de Ciencias (ed.). *Actas de Horticultura: V Jornadas del Grupo de Fertilización de la SECH*. Sociedad Española de Ciencias, España. (Actas de Horticultura 66), pp. 59-64
- Contreras, J.I., Eymar, E., Lopez, J.G., Lao, M.T. and Segura, M.L., 2013. Influences of nitrogen and potassium fertigation on nutrient uptake, production, and quality of pepper irrigated with disinfected urban wastewater. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(1-4), pp. 767-775. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.748858>
- Corrêa, J. C., Rebellatto, A., Grohskopf, M.A., Cassol, P.C., Hentz, P. and Rigo, A.Z., 2018. Soil fertility and agriculture yield with the application of organomineral or mineral fertilizers in solid and fluid forms. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53, pp. 633-640. https://www.scielo.br/j/pab/a/mvpFK7pgS4_HZbJBTZBvyNGb/
- Crusciol, C.A.C., Campos, M.D., Martello, J.M., Alves, C.J., Nascimento, C.A.C., Pereira, J.C.D.R. and Cantarella, H., 2020. Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. *Scientific Reports*, 10, pp. 5398. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-62315-1>
- De Aguiar, A.C., Coutinho, J.P., Fernández, B.G., Teixeira, G.H. and Martínez, J., 2016. Comparative study of capsaicinoid composition in *Capsicum* peppers grown in Brazil. *International Journal of Food Properties*, 19, pp. 1292-1302. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1072210>
- Díaz-José, J. andrés-Meza, P., González-Cuevas, B.M., Leyva-Ovalle, O.R., Cebada-Merino, M., 2023. Chemical and organic fertilization on the yield of serrano pepper (*Capsicum annum* L.) in Veracruz, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 10, pp. 472. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1472>
- Díaz-Morales, M.N., Ramírez-Seañez, A.R., Palacio-Torres, R.E., Hernández-Hernández, H. and Clemente, J.A.M., 2024. Efecto de la fertilización foliar nitrogenada en la morfología del chile habanero (*C. chinense* Jacq.). *Directorio institucional*, 23. <https://unpa.edu.mx/libros/Memorias%201%20SimposioAgro.pdf#page=23>
- Dey, M., Mohila, N. and Mongjam, S., 2019. Effect of compost and vermicompost prepared from different biodegradable wastes on growth of King chilli *Capsicum chinense*. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 9(2), pp. 74-82.
- Erdawati, Z. and Purwanto, A., 2021. Development of technology vermicompost production for the coffee plant Industry. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1), pp. 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/01/012020>
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González-Rodríguez, G., Reyes-González, A., Ayala-Garay, A.V. and Preciado-Rangel, P., 2020. Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), pp. 795-803. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.605>
- Ferraz, R.R., Almeida, S.N., de Andrade, N., Scheffer, R.I., Tirloni, B., de Oliveira, S.A., Domínguez, J., Seminoti, J.J.R., 2022. Vermicomposting of cow manure: Effect of time on earthworm biomass and chemical, physical, and biological properties of vermicompost. *Bioresource Technology*, 345, pp.126572. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126572>

- Flores-Solórzano, S. B., Espinosa-Victoria, D. and Serrano-Casillas, J.A., 2021. Physicochemical maturity parameters in the coffee pulp-cow manure vermicomposted mixture. *Revista fitotecnica mexicana*, 44(4), pp. 553-560. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.553>
- FIRCO, Fideicomiso de Riesgo Compartido., 2023. Chile habanero, con denominación de origen. [online]. Available at: <https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-habanero-con-denominacionde-origen?idiom=es>
- Gokkus, M.K., 2025. Effects of urea fertilizer and nettle extract on the biochemical and morphological characteristics of ornamental peppers (*Capsicum frutescens* L.) under deficit irrigation conditions. *Irrigation and Drainage*, 74(2), pp. 600-614. <https://doi.org/10.1002/ird.3049>
- Hartley, H., 1950. The maximum F-Ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika*, 37, pp. 308-312.
- INTAGRI, Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura., 2019. Usos y mejoramiento genético de chile habanero en México. INTAGRI. México. (Serie Hortalizas no. 15; Artículos técnicos de INTAGRI). 3 p.
