

Efecto del molibdato de amonio en la calidad de frutos de feijoa

Denis Reyes-Ramos¹

Juan Ayala-Arreola¹

María Teresa Beryl Colinas-León¹

Oscar Cruz-Alvarez²

Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios²

María Teresa Martínez-Damián^{1,§}

1 Departamento de Fitotecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco de Mora, Estado de México, México. CP. 56230.

2 Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Pascual Orozco s/n, Santo Niño, Campus 1, Chihuahua, México. CP. 31310.

Autora para correspondencia: teremd13@gmail.com.

Resumen

El molibdeno es un micronutriente esencial que participa en varias enzimas, incluida el nitrato reductasa. El objetivo de este ensayo fue evaluar la calidad fisicoquímica y la actividad de pectinmetilesterasa en frutos provenientes de árboles de feijoa asperjados con 0, 100, 200 y 300 mg L⁻¹ de molibdato de amonio. Para ello, en 2023 se estableció un experimento en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. La aspersión de 200 mg L⁻¹ de molibdato de amonio incrementó el peso y firmeza de los frutos. Se encontró que la pulpa y cáscara de los frutos cosechados de árboles tratados con 100 mg L⁻¹ mostraron menor contenido de vitamina C con valores de 0.33 y 0.55 mg g⁻¹, respectivamente. La aplicación de molibdeno incremento el contenido de fenoles totales en pulpa con valores que fluctuaron entre 3.72 y 3.66 mg g⁻¹. Sin embargo, solo las dosis de 100 y 200 mg L⁻¹ afectaron los valores para este metabolito secundario en cáscara. Solo se observó un incremento de capacidad antioxidante para la pulpa, donde la dosis de 300 mg L⁻¹ fue similar al testigo. La pulpa y cáscara de los frutos evaluados disminuyeron su contenido de azúcares totales y los niveles en la actividad de pectinmetilesterasa. La aspersión foliar de molibdeno puede ser una alternativa viable para mejorar el tamaño, firmeza y contenido de fenoles en la pulpa del fruto, parámetros ampliamente valorados en la calidad de cosecha y durante el manejo poscosecha y que confieren alto valor nutricional al fruto de feijoa.

Palabras clave:

Acca sellowiana, compuestos bioactivos, nutrición vegetal.



La feijoa (*Acca sellowiana*) pertenece a la familia Myrtaceae y es nativa de Sudamérica (Karsli, 2020). El fruto de esta especie se caracteriza por su exquisito sabor, aroma y alto contenido de compuestos bioactivos (González-García *et al.*, 2018). Además, es valorada por sus múltiples beneficios a la salud humana (Do Amarante *et al.*, 2017). Sin embargo, posee una maduración acelerada y presenta cambios poco atractivos en el color de la pulpa y semillas, alterando su sabor (Fischer *et al.*, 2020).

A pesar de las interesantes características funcionales y medicinales del fruto de feijoa, es escasa la información vinculada a la nutrición mineral con molibdeno (Mo) y su impacto en sus componentes bioactivos, organolépticos, nutrición mineral y su respuesta en la conservación de la vida de anaquel de los frutos (González-García *et al.*, 2018). El Mo es un micronutriente absorbido como molibdato que coadyuva a la absorción y aprovechamiento del N (Muñoz-Marquez *et al.*, 2022). Además, es un componente estructural de la pterina Moco (cofactor de Mo) que a su vez forma parte de alrededor de 40 enzimas que catalizan diversas reacciones redox (nitrato reductasa, xantina deshidrogenasa, sulfito oxidasa y aldehído oxidasas) (Lopes-Oliveira *et al.*, 2022).

Por lo tanto, el objetivo de este ensayo fue evaluar los cambios de calidad fisicoquímica y en la actividad de la enzima pectinmetilesterasa en frutos de feijoa como respuesta a la aplicación foliar precosecha de molibdato de amonio. El estudio se realizó durante 2023 y el material vegetal consistió en árboles de feijoa cv Mammoth con 20 años y altura media de 3 m. La huerta se encuentra ubicada en el Campo Agrícola Experimental San Martín (19° 30' 00" latitud norte; 98° 52' 46" longitud oeste; 2 254 msnm) del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

Los tratamientos consistieron en la aspersión foliar de 0 (testigo), 100, 200 y 300 mg L⁻¹ de Mo en forma de molibdato de amonio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·H₂O (Baker Analyzed[®], USA) con una mochila H-7986 (Uline, USA) (20 L). Los tratamientos fueron aplicados en tres ocasiones a finales de julio y principios de septiembre, entre las 8:00 y 9:00 h en un total de 12 árboles (tres por tratamiento) con tamaño de fruto que fluctuó entre 1 y 5 mm. El experimento fue establecido en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde se consideró un árbol como unidad experimental.

