






Los ácidos húmicos reducen la adición de NPK y mejoran la calidad de mango

Humic acids reduce the addition of NPK and improve the quality of mango

Juana Cruz García-Santiago¹ ,
 José Antonio Gonzales-Fuentes¹ ,
 Alfonso Rojas-Duarte¹ ,
 Armando Hernández-Pérez^{1*} ,
 Fabiola Aureoles-Rodríguez¹ ,
 Regina Martínez-Mares¹

¹Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro No. 1923, CP. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia: hernandez865@hotmail.com

Nota científica

Recibida: 19 de marzo 2022

Aceptada: 18 de abril 2023

Como citar: García-Santiago JC, Gonzales-Fuentes JA, Rojas-Duarte A, Hernández-Pérez A, Aureoles-Rodríguez F, Martínez-Mares R (2023) Los ácidos húmicos reducen la adición de NPK y mejoran la calidad de mango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 10(1): e3319. DOI: 10.19136/era.a10n1.3319

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue demostrar que los ácidos húmicos (AH) reducen el uso de fertilizantes químicos e incrementan la calidad de frutos de mango cv. Ataulfo. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2. Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de NPK (70, 100 y 130%) y dos dosis de AH (70 y 100 g planta⁻¹). Los resultados muestran que al aplicar 70% de NPK en combinación de 100 g planta⁻¹ de AH se obtuvo diferencia significativa en el peso fresco y diámetro polar de fruto; mientras que, al agregar 130% de NPK con 70 g planta⁻¹ de AH se logró el mayor contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable; en tanto que, el mayor contenido de vitamina C en los frutos se alcanzó al aplicar 100% de NPK con 100 g planta⁻¹ de AH.

Palabras clave: Acidez titulable, diámetro, *Mangifera indica* L., peso fresco de fruto, sólidos solubles totales.

ABSTRACT. The objective of this study was to demonstrate that humic acids (AH) reduce the use of chemical fertilizers and increase the quality of mango cv. Ataulfo. A completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement was used. The evaluated treatments were three doses of NPK (70, 100 and 130%) and two doses of AH (70 and 100 g plant⁻¹). The results showed that when applying 70% NPK in combination with 100 g plant⁻¹ of AH, a significant difference was obtained in the highest fresh weight and polar diameter of the fruit; while, when adding 130% of NPK with 70 g plant⁻¹ of AH, the highest content of total soluble solids and titratable acidity was achieved; while the highest content of vitamin C in the fruits was reached when applying 100% NPK with 100 g plant⁻¹ of AH.

Key words: Titratable acidity, diameter, *Mangifera indica* L., fruit fresh weight, total soluble solids.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia Anacardiaceae, es considerado uno de los árboles frutales más importantes cultivados en regiones tropicales y subtropicales (Paull y Duarte 2011). México es uno de los países con mayor producción de mango (Aleman *et al.* 2020), siendo el mango Ataulfo uno de los cultivares más importantes (Mellado *et al.* 2019).

Actualmente ha crecido la preferencia de los consumidores por adquirir alimentos con alta calidad (Ranjbar *et al.* 2020). Aunado a lo anterior, se ha señalado que los parámetros de calidad de fruto son afectados por la disponibilidad de nutrientes durante el desarrollo del cultivo (Li *et al.* 2021). Los árboles de mango consumen grandes cantidades de nutrientes al año, por lo que, para garantizar una buena calidad del fruto se requiere de la disponibilidad adecuada de nutrientes (Paull y Duarte 2011). La fertilización del mango en México se basa comúnmente en la aplicación de NPK y varía según el cultivar de mango y la región (Salazar *et al.* 2019). Colima se encuentra entre las 10 entidades de México con mayor producción de mango (SIAP 2021). Algunos productores del municipio de Coquimatlán, en el estado de Colima, realizan la fertilización del mango según las recomendaciones del INIFAP (2017). Sin embargo, actualmente los productores de mango buscan una estrategia que les permita mejorar las propiedades agronómicas y organolépticas del fruto y, que a la vez, reduzca el uso de fertilizantes químicos. Al respecto, Rasouli *et al.* (2022) han indicado que la aplicación de fertilizantes químicos combinados con ácidos húmicos (AH) es una alternativa sustentable para complementar la nutrición de un cultivo.