- Jahanbakhshi, A. and Kheiralipour, K., 2018. Influence of vermicompost and sheep manure on mechanical properties of tomato fruit. *Food Science & Nutrition*, 7, pp. 1172-1178. <https://doi.org/10.1002/fsn3.877>
- Javier-López, L., Palacios-Torres, R.E., Ramírez-Seañez, A.R., Hernández-Hernández, H., Antonio-Luis, M.D.C., Yam-Tzec, J.A. and Chaires-Grijalva, M.P., 2022. Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización orgánica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3), pp. 3348. <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3348>
- Jeediya, G.B., Rajhans, S., Pandya, H. and Mankad, A., 2022. Evaluation of the effects of organic and inorganic fertilizers on *Capsicum annuum* L. *International Association of Biologicals and Computational Digest*, 1(1), pp. 17-25. <https://doi.org/10.56588/iabcd.v1i1.10>
- Kumar, A., Bhanu, P.C.H., Singh, B.N. and Kumar, B., 2018. Potential of vermicompost for sustainable crop production and soil health improvement in different cropping systems. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(10), pp. 1042-1055. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.116>
- Lara-Capistrán, L., Ledea-Rodríguez, J.L., Zulueta-Rodríguez, R., Ávila-Quezada, G.D., Gómez-Merino F.C. and Hernández-Montiel, L.G., 2022. Efecto del acolchado plástico y lombricomposta sobre la eficiencia de hongos micorrízicos arbusculares en *Cucurbita pepo* L. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25, pp. 022. <https://doi.org/10.56369/tsaes.3835>
- López, L., R. and Mirafuentes, H., F., 2004. Sistema de fertirrigación y acolchado plástico en la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). In: Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato, México. pp. 223-229.
- López, L.R., Mirafuentes H., F., Avilés B., W., Jiménez C., J.A. and Meneses M., I., 2015. Producción de chile habanero con riego por goteo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Huimanguillo, Tabasco, México. 52 p.
- López-Gómez, J.D., Villegas, T.O.G., Sotelo, N.H. and Andrade R.M., Juárez, L. P. and Martínez, F.E., 2017. Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutricional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), pp. 1747-1758. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.699>
- López, O.P. and Yáñez, F.J., 2023. Propiedades farmacológicas del chile (*Capsicum*) y sus beneficios en la salud humana: Una revisión bibliográfica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, IV(2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9586113>
- Luna-Fletes, A.J., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Chan-Cupul, W., Chávez-Mendoza, C. and Mancilla-Villa, O.R., 2025. Efecto de fertilizantes ecológicos en el tiempo

- fisiológico y la producción de chile habanero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 12(1), pp. 4155, 2025. <https://doi.org/10.19136/era.a12n1.4155>
- Llamas, R.D.D., García, L.F.A. and Hernández O. H.A., 2024. Rendimiento de dos híbridos de *Capsicum chinense* Jacq. en bolsas de cultivo con fibra de coco. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 28, pp. 43-54. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.24.28.04>
- Meneses, L.R.E. and Garruña, R., 2020. El cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) como modelo de estudio en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, pp.21. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2926>
- Medina, G. M.T., 2016. Fertilización orgánico-mineral en cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en suelo Aak alche' (Vertisol pélico) bajo condiciones de invernadero. Reporte Preliminar de Residencia Profesional, Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Juan Sarabia, Quintana Roo, México. 27 p.
- Mirzabaiki, M., Ebrahimipark, N.A., Pazira, E. and Samavat, S., 2020. Investigation of different organic fertilizers application on the soil water holding capacity. *Desert*, 25(2), pp. 165-174. https://jdesert.ut.ac.ir/article_79254_1fb1cb3a633570ede788be082e686696.pdf
- Nofiyanto, R.T., Wati, V.R., Setiawati, S.R., Novianti, W.D., Kuscahyanti, A. and Fuskah, E., 2018. Effect of bio-organomineral fertilizer on the growth of chili (*Capsicum annum* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102, pp. 012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012070>
- Olle, M., 2016. *Short communication*: The effect of vermicompost based growth substrates on tomato growth. *Journal of Agricultural Science*, 1(27), pp. 3841. https://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_olle.pdf
- Prado, U.G., 2005. Tecnología de producción comercial de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). (3a. ed.) Gobierno del Estado de Tabasco/Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 44 p.
