

La adición de composta y té de composta incrementan el desarrollo en un cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) y su concentración de capsaicinoides

Addition of compost and compost tea increases the growth of jalapeño pepper (*Capsicum annuum*) crop and their capsaicinoid concentration

Angélica López-Gómez¹✉ , Martha Rosales-Castro^{1*}✉ 

¹ Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Durango. Sigma 119 Fracc. 20 de noviembre II. Durango, Durango. C.p. 34220.

RESUMEN

El reciclaje de subproductos agroforestales es buena estrategia para mejorar una producción agrícola sostenible. El uso de bioproductos como composta y productos derivados de ésta como el Té de composta, se ha incrementado debido a su efecto positivo en diversos cultivos. En esta investigación se obtuvo composta de residuo sólido de café/estiércol bovino 75/25 v/v y Té a partir de la composta (extracto acuoso fermentado). Se evaluó el efecto de aplicar ambos sobre el desarrollo y rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cultivado en macetas, así como los cambios en la concentración y perfil cromatográfico (UHPLC) de capsaicinoides. Se establecieron tres tratamientos: T0:suelo testigo, T1:T0+20 % composta, TTé:T0 con riego foliar de plántulas con el Té diluido. El número de frutos cosechados y la cantidad de clorofila aumentaron en el orden TTé>T1>T0. En este mismo orden incrementó la concentración de los capsaicinoides principales (capsaicina y dihidrocapsaicina), tanto en mg/g base seca como en unidades de pungencia (Scoville-SHU). El valor máximo de capsaicinoides totales fue de 1.11 mg/g base seca y 17844 (SHU) en Té. Se identificaron los capsaicinoides nordihidrocapsaicina, capsaicina, dihidrocapsaicina, homocapsaicina y homodihidrocapsaicina en extractos de metanol:agua. La adición de composta y TTé incrementaron las propiedades físicas (número de frutos, peso) y químicas (clorofila, capsaicinoides) en los frutos de chile jalapeño.

Palabras clave: Bioproductos; residuo sólido de café; clorofila; pungencia; UHPLC

ABSTRACT

Recycling agroforestry byproducts is a good strategy for improving sustainable agricultural production. The use of bioproducts such as compost and compost-derived products like compost tea has increased due to their positive effects on different crops. In this study, compost was obtained from a 75/25 v/v spend coffee grounds/cow manure, and compost tea (fermented aqueous extract). The effect of applying both on the development and yield of jalapeño peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in pots was evaluated, as well as changes in the concentration and chromatographic profile (UHPLC) of capsaicinoids were studied. Three treatments were established: T0: control soil, T1: T0+20 % compost, TTé: T0 with

*Autor para correspondencia: Martha Rosales-Castro

Correo-e: mrciidirdgo@yahoo.com

Recibido: 27 de mayo del 2025

Aceptado: 8 de julio del 2025

Publicado: 23 de agosto del 2025

foliar irrigation of seedlings with diluted tea. The number of fruits harvested, and the amount of chlorophyll increased in the order TTé > T1 > T0. In this same order, the concentration of the main capsaicinoids (capsaicin and dihydrocapsaicin) increased, both in mg/g dry base and in pungency units (Scoville-SHU). The maximum value of total capsaicinoids was 1.11 mg/g dry base and 17844 (SHU) in TTé. The capsaicinoids nordihydrocapsaicin, capsaicin, dihydrocapsaicin, homocapsaicin, and homodihydrocapsaicin were identified in methanol:water extracts. The addition of compost and tea increased the physical (number of fruits, weight) and chemical (chlorophyll, capsaicinoids) properties in jalapeño pepper fruits.

Keywords: Bioproducts; spend coffee grounds; chlorophyll; pungency; UHPLC.

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanaceae, este género consta de aproximadamente 31 especies, de las cuales se han domesticado cinco: *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (Yasin *et al.*, 2023). La especie *C. annuum*, con el nombre común en español de "chile" (derivado del idioma Náhuatl), es originario de América y se cultiva en casi todo el mundo. En México es una actividad económica importante en el sector agrícola, ya que después de China es el segundo productor a nivel mundial (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2021; Hernández-Pérez *et al.*, 2020). Es uno de los productos hortícolas de mayor demanda, tanto a nivel nacional como internacional (De la cruz *et al.*, 2020). Se cultiva en diferentes partes de la República Mexicana, y se producen alrededor de tres millones de toneladas de chile verde por año (FAOSTAT, 2023). Entre las principales variedades de chiles que se cultivan en México, el jalapeño destaca por su alto consumo, se producen alrededor de 900,000 t anuales (SIAP 2023).

C. annuum se consume como especia o fresco. Es una fuente importante de compuestos antioxidantes que otorgan beneficio para la salud humana (Hammam *et al.*, 2020). Estas propiedades nutricionales se asocian a su contenido de fitonutrientes y metabolitos secundarios bioactivos como: agua, aceites fijos, aceites volátiles, vitaminas, carotenoides, compuestos fenólicos, capsaicinoides, resina, proteínas, fibra

y minerales, los que le proporcionan también color y aroma (Duranova *et al.*, 2022).