Los AH son la fracción principal de las sustancias húmicas y los componentes más activos de la materia orgánica del suelo (Zeng *et al.* 2020). El AH es un producto que contiene muchos elementos (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre) que mejoran la fertilidad del suelo y aumentan la disponibilidad de elementos nutritivos y, en consecuencia, afectan positivamente el crecimiento y el rendimiento

de las plantas (Al-Marsoumi y Al-Hadethi 2020). La mejora en la absorción de los nutrientes por las plantas al adicionar AH se debe a la capacidad de éstos, debido a sus grupos funcionales, de actuar como quelatantes (Murbach *et al.* 2020), de ajustar el pH del medio de crecimiento (Li 2020), de aumentar la permeabilidad de la membrana celular (Duan *et al.* 2020), de mejorar la actividad y transcripción de las enzimas involucradas en la asimilación del N (Li 2020), de inducir transportadores de fósforo de alta afinidad en las raíces (Jindo *et al.* 2016) y de mejorar el crecimiento del sistema radicular (Duan *et al.* 2020). Debido a que hay poca información del suplemento de AH con fertilización química reducida para evaluar el efecto de esta combinación sobre los parámetros de calidad de fruto, principalmente en los cultivos de mango; el objetivo de este estudio fue demostrar que los AH pueden reducir el uso de fertilizantes químicos e incrementar la calidad de los frutos de mango cv. Ataulfo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo de investigación se llevó a cabo del 06 de enero al 09 de mayo del 2020 en el rancho Trinidad, municipio de Coquimatlán, Colima, México, cuyas coordenadas geográficas son: latitud Norte 19° 10' 16.54", longitud Oeste 103° 52' 10.85" y a una altura de 256 msnm. Las propiedades químicas del suelo del huerto de mango fueron las siguientes: pH de 7.51, conductividad eléctrica de 1.4 dS m⁻¹, materia orgánica 1.67%, K intercambiable de 15.44 mg Kg⁻¹, Ca intercambiable de 141.02 mg Kg⁻¹ y Mg intercambiable de 18 mg Kg⁻¹.

Material vegetal y marco de plantación

Se evaluaron árboles de mango cv. Ataulfo de 10 años de edad. La huerta evaluada tenía una densidad de 100 árboles por ha en marco de plantación de marco real (10 m x 10 m). En total se seleccionaron al azar 24 árboles para este experimento evitando árboles localizados en el borde de la huerta.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2, con un total de 6 tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. Se consideró un árbol como unidad experimental. Los tratamientos consistieron en tres dosis de NPK (70, 100 y 130%) y dos dosis de AH (70 y 100 g planta⁻¹). La dosis recomendada de N, P y K por el INIFAP (2017) por ciclo para el cultivo de mango, de acuerdo a la edad del árbol, se consideró como el 100% (580N-190P-380K); mientras que, para obtener la dosis al 70% (406N-133P-266K) y 130% (754N-247P-494K) se redujo o aumentó un 30% de NPK de la dosis recomendada. La fuente de AH fue el producto comercial Humi Esferic (65% de AH) (Química Sagal), del cual se usó la dosis recomendada para frutales (70 g planta⁻¹) y una dosis más alta (100 g planta⁻¹). La aplicación de las dosis de NPK y AH se realizaron en cuatro etapas del cultivo, antes de la etapa de floración se aplicó un 15%, en la etapa de floración se aplicó un 30%, en la etapa de cuajado de fruto se aplicó un 35% y en la etapa de desarrollo del fruto se aplicó un 20%. Para aplicar el NPK y AH se escarbaron seis orificios en el suelo a una profundidad de 20 a 30 cm alrededor del tronco del árbol.

Los riegos se efectuaron únicamente en la etapa de floración y cuajado de fruto, con aplicaciones cada 15 días por riego por gravedad. Se colocaron trampas de vidrio McPhail para monitorear la presencia de mosca de la fruta (*Anastrepha*), pero no se presentó esta plaga en el huerto. Sin embargo, en la etapa de floración hubo presencia de trips (*Frankliniella párvula*), el cual se controló con la aplicación de Azadiractina (0.75 L ha⁻¹).

Variables evaluadas

La cosecha de los frutos se realizó el 09 de mayo cuando las frutas se encontraban fisiológicamente maduras, la cual se determinó con el cambio de color de la pulpa de verde a amarillo claro y con el contenido de sólidos solubles del jugo del fruto (9-10 °Brix). Para determinar los parámetros físico-químicas se evaluaron 16 frutos por tratamiento. Se evaluó el peso fresco de cada fruto con ayuda de una balanza eléctrica (Torrey). Además, a cada fruto

se le midió el diámetro polar y ecuatorial con un vernier (ScienceWare). Así mismo, se determinó el contenido de sólidos solubles totales, pH, humedad, acidez titulable y vitamina C. El contenido de sólidos solubles totales (SST) se evaluó colocando una gota de jugo fresco en el prisma de un refractómetro digital (ATAGO®). Para medir el pH se extrajo una muestra de 10 mL de pulpa macerada y se evaluó este parámetro con un ionómetro portátil (Hanna-HI98129). Para conocer el contenido de humedad se registró el peso fresco de los frutos, posteriormente, el fruto completo se cortó en pedazos pequeños para facilitar el secado y las muestras se colocaron en charolas de aluminio e introdujeron a una estufa de secado (ICB OVEN) a temperatura de 100 °C. Una vez que las muestras registraron un peso constante se obtuvo el peso seco del fruto y se determinó el contenido de humedad con la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso seco (g)}}{\text{Peso humedo (g)}} \times 100$$

