Agricolae & Habitat
Revista de Investigación Formativa
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

SECCIÓN AGRÍCOLA

Fecha de recibido: 08-03-2026
Fecha de aceptado: 17-07-2026
DOI: 10.22490/26653176.11166

CALIBRACIÓN AGRONÓMICA DE DOSIS DE FERTILIZACIÓN EDÁFICA Y FOLIAR EN EL CULTIVO DE SOYA (*GLYCINE MAX* L. MERRIL) BAJO CONDICIONES DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

AGRONOMIC CALIBRATION OF SOIL AND FOLIAR FERTILIZATION RATES FOR SOYBEAN (*GLYCINE MAX* L. MERRIL) UNDER THE CONDITIONS OF NORTHERN VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

Sandra Milena Castaño
Agrónoma de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-9017-6124
Correo electrónico: smcastanora@unadvirtual.edu.co

Manuel Francisco Polanco Puerta
Ingeniero agrónomo, especialista, magíster y doctor de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4810-0081
Correo electrónico: manuel.polanco@unad.edu.co

Citación: Castaño, S.M., Polanco Puerta, M.F. (2026). Calibración agronómica de dosis de fertilización edáfica y foliar en el cultivo de soya (*Glycine max* L. Merril) bajo condiciones del Norte del Valle del Cauca, Colombia. *Agricolae & Habitat*, *9*(1), 32-45 https://doi.org/ 10.22490/26653176.11166

RESUMEN

Contextualización del tema: La soya (*Glycine max* L. Merril) es un cultivo estratégico a nivel mundial por su contribución a la seguridad alimentaria, la industria de alimentos balanceados y los sistemas de rotación de cultivos. En Colombia, su producción ha cobrado relevancia en regiones como el Norte del Valle del Cauca, donde el manejo de la fertilización influye directamente en la productividad del cultivo, siendo la nutrición mineral un factor determinante para optimizar el rendimiento y la eficiencia agronómica.

Vacío de investigación: A pesar de la importancia de la fertilización, existe limitada información experimental sobre la respuesta del cultivo de soya a diferentes dosis y formas de aplicación de fertilizantes bajo condiciones edafoclimáticas específicas del Norte del Valle del Cauca, lo que dificulta la toma de decisiones técnicas basadas en evidencia local.

Propósito del estudio: Calibrar las dosis de fertilización edáfica y foliar mediante la evaluación de su efecto sobre las variables agronómicas, los componentes del rendimiento, la productividad y la rentabilidad económica del cultivo de soya (*Glycine max* L. Merril) bajo condiciones de un suelo del Norte del Valle del Cauca.

Metodología: La investigación se desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos de fertilización y cuatro repeticiones. Los tratamientos incluyeron diferentes combinaciones de fertilización edáfica con nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre, así como aplicaciones complementarias de fertilización foliar y un tratamiento testigo sin fertilización. Se evaluaron la altura de planta, la altura de inserción de la primera vaina, el número de vainas por planta, el número de semillas por planta, el índice de semilla, el rendimiento y la relación beneficio-costo. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($\alpha = 0{,}05$).

Resultados y conclusiones: La calibración de las estrategias de fertilización evidenció diferencias significativas en la altura de inserción de la primera vaina, el número de vainas y el número de semillas por planta, mientras que el rendimiento final no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos. No obstante, la fertilización foliar, sola o combinada con la fertilización edáfica, favoreció los principales componentes del rendimiento y presentó la mayor eficiencia económica, indicando una mejor respuesta agronómica bajo las condiciones evaluadas. Los resultados demuestran que la calibración de las dosis de fertilización constituye una herramienta útil para optimizar el manejo nutricional de la soya en los suelos del Norte del Valle del Cauca.

Si bien el rendimiento no mostró diferencias estadísticas, la mejora en los componentes del rendimiento y en la relación beneficio-costo evidencia el potencial de integrar la fertilización edáfica y foliar para incrementar la eficiencia del uso de nutrientes y apoyar el desarrollo de recomendaciones regionales de fertilización.