El picante o sensación de ardor de las frutas del género *Capsicum* se debe a la acumulación de metabolitos secundarios, del grupo de alcaloides no volátiles llamados capsaicinoides, exclusivo de *Capsicum*. Los dos capsaicinoides principales son la capsaicina y la dihidrocapsaicina, los que contribuyen con alrededor del 90 % del picante (Yasin *et al.*, 2023). Otros compuestos son homocapsaicina, homodihidrocapsaicina y nordihidrocapsaicina, que se consideran capsaicinoides menores y pueden representar hasta el 20 % del total (Bal *et al.*, 2022).

La concentración de capsaicinoides es un parámetro importante para indicar la pungencia o picor en los chiles. El contenido de capsaicina en los chiles es uno de los principales parámetros que determinan su calidad comercial (Sora *et al.*, 2015). Estos compuestos varían en su concentración de acuerdo con la especie, el nivel de madurez, las condiciones de estrés, la fertilización, disponibilidad de agua, manejo postcosecha de los frutos, entre otros (Campos-Hernández *et al.*, 2018).

Los fertilizantes químicos son ampliamente utilizados en cultivos de chile debido a su capacidad para proveer los nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo (Ning *et al.*, 2017), sin embargo su uso prolongado y excesivo ha tenido efectos negativos en la salud del suelo, del medio ambiente, y de la salud humana por el exceso de compuestos tóxicos como los nitratos (Hammam *et al.*, 2020). La aplicación de enmiendas orgánicas, bioproductos y la reducción de fertilizantes inorgánicos son enfoques económicamente viables y ambientalmente racionales para desarrollar una agricultura sostenible. Por esta razón se recurre a utilizar fertilizantes orgánicos como composta, en forma sólida, o té de composta, que es un producto líquido que contiene nutrientes, microorganismos y biomoléculas útiles para proteger y estimular el crecimiento de las plantas (Zaccardelli *et al.*, 2018).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de composta obtenida a partir de residuo sólido de café y Té de composta obtenido de la misma, sobre el desarrollo y rendimiento de plantas de chile jalapeño (*C. annuum*, variedad jalapeño) cultivado en macetas, así como los cambios en la concentración de los dos principales capsaicinoides (capsaicina y dihidrocapsaicina) y un perfil cromatográfico de extractos de chiles cosechados en los diferentes tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de composta a partir del Residuo Sólido de Café

La investigación se realizó en un invernadero del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN), Unidad Durango. Para elaborar la composta se utilizó residuo sólido de café (rsc) que es el remanente de la preparación de la bebida y estiércol bovino (eb) solarizado y seco. El proceso de compostaje se realizó

mediante una mezcla 75:25 de rsc:eb v/v base seca (bs). La mezcla se mantuvo a humedad promedio de 60 %, durante 240 días, con volteo semanal para permitir la aireación y ajustar la humedad. Se determinó la madurez de la composta siguiendo las indicaciones de la NMX-AA-180-SCFI-2018.

Preparación del Té de composta

El Té de composta se define como "formulación orgánica líquida obtenida mediante la extracción acuosa de materiales compostados de calidad, durante un período de fermentación/incubación definida y con o sin aplicación de oxígeno por aireación" (Villico *et al.*, 2020). En esta investigación el Té se preparó a partir de la composta madura de rsc/eb 75/25. Se utilizó agua común a una proporción 1:5 composta:agua v/v. La mezcla se mantuvo en agitación durante cinco días, aplicando agitación cinco horas/día, a temperatura ambiente (25 °C). Posteriormente se mantuvo en reposo durante 10 días, para después ser filtrado y almacenado. A esta preparación se le etiquetó como Té concentrado.

A partir del Té concentrado se preparó una dilución de 1:5 v/v de Té concentrado:agua, de acuerdo con lo que recomiendan Campana *et al.* (2025) y se almacenó hasta su uso. A esta preparación se le etiquetó como Té diluido.

La evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la composta y del Té: pH, conductividad eléctrica (CE- dS/m) y el Índice de Germinación (% IG), se realizó acorde al procedimiento de la NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. El contenido de sólidos totales en Té concentrado y Té diluido (mg/L) se determinaron mediante lo establecido por la NOM-AA-34-1976 Análisis de agua-medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.

Tratamientos evaluados

Los tratamientos que se evaluaron para determinar el efecto de la composta y del Té fueron:

T0 = Tratamiento testigo, muestra de suelo. Adición de agua para el riego de plántulas.

T1= Muestra de suelo T0 con adición de 20 % de composta v/v. Adición de agua para el riego de plántulas.

TTé = Muestra de suelo T0 con adición de agua para riego de plántulas. En este tratamiento se adicionó además riego foliar de plántulas con el Té diluido, dos veces por semana, 20 mL por planta.