El contenido de vitamina C se determinó con el método volumétrico. Se pesó 20 g de pulpa, que se colocaron en un mortero y agregaron 10 mL de HCl al 2%, para luego macerar hasta que la muestra tomara una consistencia fina y adicionar 100 mL de agua, se homogenizó y filtró. Se tomaron 3 alícuotas de 10 mL y se titularon con el reactivo de Thielman (2,6 -dichloroindophenol), del cual se registró el gasto en cada titulación, para posteriormente realizar el cálculo de vitamina C con la siguiente fórmula:

$$\text{Vitamina C} = \frac{\text{VRT} * 0.088 * \text{VT} * 100}{\text{VA} * \text{P}}$$

Donde: Vitamina C = en la muestra expresada en mg en 100 g, VRT = volumen gastado en mL del reactivo de Thielman, 0.088 = mg de ácido ascórbico equivalente a un mL de reactivo de Thielman, VT = volumen total en mL del filtrado total de vitamina C en HCl, VA = volumen en mL de la alícuota valorada, y P = peso de muestra en gramos. Para determinar la acidez titulable se pesaron 10 g de pulpa macerada y colocaron en un matraz volumétrico y aforó a 100 mL, posteriormente, se tomó 3 alícuotas de 10 mL cada una. Cada

alícuota se le adicionó 4 gotas de indicador de fenoltaleína al 1% y tituló con solución de NaOH al 0.1 N. Los resultados de estas mediciones se expresaron en porcentaje de ácido cítrico por medio de la aplicación de la fórmula siguiente:

$$\text{Acido cítrico}(\%) = \frac{\text{NaOH}(\text{mL}) \times 0.1\text{N} \times 0.064}{\text{Alícuota}(\text{mL})} \times 100$$

Donde: mL de NaOH = volumen de hidróxido de sodio utilizado, 0.1 N = concentración de hidróxido de sodio, 0.064 = constante, y mL de alícuota = volumen de la muestra.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se sometieron en un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los atributos de la calidad de fruto son factores importantes que influyen en el juicio del consumidor en el mercado (Farina *et al.* 2019, Ranjbar *et al.* 2020). Los parámetros de calidad de fruto son afectados, entre otros, por la disponibilidad de nutrientes durante el desarrollo del cultivo (Li *et al.* 2021). En los huertos de mango del Municipio de Coquimatlán en el estado de Colima la nutrición del cultivo se realiza de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP (2017). Pero debido al alto costo de los fertilizantes químicos, actualmente los productores de mango buscan una alternativa que permita mejorar el desarrollo y rendimiento de frutos, pero que a la vez permita reducir el uso de fertilizantes químicos. Se ha reportado que los AH mejoran la absorción de nutrientes por las plantas (Saidimoradi *et al.* 2019, Karimi *et al.* 2020, Izhar *et al.* 2020), por lo tanto, pueden representar una alternativa para reducir el uso de fertilizantes químicos y garantizar el desarrollo adecuado del cultivo. Se observó que el peso fresco de fruto fue afectado estadísticamente por la dosis de NPK, la dosis de AH y por la interacción de las dosis