La cosecha de los frutos se realizó en torno a la parte media del árbol, para ello se seleccionaron por tratamiento 30 frutos en madurez fisiológica y ausencia de daños físicos causados por plagas o enfermedades. Para su análisis, se separó pulpa y cáscara del fruto.

La determinación del peso (g), firmeza (kg cm⁻²) y sólidos solubles totales (SST) (°Bx) se realizó con una balanza digital modelo H-9884 (Uline, USA) con sensibilidad de 0.01g, penetrómetro digital Chatillon[®] (Ametek, USA) con punta cónica de 7 mm de diámetro y refractómetro digital portátil Atago Pal-1 (Pocket[®], Japón), respectivamente. El contenido de ácido ascórbico (vitamina C) (mg g⁻¹) fue cuantificado por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu descrito por Jagota y Dani (1982) con ligeras modificaciones.

Se determinó el contenido de fenoles totales (mg g⁻¹) (Waterman y Mole, 1994), azúcares totales (mg g⁻¹) (Witham *et al.*, 1971) y capacidad antioxidante (VCEAC (actividad antioxidante equivalente a vitamina C) mg g⁻¹) (Özgen *et al.*, 2006). Finalmente, la actividad de la enzima pectinmetilesterasa (PME) (EC 3.1.1.11) se evaluó con el procedimiento espectrofotométrico publicado por Hagerman y Austin (1986) (UI min g⁻¹). Todos los resultados son expresados en peso fresco.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y separación múltiple de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el paquete de análisis SAS[®] versión 9.0. Los frutos provenientes de árboles con la aplicación foliar de 200 mg L⁻¹ de molibdato amonio incrementaron de forma significativa su peso y firmeza con respecto al testigo, manteniendo sin cambios el contenido de sólidos solubles totales (SST) (Cuadro 1).



Cuadro 1. Peso, firmeza y contenido de sólidos solubles totales en frutos de feijoa cosechados de árboles asperjados con molibdato de amonio.

Tratamiento (mg L ⁻¹)	Peso (g)	Firmeza (kg cm ⁻²)	SST (°Bx)
100	29.62 c	1.95 b	13.43 a
200	69.94 a	3.02 a	12.9 a
300	52.88 b	2.06 b	15.03 a
Testigo	59.44 b	1.41 b	15.26 a
DMSH	9.67	0.69	2.56
CV (%)	14.05	25.4	13.94

Valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH= diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación.

El suministro foliar de Mo incrementa la absorción de nitrógeno al ser cofactor del sitio activo de la enzima nitrato reductasa (Sabatino *et al.*, 2019), clave en la síntesis y acumulación de clorofila, molécula especializada en la captación y transformación de la energía lumínica en energía química (ATP y NADPH) (Muñoz-Márquez *et al.*, 2022).

Por otro lado, el Mo promueve para la catálisis de nitrato (NO₃⁻) a nitrito (NO₂⁻) coadyuvando en la acumulación de calcio, turgencia celular y el retardo de catabolismo de lípidos de la membrana, tal como lo reporta para arboles de manzano Red Jonaprince Wójcik (2020) al realizar aspersiones foliares de Mo (Molibdato de sodio) (286 g ha⁻¹) en pre-floración y plena floración.

La dosis de 100 mg L⁻¹ de Mo disminuyó el contenido de vitamina C en la pulpa y en cáscara con 0.33 y 0.55 mg g⁻¹, respectivamente (Cuadro 2). En contraste, valores de 51.8 ±0.1 y 95 ±0.6 (mg 100 g peso fresco (PF) son reportados por Phan-Thi *et al.* (2019). Estas variaciones pueden atribuirse al estado de madurez del fruto, método de extracción y cultivar (Muñoz-Márquez *et al.*, 2022). Por su parte, para frutos de tomate híbrido Ornela F1, Sabatino *et al.* (2019) reportan un incremento significativo en el contenido de ácido ascórbico de 2 023.4 mg 100 g⁻¹ (testigo; 0 μmol Mo L⁻¹) a 3 008.8 mg 100 g⁻¹; es decir, 67.2%.

Cuadro 2. Contenido de vitamina C y fenoles totales en frutos (pulpa y cáscara) de feijoa cosechados de árboles asperjados con molibdato de amonio.

Tratamiento (mg L ⁻¹)	Vitamina C (mg g ⁻¹)		Fenoles totales (mg g ⁻¹)	
	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara
100	0.33 b	0.55 b	3.72 a	10.71 a
200	0.39 a	0.67 a	3.66 a	10.71 a
300	0.45 a	0.74 a	2.83 ab	8.64 b
Testigo	0.41 a	0.65 ab	2.14 b	7.16 b
DMSH	0.06 a	0.11	1.1	1.99
CV (%)	11.74	13.05	27.53	16.5

Valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH= diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación.