Cultivo de plantas de chile y análisis realizados

Para el cultivo de plántulas de chile jalapeño se utilizaron semillas de la marca Kristen Seed México, las cuales se colocaron en charolas de germinación de unicel de 77 cavidades, con sustrato de peat mos. Una vez germinadas y que alcanzaron 15 cm de altura, las plántulas se traspasaron a macetas de plástico de 10 L. Estas macetas contenían el suelo con los tratamientos T0, T1 y TTé (T0 con riego adicional de Té diluido). Se colocaron tres plántulas por maceta, con cinco repeticiones. Las plantas se dejaron en crecimiento hasta



que se alcanzó la madurez de los frutos. Se midió el contenido de clorofila en las hojas, en Unidades SPAD (Soil Plant Analysis Development), con un equipo Chlorophyll Meter GYJ-B. Los frutos de los diferentes tratamientos se cosecharon todos al mismo tiempo, se midió la cantidad de frutos por tratamiento y el peso fresco total. De cada tratamiento se tomó una muestra representativa y se evaluó por UHPLC (Cromatografía líquida de ultra alta resolución, por sus siglas en inglés: Ultra High Performance Liquid Chromatography) el contenido de los capsaicinoides principales (capsaicina y dihidrocapsaicina), en mg/g bs, y en Unidades Scoville. En otro ensayo por UHPLC se analizaron los principales capsaicinoides de los frutos de los diferentes tratamientos.

Análisis de capsaicina y dihidrocapsaicina por UHPLC

Extracción

La extracción se realizó mediante método de Collins (1995). Se pesaron 25 mg de muestra en un tubo cónico de 10 mL; se depositó 2 mL de etanol al 96 % en el vial y se selló. La extracción se realizó a 80 °C durante 4 h, con agitación manual en intervalos de 1 h. La muestra se centrifugó a 4,500 rpm por 15 min a 4 °C. El sobrenadante fue recuperado y filtrado con membranas de 0.2 µm (PTFE Phenex). Las muestras fueron analizadas mediante UHPLC-PDA (Photodiode Array Detector).

Cuantificación de capsaicinoides

El análisis de capsaicinoides se realizó en un equipo UHPLC Waters Acquity -UPLC H Class. La separación de los analitos fue llevada a cabo usando una columna Acquity UPLC BEH C₁₈ (1.7 µm, 100 x 2.1 mm D. I.) de la marca Waters. El volumen de inyección fue de 2 µL. La curva de calibración fue preparada con materiales de referencia, capsaicina y dihidrocapsaicina-marca Sigma Aldrich- disueltos en etanol al 96 %, a siete concentraciones en un rango de 5.1 a 90.6 mg/L y 5.1 a 50.6 mg/L de capsaicina y dihidrocapsaicina, respectivamente. Cada estándar y las muestras fueron inyectadas por triplicado. La detección de los analitos se realizó a una longitud de onda de 280 nm. Los analitos de capsaicina y dihidrocapsaicina fueron identificados en las muestras en función al tiempo de retención. Las concentraciones de estos fueron estimadas usando la curva de calibración.

La conversión a unidades de picor Scoville (SHU) se realizó multiplicando la concentración en µg/g bs por un factor de 16.1. El software Empower 3 fue empleado para la adquisición y procesamiento de los datos.

Evaluación de los cinco principales capsaicinoides por UHPLC

Extracción

Los chiles de una muestra representativa de cada tratamiento se trituraron de forma independiente en un molino de acero inoxidable (marca Luzeren). Se obtuvieron extractos con solvente de metanol:agua 80:20, 10 g de muestra con 100 mL de solvente, 4 h a 20 °C con agitación. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 6000 rpm durante 20 min y se realizó

un filtrado adicional en papel Whatman No. 1, para separar el extracto de la parte sólida remanente. Los extractos se llevaron a sequedad mediante evaporación en rotavapor a 45 °C aplicando vacío. Para el análisis cromatográfico los extractos se re-disolvieron en metanol:agua 80:20 a una concentración de 5000 mg/L, y se filtraron con membranas de 0.2 µm (PTFE Phenex).

Identificación de capsaicinoides

El análisis para identificar los principales capsaicinoides en las muestras de chile de los distintos tratamientos se llevó a cabo en un equipo de Cromatografía de Líquidos de Ultra Alta Resolución (UHPLC), acoplado a espectrometría de masas MS, de acuerdo con la metodología de (Gómez-Patiño *et al.*, 2023).

Se utilizó equipo Ultimate3000 UPLC (Dionexcorp., Sunnyvale, CA, EE. UU.) con detección por matriz de fotodiodos (PDA), acoplado a un sistema Bruker MicrOTOF-QII mediante una interfaz de ionización por electrospray (ESI) (Bruker Daltonics, Billerica, EE. UU.). La fase móvil utilizada en el sistema consistió en ácido fórmico al 0.1 % en agua (A) y acetonitrilo (B) utilizando un programa de gradiente. Columna Hypersil C₁₈, flujo de 0.5 mL/min y la temperatura de la columna se ajustó a 30 °C.

Para el espectrómetro de masas, las condiciones en modo positivo fueron: caudal de gas de secado (nitrógeno) 4 L/min, temperatura del gas 180 °C, rango de barrido de 50–3000 [m/z], voltaje de desplazamiento de la placa terminal de -500 V, voltaje capilar 4500 V y presión del nebulizador 0.4 Bar.

