

Capítulo 11

Efecto de la aplicación de ácido glutámico en alfalfa (*medicago sativa l.*) cultivada en verano en el valle de Mexicali

*Jesús Ángel López Quiñonez*⁵⁹

*Yohandri Ruisanchez Ortega*⁶⁰

*Ricardo Salomón Torres*⁶¹

*Laura Samaniego Sandoval*⁶²

*Cándido Mendoza-Pérez*⁶³

*Fidel Núñez Ramírez*⁶⁴

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26000299>



⁵⁹ Departamento de Posgrado de la Universidad Estatal de Sonora Unidad Académica, San Luis Rio Colorado Sonora, México.

⁶⁰ Departamento de Posgrado de la Universidad Estatal de Sonora Unidad Académica, San Luis Rio Colorado Sonora, México.

⁶¹ Departamento de Posgrado de la Universidad Estatal de Sonora Unidad Académica, San Luis Rio Colorado Sonora, México.

⁶² Departamento de Posgrado de la Universidad Estatal de Sonora Unidad Académica, San Luis Rio Colorado Sonora, México.

⁶³ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo. 56230 Texcoco, Estado de México.

⁶⁴ Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC), Carretera a Delta s/n Ejido Nuevo León, 21705, Mexicali, Baja California, México, fidel.nunez@uabc.edu.mx.

Resumen

La aplicación de aminoácidos como bioestimulantes vegetales puede mejorar procesos fisiológicos y productivos en cultivos. El ácido glutámico, involucrado en la síntesis de clorofila y la asimilación de nitrógeno, se evaluó en alfalfa (*Medicago sativa* L.) para determinar su efecto sobre crecimiento, estado nutrimental y rendimiento. El estudio se realizó en el ejido Monterrey, Valle de Mexicali, Baja California, México, durante el verano de 2025, empleando un diseño experimental de cuadro latino con cuatro dosis foliares de ácido glutámico (0, 50, 75 y 100 mg L⁻¹). Se evaluaron el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de clorofila (IC), sólidos solubles totales (SST), peso fresco y seco de biomasa y contenido relativo de agua (RWC). Los resultados indicaron que el NDVI disminuyó con el incremento en las dosis de ácido glutámico, mientras que los SST aumentaron con dosis intermedias. No se observaron diferencias significativas en el IC, el rendimiento ni en el RWC. Se concluyó que el ácido glutámico mostró efectos inestables según las variables evaluadas y no mejoró de manera consistente el rendimiento de alfalfa bajo las condiciones del estudio, sugiriendo la necesidad de optimizar dosis y frecuencia de aplicación.

Introducción

La aplicación de aminoácidos como bioestimulantes vegetales ha emergido como una herramienta prometedora en la agricultura moderna para mejorar procesos fisiológicos y productivos en cultivos. El ácido glutámico, un aminoácido polar que actúa como precursor en rutas metabólicas clave (p. ej., síntesis de clorofila y asimilación de nitrógeno), ha sido reportado por su rol en la absorción de nutrientes, apertura estomática y metabolismo del N en plantas (Serna-Rodríguez et al., 2011). Estudios recientes han demostrado que la aplicación foliar de glutámico puede

aumentar los contenidos de clorofila y los parámetros de crecimiento en cultivos hortícolas, además de favorecer rendimiento y calidad de productos, debido a su participación en rutas metabólicas fundamentales para el desarrollo vegetal (Ramírez-Cruz et al., 2022; Serna-Rodríguez, 2011).

Sin embargo, la investigación sobre la respuesta específica de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a la aplicación foliar de ácido glutámico es aún incipiente, pese a su potencial impacto sobre el crecimiento, el estado nutrimental y el rendimiento del cultivo bajo condiciones de estrés abiótico características de regiones semiáridas. La literatura sugiere que aplicaciones foliares de aminoácidos individuales pueden modular procesos fisiológicos y mejorar parámetros productivos en diferentes especies, incluyendo aumentos en niveles de clorofila y rendimiento agronómico (Henderson et al., 2025; Turfan y Turan, 2023). Por ello, en el presente estudio se realizó la evaluación de cuatro dosis de ácido glutámico aplicadas en forma foliar al cultivo de alfalfa sobre el crecimiento, estado nutrimental y rendimiento.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el ejido Monterrey, ubicado en el valle de Mexicali, al noroeste de México, durante la temporada de verano de 2025. El cultivo evaluado fue alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad CUF 101, establecida con una edad aproximada de dos años al momento del experimento. El lote experimental se manejó bajo las prácticas agronómicas habituales de la región en cuanto a riego y fertilización, sin la aplicación previa de bioestimulantes. La aplicación de ácido glutámico se realizó de forma foliar el 27 de mayo de 2025 (justo después del corte y con plantas a una altura de 10-15 cm). Se evaluaron cuatro dosis: 0 (testigo), 50, 100 y 150 ppm de ácido glutámico. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de cuadro latino, con el objetivo de reducir la variabilidad espacial del terreno (Steel et al., 1997). Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente dentro del diseño y cada dosis se aplicó una sola vez durante el periodo de evaluación.

