

BIOESTIMULANTES COMO TRATAMIENTOS DE SEMILLA Y CANOPEO EN SOJA
SEED AND FOLIAR BIOSTIMULATION IN SOYBEANS
INTA EEA PERGAMINO
CAMPAÑA 2025/26

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris⁽¹⁾ y Tomás Senesi⁽²⁾

1.INTA EEA Pergamino.Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino. 2.Raisan Argentina SA⁽²⁾

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La aplicación de bioestimulantes en la siembra de soja se ha consolidado como una estrategia agronómica para mejorar la implantación, el vigor inicial y la tolerancia a adversidades del cultivo frente a estreses bióticos y abióticos. Estos productos, que incluyen extractos vegetales, aminoácidos, microorganismos benéficos y compuestos orgánicos como ácidos húmicos y fúlvicos, actúan modulando procesos fisiológicos clave. En etapas tempranas, estimulan la actividad enzimática, la elongación radicular y la absorción de nutrientes, favoreciendo una emergencia uniforme y un establecimiento más robusto del cultivo.

Particularmente en suelos con limitaciones edáficas o condiciones climáticas adversas, los bioestimulantes aplicados en el tratamiento de semilla surco pueden mejorar la eficiencia en el uso de agua y nutrientes. Además, su interacción positiva con rizobios optimiza la nodulación y la fijación biológica de nitrógeno, procesos fundamentales en leguminosas como la soja. Su integración con prácticas de manejo sostenible permite no solo potenciar el rendimiento, sino también fortalecer la salud del agroecosistema.

Por su parte, la fertilización foliar en soja constituye una estrategia complementaria al manejo nutricional del cultivo, orientada a corregir deficiencias transitorias y sostener la actividad fisiológica durante etapas críticas del desarrollo. La aplicación foliar de nutrientes como zinc (Zn) y boro (B), sola o combinada con bioestimulantes, puede mejorar parámetros asociados a la fotosíntesis, la fijación biológica de nitrógeno y la eficiencia en el uso de nutrientes, especialmente bajo condiciones de estrés ambiental o limitaciones edáficas. Si bien la magnitud de la respuesta depende del estado nutricional inicial, el ambiente y el momento de aplicación, diversos estudios reportan incrementos en crecimiento, retención de estructuras reproductivas y rendimiento, consolidando a la nutrición foliar como una herramienta de ajuste dentro de sistemas de alta productividad.

Los objetivos de esta investigación fueron evaluar tratamientos, comparando fuentes y formas de aplicación. Hipotetizamos que 1. Los bioestimulantes evaluados incrementan los rendimientos de soja y 2. Es posible identificar la fuente y forma de aplicación que optimiza el retorno agronómico y económico.

Palabras clave: Soja, fisiología, nutrición, estrés hídrico, aspersiones, métodos de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2025/26, se realizó un experimento de campo destinado a evaluar tratamientos de nutrición y estimulación foliar en el cultivo de soja. Se implantó en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, familia mixta, franca, térmica, Clase I-2, IP=85. La siembra se realizó el día 9 de Diciembre, con la variedad NEO 47S25 SE, a 0,40 m entre hileras. El experimento fue fertilizado con 60 kg ha⁻¹ de una mezcla (SPT50% - SPS 50 %) separado de la línea. El antecesor fue soja. Durante el ciclo se aplicaron herbicidas, insecticidas y fungicidas para prevenir el ataque de malezas, oruga bolillera, chinches y enfermedades. Las parcelas se mantuvieron totalmente libres de estas adversidades.



0 10 20 m

A horizontal scale bar with three segments, labeled 0, 10, and 20 m.

Imagen obtenida por la cámara Micasense Altum
Resolución espacial: 1,9 cm
Fecha de adquisición 20/02/2026
Composición color RGB - Rojo - Verde - Azul



Fotografía 1 : Vista y cosecha del experimento. Campaña 2025/26.

El diseño del ensayo correspondió a bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Los detalles de los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 1. Por su parte, el análisis de suelo se presenta en la Tabla 2.

Tabla 1: Tratamientos biológicos de aplicación foliar en soja. Pergamino. Campaña 2025/26.