Para analizar la estructura de los compuestos, se realizó un análisis de espectrometría de masas en tándem (MS/MS) mediante ionización por electrospray positiva con el conjunto de masas adecuado. Se analizaron con Bruker Compass Data Analysis 4.0 (Bruker Daltonics). Los resultados se reportan como porcentaje relativo de cada compuesto, con respecto al total de los compuestos de los espectrogramas.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones. Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico Minitab®, versión 20.3. Dada la naturaleza de los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Posteriormente se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la composta y el Té de composta

Las características fisicoquímicas de los suelos y Té's utilizados para el cultivo de chile jalapeño se muestran en la Tabla 1. Los resultados indican que se trata de un suelo con pH neutro y baja conductividad eléctrica (CE), el cual se puede clasificar como un suelo no salino, adecuado para el desarrollo de la mayoría de los cultivos. Al incorporarse un 20 % de

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del suelo y Té de composta utilizados para el cultivo de chile jalapeño.**Table 1.** Physicochemical properties of the soil and compost tea used for jalapeño pepper cultivation.

Muestra	pH	CE (dS/m)	ST (mg/L)	IG (%)
T0 testigo suelo	7.83	0.98	-	90
T1 (suelo +20% composta)	7.45	1.01	-	95
Té concentrado (1:5)	8.1	5.7	9456	53
Té diluido (1:5 + 1:5)	7.9	1.4	1783	95

composta en T1, no se alteraron los valores de pH ni de CE en el suelo, sin embargo, se registró un incremento del 5 % en el IG, lo cual podría atribuirse al aporte de nutrientes esenciales presentes en la composta, que mejoran la disponibilidad de estos para las plántulas.

El Té concentrado tiene un pH alcalino (8.1) y alta CE (5.7 dS/m), así como un bajo IG (53 %). Con estas características no podría aplicarse a las plantas ya que les causaría un efecto fitotóxico. Este IG es similar a lo que reportan Vilecco *et al.* (2020) de un Té concentrado de composta obtenida de residuos de maíz/residuos hortícolas 50/50. Los valores de pH y CE son similares a lo reportado por Zaccardelli *et al.* (2018) en un Té obtenido de composta de residuos de alcachofa/astillas de madera 75/25.

Al hacer la dilución del Té de composta concentrado 1:5 v/v y obtener el Té diluido la CE disminuye hasta un valor de 1.4 dS/m y el IG aumenta a 95 %. Estos valores pueden considerarse seguros para uso hortícola-agrícola, ya que no hay riesgo de que pueda causar toxicidad en las plantas (Yin *et al.*, 2025).

Los frutos cosechados en los diferentes tratamientos se muestran en la Tabla 2. El número de frutos en T1 fue superior a T0, y a su vez los de TTé superaron a T1. Con la adición de 20 % de composta- T1- aumentó 1.5 veces la cantidad de frutos respecto a T0, y con la adición de Té – TTé- aumentó 2.5 veces respecto al testigo. En el peso fresco de los frutos el mayor valor se alcanzó con el tratamiento TTé.

En diversas investigaciones se ha reportado que el utilizar composta como fertilizante en la producción agrícola, mejorar la calidad del suelo y aportar los nutrientes necesarios para el desarrollo adecuado de los cultivos (Hu *et al.*, 2025). Basri *et al.* (2021) realizaron un estudio donde se utilizó composta elaborada a partir de cascarilla de café, en un cultivo de chile (*Capsicum Frutescens* L.), en el que se observó un aumento en el número de frutos por planta y en el peso total de frutos por parcela. Aunque la fuente de materia orgánica en dicho estudio fue la cascarilla de café, estos resultados sugieren que los residuos derivados de la industria cafetera, en general, poseen propiedades benéficas para la producción de chile.

El té de composta, al ser aplicado en aspersión foliar, facilita una absorción más rápida y eficiente de nutrientes por las hojas, acelerando procesos clave como la floración y fructificación, (González-Hernández *et al.*, 2021). Estos autores reportan un incremento en la productividad de especies del

Tabla 2. Características de los chiles cosechados con los diferentes tratamientos.**Table 2.** Characteristics of peppers harvested from different treatments.

Tratamiento	Numero de frutos cosechados (total)	Peso fresco (g) (total)	Clorofila (SPAD)
T0	15 ^c	616 ^a	63.6 ± 3.6 ^a
T1	23 ^b	535 ^b	66.9 ± 4.7 ^a
TTé	37 ^a	621 ^a	69.7 ± 2.7 ^a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales con un valor de probabilidad $p \leq 0.05$ determinado por pruebas de comparación de medias de Tukey.

género *Capsicum* al aplicar de forma foliar Té de composta de residuos de jardinería.

Diversas investigaciones han mostrado que el té de composta aporta macronutrientes, micronutrientes, biomoléculas y microorganismos que contribuyen al desarrollo y rendimiento de las plantas. Khairani *et al.* (2023) encontraron que la aplicación foliar de té de composta en plantas de chile incrementó significativamente el número de frutos por planta, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

Respecto a la cantidad de clorofila (unidades SPAD), los medidores de clorofila son sensores ópticos proximales relativamente simples que evalúan indirectamente el contenido relativo de clorofila foliar, midiendo la absorbancia y transmitancia diferencial de diferentes longitudes de onda de radiación en la hoja (De Souza *et al.*, 2019). Estas mediciones pueden utilizarse para evaluar el estado de nitrógeno del cultivo. El contenido de clorofila es uno de los principales índices que reflejan la capacidad fotosintética de las hojas y el estado de salud de las plantas. De acuerdo con los resultados obtenidos, los valores de clorofila en los tratamientos evaluados fue TTé>T1>T0, lo que indica que tanto la adición de composta como el Té de esta, tuvieron un efecto positivo en el cultivo de chile jalapeño, Tabla 2.