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) se midió a los 14, 18 y 20 días después de la aplicación

(dda) del ácido glutámico, utilizando un sensor óptico portátil, de acuerdo con la metodología propuesta por Rouse et al. (1974), la cual relaciona la reflectancia en el infrarrojo cercano y el rojo para estimar el vigor vegetal. El índice de clorofila se determinó mediante lecturas SPAD en hojas completamente expandidas a los 14, 18 y 24 dda, empleando un medidor portátil de clorofila, conforme a lo descrito por Markwell et al. (1995). La concentración de sólidos solubles totales se evaluó en el extracto celular del tallo el 14 de junio de 2025, utilizando un refractómetro digital y expresando los resultados en °Brix, siguiendo procedimientos estandarizados para tejidos vegetales (AOAC, 2016). El rendimiento se determinó mediante la cuantificación del peso fresco y peso seco de la biomasa aérea, expresados por metro cuadrado (m^2). Para el peso seco, las muestras se deshidrataron en estufa de secado a temperatura constante hasta peso constante. El contenido relativo de agua (RWC) se calculó a partir de muestras foliares representativas, aplicando la metodología descrita por Barrs y Weatherley (1962), la cual es ampliamente utilizada para estimar el estado hídrico de los tejidos vegetales.

Para todas las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de identificar diferencias significativas entre tratamientos. Cuando se detectaron efectos significativos, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Adicionalmente, se realizaron análisis de regresión para describir la respuesta de las variables fisiológicas y productivas en función de las dosis de ácido glutámico.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra el efecto de diferentes dosis de ácido glutámico sobre el NDVI en alfalfa bajo condiciones de verano en el valle de Mexicali. En términos generales, los valores de NDVI tendieron a disminuir conforme se incrementó la dosis de ácido glutámico en los tres momentos de evaluación. El tratamiento testigo (0 mg L^{-1}) presentó consistentemente los valores más altos de NDVI, mientras que la dosis de 150 mg L^{-1} registró los valores más bajos. Aunque el efecto principal del ácido glutámico no fue estadísticamente significativo ($p > 0.05$), se detectaron

respuestas significativas de tipo lineal en las tres fechas de muestreo, así como efectos cuadráticos a los 14 y 20 dda. Estos resultados sugieren una respuesta dependiente de la dosis, indicando que concentraciones crecientes de ácido glutámico pueden influir negativamente en el vigor vegetal reflejado por el NDVI.

Cuadro 1

Efecto del ácido glutámico sobre el NDVI en el cultivo de alfalfa en el valle de Mexicali, México.

	14 dda†	18 dda	20 dda
Dosis (mg L ⁻¹)			
0	0.802	0.787	0.792
50	0.790	0.775	0.787
100	0.780	0.777	0.777
150	0.772	0.767	0.765
Significancia			
Ácido glutámico	0.131	0.184	0.085
L	0.014	0.036	0.014
Q	0.054	0.120	0.032

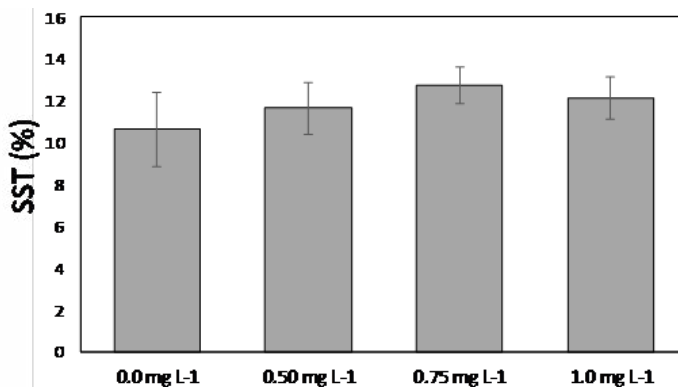
†dac: días después del corte.

^z Valores dentro de la columna seguidos por diferente letra son estadística, entre diferentes (Tukey test).

La Figura 1 muestra el efecto de la aplicación foliar de ácido glutámico sobre la concentración de sólidos solubles totales (SST) en el cultivo de alfalfa. En general, se observó un incremento gradual en el contenido de SST conforme aumentó la dosis de ácido glutámico, respecto al tratamiento testigo (0.0 mg L⁻¹). El valor más bajo de SST se registró en el testigo, mientras que las dosis intermedias y altas presentaron mayores concentraciones, destacando la dosis de 0.75 mg L⁻¹, la cual mostró el valor promedio más alto. A partir de esta dosis, el contenido de SST tendió a estabilizarse o disminuir ligeramente en la dosis de 1.0 mg L⁻¹. Estos resultados sugieren que la aplicación de ácido glutámico favorece la acumulación de solutos en el tejido vegetal, lo cual podría estar asociado a una mejora en la actividad metabólica y en el estado fisiológico del cultivo.

Figura 1

Efecto de la aplicación de ácido glutámico la concentración de sólidos solubles en el cultivo en alfalfa.



