

INTERACCIÓN CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y ÁCIDOS HÚMICOS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRACÉUTICA DE FRUTOS DE *Capsicum annuum* L. cv. Arista*

Pablo Preciado-Rangel¹, Bernardo Murillo-Amador², Luis Guillermo Hernández-Montiel², Bernardo Espinosa-Palomeque³, Saul Parra-Terraza⁴ y Tomás Rivas-García⁵

RESUMEN

Las sustancias húmicas son una alternativa para reducir el exceso de fertilizantes. El objetivo fue evaluar la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva (SN) y ácidos húmicos (AH) en el rendimiento y calidad de frutos *Capsicum annuum* L. El diseño fue completamente al azar con arreglo bifactorial con 12 tratamientos y 15 repeticiones. El factor uno fue SN con niveles de CE (1,0, 1,5 y 2,0 dS·m⁻¹); el factor dos fue dosis de AH (0, 2,5, 3,75 y 5,0 mL·L⁻¹). Las variables evaluadas fueron, rendimiento, longitud, diámetro ecuatorial, espesor de epicarpio, firmeza, peso y número de frutos. Se evaluó la calidad nutracéutica de los frutos (fenoles totales, capsaicina, capacidad antioxidante y flavonoides totales). Los resultados mostraron que, el rendimiento, longitud, diámetro ecuatorial, peso y número de frutos mostraron diferencias entre CE, mientras que, rendimiento, longitud, espesor del pericarpio, peso y número de frutos mostraron diferencias para AH. La firmeza de fruto mostró diferencias para CE×AH. La mayoría de las variables mostraron valores superiores en 1,0 dS·m⁻¹ de CE y 2,5 de AH; la firmeza fue mayor en 2,0 dS·m⁻¹ de CE y 3,75 mL·L⁻¹ de AH. El contenido de fenoles, flavonoides, antioxidantes y capsaicina, mostraron diferencias para CE, mientras que, flavonoides no mostró diferencias para AH. Las cuatro variables mostraron diferencias en la interacción de los factores, con incrementos en 1,0 y 1,5 dS·m⁻¹ de CE y 5,0 mL·L⁻¹ de AH. Los AH son una alternativa para incrementar el rendimiento de frutos de chile y su calidad nutracéutica.

Palabras clave adicionales: Componentes del rendimiento, capacidad antioxidante, capsaicina, fenoles, flavonoides

ABSTRACT

Interaction of electrical conductivity and humic acids on yield and nutraceutical quality of *Capsicum annuum* L. fruits cv Arista

The humic substances are an alternative to reduce excessive doses of fertilizers in cultivated species. The objective was to evaluate the effect of levels of electrical conductivity (EC) of the nutrient solution and doses of humic acids (HA) on the yield and quality of chili fruits (*Capsicum annuum* L.). The design was completely randomized with a bifactorial arrangement with 12 treatments and 15 replications. The factor one was the levels of EC of nutrient solutions (1.0, 1.5 and 2.0 dS·m⁻¹); the factor two was the doses of HA (0, 2.5, 3.75, and 5.0 mL·L⁻¹). The yield, length, equatorial diameter, epicarp thickness, firmness, weight, and number of fruits were evaluated. The nutraceutical quality was also evaluated (total phenols, capsaicin, antioxidant capacity and total flavonoids). The results showed that the yield, length, equatorial diameter, weight, and number of fruits showed differences between EC, while, yield, length, thickness of the pericarp, weight and number of fruits showed differences for HA. The fruit firmness showed differences in the interaction EC×HA. Most of the variables showed higher values in 1.0 dS·m⁻¹ of EC and 2.5 of HA; the firmness was higher in 2.0 dS·m⁻¹ of EC and 3.75 mL·L⁻¹ of HA. The content of phenols, flavonoids, antioxidants, and capsaicin showed differences between EC, while flavonoids did not show differences for HA. The four variables showed differences in the interaction of the factors, with increases of 1.0 and 1.5 dS·m⁻¹ of EC and 5.0 mL·L⁻¹ of HA. The HA are an alternative to increase the yield of chili fruits and their nutraceutical quality.

Additional keywords: Antioxidant capacity, capsaicin, flavonoids, phenols, yield components

INTRODUCCIÓN

El *C. annuum* es originario de México y una de las especies más importantes en el mundo, pues presenta variabilidad genética y se adapta a

diferentes condiciones edafoclimáticas, contribuyendo a su distribución geográfica amplia. Los usos del chile y sus derivados se remontan a épocas prehispánicas, como condimento y

Recibido: Mayo 11, 2023

Aceptado: Noviembre 27, 2023

*Trabajo parcialmente presentado en el 46° Congr. Nac. de la Ciencia del Suelo (CINVESTAV, México, 2022).

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila, México.

e-mail: ppreciador@yahoo.com.mx.

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur, México.

e-mail: bmurillo04@cibnor.mx (autor de correspondencia); lhernandez@cibnor.mx

³Universidad Tecnológica de Escuinapa. Escuinapa de Hidalgo, Sinaloa, México.

e-mail: ebepinosa@utescuinapa.edu.mx.

⁴Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.

e-mail: saul.parra@uas.edu.mx.

⁵ CONACYT-Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, estado de México, México. e-mail: trivas@pg.cibnor.mx.

alimento con valor nutracéutico (Aguirre y Muñoz, 2015). Los frutos de Chile son fuente de vitaminas y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes. Los compuestos bioactivos protegen contra los radicales libres e incrementan la vida de anaquel de los frutos (Espinosa et al., 2020). En Chile tipo serrano, se han determinado algunos compuestos bioactivos como el contenido fenólico total, β -caroteno, vitamina C, capsaicinoides y actividad antioxidante (Preciado et al., 2019); sin embargo, estudios asociados al tema con la variedad Arista no se encontraron en la literatura.

El *C. annuum* presenta una demanda nutrimental elevada que, si no es cubierta, afecta el contenido de sus compuestos bioactivos. La aplicación de fertilizantes sintéticos de costo elevado suministra dicha demanda, pero provoca efectos adversos al ambiente (Valadez et al., 2016). Los estudios recientes se enfocan en incrementar el rendimiento y la calidad nutracéutica de los frutos con alternativas ecológicas sanas para el ambiente y la salud humana (Qin y Leskovar, 2020). Una de las alternativas ecológicas a utilizar en la producción de los cultivos es la aplicación de ácidos húmicos (AH) que son sustancias orgánicas que mejoran la estructura, la capacidad de intercambio catiónico, la fertilidad y la población microbiana del suelo y mejoran las características cuantitativas y cualitativas de los cultivos derivado de su efecto fitohormonal (Ghaderimokri et al., 2022). Los estudios con AH demuestran que benefician el crecimiento, el desarrollo y la productividad de especies, entre las que destaca *Capsicum annuum* (Denre et al., 2014). Los sistemas de cultivo sin suelo (hidroponía) permiten la producción de especies con el suministro directo de la solución nutritiva (SN) a utilizar en un sustrato o como soporte. La conductividad eléctrica (CE) en la SN determina el rendimiento y la calidad de las especies tanto en suelo como sin suelo. La CE de la SN debe determinarse de acuerdo con la especie, etapa fenológica y demanda nutrimental de ésta (Preciado et al., 2021). Los niveles de la concentración iónica en la SN establecen la CE; así, niveles bajos de CE provocan deficiencias de N y niveles altos de CE generan deficiencias en la tasa de absorción de nutrientes debido a un potencial osmótico bajo, es decir, más negativo.