Los valores de clorofila obtenidos (63.6, 66.9 y 69.7 SPAD), son superiores a los que reportan Vilecco *et al.* (2020) en un cultivo de *Capsicum annuum* L. variedad Friariello Napoletano, a los que se adicionó Té de composta de diferentes residuos, que alcanzaron valores de 19 a 27 SPAD.

El incremento en el contenido de clorofila en las plantas tratadas con té de composta puede relacionarse con el contenido de nitrógeno presente en la composta, ya que dicho elemento es parte fundamental de la molécula de clorofila. Una mayor concentración de clorofila favorece la fotosíntesis, lo cual genera un aumento del número de hojas por planta y una mayor eficiencia en la síntesis de proteínas (Ali *et al.*, 2020).

Evaluación de capsaicina y dihidrocapsaicina

La evaluación cuantitativa de capsaicina y dihidrocapsaicina, en mg/g bs y en unidades SHU se muestra en Tabla 3. Para ambos compuestos, la concentración fue en el orden TTé>T1>T0, con diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. La concentración de capsaicinoides totales



Tabla 3. Contenido de capsaicinoides en chiles cultivados con diferentes tratamientos.**Table 3.** Capsaicinoid content in chili peppers grown with different treatments.

Tto	Capsaicina		Dihidrocapsaicina		Capsaicinoides totales	
	mg/g bs	SHU	mg/g bs	SHU	mg/g bs	SHU
T0	0.28 ± 0.03 ^c	4552 ± 430 ^c	0.18 ± 0.01 ^c	2839 ± 140 ^c	0.46 ± 0.04 ^c	7391 ± 570 ^c
T1	0.43 ± 0.07 ^b	6875 ± 1128 ^b	0.36 ± 0.05 ^b	5731 ± 789 ^b	0.78 ± 0.12 ^b	12606 ± 1917 ^b
TTé	0.70 ± 0.12 ^a	11314 ± 1975 ^a	0.41 ± 0.06 ^a	6530 ± 1037 ^a	1.11 ± 0.19 ^a	17844 ± 3012 ^a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales con un valor de probabilidad $p \leq 0.05$ determinado por pruebas de comparación de medias de Tukey.

supera 1.7 veces el valor de T1 respecto a T0, y 2.4 veces el valor de TTé respecto a T0, así como de 1.4 veces TTé respecto a T1. Los valores de capsaicina y dihidrocapsaicina en T1 y TTé son mayores a los que reportan Schmidt *et al.* (2017) para chile jalapeño.

El contenido de capsaicinoides expresado en unidades Scoville (SHU), tuvo la misma tendencia que para la concentración en mg/g bs, ya que se utiliza el mismo factor (16.1) para la conversión a SHU. La pungencia se mide en Unidades Scoville (SHU-Scoville Heat Units), existen cinco niveles: (0 a 700 SHU) no pungente, (700 a 3000) pungencia media, (3000 a 25000) pungencia moderada, (25000 a 70000) alta pungencia y (> 80000) muy alta pungencia (Hernández-Pérez *et al.*, 2020). De acuerdo con estas categorías de pungencia de variedades de *Capsicum* en unidades Scoville que mencionan Duranova *et al.* (2022), y por los resultados obtenidos, los frutos de chile jalapeño cosechados en los diferentes tratamientos con valores de 3791, 12606 y 17844 SHU, corresponden a pungencia moderada, cuyo rango es de 3000 a 25000 SHU (Hernández-Pérez *et al.*, 2020). Estos autores mencionan que la pungencia es uno de los principales parámetros de calidad y que los niveles de pungencia para chile jalapeño otorgado por capsaicina, es en el rango de 2500 a 8000 SHU. Los valores de capsaicina en unidades de pungencia obtenidos en esta investigación son mayores al rango mencionado, ya que se tuvieron valores de 4552, 6875 y 11314 SHU en T0, T1 y TTé, respectivamente. En este parámetro se observa el efecto positivo que tuvieron tanto la adición de composta como del Té.

El incremento de capsaicinoides en los chiles con el tratamiento TTé puede estar relacionado con el contenido de clorofila, que a su vez tiene una correlación directa con la concentración de nitrógeno en las plántulas de chile. Los nutrientes del Té de composta, además del nitrógeno, pueden ser absorbidos fácilmente por las raíces y hojas de las plantas, además de que su carga microbiana puede actuar como bioestimulante y activar sus defensas metabólicas (González-Hernández *et al.*, 2021). Una mayor cantidad de nitrógeno desencadena diversas actividades enzimáticas como el aumento de la fenilalanina amonio-licasa (PAL), y reducción de peroxidasa y polifenol oxidasa, así como aumento en la expresión de genes clave en la ruta biosintética de los capsaicinoides, lo que favorece la acumulación de estos metabolitos (Zhang *et al.*, 2024).