Palabras clave: *Glycine max*, fertilización, rendimiento de cultivos, nutrición vegetal, análisis costo-beneficio, Valle del Cauca.

ABSTRACT

Contextualization: Soybean (*Glycine max* L. Merril) is a strategic crop worldwide due to its contribution to food security, the animal feed industry, and crop rotation systems. In Colombia, soybean production has gained increasing importance in regions such as the northern Valle del Cauca, where fertilization management directly influences crop productivity. Adequate mineral nutrition is essential for optimizing yield and agronomic efficiency.

Research gap: Despite the importance of fertilization, there is limited experimental evidence on soybean response to different fertilizer rates and application methods under the specific edaphoclimatic conditions of northern Valle del Cauca. This lack of local information limits the development of evidence-based fertilization recommendations and technical decision-making.

Purpose: To calibrate soil and foliar fertilization rates by evaluating their effects on agronomic traits, yield components, grain productivity, and economic profitability of soybean (*Glycine max* L. Merril) grown under the soil conditions of northern Valle del Cauca, Colombia.

Methodology: The study was conducted using a randomized complete block design with six fertilization treatments and four replications. Treatments consisted of different combinations of soil fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P_2O_5), potassium (K_2O), magnesium (Mg), and sulfur (S), as well as complementary foliar fertilization and an unfertilized control. Plant height, first pod insertion height, number of pods per plant, number of seeds per plant, seed index, grain yield, and benefit–cost ratio were evaluated. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and treatment means were compared using Tukey's test ($\alpha = 0{,}05$).

Results and conclusions: The evaluation of fertilization strategies revealed significant differences in first pod insertion height, number of pods per plant, and number of seeds per plant, whereas grain yield did not differ significantly among treatments. Nevertheless, foliar fertilization, applied alone or in combination with soil fertilization, improved the main yield components and achieved the highest economic efficiency, indicating a superior agronomic response under the evaluated conditions. The findings demonstrate that the evaluation of fertilization strategies provides valuable information for optimizing soybean nutrient management in the soils of northern Valle del Cauca. Although no significant differences were observed in grain yield, improvements in yield components and the benefit–cost ratio highlight the potential of integrating soil and foliar fertilization to enhance nutrient use efficiency and support the development of region-specific fertilization recommendations.

Keywords: *Glycine max*, soil fertilization, foliar fertilization, crop yield, plant nutrition, nutrient management, benefit–cost analysis, Valle del Cauca.

RESUMEN GRÁFICO



Fuente: elaboración propia con la asistencia del modelo de inteligencia artificial ChatGPT.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la soya (*Glycine max* L. Merril) es uno de los cultivos estratégicos para la producción de proteína vegetal y aceite a nivel mundial. En Colombia, su importancia ha aumentado debido a la demanda agroindustrial y a su potencial de rotación con cereales. Sin embargo, la productividad nacional presenta variabilidad asociada a los factores edáficos, climáticos y de manejo agronómico.

Entre los factores determinantes del rendimiento, la nutrición mineral ocupa un papel central. Estudios internacionales han demostrado que la respuesta del cultivo a la fertilización depende de la disponibilidad inicial de nutrientes, del manejo del nitrógeno simbiótico y de las condiciones ambientales (Salvagiotti et al., 2008). Asimismo, las aplicaciones foliares de micronutrientes pueden mejorar los componentes del rendimiento, particularmente durante etapas reproductivas (Haq y Mallarino, 2005). No obstante, diversos trabajos reportan que los incrementos en los caracteres, como el número de vainas, no siempre se traducen en aumentos significativos de rendimiento final (Macák y Candráková, 2013).