El contenido de fenoles totales para pulpa fluctuó entre 2.14 y 3.72 mg g⁻¹ pero para cáscara se encontraron valores entre 7.16 y 10.71 mg g⁻¹ (Cuadro 2). En general los tratamientos con Mo mejoraron el contenido de fenoles en la cáscara y pulpa. Sin embargo, la dosis de 300 mg L⁻¹ mostro un comportamiento estadístico similar, coincidiendo con lo reportado por Karsli (2020) para cáscara y pulpa en frutos de feijoa para un cultivar desconocido. Estos autores corroboran una proporción de 3:1 (cáscara vs pulpa) para el contenido este metabolito secundario, responsable

del sabor astringente en la cáscara de fruto. Estos resultados son importantes si se considera que la feijoa se consume como fruto de temporada, es decir, se aprovecha la totalidad del producto (Do Amarante *et al.*, 2017).

La aspersión de Mo no afectó el comportamiento de la capacidad antioxidante en cáscara mientras que en la pulpa las dosis de 100 y 200 mg L⁻¹ mostraron valores significativos de 9.7 y 9.92 VCEAC mg g⁻¹, respectivamente (Cuadro 3). Asimismo, los frutos de los árboles tratados con la dosis de 300 mg L⁻¹ fueron similares al testigo con respecto a este parámetro.

Cuadro 3. Contenido de azúcares totales, capacidad antioxidante y actividad enzimática de pectinmetilesterasa en frutos de feijoa cosechados de árboles asperjados con molibdato de amonio.

Tratamiento (mg L ⁻¹)	Capacidad antioxidante (VCEAC mg g ⁻¹)		Azúcares totales (mg g ⁻¹)		PME (UI min g ⁻¹)	
	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara
100	9.7 a	17.86 a	94.88 b	55.86 ab	2.68 b	4.26 b
200	9.92 a	17.06 a	93.52 b	54.78 bc	3.6 b	4.51 b
300	9.48 ab	17.77 a	94.58 b	52.86 c	2.38 b	4.13 b
Testigo	8.86 b	16.66 a	99.3 a	58.06 a	6.02 a	6.47 a
DMSH	0.91	1.24	2.62	2.33	1.73	1.72
CV (%)	7.45	5.53	2.11	3.25	36.4	27.38

Valores con la misma letra en la misma columna no presenta diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH=diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación; PME= pectinmetilesterasa.

En este sentido, Do Amarante *et al.* (2017) evaluaron la capacidad antioxidante en varios genotipos de feijoa con el método ABTS en extractos hidroalcohólicos y acuosos, para ello reportan valores similares a los obtenidos en este estudio para pulpa y cáscara, donde es clara la variación por efecto del método de extracción y genotipos. Por otro lado, la pulpa y cáscara de los frutos mostraron una reducción significativa ($p > 0.05$) con respecto a su contenido de azúcares totales y la actividad enzimática de la PME.

En contraste, Lopes-Oliveira *et al.* (2022) al evaluar la aspersión de 180 L ha⁻¹ [30 g Mo ha⁻¹] de molibdato de potasio (K₂MoO₄) en maíz híbrido P3707VYH (Pioneer®, USA) y soya genotipo TMG 7062 RR (Tropical Breeding & Genetics®, Br) reportan un incremento en el contenido de azúcares solubles en las hojas como producto de una mejora en la eficiencia fotosintética que a su vez se vincula con la participación del Mo en la modulación de la actividad de la enzima nitrato reductasa.

Conclusiones

La aspersión foliar de 200 mg L⁻¹ de molibdato de amonio en árboles de feijoa incrementó el peso y firmeza de los frutos cosechados. Se observó una reducción significativa en el contenido de vitamina C en cáscara y pulpa de los frutos provenientes de árboles tratados con 100 mg L⁻¹. Por otro lado, la aplicación de Mo mejoró el contenido de fenoles totales en la pulpa del fruto mientras en cáscara solo las dosis de 100 y 200 mg L⁻¹ mostraron variación significativa. El contenido de azúcares totales y la actividad de pectinmetilesterasa en cáscara y pulpa mostraron una reducción significativa por efecto de la aplicación foliar de Mo.