El Cuadro 2 presenta el efecto de la aplicación foliar de ácido glutámico sobre el índice de clorofila, medido con SPAD, en alfalfa a los 14, 18 y 24 dda, bajo condiciones del valle de Mexicali. En general, los valores de clorofila no mostraron una tendencia consistente asociada al incremento en la dosis de ácido glutámico en ninguno de los momentos de evaluación. A los 14 dda, el tratamiento con 50 mg L⁻¹ presentó el valor promedio más alto, mientras que a los 18 y 24 dda los valores fueron similares entre tratamientos. El análisis de varianza indicó que el efecto del ácido glutámico, así como las tendencias lineales y cuadráticas, no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en ninguna de las fechas de muestreo. Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación foliar de ácido glutámico no modificó de manera significativa el contenido de clorofila en el cultivo de alfalfa.

El Cuadro 3 muestra el efecto de la aplicación foliar de ácido glutámico sobre el rendimiento de alfalfa, expresado como peso fresco, peso seco y contenido relativo de agua (RWC), bajo condiciones del valle de Mexicali. En el peso fresco, el tratamiento con 50 mg L⁻¹ presentó el valor promedio más alto, mientras que la dosis de 100 mg L⁻¹ registró el menor rendimiento. Una tendencia similar se observó en el peso seco, donde la dosis de 50 mg L⁻¹ mostró el mayor valor, seguido del testigo, y las dosis más altas presentaron una reducción gradual. No

obstante, el análisis estadístico indicó que el efecto del ácido glutámico no fue significativo ($p > 0.05$) para ninguna de las variables evaluadas. El contenido relativo de agua se mantuvo estable entre tratamientos, con valores cercanos al 27–29 %, lo que sugiere que la aplicación de ácido glutámico no modificó de manera apreciable el estado hídrico del cultivo.

Cuadro 2

Efecto de la aplicación de ácido glutámico, en el índice de clorofila en alfalfa. Mexicali, México.

	14 dda†	18 dda	20 dda
Dosis (mg L ⁻¹)			
0	49.88	49.05	50.35
50	57.00	55.75	47.08
100	51.35	52.28	50.67
150	54.55	49.65	50.85
Significancia			
Ácido glutámico	0.617	0.557	0.802
L	0.536	0.869	0.829
Q	0.699	0.375	0.739

†dda: días después de la aplicación.

Cuadro 3

Efecto de la aplicación de ácido glutámico, en el índice de clorofila en alfalfa. Mexicali, México.

	Peso fresco (kg m²)	Peso seco (kg m²)	CRA
Dosis (mg L⁻¹)			
0	1672	497	29
50	1904	517	27
100	1636	465	28
150	1477	425	28
Significancia			
Ácido glutámico	0.083	0.125	0.679
L	0.282	0.074	0.625
Q	0.079	0.060	0.538

†ddc: días después del corte. CRA: Contenido relativo de agua.

Conclusión

La aplicación foliar de ácido glutámico en el cultivo de alfalfa bajo condiciones de verano en el valle de Mexicali mostró efectos diferenciados según la variable evaluada. El NDVI presentó una disminución conforme aumentó la dosis de ácido glutámico, lo que sugiere una posible afectación del vigor vegetal a concentraciones elevadas. En contraste, la concentración de sólidos solubles totales aumentó con dosis intermedias, indicando una estimulación del metabolismo vegetal. Sin embargo, el contenido de clorofila, el rendimiento (peso fresco y seco) y el contenido relativo de agua no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados indican que el ácido glutámico no mejora de manera consistente la productividad de la alfalfa bajo las condiciones evaluadas.

Referencias

- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20th ed.). AOAC International.
- Barrs, H. D., & Weatherley, P. E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, 15(3), 413–428. <https://doi.org/10.1071/B19620413>
- Henderson, B.C.R., Sanderson, J.M. & Fowles, A. A review of the foliar application of individual amino acids as biostimulants in plants. *Discov Agric* 3, 69 (2025). <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00222-7>
- Markwell, J., Osterman, J. C., & Mitchell, J. L. (1995). Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, 46(3), 467–472. <https://doi.org/10.1007/BF00032301>
- Ramírez-Cruz, M. Á., Bautista-Cruz, A., Báez-Pérez, A., Aquino-Bolaños, T., Morales, I., & García-Sánchez, E. (2022). La aplicación foliar de ácido glutámico mejora el rendimiento y algunos parámetros físico-químicos de la calidad del fruto de tomate. *Interciencia*, 47(1-2), 31-38.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 309–317.
- Serna-Rodríguez, José Reynaldo, Castro-Brindis, Rogelio, Colinas-León, María Teresa, Sahagún-Castellanos, Jaime, & Rodríguez-Pérez, Juan Enrique. (2011). Aplicación foliar de ácido glutámico en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mili.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(1), 9-13.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Turfan, N. & Turan, B. (2023). Effects of glutamic acid applications on the yield and growth parameters in garlic (*Allium sativum* L.) cultivation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(1): 1-14. DOI:10.29050/harranziraat.1176239