Los niveles de la CE en la SN se estudian con el objetivo de mejorar el contenido de compuestos bioactivos en los tejidos vegetales comestibles; sin embargo, los niveles altos de CE disminuyen el rendimiento (Pérez et al., 2020). Los AH mitigan la reducción del rendimiento, porque estimulan la tasa de absorción de nutrientes y aminoran el estrés abiótico causado por el potencial osmótico (Paradikovic et al., 2011; Ali et al., 2022). El objetivo fue evaluar el rendimiento y la calidad de frutos de *Capsicum annuum* cultivado en diferentes niveles de CE de la SN y dosis de AH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se realizó en un invernadero semiautomático, cubierto con una capa de polietileno plástico y sistema de enfriamiento, ubicado en el Instituto Tecnológico de Torreón, en Torreón Coahuila, México (24° 30' y 27' N, 102° 00' y 104° 40' O y 1120 msnm). El periodo de experimentación fue de 150 días. Las condiciones ambientales dentro del invernadero mostraron una temperatura mínima y máxima de 17,7 y 31,6 °C, respectivamente, con un rango de humedad relativa entre 30 y 70 %.

Material genético y condiciones de crecimiento. El material genético utilizado fue Chile serrano cv. Arista, cuyas semillas se sembraron en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando musgo de turbera como sustrato y aplicando riegos diarios. El análisis químico del agua de riego se clasificó como C₂-S₁ (agua de salinidad media y contenido bajo de Na⁺) (Cuadro 1). El trasplante se realizó a los 33 días posteriores a la siembra (DDS), con 5 a 7 hojas verdaderas, colocando una planta en las bolsas de polietileno con capacidad de 15 L, que contenían sustrato a base de arena de río y perlita en una proporción de 80:20 v/v, respectivamente. El sustrato se desinfectó con una solución al 5 % de NaClO y después de 24 h, se lavó con agua potable. Las bolsas se colocaron a una distancia de 40 cm entre las bolsas y 85 cm entre filas, con una densidad de 2,9 plantas·m⁻².

Tratamientos y diseño experimental. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de dos factores con 12 tratamientos con 15 repeticiones cada uno. El factor uno fueron los niveles de CE en la SN con

tres niveles (1,0, 1,5 y 2,0 dS m⁻¹) y el factor dos fueron las dosis de AH (Humicel) con cuatro niveles (0, 2,5, 3,75 y 5,0 mL·L⁻¹); cada unidad experimental estuvo representada por una planta por maceta, con un total de 180 plantas. El Humicel (Cosmocel, Monterrey, México) es una suspensión acuosa que contiene 12% de ácidos húmicos activados derivados de leonardita y 88% de diluyentes y agentes dispersantes. Para la CE se consideró como base la SN de Steiner con una composición (en meq·L⁻¹) de 12 de NO₃, 1,0 de H₂PO₄, 7,0 de SO₄, 7,0 de K, 9,0 de Ca y 4,0 de Mg, así como los micronutrientes (en mg L⁻¹)

siguientes, 1,6 de Mn, 0,11 de Cu, 0,865 de B, 0,023 de Zn, 0,048 de Mo, 5,0 de Fe con un pH de 5,5 y una CE de 2,0 dS·m⁻¹ (Steiner, 1984). El pH se mantuvo constante, así como el contenido de los micronutrientes de la solución original de Steiner. Los tratamientos se aplicaron de forma manual a partir del trasplante y hasta la floración, irrigando tres veces al día y aplicando en total 1,0 L·día⁻¹ por maceta. A partir de la floración y hasta la cosecha, las plantas se irrigaron tres veces al día con los tratamientos aplicando 1,5 L·día⁻¹ por maceta.

Cuadro 1. Análisis químico del agua de riego utilizada en la emergencia y el crecimiento vegetativo inicial de plántulas de *Capsicum annuum* L. La concentración de nutrientes en meq·L⁻¹

pH	CE (dS m ⁻¹)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃
7,77	0,498	3,38	0,17	1,36	0,24	0,23	0,64	0,16	2,6

Rendimiento de fruto y sus componentes. La cosecha de frutos se realizó entre los 90 y 111 DDS que es el tiempo en que este cultivar logra su madurez comercial. La calidad del fruto se determinó en 10 frutos por planta, tratamiento y repetición, registrando largo (LF), diámetro ecuatorial (DE) y espesor del pericarpio (EP), utilizando un vernier electrónico (Truper). La firmeza (FF) se midió con un penetrómetro (FHT200, Exttech Instruments) con émbolo de 3,0 mm, mientras que, el peso de fruto (PF) se determinó con una balanza electrónica. El rendimiento total de fruto (RF) se estimó con el peso del fruto, considerando el número total de frutos (NF) obtenidos en la cosecha y la densidad de plantas.

Compuestos bioactivos. La cuantificación de fenoles totales (FT), capsaicina (Cp), capacidad antioxidante (CA) y flavonoides totales (FLT) se realizó en tres frutos frescos de cada tratamiento y repetición (n=36), los cuales se lavaron con agua potable durante 2 min para eliminar residuos y posteriormente se cortaron en rodajas y se liofilizaron durante cinco días. El material liofilizado se trituró manualmente utilizando un mortero y se almacenó a -18 °C en tubos de plástico Eppendorf hasta extraer los compuestos metanólicos, los cuales se obtuvieron al seleccionar una muestra de 100 mg y mezclarlos con 5 mL de metanol, en un tubo de plástico con

tapa. Éste se colocó en un agitador durante 24 h (20 rpm) a 5 °C. Los tubos se centrifugaron a 30.000 × g durante 5 min y el sobrenadante se extrajo para las pruebas analíticas siguientes (todos los análisis por triplicado):

Contenido de fenoles totales. El contenido de fenoles totales se determinó utilizando el método descrito por Esparza et al. (2006), que se basa en añadir reactivo de Folin-Ciocalteu al extracto metanólico, posterior adición de carbono de sodio y calentamiento en baño maría a 45 °C. La absorbancia de la solución se leyó a 765 nm en un espectrofotómetro (Hach DR/4000). Se calculó el contenido fenólico mediante una curva de calibración utilizando ácido gálico (Sigma) como estándar. Los resultados se registraron en mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g de peso fresco.

Contenido de capsaicina. El contenido de Cp se cuantificó mediante una adaptación del método de Cisneros et al. (2007). La absorbancia de los extractos metanólicos de las muestras se midió a 273 nm en el espectrofotómetro. El contenido de capsaicina se calculó mediante una curva estándar de capsaicina y dihidrocapsaicina (Sigma).