de NPK y AH (Tabla 1), mostrando que las plantas de mango a las que se les aplicó 70 g planta⁻¹ de AH en combinación de 100% de NPK presentaron mayor peso fresco de fruto (248.3 g fruto⁻¹) en comparación al obtenido con las dosis del 70 y 130% de NPK, superándolo por un 15.39 y 5.36%, respectivamente. Mientras que, las plantas a las que se les adicionó 100 g planta⁻¹ de AH presentaron mayor peso fresco de fruto al agregarlo en combinación de 70% de NPK (267 g fruto⁻¹), con un detrimento al aumentar la dosis de NPK (Figura 1). En tanto que, el diámetro polar de fruto fue afectado por la interacción de las dosis de NPK y AH (Tabla 1), presentando las plantas a las que se les agregó 70 g planta⁻¹ de AH mayor diámetro polar de fruto al adicionarlo en combinación de 130% de NPK (11.37 cm); pero, al adicionar 100 g planta⁻¹ de AH el diámetro polar de fruto fue mayor cuando se aplicó en combinación del 70% de NPK (11.44 cm) (Figura 2). Los resultados anteriores confirman que los AH pueden suplementar y mejorar la nutrición del cultivo cuando se aplica una fertilización química reducida sin afectar el peso y tamaño de fruto. Estos resultados están acorde con los reportado por Monda *et al.* (2021), quienes demostraron que los AH presentan la capacidad para reducir parcialmente la cantidad de fertilizantes químicos y obtener resultados comparables en el rendimiento del cultivo de tomate. Se ha indicado que la mejora en el peso de fruto, tamaño de fruto y rendimiento se debe a que los AH presentan un efecto similar al ácido indolacético y a la participación de los AH en la respiración celular y fotosíntesis (Ngullie *et al.* 2014). En tanto que, el diámetro ecuatorial de fruto fue influenciado estadísticamente por las dosis de NPK, con un mayor diámetro al adicionar 70 y 130% de NPK (Tabla 1).

Los SST, pH, humedad, acidez titulable y vitamina C de los frutos de mango fueron afectados estadísticamente por las dosis de NPK pero no por las dosis de AH. Mientras que, la interacción de las dosis de NPK y AH evaluadas afectaron estadísticamente los SST, acidez titulable y vitamina C de los frutos de mango (Tabla 2), los cuales revelaron que, para ambas dosis de AH, los SST fue mayor al agregar 130% de NPK; sin embargo, al aplicar 70% de NPK en combinación de 70 g planta⁻¹ de HA se su-

Tabla 1. Efecto de las diferentes dosis de NPK y ácidos húmicos (AH) en el peso fresco de fruto, diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos de mango cv. Ataulfo.

Factores evaluados		Peso fresco de fruto (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)
NPK (%)				
	70	238.55 ^a	10.98 ^a	6.23 ^a
	100	238.00 ^a	11.05 ^a	5.85 ^b
	130	227.25 ^b	11.21 ^a	6.24 ^a
AH (g planta ⁻¹)				
	70	231.13 ^b	10.96 ^a	6.12 ^a
	100	238.07 ^a	11.21 ^a	6.09 ^a
ANOVA p ≤				
	NPK	0.010	0.460	0.002
	AH	0.030	0.110	0.770
	NPK*AH	0.001	0.005	0.570
CV (%)		5.20	5.25	5.95

Medias con letra diferentes indican efectos significativos según la prueba de comparación múltiple de Tukey con $p \leq 0.05$. ANOVA = análisis de varianza. CV = coeficiente de variación.

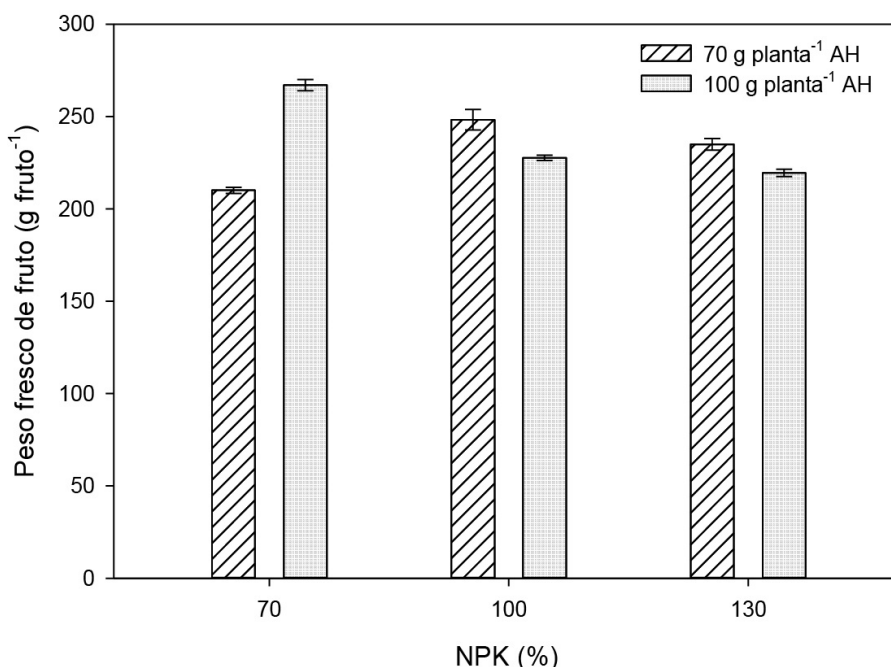


Figura 1. Efecto de la interacción de las dosis de NPK y ácidos húmicos (AH) en el peso fresco de los frutos de mango cv. Ataulfo. Las barras indican el error estándar de la media.

peró el contenido de SST obtenidos al aplicar la dosis recomendada de NPK para el cultivo (100%) (Figura 3). Al respecto, Abdel-Mawgoud *et al.* (2007) indicaron que el aumento de los SST en mango podría deberse al efecto positivo del AH sobre la disponibilidad de nutrientes y la estimulación de la acumulación de pigmentos, lo que da como resultado una mayor eficiencia fotosintética que produce más asimilados.