Para cultivos semestrales como el maíz, se pueden encontrar trabajos de investigación en los que se determinan las dosis de fertilizantes acordes a los niveles de extracción de la especie para el incremento de la producción y los rendimientos óptimos (Díaz et al., 2021; Irala et al., 2023). Contar con parámetros de nutrición evaluados, valorados y probados —tal como ocurre con otras especies semestrales en la zona— es exactamente lo que se pretende plantear con una investigación que permita evaluar y actualizar las diferentes dosis de fertilizantes para obtener los mayores rendimientos en el cultivo de la soya.

Bajo este enfoque, la hipótesis de investigación plantea que la integración de diferentes esquemas de fertilización edáfica y foliar favorece los componentes del rendimiento y mejora la eficiencia económica del cultivo, proporcionando información útil para el proceso de calibración de estrategias de fertilización en sistemas productivos de soya establecidos sobre suelos del Norte del Valle del Cauca.

En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico, productivo y económico de distintos esquemas de fertilización edáfica y foliar como base para la calibración de estrategias de manejo nutricional en el cultivo de soya (*Glycine max* L. Merril) bajo las condiciones edafoclimáticas del Norte del Valle del Cauca, Colombia.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Hacienda El Samán, ubicada en el municipio de Cartago, zona plana del Norte del Valle del Cauca, Colombia, a una altitud de 935m s. n. m., con una temperatura media anual entre 24 y 26 °C y un régimen de precipitación bimodal con acumulados anuales entre 1000 y 1400mm. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área corresponde a bosque seco tropical (bs-T). Según la *Soil Taxonomy* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), en la zona predominan los Mollisoles, los cuales presentan buena profundidad efectiva, drenaje adecuado y alta aptitud para la agricultura mecanizada.

El análisis químico del suelo del lote experimental (tabla 1) mostró un pH ligeramente ácido (5,9), condición consi-derada adecuada para el desarrollo del cultivo de soya y para la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno. El contenido de materia orgánica (2,11 %) y de nitrógeno total (0,11 %) fue moderado, mientras que la capacidad de intercambio catiónico (35,22meq $100g^{-1}$) y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (17,18meq $100g^{-1}$) evidenciaron una buena capacidad del suelo para retener y suministrar cationes esenciales.

En contraste, el contenido de fósforo disponible (4,58mg kg^{-1}) fue bajo, al igual que las concentraciones de boro (0,19mg kg^{-1}) y azufre (2,94mg kg^{-1}), nutrientes que pueden limitar el crecimiento, la formación de estructuras reproductivas y el rendimiento de la soya cuando no se corrigen mediante la fertilización. Por otra parte, los contenidos intercambiables de calcio (9,41 meq $100g^{-1}$) y magnesio (7,33 meq $100g^{-1}$) fueron elevados, mientras que el contenido de potasio

intercambiable (0,35meq $100g^{-1}$) se ubicó en un rango medio para este tipo de suelos.

La textura del suelo, determinada por 37% de arcilla, 25% de limo y 37% de arena, corresponde a una textura franco-arcillosa, condición que favorece la retención de agua y nutrientes sin comprometer el drenaje interno, aspecto favorable para el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes por el cultivo de soya.

En conjunto, estas características justifican la evaluación de estrategias de fertilización edáfica y foliar, particularmente aquellas orientadas a corregir deficiencias de fósforo, azufre y micronutrientes, con el propósito de mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y optimizar la productividad del cultivo bajo las condiciones agroecológicas del Norte del Valle del Cauca.