Capacidad antioxidante. La CA se determinó basándose en el método descrito por Brand et al. (1995), según el cual se preparó una solución de radical libre 1.1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH⁺) (Sigma-Aldrich) en metanol. La prueba de

capacidad antioxidante se realizó mezclando la muestra del extracto metanólico con la solución DPPH⁺ y realizando las lecturas a 517 nm en el espectrofotómetro. La capacidad antioxidante total se calculó utilizando una curva estándar con el antioxidante de referencia Trolox y los resultados se expresaron en μM equivalentes Trolox por g de peso fresco.

Contenido de flavonoides totales. El contenido de FLT se determinó usando el método colorimétrico propuesto por Zhishen et al. (1999). En general, consistió en realizar una mezcla del extracto metanólico con NaNO_2 , seguido de adiciones sucesivas de AlCl_3 y de NaOH . La absorbancia se midió a 510 nm en el espectrofotómetro. Los resultados obtenidos se expresaron en mg de equivalentes de catequina (EQ) por 100 g peso fresco.

Análisis estadístico. Los datos de las variables se sometieron a las pruebas de Shapiro Wilk y Bartlett para probar la normalidad y homogeneidad de varianza, respectivamente. Los efectos de los niveles de CE y las dosis de AH y así como su interacción (CE \times AH), se analizaron mediante análisis de varianza bifactorial y en las variables en las que se encontraron diferencias significativas entre los factores y su interacción, se compararon los valores promedio mediante la prueba de Tukey HSD ($P \leq 0,05$). Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de fruto y sus componentes

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los niveles de CE para la LF, DE, PF, NF y RF, mientras que, entre las dosis de AH solo mostraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) la LF, EP, PF y RF (Cuadro 2). La FF presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para la interacción de los factores CE \times AH (Cuadro 2). Las plantas sometidas a una CE de $1,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ mostraron los frutos más largos, siendo estadísticamente iguales con los frutos de plantas cultivadas en $1,5$ y $2,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, respectivamente. El DE fue mayor en las plantas sometidas a $1,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, mostrando igualdad en la $1,5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$. El PF fue mayor en plantas cultivadas en $1,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, siendo superior en $11,70$ y $28,56$ % en relación con los de $1,5$ y $2,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, respectivamente (Cuadro 2). Las

plantas sometidas a $2,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ mostraron frutos con una LF de $67,02$ mm y DE de $25,83$ mm que corresponden a frutos medianos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-025-SCFI, 2014). El NF de plantas sometidas fue menor en $1,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$; sin embargo, la LF, DE y el PF incrementaron en $1,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pero la reducción en el NF por planta influyó para que se redujera el RF. Al respecto, se ha demostrado que el suministro de una concentración iónica menor de nutrientes en la solución nutritiva afecta la calidad de frutos de chile serrano var. Tampiqueño reduciendo el DE y el PF, el NF y el RF por planta (Cruz et al., 2015; Mardanluo et al., 2018).

Las plantas cultivadas en $2,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ mostraron un incremento en el NF y el RF (Cuadro 2). Al respecto, Pérez et al. (2020) al evaluar las CE de $1,0$, $2,0$, $3,0$ y $4,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ en *Capsicum*, reportaron diferencias en el RF siendo mayor en las plantas cultivadas en $2,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ y menor en las cultivadas en $1,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, relacionando esta respuesta a la disminución del NF, provocado por la reducción de los requerimientos nutricionales de la especie. Cruz et al. (2015) reportó que, el NF fue mayor en respuesta al incremento de la concentración iónica en la SN en chile serrano var. Tampiqueño, lo cual coincide con los resultados de este estudio. El RF en pimiento morrón también disminuyó en un nivel de CE menor en la SN. Por su parte, Medina et al. (2008) concluyeron que, las concentraciones mayores de N ($15 \text{ meq} \cdot \text{L}^{-1}$) y K ($9 \text{ meq} \cdot \text{L}^{-1}$) en la solución nutritiva incrementan el número de flores y de frutos en *Capsicum*. Las soluciones nutritivas suministradas de forma equilibrada en la concentración de los iones mantienen constante los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y evitan la deficiencia de nutrientes durante la formación del fruto; por ende, incrementa el RF en comparación con el suministro de SN no equilibradas entre los iones. Las concentraciones altas de la CE incrementan los azúcares totales, azúcares reductores, almidón y la concentración de compuestos antioxidantes, pero no afectan el rendimiento o los atributos de crecimiento de *Solanum lycopersicum* y *Capsicum annuum* (Hernández et al., 2019; Preciado et al., 2019).

Las plantas tratadas con las dosis de 0 , $2,5$ y $3,75$ mL de AH mostraron LF mayor, con promedios de $75,63$, $72,15$ y $70,32$ mm, respectivamente, los cuales corresponden a una categoría de frutos medianos de conformidad con

la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-025-SCFI-2014, 2014). La respuesta de los frutos de *Capsicum* a las dosis de AH es similar a lo reportado por Denre et al. (2014), quienes no encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas en las dosis de AH. En este estudio se presentaron incrementos de 4,76 y 2,11 % en la LF respecto a la dosis de 5,0 mL de AH, respectivamente (Cuadro 3). La LF fue superior al valor promedio de 60,3 mm en frutos de *C. annuum* de plantas desarrolladas con fertilizantes sintéticos en condiciones de campo abierto (Delgado et al., 2014). El EP fue mayor en las plantas que recibieron la dosis de 2,5 de AH, superando en 1,0, 1,7 y 6,39 % a los frutos de plantas cultivadas con dosis de 0, 3,75 y 5,0 de AH, respectivamente (Cuadro 3). La relación positiva del peso individual y la FF del fruto incrementa la vida de anaquel del fruto (Tadesse et al., 2002). El EP en las plantas cultivadas con la dosis de 2,5 de AH fue superior al valor promedio de 2,4 mm reportado por Moreno et al. (2015), quienes evaluaron una SN inorgánica en un cultivar de chile tipo serrano cv. camino real. Sin embargo, fue inferior al valor promedio de 5,8 mm para frutos de *Capsicum* cultivados con abonos orgánicos (López et al., 2013). La FF no presentó diferencia estadística entre AH; sin embargo, los frutos de plantas que recibieron dosis de 3,75 y 5,0 de AH presentaron valores mayores en relación con la FF de plantas cultivadas sin AH (Cuadro 3). El análisis de la FF en respuesta a la interacción CE×AH mostró que, la FF fue superior en 131,25 % en 2,0 de CE y 3,75 de AH, con respecto a 2,0 de CE y 0 de AH. El tratamiento 2,0 CE y 3,75 AH mostró igualdad estadística con 1,0 CE y 2,50 AH, 1,0, 1,5 y 2,0 CE y 5,0 AH (Figura 1), lo cual revela que las dosis de AH contribuyen a incrementar la FF. Los resultados son similares a los reportados por Shehata et al. (2019) quienes encontraron diferencias significativas en frutos de plantas tratadas con AH al 0,2 %, las cuales mostraron un incremento de 8,30 % en comparación con el tratamiento control. El incremento es favorable porque la FF tiene un rol muy importante en la calidad, textura y vida de anaquel; por lo tanto, una FF mayor disminuye la pérdida de calidad organoléptica en los frutos provocada por los hongos, bacterias, entre otros factores (Mena et al., 2009). Los resultados se atribuyen a que, los bioestimulantes como los AH

y los biofertilizantes, mejoran la disponibilidad de K y Ca de las plantas, por lo tanto, al aumentar estos elementos en los frutos, el potencial osmótico es más negativo y, por lo tanto, incrementa la absorción de agua, reduciendo la pérdida de ésta con un incremento en la firmeza del fruto (Shehata et al., 2019).