Trat	Fuente	Dosis	Momento
T1	RaiSan Semilla MoCo	12 ml kg ⁻¹	Semilla
T2	RaiSan Semilla	7 ml kg ⁻¹	Semilla
T3	RaiSan 15.5	500 ml ha ⁻¹	V6
T4	Testigo		

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra, promedio de cuatro repeticiones. Pergamino, campaña 2025/26.

Prof	pH	MO	Fósforo disponible	Calcio	Magnesio	Potasio	S-Sulfatos	Zinc	Boro
	agua 1:2,5	%	mg kg ⁻¹	% CIC	% CIC	% CIC	ppm	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Pergamino 0-20 cm	5,8	3,12	13,2	70	10	6,5	7,0	0,80	0,62
	lig ácido	medio	bajo	alto	alto	muy alto	bajo	bajo	medio

Las aplicaciones foliares fueron realizadas con mochila manual eléctrica de presión constante. La misma cuenta con un botallón aplicador de 200 cm provisto de 4 boquillas a 50 cm y pastillas de cono

hueco 80015 que a una presión de 3 kg permiten asperjar 100 l ha⁻¹. El detalle de la aplicación se describe en las Tablas 5 y 6.

En el estado R4 se realizó una evaluación de nodulación, y se determinó el NDVI utilizando el sensor Green seeker, e interceptación mediante un radiómetro lineal. Asimismo, se estimó el contenido de N con el medidor de clorofila Minolta Spad 502, y se calificó el vigor en función del estado general de la parcela, su uniformidad y sanidad. La recolección se realizó el día 10 de abril, mediante una cosechadora automotriz de parcelas. Sobre una muestra de cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, N° de nudos, vainas, NG y PG. Los resultados fueron analizados por partición de la varianza, comparaciones de medias, análisis de regresión y análisis multivariado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A) CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CAMPAÑA

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio experimental durante el ciclo de cultivo. A la siembra del experimento, el agua almacenada inicial fue muy abundante (188 mm), producto de un invierno y primavera con lluvias frecuentes y copiosas. El cultivo pasó la etapa sin precipitaciones de enero en fase vegetativa (Figura 1). El retorno de las lluvias permitió potenciar los rendimientos. El bajo consumo de enero hizo que no cayeran las reservas hasta niveles comprometedores (Figura 2). El porte del cultivo fue aceptable para la fecha de siembra. El llenado de los granos se desarrolló bajo un clima favorable. Las temperaturas (Figura 3) se mantuvieron en un rango razonable, a excepción de finales de enero e inicios de febrero. La máxima media superó al promedio histórico en 0,9 °C, determinando un ambiente riguroso. El retorno de las precipitaciones a mediados de febrero moderó el ambiente térmico y encaminó el cultivo hacia un correcto tramo final (Figura 2).