Tabla 1. Caracterización física del suelo en la finca El Samán, Cartago, Valle del Cauca

Parámetro	Resultados	Unidades
pH	5,9	--
Materia orgánica	2,11	%
Nitrógeno	0,11	%
Calcio intercambiable	9,41	meq/100g
Potasio intercambiable	0,35	meq/100g
Magnesio intercambiable	7,33	meq/100g
Sodio intercambiable	0,08	meq/100g
Aluminio intercambiable	0,00	meq/100g
Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE)	17,18	meq/100g
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	35,22	meq/100g
Fósforo disponible	4,58	mg/kg
Boro disponible	0,19	mg/kg
Azufre disponible	2,94	mg/kg
Hierro (DTPA)	128,26	mg/kg
Cobre (DTPA)	2,64	mg/kg
Manganeso (DTPA)	23,22	mg/kg
Zinc (DTPA) Granulometría: 37% de arcilla, 25% de limo y 37% de arena	1,50	mg/kg

Nota: Datos tomados del reporte del análisis de suelo del laboratorio de la Cooperativa de cafetaleros del Norte del Valle. Elaboración propia.

Para el establecimiento del ensayo se utilizó la variedad comercial de soya SK7, ampliamente adaptada a las condiciones agroecológicas del Valle del Cauca por su alto potencial productivo y estabilidad agronómica.

El experimento se dispuso mediante un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con seis tratamientos de fertilización y cuatro repeticiones, estructura orientada a controlar la variabilidad espacial del lote experimental. En la tabla 2 se presenta un esquema del diseño experimental utilizado en el ensayo.

Tabla 2. Esquema del diseño experimental

Diseño experimental		Tratamientos					
Bloques	I	T1-R1	T0 -R1	T3 -R1	T4 -R1	T5 -R1	T2 -R1
	II	T3 -R2	T2 -R2	T0 -R2	T1 -R2	T4 -R2	T5 -R2
	III	T3 -R3	T1 -R3	T0 -R3	T4 -R3	T5 -R3	T2 -R3
	IV	T0 -R4	T3 -R4	T2 -R4	T5 -R4	T1 -R4	T4 -R4

Fuente: elaboración propia.

El área total de la parcela experimental fue de 20m x 60m (1200 m^2). La unidad experimental estuvo conformada por parcelas de 5m x 10m (50 m^2 de área total), compuestas por 20 surcos de 5 metros de largo distanciados 0,50 cm entre sí.

Cada unidad experimental recibió un esquema específico de fertilización, en el cual se evaluaron aplicaciones edáficas y foliares con distintas combinaciones de nutrientes. Los tratamientos fueron considerados como alternativas de manejo nutricional para analizar su respuesta agronómica y su potencial contribución al proceso de calibración de estrategias de fertilización para el cultivo de soya bajo las condiciones locales.

Los tratamientos incluyeron diferentes esquemas de fertilización edáfica con nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5), potasio (K_2O), magnesio (Mg) y azufre (S), complementados en algunos casos con fertilización foliar durante las etapas de desarrollo del cultivo. Adicionalmente, se incluyó un tratamiento testigo sin fertilización (tabla 3).

Se realizó una sola aplicación de los tratamientos a los 20 días después de la siembra. Para su incorporación, se disolvieron en agua las dosis de fertilizante correspondientes a cada tratamiento y se utilizó una pulverizadora de espalda, empleando la técnica de aplicación en *drench* para los tratamientos dirigidos al suelo y foliar para los tratamientos de aplicación de microelementos.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Método de aplicación
T_0	Testigo sin fertilización	--
T_1	12 kg N + 30 kg P_2O_5 + 30 kg de K_2O_5 + 10 kg Mg + 17 kg S / ha	Edáfica
T_2	12 kg N + 30 kg P_2O_5 + 60 kg de K_2O_5 + 20 kg Mg + 34 kg S / ha	Edáfica
T_3	12 kg N + 30 kg de P_2O_5 + 60 kg de K_2O_5 + 20 kg Mg + 34 kg S / ha + Foliar (menores)	Edáfica Foliar
T_4	12 kg N + 30 kg de P_2O_5 + 90 kg de K_2O_5 + 30 kg Mg + 51 kg S / ha	Edáfica
T_5	Foliar (menores)	Foliar

Fuente: elaboración propia.