El PF fue estadísticamente igual en las plantas cultivadas con dosis de 0, 2,5 y 5,0 de AH (Cuadro 3). El PF obtenido en plantas que recibieron dosis de 2,5, 3,75 y 5,0 de AH corresponde a la categoría grande de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-025-SCFI-2014), lo cual es favorable porque trae consigo un incremento en el RF tanto en condiciones de campo abierto como en invernadero. Esta respuesta es similar a la reportada por Reyes et al. (2021b) que informan un incremento de 68 % en el PF de plantas tratadas con AH en comparación a las plantas que no recibieron AH. La capacidad de promover un aumento en el PF se atribuye a los mecanismos de los AH los cuales tienen un efecto benéfico en la fisiología de las especies vegetales, al fomentar el crecimiento, desarrollo y mejoramiento de la respuesta a algún estrés biótico o abiótico. Asimismo, estimulan la formación y la elongación del sistema radicular, lo cual incrementa el área de la masa radical aumentando la absorción de agua y nutrientes (Reyes et al., 2021a).

El RF mostrado en la dosis de 2,5 AH con un promedio de 9,30 Mg·ha⁻¹ fue superior en 16,69, 16,98, 37,98 % a las dosis de 0, 3,75 y 5,0 de AH, respectivamente. El NF por planta no mostró diferencias ($P \geq 0,05$); sin embargo, en 2,5 de AH mostró el valor mayor con 15,58 frutos por planta que representó un incremento de 23 % en comparación con 0 de AH. El incremento es favorable, pues a mayor NF aumenta el RF (Cuadro 3). Dos estudios mostraron incrementos significativos en el RF de *Capsicum* al aplicar AH tanto al suelo como al follaje (Arancon et al., 2006; Karakurt et al., 2009).

En otras especies como *Sorghum bicolor* L. cultivado en condiciones de salinidad, Ali et al. (2022) aplicaron AH y determinaron que las dosis de 373,21 y 746,42 kg·ha⁻¹ de AH incrementaron la altura de planta, el contenido de clorofila "a", el área foliar, la conductancia estomática y el PF por planta. Lo anterior se atribuye a las sustancias húmicas en concentraciones bajas, que estimulan

el crecimiento y el desarrollo de manera directa que es de naturaleza hormonal/húmico, mediante la absorción de las fitohormonas en las fracciones húmicas incrementando en componentes bioquímicos como aminoácidos, nutrientes y vitaminas (Arancon et al., 2006).

Asimismo, los AH tienen una acción indirecta en los microorganismos del suelo, la absorción de

nutrientes por aumento en la permeabilidad celular y las condiciones del suelo como la aireación, permeabilidad, capacidad de retención de agua y transporte de iones y pH. Los AH también disminuyen parcialmente el suministro de fertilizantes sintéticos sin dañar el balance nutricional de las especies vegetales (Akladius y Mohamed, 2018).

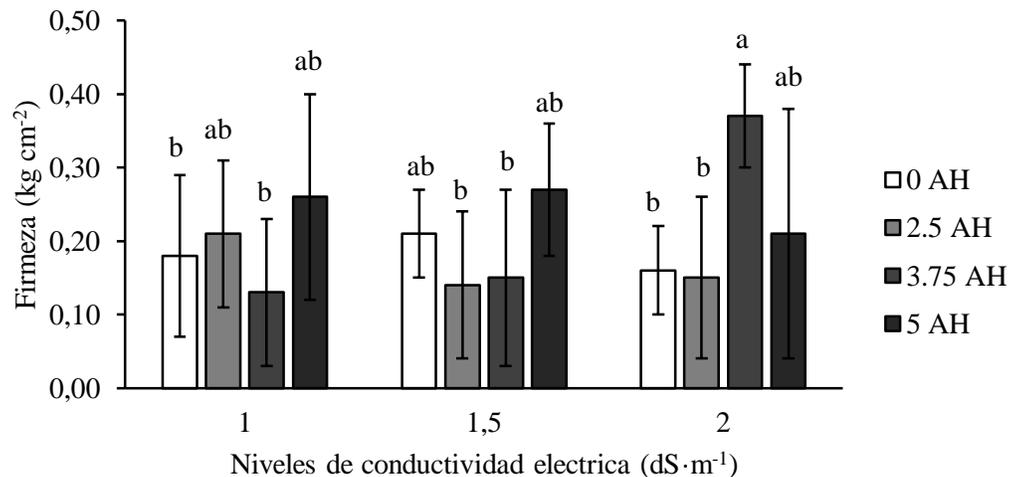


Figura 1. Valores promedio \pm desviación estándar de la firmeza de frutos en respuesta a la interacción de los factores niveles de conductividad eléctrica y dosis de ácidos húmicos. Las barras con la misma literal no difieren estadísticamente (Tukey HSD $P \leq 0,05$).

Compuestos bioactivos de frutos: El análisis de varianza mostró diferencias ($P \leq 0,05$) entre los niveles de CE para fenoles totales, capsaicina, capacidad antioxidante y flavonoides totales, mientras que, entre las dosis de AH solo mostraron diferencias ($P \leq 0,05$) FT y el contenido de Cp (Cuadro 3). Las mismas variables presentaron diferencias ($P \leq 0,05$) para la interacción CE×AH (Cuadro 3).

El contenido de FT fue superior en 1,0 de CE y 5,0 de AH con un valor de 718,58 mg de EAG/100 g peso fresco, mostrando igualdad estadística en 1,0 de CE y 2,5 de AH con un valor de 673,35 mg de EAG/100 g peso fresco. El contenido de FT en 1,0 de CE y 5,0 de AH fue superior en un 45,50 % al contenido determinado en 2,0 de CE y 0 de AH (Figura 2). Lo anterior coincide con lo reportado por Paradikovic et al. (2011) quienes mencionan que, los bioestimulantes naturales tuvieron un efecto positivo en el contenido de FT de frutos de chile dulce tipo morrón cv. Century F1. Por otro lado, la

síntesis y acumulación de FT es una defensa que utilizan las plantas para mitigar el estrés causado por agentes bióticos o abióticos (Kim et al., 2010).