Perfil cromatográfico de capsaicinoides por UHPLC

La evaluación cromatográfica de las muestras de chile jalapeño colectadas en los diferentes tratamientos se muestra en Tabla 4. En este análisis se obtuvo una separación completa de cinco capsaicinoides, que de acuerdo con los tiempos de elución de los compuestos y las señales $[m/z]^+$, la secuencia fue nordihidrocapsaicina ($C_{17}H_{27}NO_3$), capsaicina ($C_{18}H_{27}NO_3$), dihidrocapsaicina ($C_{18}H_{29}NO_3$), homocapsaicina ($C_{19}H_{29}NO_3$) y homodihidrocapsaicina ($C_{19}H_{31}NO_3$), lo cual coincide con lo reportado por Zamljen *et al.* (2022) en un estudio de caracterización de capsaicinoides en aceites de oliva de chile, mediante HPLC/MS.

Tabla 4. Identificación de capsaicinoides por UHPLC en extractos de chile jalapeño.**Table 4.** Identification of capsaicinoids by UHPLC in jalapeño pepper extracts.

Compuesto	Rt (min)	[M-H] ⁺ (m/z)	T0 (%) [*]	T1 (%) [*]	TTé (%) [*]
Nordihidrocapsaicina	14.1	294.2106	5.8	4.5	4.2
Capsaicina	14.3	306.2106	23.0	24.3	24.2
Dihidrocapsaicina	15.2	308.2258	23.3	20.2	24.0
Homocapsaicina	15.3	320.2269	0.4	1.1	1.3
Homodihidrocapsaicina	16.2	322.2421	3.0	2.7	2.6
Compuesto no identificado	22.7	282.2828	12.0	14.7	8.9
Apigenina	22.8	270.2831	8.8	7.2	7.0

^{*}Porcentaje relativo al porcentaje total de los compuestos

De acuerdo con los porcentajes relativos de cada compuesto, respecto al total de compuestos eluidos, los capsaicinoides capsaicina y dihidrocapsaicina son los de mayor abundancia, seguido por nordihidrocapsaicina, homocapsaicina y homodihidrocapsaicina. Con respecto a los tratamientos la única diferencia importante se observa en la baja concentración de homocapsaicina en T0, con Tr de 15.3 min. En la Figura 1 se ilustran los perfiles cromatográficos de los extractos, se tienen señales de 42 a 50 compuestos en las muestras. Otros compuestos abundantes de acuerdo con los valores de intensidad y área en los cromatogramas son en el tiempo de elución de 22.7 min, que no fue posible identificar, y el compuesto a 22.8 min, con $[m/z]^+$ de 270.2831, que puede corresponder al flavonoide apigenina, ya que este compuesto se ha reportado en extractos de chile (Antonio *et al.*, 2018; Hernández-Pérez *et al.*, 2020; Zamljen *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

La adición de composta al suelo para cultivo de chile jalapeño en macetas no modificó las propiedades del suelo testigo, pero tuvo un efecto positivo en el rendimiento de frutos y un aumento en la cantidad de clorofila, que indica una mejor calidad de las plantas. La adición foliar de Té de composta mejoró los resultados obtenidos con composta, en todos los parámetros evaluados. El Té aumenta de forma significativa la calidad de los frutos, medidos a través de la concentración de sus capsaicinoides principales: capsaicina y dihidrocapsaicina y su nivel de pungencia. A partir del análisis cromatográfico se identificaron cinco capsaicinoides en extractos de chile jalapeño, sin cambios cualitativos por efecto de los tratamientos utilizados. El Té de composta de residuo sólido de café funciona como un excelente bioproducto, aunque se debe profundizar en su análisis sobre el mecanismo de acción.