Para el diseño de los tratamientos de aplicación edáfica se emplearon dos fuentes comerciales: un fosfato diamónico (DAP, 18-46-0) y el fertilizante edáfico PatentKali® (sulfato doble de potasio y magnesio, grado 0-0-30-10Mg-17S). Para el tratamiento foliar se utilizó el fertilizante Microkel® Mix, el cual está formulado con algas marinas *Ascophyllum nudosum* y elementos nutricionales, cuya composición es rica en nitrógeno, magnesio, boro y zinc

Durante el ciclo del cultivo se evaluaron variables relacionadas con el crecimiento, los componentes del rendimiento y la productividad. Las variables agronómicas registradas fueron las siguientes:

- Altura de la planta (cm)
- Altura de la inserción de la primera vaina (cm)
- Número de vainas por planta
- Número de semillas por planta
- Índice de semilla (g)
- Rendimiento de grano (kg ha^{-1})

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos inicialmente a un análisis exploratorio para verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuos y la homogeneidad de varianzas.

Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto de los tratamientos sobre cada una de las variables evaluadas. Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %. Los coeficientes de variación fueron utilizados como criterio complementario para evaluar la precisión experimental del ensayo.

Con el fin de evaluar la viabilidad económica de cada estrategia de fertilización, se realizó adicionalmente un análisis de los costos de producción y se calculó la relación beneficio-costo (B/C), considerando los costos directos asociados a la fertilización y el ingreso obtenido por la producción de grano.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, en la tabla 4 se presenta los resultados del análisis de varianza.

Tabla 4. Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas del cultivo de soya frente a la aplicación de fertilizantes en la hacienda El Samán, variedad SK7, nivel de significancia 5 %

Fuente de variación	Gli	Altura de la planta (cm)		Altura de la carga (cm)		Número de vainas/Planta		Número de semillas/ Planta		Índice de semilla (g)		Rendimiento (kg/ha)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Tratamientos	5	0,00012	0,161	0,00165	<0,0001	0,00290	0,037	0,01935	<0,0001	0,27500	0,892	16232,2	0,960
Promedio		68,1		19,9		52,0		116,3		13,9		2662,0	
CV (%)		1,01		1,66		4,15		7,12		6,66		10,84	

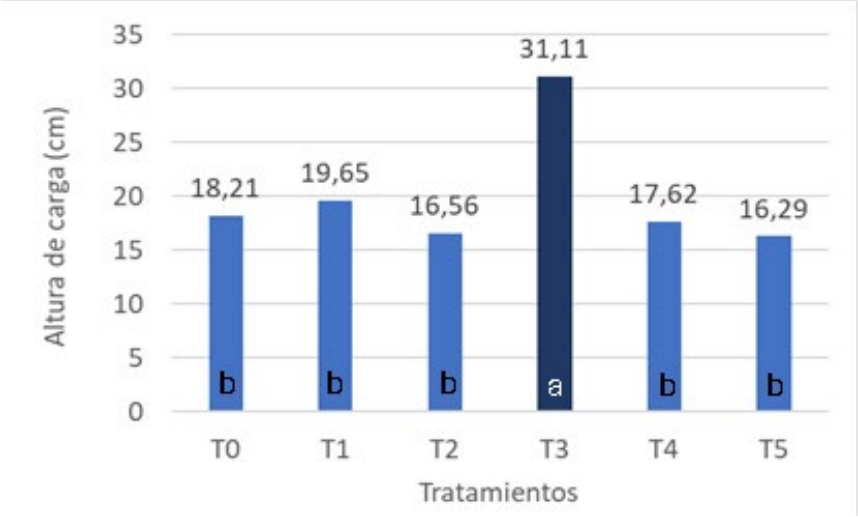
Nota. Significativo a 0,05 %, Gl = grados de libertad; CV = coeficiente de variación. Elaboración propia.