Los bioestimulantes de AH mejoran la expresión de la fenilalanina (tirosina) amoníaco liasa que cataliza el primer paso en la biosíntesis de compuestos fenólicos, debido a la conversión de la fenilalanina en ácido trans-cinámico y tirosina al ácido p-cumárico. El suministro reducido de N, K y P induce la síntesis de compuestos fenólicos (Klokić et al., 2020). Las plantas no asignan recursos para crecimiento y la defensa antiestrés, pues se presenta competencia entre los compuestos fenólicos y proteínas por los precursores involucrados en su biosíntesis. Las plantas aprovechan los bioestimulantes por su síntesis de proteínas y el desarrollo. Los aminoácidos, glucósidos, polisacáridos y ácidos orgánicos de los bioestimulantes actúan como precursores de fitohormonas y sustancias de crecimiento (Paradikovic et al., 2011).

Los niveles de CE y dosis AH incrementaron el contenido de Cp, conforme se incrementaron las dosis de AH (Figura 3). El contenido mayor de Cp

se presentó en 2,0 de CE y 5,0 de AH, con 1589,18 mg g⁻¹ PF, superando un 12 % al contenido de Cp en 2,0 de CE y 0,0 de AH.

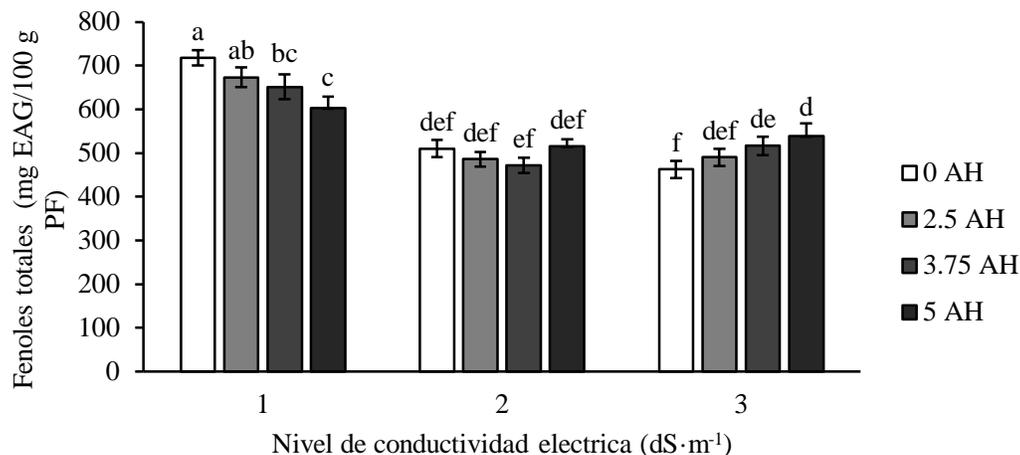


Figura 2. Valores promedio \pm desviación estándar del contenido de fenoles totales de frutos en respuesta a la interacción de los factores niveles de conductividad eléctrica y dosis de ácidos húmicos. Las barras con la misma literal no difieren estadísticamente (Tukey HSD $P \leq 0,05$).

Los resultados coinciden con los de Akladius y Mohamed (2018) quienes reportaron incrementos de 101,49 y 127,36 % en el contenido de Cp al aplicar 100 mM NaCl + 750 mg AH kg suelo⁻¹ y 100 mM NaCl + 1500 mg de AH kg⁻¹ suelo, respecto al control (0 mM NaCl + sin AH), respectivamente. La Cp es una característica de *Capsicum* que se utiliza para determinar la calidad de frutos por lo tanto, la búsqueda de alternativas para la producción estimula el interés en métodos

para incrementar la concentración de capsaicinoides y los AH se presentan como una alternativa al igual que las concentraciones de minerales en la solución nutritiva (Johnson y Decoteaun, 1996; Karakurt et al., 2009; Preciado et al., 2019). El contenido de Cp es afectado por la fertilización inorgánica y este estudio confirma resultados previos que la Cp aumenta con la aplicación de AH.

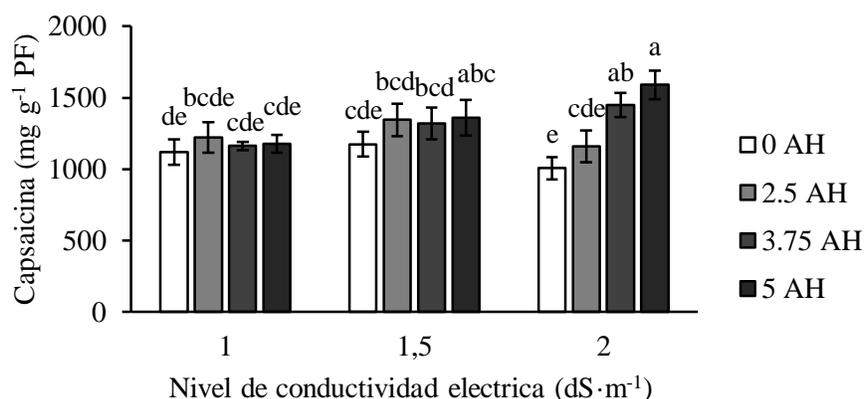


Figura 3. Valores promedio \pm desviación estándar del contenido de capsaicina de frutos de chile en respuesta a la interacción de los factores niveles de conductividad eléctrica y dosis de ácidos húmicos. Las barras con la misma literal no difieren estadísticamente (Tukey HSD $P \leq 0,05$).

La CA fue superior en 1,5 de CE y 5,0 de AH con 4870,80 μM Trolox/100 g PF, siendo 12,0 % mayor en relación con 2,0 de CE y 0,0 de AH, con 4348,4 μM Trolox/100 g PF) ($P \leq 0,01$) (Figura 4). Esta respuesta se atribuye a que, los AH mejoran la CA al eliminar los radicales libres asociados al estrés oxidativo, lo cual induce cambios en la CA porque los grupos funcionales de compuestos bioactivos son secuestradores de radicales libres (Du et al., 2009) y el ácido ascórbico regula el

ciclo celular y diversos procesos del crecimiento y desarrollo (Athar et al., 2008). En ese contexto, Aminifard et al. (2012) reportaron incrementos de 12, 3,70, 19 y 22 % en la CA en frutos con aplicación de 25, 100, 175, 250 $\text{mg AH} \cdot \text{kg}^{-1}$ de suelo, respectivamente. Los mismos autores indican que el medio de cultivo y el contenido de AH tiene un efecto pues al incrementar los AH aumenta la actividad antioxidante.