El uso de Mo como molibdato de amonio en precosecha representa una alternativa viable para mejorar el tamaño, firmeza y el valor fitoquímico del fruto, aspectos ampliamente apreciados en poscosecha y la implementación de una dieta saludable. Sin embargo, es necesario conducir evaluaciones más profundas que permitan mejorar la comprensión de la fisiología y bioquímica por el efecto causado por el suministro foliar de Mo (diferentes dosis, fuentes, manejo agronómico y cultivares de feijoa) para la producción óptima de este frutal perennifolio.

Bibliografía

- 1 Do Amarante, C. V. T.; Souza, A. G.; Toè-Benincá, T. D. and Steffens, C. A. 2017. Phenolic content and antioxidant activity of fruit of Brazilian genotypes of feijoa. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 52(12):1223-1230. 10.1590/S0100-204X2017001200011.
- 2 Fischer, G.; Parra-Coronado, A. and Balaguera-López, H. E. 2020. Aspects of crop and physiology of feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret). A review. *Ciencia y Agricultura.* 17(3):11-24. <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.11386>.
- 3 González-García, K. E.; Guerra-Ramírez, D.; Ángel-Coronel, O. A. and Cruz-Castillo, J. G. 2018. Physical and chemical attributes of feijoa fruit in Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 24(1):5-12. 10.5154/r.rchsh.2017.01.006.
- 4 Hagerman, A. E. and Austin, P. J. 1986. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methylesterase. *J. Agric. Food Chem.* 34(3):440-444. 10.1021/jf00069a015.
- 5 Jagota, S. K. and Dani, H. M. 1982. A new colorimetric technique for the estimation of vitamin C using Folin phenol reagent. *Anal. Biochem.* 127(1):178-182. 10.1016/0003-2697(82)90162-2.
- 6 Karsli, B. 2020. Antibacterial and antioxidant activity of pulp, peel and leaves of *Feijoa sellowiana*: effect of extraction techniques, solvents and concentration. *Food and health.* 7(1):21-30. 10.3153/FH21003.
- 7 Lopes-Oliveira, S.; Costa-Crusciol, C. A.; Alves-Rodrigues, V.; Mayara-Galeriani, T.; Portugal, J. R.; Bossolani, J. W.; Moretti, L. G.; Calonego, J. C. and Cantarella, H. 2022. Molybdenum foliar fertilization improves photosynthetic metabolism and grain yields of field-grown soybean and maize. *Front. Plant Sci.* 13(887682):1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.887682>.
- 8 Muñoz-Márquez, E.; Soto-Parra, J. M.; Pérez-Leal, R.; Yáñez-Mosqueda, L. C. and Sánchez-Chávez, E. 2022. Application of nanomolybdenum in beans and its impact on nitrogen efficiency. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 13(28):319-329. 10.29312/remexca.v13i28.3286.
- 9 Özgen, M.; Reese, R. N.; Tulio, A. Z.; Miller, A. R. and Scheerens, J. C. 2006. Modified 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). *methods. J. Agric. Food Chem.* 54(4):1151-1157. 10.1021/jf051960d.
- 10 Phan-Thi, A. D. T.; Chaliha, M.; Sultanbawa, Y. and Netzel, M. E. 2019. Nutritional characteristics and antimicrobial activity of Australian grown feijoa (*Acca sellowiana*). *Foods.* 8(9):376-390. 10.3390/foods8090376.
- 11 Sabatino, L.; D'Anna, F.; Iapichino, G.; Moncada, A.; D'Anna, E. and De Pasquale, C. 2019. Interactive effects of genotype and molybdenum supply on yield and overall fruit quality of tomato. *Front. Plant Sci.* 9(1922):1-10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01922>.
- 12 Waterman, P. G. and Mole, S. 1994. *Methods in ecology. Analysis of phenolic plant metabolites.* Blackwell Scientific publications. Oxford. 73-99 pp.
- 13 Witham, F. H.; Blaydes, D. F. and Devlin, R. M. 1971. *Experiments in plant physiology.* Van Nostrand Reinhold Company. New York, USA. 245 p.
- 14 Wójcik, P. 2020. Effects of molybdenum sprays on the growth, yield and fruit quality of 'Red Jonaprince' apple trees. *Sci. Hortic.* 271:1-7. 10.1016/j.scienta.2020.109422.

Efecto del molibdato de amonio en la calidad de frutos de feijoa

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 May 2025
Date accepted: 01 May 2025
Publication date: 12 June 2025
Publication date: May-Jun 2025
Volume: 16
Issue: 4
Electronic Location Identifier: e3695
DOI: 10.29312/remexca.v16i4.3695

Categories

Subject: Nota de Investigación

Palabras clave:

Palabras clave:

Acça sellowiana
compuestos bioactivos
nutrición vegetal

Counts

Figures: 0

Tables: 3

Equations: 0

References: 14

Pages: 0