La variable altura de carga de la soya presentó diferencias significativas, siendo el tratamiento T3 el que alcanzó mayor altura (figura 1). Diversos estudios han demostrado que una adecuada disponibilidad de nutrientes durante las etapas vegetativas favorece el crecimiento estructural de la planta y mejora la arquitectura del cultivo, incrementando la altura efectiva de inserción de las vainas (Rębilas et al., 2020; Shomirzaev y Umirov, 2022). Asimismo, investigaciones recientes indican que una nutrición balanceada mejora la actividad fotosintética y la redistribución de fotoasimilados hacia los órganos reproductivos, favoreciendo un desarrollo más uniforme del cultivo (Oliveira et al., 2022). Esta variable resulta determinante, ya que la altura de la carga ayuda a disminuir pérdidas en la cosecha mecanizada de soya.

Por su parte, la variable número de vainas por planta también presentó diferencias estadísticamente significativas, siendo el T5 el de mayor promedio, con un número de vainas por planta de 67,7 (figura 2). Por otro lado, los tratamientos T2, T3 y T4, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, mientras que el tratamiento testigo y el T1 obtuvieron el menor promedio.

Este comportamiento coincide con lo reportado por Dass et al. (2022), quienes observaron que la fertilización foliar con macro y micronutrientes incrementó significativamente el número de vainas, la productividad y la eficiencia en el uso de nutrientes bajo condiciones semiáridas.

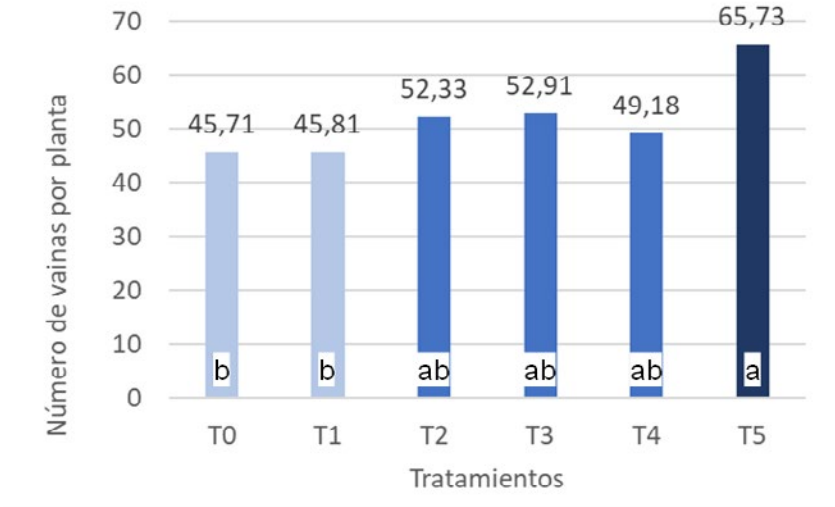
Figura 1. Altura de las plantas de soya según la fertilización



Fuente: elaboración propia.

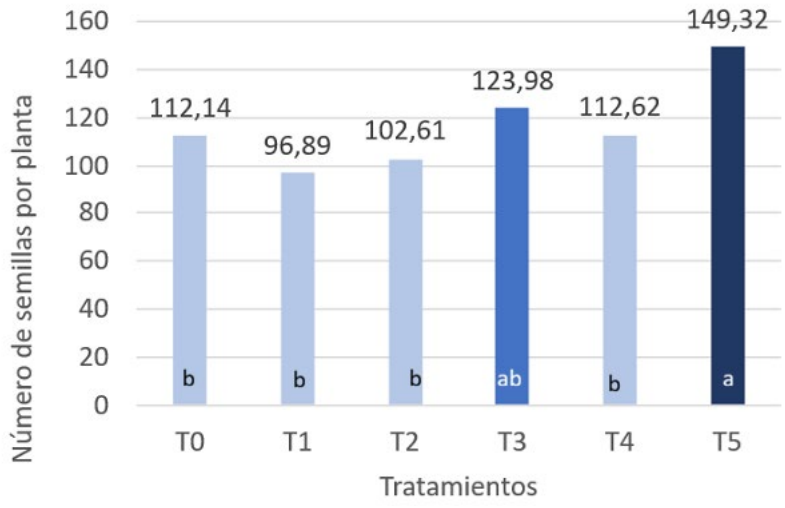
Asimismo, los autores atribuyen este comportamiento a una mayor actividad fotosintética y a un mejor suministro de nutrientes durante los estados reproductivos críticos. Por su parte, Oliveira et al. (2022) demostraron que las aplicaciones foliares de molibdeno favorecen el metabolismo del nitrógeno, incrementando la actividad fotosintética y el rendimiento del cultivo cuando existen limitaciones nutricionales.