Así mismo, se observó que al agregar 70 g planta⁻¹ de AH la acidez titulable de los frutos de mango fue mayor al aplicarlo en combinación de 130% de NPK (0.40% de ácido cítrico); mientras que, al agregar 100 g planta⁻¹ de AH la acidez titulable de los frutos fue mayor al aplicar 70% de NPK (0.38% de ácido cítrico) (Figura 4). La mayor acidez titulable al aplicar 70% de NPK contrasta con el menor valor de pH obtenido con

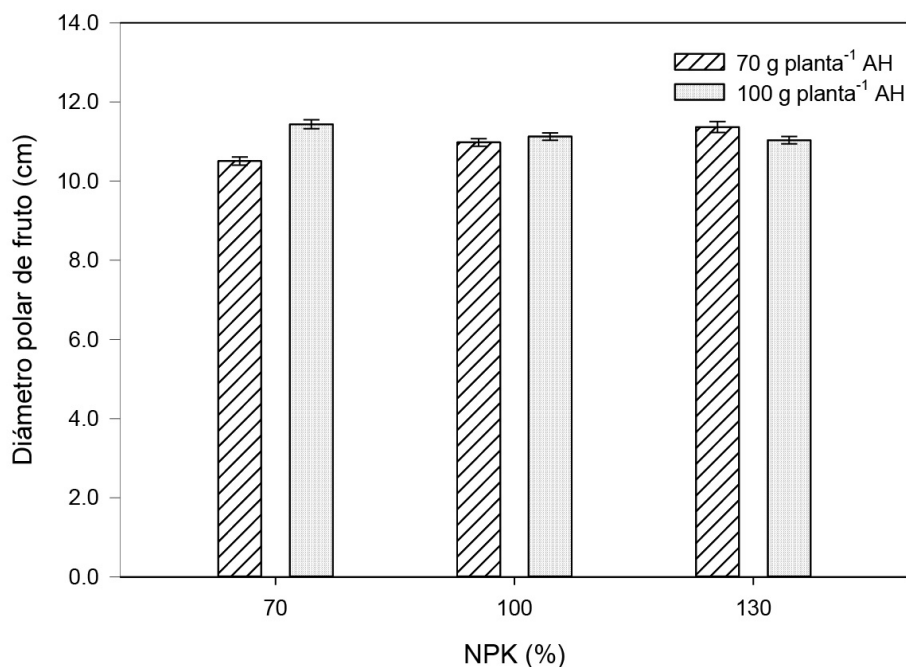


Figura 2. Efecto de la interacción de las dosis de NPK y ácidos húmicos (AH) sobre el diámetro polar de los frutos de mango cv. Ataulfo. Las barras indican el error estándar de la media.

Tabla 2. Efecto de las diferentes dosis de NPK y ácidos húmicos (AH) en la calidad de los frutos de mango cv. Ataulfo.

	SST (°BRIX)	pH	Humedad (%)	Acidez titulable (% ácido cítrico)	Vitamina C (mg 100g ⁻¹ PF)
Factores evaluados					
NPK (%)					
70	16.23 ^b	4.78 ^b	85.28 ^a	0.37 ^a	76.90 ^b
100	15.48 ^b	4.90 ^{ab}	80.35 ^b	0.33 ^b	83.40 ^a
130	15.48 ^a	5.14 ^a	78.24 ^b	0.38 ^a	72.91 ^b
AH (g planta ⁻¹)					
70	16.50 ^a	4.93 ^a	80.58 ^a	0.37 ^a	77.09 ^a
100	16.06 ^a	4.95 ^a	82.00 ^a	0.35 ^a	78.39 ^a
ANOVA p ≤					
NPK	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001
AH	0.120	0.780	0.110	0.190	0.370
NPK*AH	0.001	0.590	0.150	0.010	0.001
CV (%)	6.41	6.29	4.17	10.32	7.16

Medias con letra diferentes indican efectos significativos según la prueba de comparación múltiple de Tukey con $p \leq 0.05$. ANOVA = análisis de varianza. CV = coeficiente de variación.