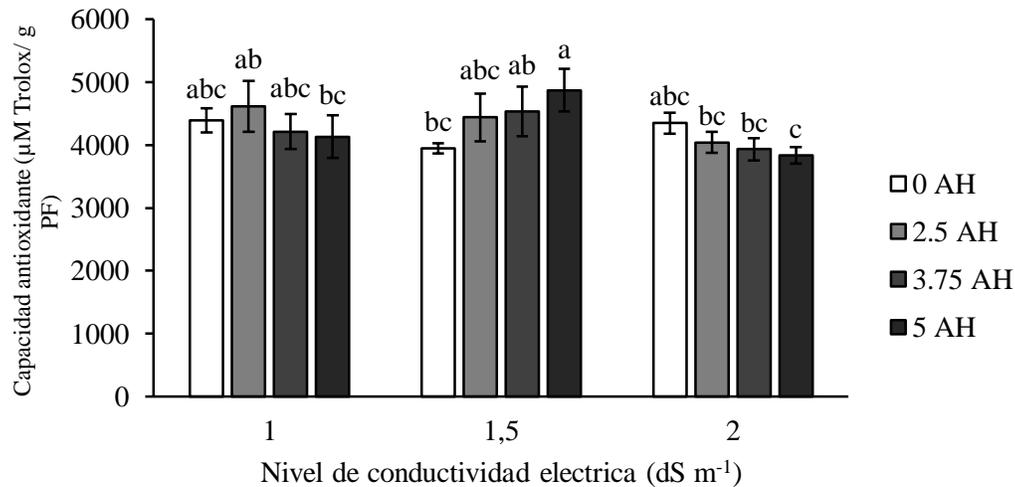


Figura 4. Valores promedio \pm desviación estándar de la capacidad antioxidante de frutos de Chile en respuesta a la interacción de los factores niveles de conductividad eléctrica y dosis de ácidos húmicos. Las barras con la misma literal no difieren estadísticamente (Tukey HSD $P \leq 0,05$).

El contenido de FLT mayor se registró en 1,5 de CE y 5,0 de AH, con valores de 224,43 $\text{mg EQ}/100 \text{ g PF}$ (Figura 5), superando en un 81 % a los FLT de 2,0 de CE y 0 de AH. El incremento de FLT al aumentar los AH coincide con el estudio de Akladious y Mohamed (2018) quienes reportaron que, las plantas de *Capsicum* tratadas con dosis altas de AH (1500 $\text{mg por kg suelo} + 100 \text{ mM de NaCl}$) incrementan el contenido de antocianinas, ácido ascórbico, FT y FLT en comparación con el tratamiento control. En otras especies como *S. lycopersicum* se reportan incrementos de 18 % en el contenido de FLT en frutos con aplicaciones del bioestimulante Megafol® a base AH y fertilización NPK 100 % (Klokić et al., 2020). En *Zea mays*, Schiavon et al (2010) aplicaron sustancias húmicas que

generaron la síntesis de FLT. Esta síntesis es inducida por las auxinas a través de la actividad transcripcional, derivado del ácido indolacético de las sustancias húmicas que muestra actividad similar a las auxinas. Asimismo, la estimulación del metabolismo fenilpropanoide se realiza mediante la transducción de señalización por auxinas. Los efectos sobre el metabolismo fenilpropanoide se atribuye a elicitores fúngicos co-purificados y/o moléculas distintas de señalización (fitohormonas, ácidos orgánicos, péptidos y ácidos grasos). Otros compuestos químicos como los grupos alcohol, fenol y carboxilo que contienen las sustancias húmicas, pueden estimular cambios en el metabolismo de las especies vegetales

Preciado et al. CE y ácidos húmicos vs. rendimiento y calidad en pimentón

Cuadro 2. Análisis de varianza (valor de *P*) y valores promedio de rendimiento de fruto y sus componentes en plantas de *Capsicum annuum* cultivadas en diferentes niveles de CE y dosis AH.

	LF	DE	EP	Firmeza	Peso de frutos	Número de frutos	Rendimiento de fruto
CE	<0,0001 **	0,008 **	0,08 ns	0,43 ns	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **
AH	0,03 *	0,14 ns	0,03 *	0,48 ns	0,04 *	0,31 ns	0,03 *
CE×AH	0,32 ns	0,96 ns	0,40 ns	0,0004 **	0,80 ns	0,99 ns	0,73 ns

CE (dS·m ⁻¹)	LF (mm)	DE (kg)	EP (g)	Firmeza (N)	Peso de frutos (kg)	Número de frutos	Rendimiento de fruto (Mg·ha ⁻¹)
1,0	77,56 a	26,70 a	4,04 a	0,193 a	23,68 a	8,69 b	5,97 b
1,5	72,13 b	26,58 a	4,90 a	0,191 a	21,20 b	14,38 a	8,64 a
2,0	67,02 c	25,83 b	4,05 a	0,221 a	18,42 c	17,68 a	9,37 a
DMSH	2,758	0,717	1,230	3,376	1,677	3,470	1,775

AH (mL·L ⁻¹)	LF (mm)	DE (kg)	EP (g)	Firmeza (N)	Peso de frutos (kg)	Número de frutos	Rendimiento de fruto (Mg·ha ⁻¹)
0,0	72,63 a	26,69 a	4,12 ab	0,18 a	21,71 a	12,66 a	7,97 ab
2,5	72,15 ab	26,44 a	4,16 a	0,17 a	21,06 ab	15,58 a	9,30 a
3,75	70,32 ab	25,95 a	4,09 ab	0,22 a	19,46 b	14,08 a	7,95 ab
5,0	68,87 b	26,02 a	3,91 b	0,25 a	19,79 ab	12,00 a	6,74 b
DMSH	3,358	0,873	0,219	0,08	2,042	5,467	2,259

Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa de acuerdo con Tukey HSD ($P \leq 0,05$). CE= conductividad eléctrica, AH=ácidos húmicos, LF= longitud de frutos; DE= diámetro ecuatorial; EP= espesor del pericarpio; DMHS= diferencia mínima significativa honesta, ns= no significativo, *=significativo a $P \leq 0,05$, **= significativo a $P \leq 0,01$.

Cuadro 3. Análisis de varianza (valor de *P*) y valores promedio de compuestos bioactivos de frutos de *Capsicum annuum* cultivado en diferentes niveles de CE y dosis de AH.

	Fenoles totales	Flavonoides totales	Antioxidantes	Capsaicina
CE	<0,0001 **	<0,0001 **	0,0006 **	0,0005 **
AH	0,2487 ns	0,0013 **	0,5833 ns	<0,0001 **
CE × AH	<0,0001 **	0,0040 **	0,0003 **	<0,0001 **

CE (dS m ⁻¹)	Fenoles totales (mg EAG/100 g PF)	Flavonoides totales (mg EQ/100 g PF)	Antioxidantes (μM Trolox/100 g PF)	Capsaicina (mg g ⁻¹ PF)
1,0	661,56 a	185,18 b	4338,79 a	1169,53 b
1,5	495,88 b	199,82 a	4447,60 a	1299,49 a
2,0	502,28 b	139,10 c	4040,36 b	1301,39 a
DMSH	18,626	12,619	239,95	83,97

AH (mL L ⁻¹)	Fenoles totales (mg EAG/100 g PF)	Flavonoides totales (mg EQ/100 g PF)	Antioxidantes (μM Trolox/100 g PF)	Capsaicina (mg g ⁻¹ PF)
0,0	563,86 a	165,04 b	4228,4 a	1099,27 c
2,5	549,93 a	167,33 b	4365,8 a	1242,29 b
3,75	546,83 a	177,83 ab	4228,5 a	1310,23 ab
5,0	552,32 a	188,60 a	4279,6 a	1375,43 a
DMSH	23,709	16,062	305,43	106,88

Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa de acuerdo con Tukey HSD ($P \leq 0,05$). CE= conductividad eléctrica, AH=ácidos húmicos, DMHS= diferencia mínima significativa honesta, ns= no significativo, *= significativo a $P \leq 0,05$, **= significativo a $P \leq 0,01$.