Figura 2. Promedios de la variable número de vainas por planta



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Promedios de la variable número de semillas por planta



Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la variable número de semillas por planta, el T5 presentó la mayor cantidad estadísticamente significativa con 149,32 vainas por planta; en el siguiente grupo estadístico se encuentra el T3 con 123,98 semillas por planta. No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos T0, T1, T2 y T4, como se observa en la figura 3.

El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas en el rendimiento final entre tratamientos ($p > 0,05$). Sin embargo, se observaron incrementos en el número de vainas y semillas por planta en los tratamientos con aplicación foliar.

De igual forma, Haq y Mallarino (2005) encontraron resultados coincidentes con esta investigación, con mejoras en las variables reproductivas sin incremento proporcional en el rendimiento total. De manera similar, Macák y Candráková (2013) señalaron que la respuesta a la fertilización puede manifestarse en componentes parciales sin alterar significativamente la productividad final.

Resultados similares fueron reportados por Matcham et al. (2021), quienes evaluaron múltiples ensayos en diferentes regiones de Estados Unidos y concluyeron que la fertilización foliar rara vez incrementa significativamente el rendimiento cuando el cultivo no presenta deficiencias nutricionales evidentes.

En un estudio complementario, Veneziano et al. (2022) encontraron que la fertilización foliar produjo respuestas variables dependiendo del ambiente de producción y del estado nutricional inicial del cultivo, indicando que la efectividad de esta práctica depende principalmente de la existencia de restricciones nutricionales específicas.

Por otra parte, Delfim et al. (2022) señalaron que la aplicación foliar de nitrógeno puede incrementar algunos componentes del rendimiento; sin embargo, el efecto depende de la fuente utilizada, el estado fenológico del cultivo y la interacción con otros nutrientes.

Al realizar el análisis económico, el tratamiento con fertilización foliar presentó la mejor relación beneficio-costo, pues tuvo menores costos adicionales y una respuesta favorable en las variables agronómicas. En este sentido, Dass et al. (2022) demostraron que la fertilización foliar mejora la eficiencia en el uso de nutrientes y aumenta los retornos económicos cuando se utiliza como complemento de la fertilización edáfica y no como sustituto de esta.

En consecuencia, los resultados obtenidos en la presente investigación muestran un comportamiento similar, indicando que la fertilización foliar puede constituir una alternativa económicamente viable para los sistemas productivos de soya del Norte del Valle del Cauca.

CONCLUSIONES

Las estrategias de fertilización evaluadas mejoraron algunos componentes del rendimiento del cultivo de soya, aunque no generaron diferencias significativas en el rendimiento de grano bajo las condiciones del Norte del Valle del Cauca.

De igual forma, la fertilización foliar presentó la mejor relación beneficio-costo, constituyéndose en una alternativa complementaria para el manejo nutricional del cultivo.

Finalmente, los resultados aportan información para futuras investigaciones orientadas a la calibración regional de las dosis de fertilización y al desarrollo de recomendaciones específicas para las condiciones edafoclimáticas de la región.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Primer autor: ejecución experimental, recolección de datos y redacción inicial del manuscrito.

Segundo autor: diseño metodológico, análisis estadístico, revisión crítica y dirección académica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Semillas Kamerun SAS, la cual permitió el desarrollo de la investigación en sus instalaciones y aportó todos los elementos y recursos necesarios para ello, y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por el acompañamiento científico y logístico durante la realización del estudio.