este tratamiento (Tabla 1). Con relación al parámetro de acidez titulable, se ha indicado que los AH reducen la acidez de los frutos de mango, como consecuencia del incremento de los SST (El-Hameid y Adel 2018). Sin embargo, en este trabajo se observó el mismo comportamiento entre la acidez titulable y los SST de los frutos de mango. En tanto que, el contenido de vitamina C en los frutos de mango, en ambas do-

sis evaluadas de AH, fue mayor al agregar la dosis recomendada de NPK (100%), pero con un mayor contenido de vitamina C al agregar 100 g planta⁻¹ de AH (Figura 5). Con respecto al contenido de vitamina C, Manthey y Perkins (2009) informaron que el nivel promedio en fruto de mango Ataulfo es de 125.4 mg 100 g⁻¹ de pulpa fresca de fruto. En este trabajo, el mayor contenido obtenido de vitamina C en frutos

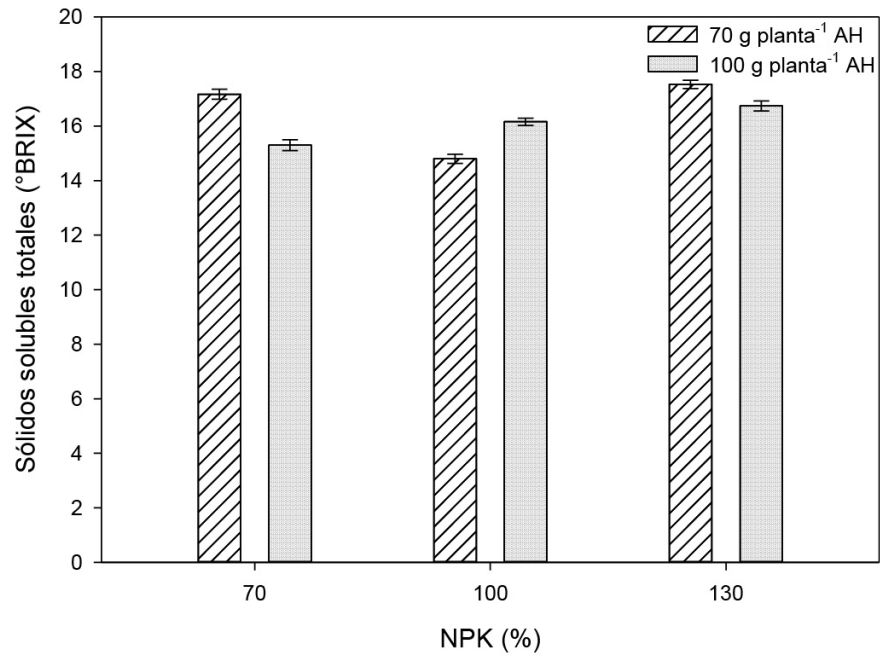


Figura 3. Efecto de la interacción de las dosis de NPK y ácidos húmicos (AH) sobre los sólidos solubles totales de los frutos de mango cv. Ataulfo. Las barras indican el error estándar de la media.

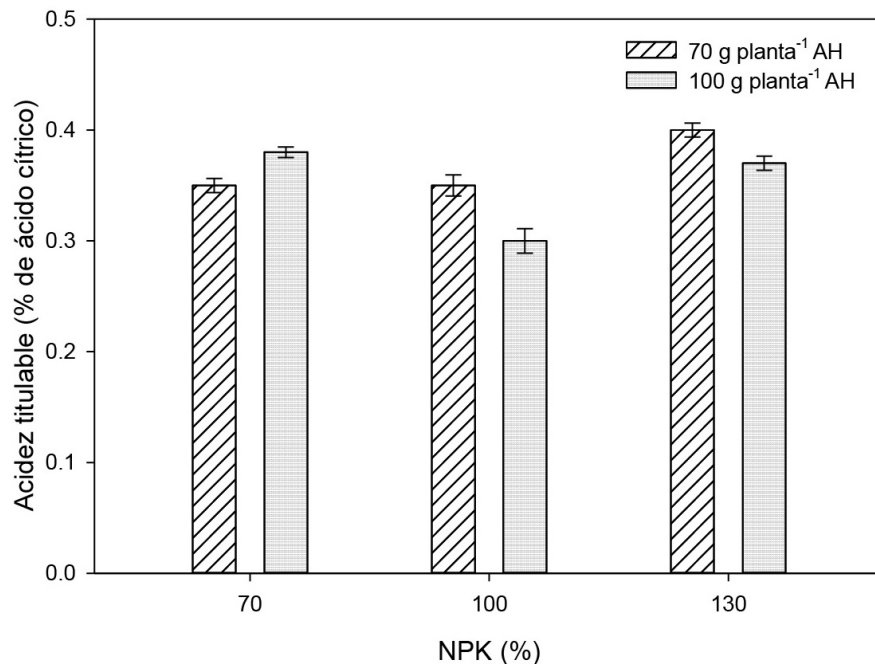


Figura 4. Efecto de la interacción entre las dosis de NPK y ácidos húmicos (AH) sobre la acidez titulable de los frutos de mango cv. Ataulfo. Las barras indican el error estándar de la media.