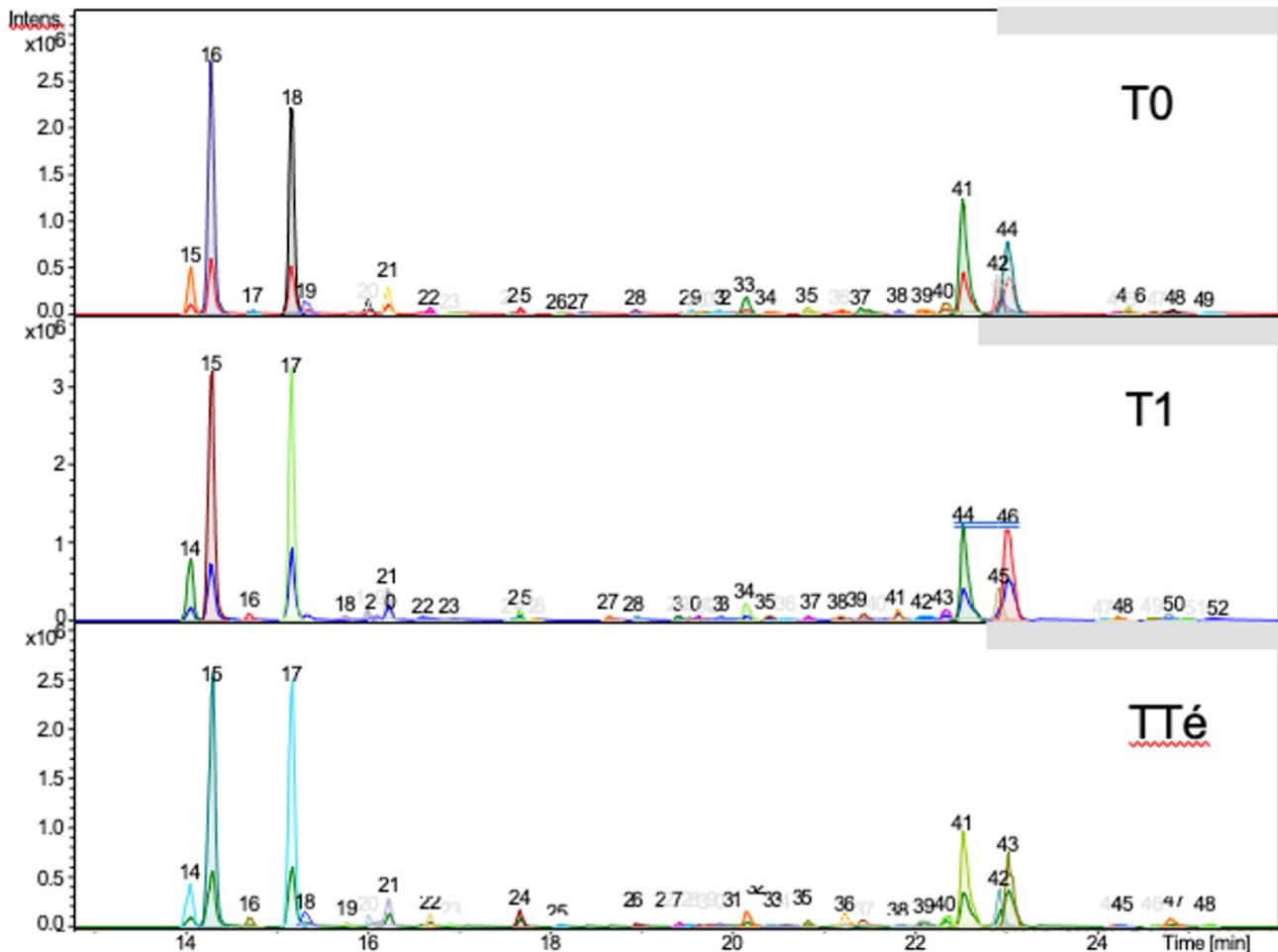


Figura 1. Perfil cromatográfico (UHPLC) de compuestos en extractos de chile jalapeño en los diferentes tratamientos evaluados.
Figure 1. Chromatographic profile (UHPLC) of compounds in jalapeño pepper extracts in the different treatments evaluated.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a SECIHTI la beca 860774. Se agradece al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento otorgado al proyecto SIP20241466. Al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ-Sureste) por el análisis cuantitativo de capsaicinoides. Al Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías del Instituto Politécnico Nacional (CNMN-IPN) por el análisis de UHPLC-MS para la identificación de capsaicinoides.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses que pueda influir en los resultados de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, M.A., Manzanero-Medina, G.I. y Katz, E. 2021. Chile (*Capsicum* spp.) as food-medicine continuum in multiethnic Mexico. *Foods*, 10(10), 2502. <https://doi.org/10.3390/foods10102502>
- Ali, U., Ashfaq, M., Shafiq, M., Ali, M., Shaheen, S., Mubashar, B., ... y Aqeel, M. 2020. Effects of organic and chemical fertilizers on growth and yield attributes of chili (*Capsicum annuum* L.). *Int J Biol Biotech*, 17(4), 731-738.
- Antonio, A.S., Wiedemann, L.S.M. y Junior, V.V. 2018. The genus *Capsicum*: a phytochemical review of bioactive secondary metabolites. *RSC advances*, 8(45), 25767-25784. <https://doi.org/10.1039/c8ra02067a>
- Bal, S., Sharangi, A.B., Upadhyay, T.K., Khan, F., Pandey, P., Siddiqui, S., ... y Yadav, D.K. 2022. Biomedical and antioxidant potentialities in chilli: Perspectives and way forward. *Molecules*, 27(19), 6380. <https://doi.org/10.3390/molecules27196380>
- Basri, A.B., Azis, A. e Iswoyo, H. 2021. Application of coffee husk compost and EM4 on growth and yield of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 807(4), 042040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042040>
- Campana, E., Ciriello, M., Lentini, M., Roupheal, Y. y De Pascale, S. 2025. Sustainable agriculture through compost tea: Production, application, and impact on horticultural crops. *Horticulturae*, 11(4), 433. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11040433>
- Campos-Hernández, N., Jaramillo-Flores, M.E., Téllez-Medina, D.I. y Alamilla-Beltrán, L. 2018. Effect of traditional dehydration processing of pepper jalapeno rayado (*Capsicum annuum*) on secondary metabolites with antioxidant activity. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 316-324. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1406407>
- Collins, M.D., Wasmund, L.M. y Bosland, P.W. 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using High-Performance Liquid Chromatography. *HortScience*, 30(1), 137-139.
- De la Cruz-Ricardez, D.D., Ortiz-García, C.F.C.F., Lagunes-Espinoza, L.D.C., Torres-de la Cruz, M. y Hernández-Nataren, E. 2020. Compuestos fenólicos, carotenoides y capsaicinoides en frutos de *Capsicum* spp. de Tabasco, México. *Agrociencia*, 54(4), 505-519. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i4.2047>
- De Souza, R., Peña-Fleitas, M.T., Thompson, R.B., Gallardo, M., Grasso, R. y Padilla, F.M. 2019. The use of chlorophyll meters to assess crop N status and derivation of sufficiency values for sweet pepper. *Sensors*, 19(13), 2949. <https://doi.org/10.3390/s19132949>
- Duranova, H., Valkova, V. y Gabriny, L. 2022. Chili peppers (*Capsicum* spp.): The spice not only for cuisine purposes: An update on current knowledge. *Phytochemistry Reviews*, 21(4), 1379-1413. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09789-7>
- FAOSTAT. 2023. Corporate Statistical Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Gómez-Patiño, M.B., Leyva Pérez, J.P., Alcibar Muñoz, M.M., Arzate-Vázquez, I. y Arrieta-Báez, D. 2023. Rapid and simultaneous extraction of bisabolol and flavonoids from *Gymnosperma glutinosum* and their potential use as cosmetic ingredients. *Separations*, 10(7), 406. <https://doi.org/10.3390/sep10070406>
- González-Hernández, A.I., Suárez-Fernández, M.B., Pérez-Sánchez, R., Gómez-Sánchez, M.Á. y Morales-Corts, M.R. 2021. Compost tea induces growth and resistance against *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora capsici* in pepper. *Agronomy*, 11(4), 781. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040781>
- Hammam, K.A., Eisa, E.A. y Dewidar, A.A. 2020. Effect of organic fertilization and amino acids on growth, chemical composition and capsaicin content of hot pepper (*Capsicum annuum* L var. Minimum) plant. *APRJ* 6(4): 40-52, Article no. APRJ.61766. <https://doi.org/10.9734/APRJ/2020/v6i430136>
- Hernández-Pérez, T., Gómez-García, M.D.R., Valverde, M.E. y Paredes-López, O. 2020. *Capsicum annuum* (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 2972-2993. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>
- Khairani, I.A., Novriadi, N., Wandasari, S.P., Nanda, M.Z. y Anshori, A. 2023. Effect of compost tea and JADAM microorganism solution on growth of chili pepper in PT. Cinquer Agro Nusantara. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 9(1), 23-30. <https://doi.org/10.36987/jpb.n.v9i1.3807>
- Norma Mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018. Dirección General de Normas. Métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales. Secretaría de Economía. Consulta 25 marzo 2025.
- Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Dirección General de Normas, Secretaría de Economía. Consulta 25 marzo 2025.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Economía. Consulta 25 marzo 2025.
- Ning, C.C., Gao, P.D., Wang, B.Q., Lin, W.P., Jiang, N.H. y Cai, K.Z. 2017. Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(8), 1819-1831. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61476-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61476-4)