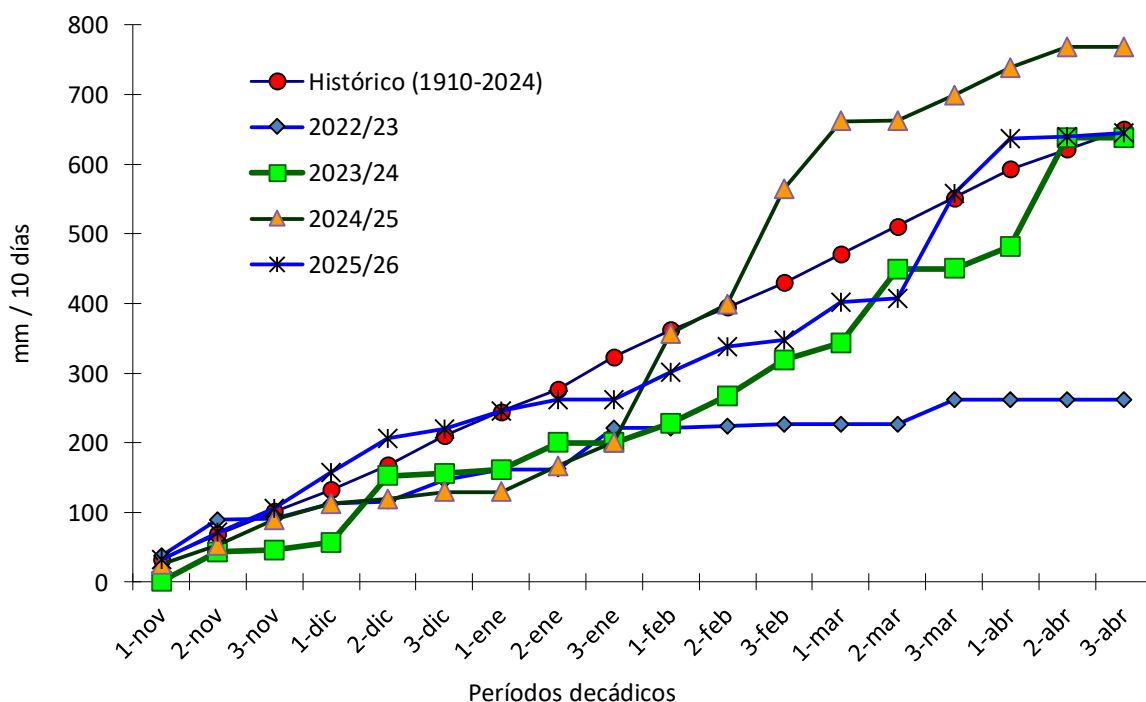


Figura 1: Precipitaciones decádicas del ciclo 2025-26, en comparación con las dos campañas previas y la media histórica. Soja, EEA INTA Pergamino. Agua útil inicial (150 cm) 170 mm. Precipitaciones totales durante el ciclo 645 mm.

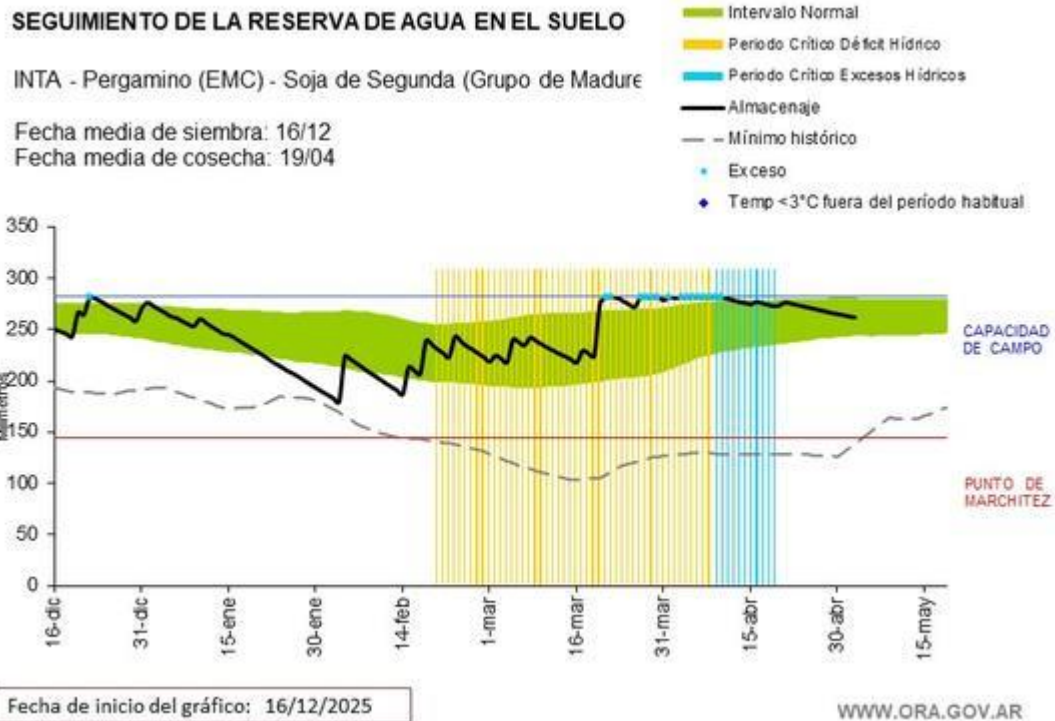


Figura 2: Evolución de la disponibilidad hídrica en el suelo en un cultivo de soja durante la campaña 2025/26. Las reservas no estuvieron comprometidas, ya que el cultivo pasó el mes de enero en estado vegetativo. Elaborado por la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) a partir de datos de la EEA Pergamino.