de mango fue de 87.8 mg100 g⁻¹ de peso fresco de pulpa, el cual se obtuvo al aplicar en el tratamiento

de 100 g planta⁻¹ con 100% de NPK. La diferencia del contenido de vitamina C reportado por Manthey y

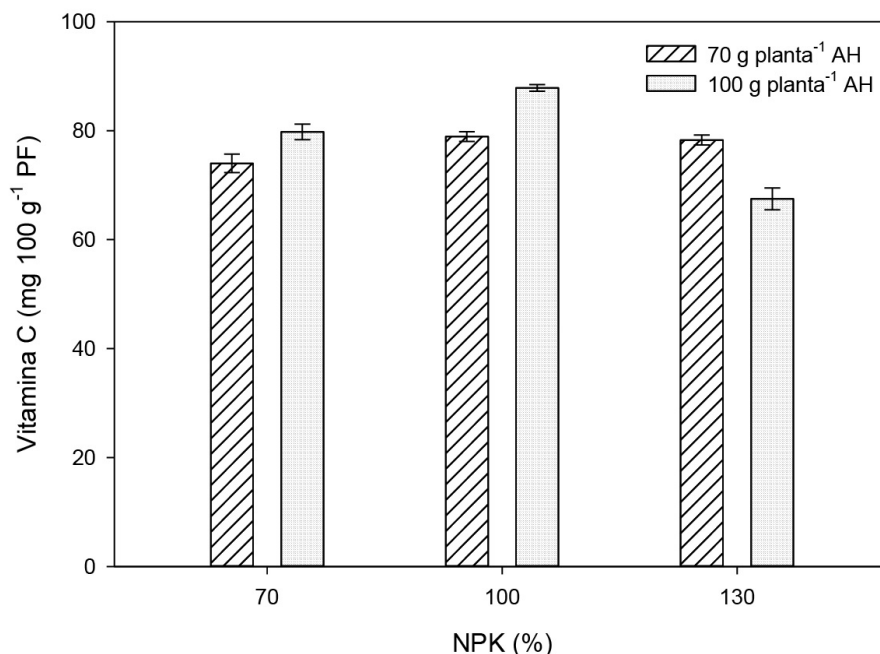


Figura 5. Efecto de la interacción entre las dosis de NPK y ácidos húmicos (AH) sobre la vitamina C de los frutos de mango cv. Ataulfo. Las barras indican el error estándar de la media.

Perkins (2009) y los obtenidos se pueden deber a la diferencia de las condiciones ambientales, prácticas de cultivo, método de cosecha y nutrición de las plantas en ambos experimentos, tal como lo menciona (De Lima y Alves 2011).

Los AH usados como suplemento nutricional permiten reducir la cantidad aplicada de fertilizantes químicos y mejorar la calidad de los frutos de mango cv. Ataulfo, principalmente cuando se aplica una dosis de 100 g planta⁻¹ de AH con el 70% de la dosis recomendada de NPK.

LITERATURA CITADA

- Abdel-Mawgoud AMR, El-Greadly NHM, Helmy YI, Singer SM (2007) Response of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research* 3: 169-174.
- Aleman J L, Pérez BY, Torres S, Saldaña S, Longoria A, Sebastian PJ (2020) Bioethanol production from Ataulfo mango supplemented with vermicompost leachate. *Catalysis Today* 353: 173-179.
- Al-Marsoumi H, Al-Hadethi ME (2020) Effect of humic acid and seaweed extract spray in leaf mineral content of mango seedlings. *Plant Archives* 20: 827-830.
- De Lima MA, Alves RE (2011) Soursop (*Annona muricata* L.). In: Yahia EM (ed) *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Woodhead Publishing. Cambridge, UK. pp: 363-392.
- Duan D, Tong J, Xu Q, Dai L, Ye J, Wu H, Xu Ch, Shi J (2020) Regulation mechanisms of humic acid on Pb stress in tea plant (*Camellia sinensis* L.). *Environmental Pollution* 267: 115546. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115546.
- El-Hameid A, Adel S (2018) Improving productivity and quality of mango using humic acid and vermicomposting leachate in North Sinai. *Egyptian Journal of Desert Research* 68: 37-59.