- Ramos, O.C.A., Castro, R.A.E., León, M.N.S., Álvarez, S.J.D. and Huerta, L.E., 2019. Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.). *Terra Latinoamericana*, 37(1), pp. 45-55. <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.331>
- Ramírez-Meraz, M., Méndez-Aguilar, R.L. Zepeda-Vallejo, G., Hernández-Guerrero, C.J., Hidalgo-Martínez, D. and Becerra-Martínez, E., 2024. Exploring the chemical diversity of *Capsicum chinense* cultivars using NMR-based metabolomics and machine learning methods. *Food Research International*, 178, pp. 113796, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113796>
- Reyes-Pérez, J.J., Luna-Murillo, R.A., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Hernández-Montiel, L.G., Rueda-Puente, E.O. y Preciado-Rangel, P., 2017. Uso de vermicompost y compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en el crecimiento de col morada (*Brassica oleracea*). *Interciencia*, 42(9), pp. 610-615. <https://www.redalyc.org/journal/339/33952909010/>
- Rodrigues, G.J., Morales, L.S., da Silva, S.P., Matos, V.I de J., do Nascimento, G.L., da Costa, P.M.V., de Freitas, M.L. and Magno, B.L.P., 2022. Growth and macronutrient content of Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) subjected to organic fertilization. *Colloquium Agrariae*, 18(3), pp. 11-23. <http://doi.org/10.5747/ca.2022.v18.n3.a494>
- Ruiz-Sánchez, E., Chan-Escalante, F.Z., Ballina-Gómez, S.H., Fernández-Herrera, M.A. and Góngora-Gamboa, J.A., 2022. Efecto de bioestimulantes en el crecimiento, características foliares y densidad poblacional de *Bemisia tabaci* en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25, pp.42. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3757>
- Sánchez-Monedero, M.A., Cayuela, M.L., Sánchez-García, M., Vandecasteele, B. D'Hose, T., López, G., Martínez-Gaytán, C., Kuikman, P.J. Sinicco, T. and Mondini, C., 2019. Agronomic evaluation of biochar, compost and biochar-blended compost across different cropping systems: Perspective from the European Project FERTIPLUS. *Agronomy*, 9, pp.225. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050225>

- Shapiro, S.S. and Wilk, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality: Complete samples. *Biometrika* 52, pp. 591-611.
- SIAP, Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesquera., 2023. Cierre de la producción agrícola por estado. [online]. Available at: <https://nube.siap.gob.mx/cierre>
- Smith, W. B., Wilson, M. and Pagliari, P., 2020. Organomineral fertilizers and their application to field crops. *Animal manure: Production, characteristics, environmental concerns, and management*, 67, pp. 229-243. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub67.c18>
- StatSoft, Inc., 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. SAS Institute Inc., USA.
- Steffen, G.P.K., Maldaner, J., Morais, R.M., Salnha, C.W., Missio, E.L., Steffen, R.B. and Osorio, F.B.D., 2019. The vermicompost anticipates flowering and increases tomato productivity. *Agrociencia Uruguay*, 23(1), pp.1-7. <https://doi.org/10.31285/agro.23.1.7>
- Tao, R., Liang, Y., Wakelin, S.A. and Chu, G., 2015. Supplementing chemical fertilizer with an organic component increases soil biological function and quality. *Applied Soil Ecology*, 96, pp. 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.07.009>
- TerraNova Lombricultores. s.f. Análisis bioquímico del abono de lombrices con pulpa de café. Obtenido en la Red Mundial el 24 de octubre de 2020. <https://terranovalombricultores.com/que-es-la-lombricomposta/>
- Valadez, S.Y.M., Olivares, S.E., Vázquez, A.R.E., Esparza-Rivera, J.R., Preciado-Rangel, P., Valdez-Cepeda, R.D. and García-Hernández, J.L., 2016. Calidad y concentración de capsaicinoides en genotipos de chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) producidos bajo fertilización orgánica. *Phyton*, 85, pp. 21-26. https://www.scielo.org/ar/scielo.php?pid=S1851-56572016000100005&script=sci_arttext
- Yáñez, P., Balseca, D., Rivadeneira, L. and Larenas, C., 2015. Características morfológicas y de concentración de capsaicina en cinco especies nativas del género *Capsicum* cultivadas en Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), pp. 12-32. <https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.02>
- Zergaw, Y., Kebede, T. and Berhe, D.T., 2023. Direct Application of Coffee Pulp Vermicompost Produced from Epigeic Earthworms and Its Residual Effect on Vegetative and Reproductive Growth of Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientific World Journal*, 2023, pp.7366925. <https://doi.org/10.1155/2023/7366925>