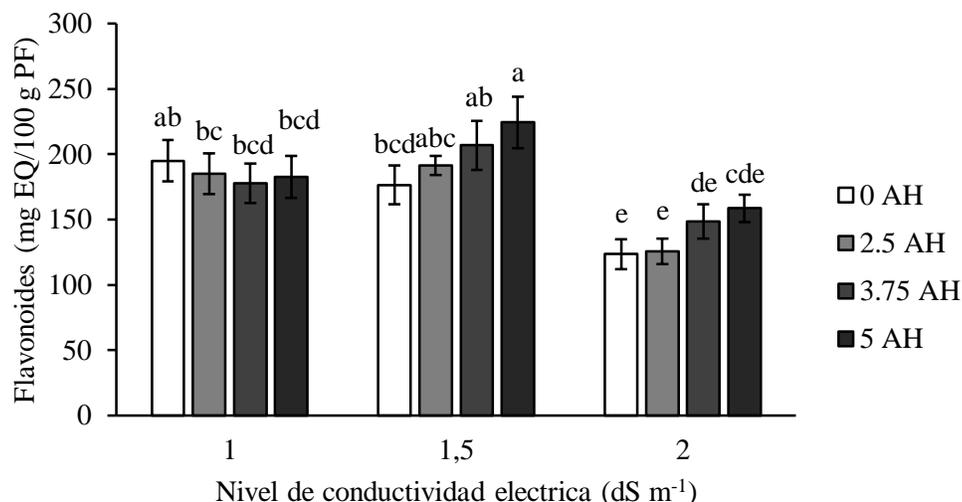


Figura 5. Valores promedio \pm desviación estándar del contenido de flavonoides totales de frutos en respuesta a la interacción de los factores niveles de conductividad eléctrica y dosis de ácidos húmicos. Las barras con la misma literal no difieren estadísticamente (Tukey HSD, $P \leq 0,05$).

El uso de sustancias orgánicas provoca que las plantas utilicen más recursos para combatir el estrés causado por factores bióticos incluyendo la producción de antioxidantes (Winter y Davis, 2006). La aplicación de AH con una CE de 1,5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ mejora los atributos de calidad y RF, característica importante tanto para los productores agrícolas como para la salud pública debido a que los compuestos bioactivos contribuyen a la prevención de enfermedades (Al-Harbi et al., 2017)

CONCLUSIONES

La mayoría de las variables asociadas a la producción de frutos mostraron valores superiores en la conductividad eléctrica de 1,0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$; sin embargo, el número de frutos y el rendimiento fueron mayores en la CE 2,0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Asimismo, estas variables mostraron valores superiores en la dosis de 2,5 de AH, sin embargo, la firmeza de frutos fue superior en la dosis de 5,0 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de AH.

La calidad de los frutos evaluada mediante los compuestos activos se incrementó con el uso de dosis de 5,0 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de AH. Las mismas variables mostraron valores superiores en 1,5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$; sin embargo, el contenido de Cp fue mayor en 2,0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

El uso de AH en la solución nutritiva se presenta como una alternativa de manejo agronómico para incrementar el rendimiento y la calidad de frutos de chile tipo serrano de la variedad Arista. Asimismo, la aplicación de AH en la solución nutritiva permite disminuir la concentración de nutrientes químicos en la solución nutritiva que sin duda contribuirá a la producción sustentable y en beneficio de los consumidores que demandan productos agrícolas libres de contaminantes.

AGRADECIMIENTOS

La investigación en su última etapa fue apoyada con recursos del proyecto Eficiencia en el uso del agua y producción sustentable de alimentos utilizando un sistema unidireccional de acuaponía-agricultura, financiado por el Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología.

LITERATURA CITADA

1. Aguirre, H.E. y O.V. Muñoz. 2015. El chile como alimento. *Ciencia* 66(3): 16-23.
2. Akladious, S.A. y H.I. Mohamed. 2018. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper

- (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae* 236: 244-250.
3. Al-Harbi, A., A. Hejazi y A. Al-Omran. 2017. Responses of grafted tomato (*Solanum lycopersicon* L.) to abiotic stresses in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24(6): 1274-1280.
 4. Ali, A.Y.A., M.E.H. Ibrahim, G. Zhou, G. Zhu, A.M.I. Elsiddig, M.S. E. Suliman et al. 2022. Interactive impacts of soil salinity and jasmonic acid and humic acid on growth parameters, forage yield and photosynthesis parameters of Sorghum plants. *South African Journal of Botany* 146: 293-303.
 5. Aminifard, M.H., H. Aroiee, M. Azizi, H. Nemati y H.Z.E. Jaafar. 2012. Effect of humic acid on antioxidant activities and fruit quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants* 18(4): 360-369.
 6. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, S. Lee y R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42(1): S65-S69.
 7. Athar, H.R., A. Khan y M. Ashraf. 2008. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. *Environmental and Experimental Botany* 63(1-3): 224-231.
 8. Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier y C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* 28(1): 25-30.
 9. Cisneros-Pineda, O., L.W. Torres-Tapia, L.C. Gutierrez-Pacheco, F. Contreras-Martin, T. Gonzalez-Estrada y S.R. Peraza-Sanchez. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 104(4): 1755-1760.
 10. Cruz-Crespo, E., M.T. Sumaya-Martínez, Á. Can-Chulim, J. Pineda-Pineda, R. Bugarín-Montoya y G. Aguilar-Benítez. 2015. Quality, bioactive compounds, and antioxidant activity of serrano chili peppers cultivated in volcanic rock-vermicompost and nutrient solutions. *Ciencia e Investigación Agraria* 42(3): 375-384.
 11. Delgado, R.G., I.M.A. Inzunza, C.M.M. Villa, V.E.A. Catalán y L.A. Román. 2014. Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la Region Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(8): 1557-1565.
 12. Denre, M., P.K. Bandopadhyay, A. Chakravarty, S. Pal y A. Bhattacharya. 2014. Effect of foliar application of humic acid, zinc and boron on biochemical changes related to productivity of pungent pepper (*Capsicum annuum* L.). *African Journal of Plant Science* 8(6): 320-335.
 13. Du, G., M. Li, F. Ma y D. Liang. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry* 113(2): 557-562.
 14. Esparza, R.J.R., B.M. Stone, C. Stushnoff, E. Pilon-Smits y A.P. Kendall. 2006. Effect of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *Journal of Food Science* 71(3): 270-276.
 15. Espinosa-Palomeque, B., P. Cano-Ríos, L. Salas-Pérez, G. González-Rodríguez, A. Reyes-González, A.V. Ayala-Garay y P. Preciado-Rangel. 2020. Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana* 38(4): 795-803.
 16. Ghaderimokri, L., E. Rezaei-Chiyaneh, M. Ghiyasi, M. Gheshlaghi, M.L. Battaglia y K.H.M. Siddique. 2022. Application of humic acid and biofertilizers changes oil and phenolic compounds of fennel and fenugreek in intercropping systems. *Scientific Reports* 12(1): 5946.
 17. Hernández-Pérez, O.I., L.A. Valdez-Aguilar, I. Alia-Tejacal, A.D. Cartmill y D.L. Cartmill. 2019. Tomato fruit yield, quality, and nutrient status in response to potassium: calcium balance and electrical conductivity in the nutrient solution. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 20: 484-492.
 18. Johnson, C.D. y D.R. Decoteau. 1996. Nitrogen and potassium fertility affects Jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency. *HortScience* 31(7): 1119-1123.
 19. Karakurt, Y., H. Unlu, H. Unlu y H. Padem. 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and

- quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* 59(3): 233-237.
20. Kim, G.D., Y.S. Lee, J.Y. Cho, Y.H. Lee, K.J. Choi, Y. Lee et al. 2010. Comparison of the content of bioactive substances and the inhibitory effects against rat plasma oxidation of conventional and organic hot peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(23): 12300-12306.
 21. Klokić, I., I. Koleška, D. Hasanagić, S. Murtić, B. Bosančić y V. Todorović. 2020. Biostimulants' influence on tomato fruit characteristics at conventional and low-input NPK regime. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B -Soil & Plant Science* 70(3): 233-240.
 22. López-Espinosa, S.T., A. Moreno-Reséndez, P. Cano-Ríos, N. Rodríguez-Dimas, V. Robledo-Torres y C. Márquez-Quiroz. 2013. Organic fertilization: an alternative to produce jalapeño pepper under greenhouse conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25(9): 666-672.
 23. Mardanluo, S., M.K. Souri y M. Ahmadi. 2018. Plant growth and fruit quality of two pepper cultivars under different potassium levels of nutrient solutions. *Journal of Plant Nutrition* 41(12): 1604-1614.
 24. Medina-Lara, F., I. Echevarría-Machado, R. Pacheco-Arjona, N. Ruíz-Lau, A. Guzmán-Antonio y M. Martínez-Estevez. 2008. Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *HortScience* 43(5): 1549-1554.
 25. Mena-Violante, H.G., A. Cruz-Hernández, O. Paredes-López, M.Á. Gómez-Lim y V. Olalde-Portugal. 2009. Cambios relacionados con textura de frutos y mejoramiento de la vida de anaquel por la inoculación de raíces de tomate con *Bacillus subtilis* BEB-13BS. *Agrociencia*. 43(6): 559-567.
 26. Moreno-Reséndez, A., R. Hernández-García, N. Rodríguez-Dimas, J. L. Reyes-Carrillo, C. Márquez-Quiroz y P. Preciado-Rangel. 2015. Development of Serrano pepper in vermicompost:perlite substrates under shade net conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 27(12): 897-902.
 27. NMX-FF-025-SCFI. 2014. Norma Oficial Mexicana NMX- FF- 025- SCFI – 2014. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum* spp) - especificaciones. <https://n9.cl/n5xwa> (consulta marzo, 2023).
 28. Paradikovic, N., T. Vinkovic, I. Vinkovic Vrcek, I. Zuntar, M. Bojic y M. Medic-Saric. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(12): 2146-2152.
 29. Pérez-Vazquez, E.L., J.M. Gaucin-Delgado, S.C. Ramírez-Rodríguez, M. Sariñana-Navarrete, S.G. Zapata y E. Zuñiga-Valenzuela. 2020. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva efecto en el rendimiento y la calidad nutracéutica de pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(7): 1669-1675.
 30. Preciado-Rangel, P., A. Andrade-Sifuentes, E. Sánchez-Chavez, L. Salas-Pérez, M. Fortis-Hernández, E. O. Rueda-Puente y J. L. García-Hernández. 2019. Influencia del potasio en el contenido nutracéutico y de antioxidantes en pimiento serrano (*Capsicum annuum* L.) *Agrociencia* 53(4): 581-591.
 31. Preciado-Rangel, P., E.O. Rueda Puente, L.A. Valdez-Aguilar, J.J. Reyes-Pérez, M.Á. Gallegos-Robles y B. Murillo-Amador. 2021. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva y su efecto en compuestos bioactivos y rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(2): 52.
 32. Qin, K. y D. I. Leskovar. 2020. Humic substances improve vegetable seedling quality and post-transplant yield performance under stress conditions. *Agriculture* 10(7): 254.
 33. Reyes-Pérez, J.J., M. Rivero-Herrada, F. C.J. Andagoya, F.A. Beltrán-Morales, L. G. Hernández-Montiel, A.E. Garcia-Liscano y F.H. Ruiz-Espinoza. 2021a. Emergencia y características agronómicas del *Cucumis sativus* a la aplicación de quitosano, *Glomus*

- cubense* y ácidos húmicos. *Biotechnia* 23(3): 38-44.
34. Reyes-Pérez, J.J., M. Rivero-Herrada, A. E. Solórzano-Cedeño, F.d.J. Carballo-Méndez, G. Lucero-Vega y F.H. Ruiz-Espinoza. 2021b. Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana* 39: 1-13.
35. Schiavon, M., D. Pizzeghello, A. Muscolo, S. Vaccaro, O. Francioso y S. Nardi. 2010. High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Chemical Ecology* 36: 662-669.
36. Shehata, A.S., E.M.M. Saad, A.M. Saleh y S.A. Atala. 2019. Effect of some bioestimulants materials on growth, yield, quality and storability of sweet pepper. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor* 57(1): 77-88.
37. Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceeding of IWOSC 1984 6th International Congress on Soilless Culture*. pp 633-650. Wageningen, The Netherlands.
38. Tadesse, T., E.W. Hewett, M.A. Nichols y K.J. Fisher. 2002. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. *Scientia Horticulturae* 93(2): 91-103.
39. Valdez, S.Y.M., S.E. Olivares, A.R.E. Vázquez, J.R. Esparza-Rivera, P. Preciado-Rangel, R.D. Valdez-Cepeda y J.L. Garcia-Hernández. 2016. Calidad y concentración de capsaicinoides en genotipos de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) producido bajo fertilización orgánica. *Phyton. Revista Internacional de Botánica Experimental* 85(1): 21-26.
40. Winter, C.K. y S.F. Davis. 2006. Organic Foods. *Journal of Food Science* 71(9): R117-R124.
41. Zhishen, J., T. Mengcheng y W. Jianming. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64(4): 555-559.