LITERATURA CITADA

Dass, A., Rajanna, G. A., Babu, S., Lal, S. K., Choudhary, A. K., Singh, R., Rathore, S. S., Kaur, R., Dhar, S., Singh, T., Raj, R., Shekhawat, K., Singh, C., y Kumar, B. (2022). Foliar Application of Macro- and Micronutrients Improves the Productivity, Economic Returns, and Resource-Use Efficiency of Soybean in a Semiarid Climate. *Sustainability*, *14*(10),5825. https://doi.org/10.3390/su14105825

Delfim, J., Dameto, L. S., Moraes, L. A. C., y Moreira, A. (2022). Nitrogen and Nickel Foliar Application on Grain Yield, Yield Components, and Quality of Soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *53*(10), 1226-1234. https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2046023

Díaz, F. A., Allende, F.A, Cisneros L., Espinosa, R. M., y Ortiz, Ch. F. (2021). Fertilización biológica, orgánica y mineral reducida en soya (Glycine max L.). *Revista Terra Latinoamericana*, *39*. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.725

Haq, M., y Mallarino, A. (2005). Soybean yield and nutrient composition as affected by early-season foliar fertilization. *Agronomy Journal*, *97*(5), 1457-1464. https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2000.92116x

Irala, G. R., Vega, A. R., y González, N. (2023). Efecto de formulaciones de fertilizante de base en el cultivo de soja (Glycine max L. Merril). *Revista Impacto*, *3*(1), 51-58. https://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/388

Macák, M., y Candráková, E. (2013). The effect of fertilization on soybean yield components. *Journal of Central European Agriculture*, *14*(1), 1232-1242.

Matcham, E. G., Vann, R. A., Lindsey, L. E., Gaska, J. M., Lilley, D. T., Ross, W. J., Wright, D. L., Knott, C., Lee, C. D., Moseley, D., Singh, M., Naeve, S., Irby, J. T., Wiebold, W., Kandel, H. J., Lofton, J., Inman, M., Kleinjan, J., Holshouser, D. L., y Conley, S. P. (2021). Foliar fertilizers rarely increase yield in United States soybean. *Agronomy Journal*, *113*(6), 5246-5253. https://doi.org/10.1002/agj2.20889

Oliveira, S. L., Crusciol, C. A. C., Rodrigues, V. A., Galeriani, T. M., Portugal, J. R., Bossolani, J. W., Moretti, L. G., Calonego, J. C., y Cantarella, H. (2022) Molybdenum Foliar Fertilization Improves Photosynthetic Metabolism and Grain Yields of Field-Grown Soybean and Maize. *Frontiers in Plant Science*, *13*, Artículo 887682. https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.887682/full

Rębilas, K., Klimek, K. A., Bacior, M., y Zając, T. (2020). A model for the yield losses estimation in an early soybean (Glycine max (L.) Merr.) cultivar depending on the cutting height at harvest. *Field Crops Research*, *254*, Artículo 107846. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107846

Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A., y Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybean: A review. *Field Crops Research*, *108*(1), 1-13. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429008000555

Shomirzaev, M. K., y Umirov, A. T. (2022). Research on cutting height in soybean harvesting with a combine harvester. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1112*(1), Artículo 012010. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1112/1/012010

Veneziano, V. M., Rodrigues, C., Soffiatti, J. M., Araujo Neto, F. R., Alves, G. C. S., Dias, P. M., Quintino, V. C., Rodrigues, T. C., Castoldi, G., Carlos, L. A., Guimarães, J. R., Guimarães, R. M. L., Luiz, I. C., Barbosa, K. A., y Trindade, P. C. (2022). Is foliar fertilization essential for high soybean yields? *Journal of Plant Nutrition*, *45*(9), 1322-1335. https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2014877