- Schmidt, A., Fiechter, G., Fritz, E.M. y Mayer, H.K. 2017. Quantitation of capsaicinoids in different chilies from Austria by a novel UHPLC method. *Journal of Food Composition and Analysis*, 60, 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.03.015>
- SIAP 2023- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 25 de marzo de 2025.
- Sora, G.T.S., Haminiuk, C.W.I., da Silva, M.V., Zielinski, A.A.F., Gonçalves, G.A., Bracht, A. y Peralta, R.M. 2015. A comparative study of the capsaicinoid and phenolic contents and in vitro antioxidant activities of the peppers of the genus *Capsicum*: An application of chemometrics. *Journal of food science and technology*, 52(12): 8086-8094. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1935-8>
- Villecco, D., Pane, C., Ronga, D. y Zaccardelli, M. 2020. Enhancing sustainability of tomato, pepper and melon nursery production systems by using compost tea spray applications. *Agronomy*, 10(9), 1336. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091336>
- Yasin, M., Li, L., Donovan-Mak, M., Chen, Z. H. y Panchal, S. K. 2023. *Capsicum* waste as a sustainable source of capsaicinoids for metabolic diseases. *Foods*, 12(4), 907. <https://doi.org/10.3390/foods12040907>
- Yin, J., Wang, J., Zhao, L., Cui, Z., Yao, S., Li, G. y Yuan, J. 2025. Compost tea: Preparation, utilization mechanisms, and agricultural applications potential—A comprehensive review. *Environmental Technology & Innovation*, 38, 104137. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104137>
- Zaccardelli, M., Pane, C., Villecco, D., Palese, A. M. y Celano, G. 2018. Compost tea spraying increases yield performance of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in greenhouse under organic farming system. *Italian Journal of Agronomy*, 13(3), 991. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.991>
- Zamljen, T., Slatnar, A., Hudina, M., Veberic, R. y Medic, A. 2022. Characterization and quantification of capsaicinoids and phenolic compounds in two types of chili olive oils, using HPLC/MS. *Foods*, 11(15), 2256. <https://doi.org/10.3390/foods11152256>
- Zhang, C., Shen, L., Yang, S., Chang, T., Luo, M., Zhen, S. y Ji, X. 2024. Effect of nitrogen fertilizer on capsaicinoids and related metabolic substances of dried chili pepper fruit. *Horticulturae*, 10, 831. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080831>