- Farina V, Lo Bianco R, Mazzaglia A (2019) Evaluation of late-maturing peach and nectarine fruit quality by chemical, physical, and sensory determinations. *Agriculture* 9(9): 189. DOI: 10.3390/agriculture9090189.
- INIFAP (2017) Agenda Técnica Agrícola de Colima. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Colima, México. 322p.
- Izhar Shafi M, Adnan M, Fahad S, Wahid F, Khan A, Yue Z, Danish S, Zafar-ul-Hye M, Brtnicky M, Datta R (2020) Application of single superphosphate with humic acid improves the growth, yield and phosphorus uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.) in calcareous soil. *Agronomy* 10: 1224. DOI: 10.3390/agronomy10091224.
- Jindo K, Soares TS, Peres LEP, Azevedo IG, Aguiar NO, Mazzei P, Spaccini R, Piccolo A, Lopes-Olivares F, Pasqualoto-Canellas L (2016) Phosphorus speciation and high-affinity transporters are influenced by humic substances. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 179: 206-214.
- Karimi E, Shirmardi M, Dehestani Ardakani M, Gholamnezhad J, Zarebanadkouki M (2020) The effect of humic acid and biochar on growth and nutrients uptake of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 51: 1658-1669.
- Li H, Liu H, Gong X, Li S, Pang J, Chen Z, Sun J (2021) Optimizing irrigation and nitrogen management strategy to trade off yield, crop water productivity, nitrogen use efficiency and fruit quality of greenhouse grown tomato. *Agricultural Water Management* 245: 106570. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106570.
- Li Y (2020) Research progress of humic acid fertilizer on the soil. In *Journal of Physics: Conference Series* 1549: 022004. DOI: 10.1088/1742-6596/1549/2/022004.
- Manthey JA, Perkins P (2009) Influences of harvest date and location on the levels of beta-carotene, ascorbic acid, total phenols, *in vitro* antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of agricultural and food chemistry* 57: 10825-10830.
- Mellado A, Salazar S, Goenaga R, López A (2019) Evaluación de la remoción de nutrientes por el fruto de cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) para el mercado de exportación en varias regiones productoras de México. *Terra Latinoamericana* 37: 437-447.
- Monda H, McKenna AM, Fountain R, Lamar RT (2021) Bioactivity of Humic acids extracted from shale ore: molecular characterization and structure-activity relationship with tomato plant yield under nutritional stress. *Frontiers in Plant Science* 12: 958. DOI: /10.3389/fpls.2021.660224.
- Murbach TS, Glávits R, Endres JR, Clewell AE, Hirka G, Vértési A, Béres E, Szakonyiné IP (2020) A toxicological evaluation of a fulvic and humic acids preparation. *Toxicology reports* 7: 1242-1254.
- Ngullie CR, Tank RV, Bhandar DR (2014) Effect of salicylic acid and humic acid on flowering, fruiting, yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. KESAR. *Advance Research Journal of Crop Improvement* 5: 136-139.
- Paull RE, Duarte O (2011) Mango. In: Paull RE, Duarte O (eds) *Tropical fruits*. CAB International. London, UK. pp: 252-290.
- Ranjbar S, Ramezani A, Rahemi M (2020) Nano-calcium and its potential to improve Red Delicious apple fruit characteristics. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 61: 23-30.
- Rasouli F, Nasiri Y, Asadi M, Hassanpouraghdam MB, Golestaneh S, Pirsarandib Y (2022) Fertilizer type and humic acid improve the growth responses, nutrient uptake, and essential oil content on *Coriandrum sativum* L. *Scientific Reports* 12: 7437. DOI: 10.1038/s41598-022-11555-4.
- Saidimoradi D, Ghaderi N, Javadi T (2019) Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 256: 108594. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108594.

- Salazar S, Ibarra ME, Hernández EF, Medina R, Fregoso LE (2019) El enfoque de fertilización de sitio específico incrementó la productividad del mango 'Ataúlfo'. *Terra Latinoamericana* 37: 415-423.
- SIAP (2021) Avances de siembra y cosecha. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2021.
- Zeng Q, Wang X, Liu X, Huang L, Hu J, Chu R, Tolic N, Dong H (2020) Mutual interactions between reduced Fe-bearing clay minerals and humic acids under dark, oxygenated conditions: hydroxyl radical generation and humic acid transformation. *Environmental science and technology* 54: 15013-15023.