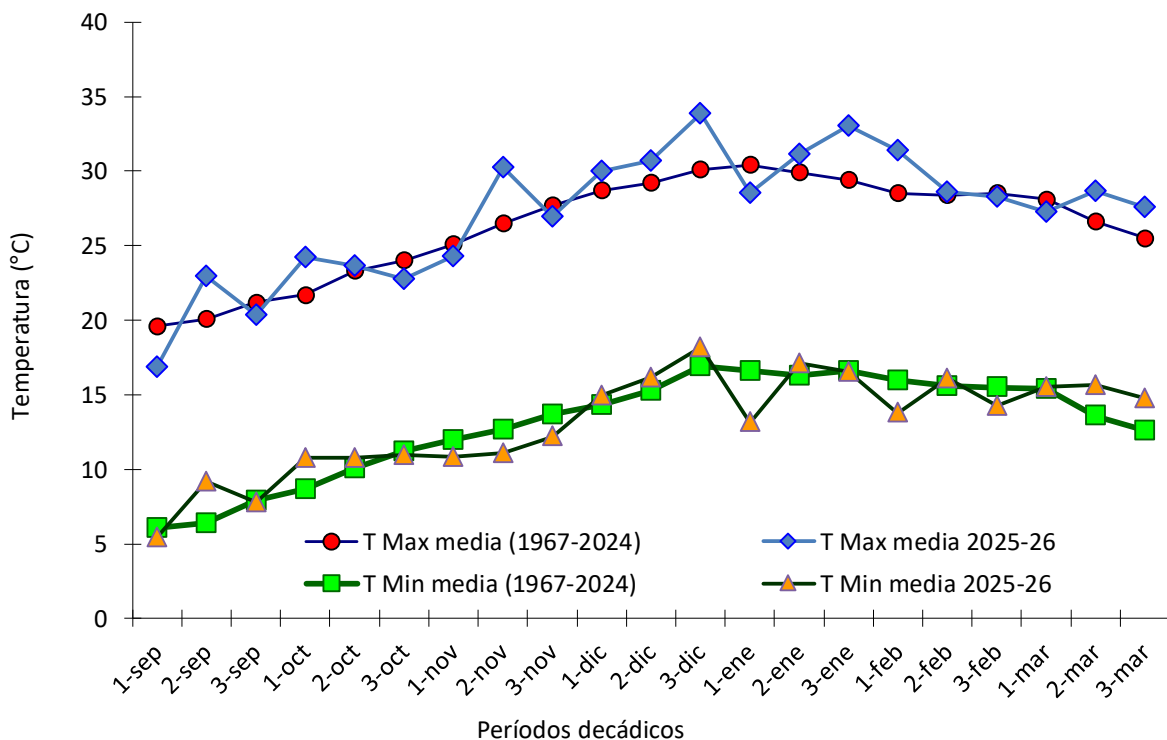


Figura 3: Temperaturas decádicas del ciclo 2025/26, comparadas al valor histórico 1967-2025. La temperatura máxima media fue superior a la histórica en 0,9 °C, y la mínima media superior en 0,2 °C, determinando un ambiente riguroso y mayor amplitud térmica. Datos de la EEA INTA Pergamino.

B) RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

En la Tabla 3 se presenta la evaluación de nodulación, mientras que en la Tabla 4 el rendimiento, sus componentes y otras variables determinadas durante el ciclo de cultivo. Finalmente, en la Figura 4 se ilustran los rendimientos, con sus desvíos y significancia estadística.

Tabla 3: Evaluación cuantitativa y cualitativa de nodulación. *Tratamientos biológicos de aplicación foliar en soja. INTA Pergamino, campaña 2025/26.*

T	Tratamientos	Número Nódulos (1)	Tamaño nódulos (2)	Localización (3)	Funcionalidad (4)
	Pergamino soja				
T1	Raisan MoCo semilla	4	4	5	4
T2	Raisan semilla	4	3	3	4
T3	Raisan 12,5	4	3	4	3
T4	Testigo	3	4	3	3
	R ² vs rend	0,00	0,41	0,50	0,05

Escala de colores: 1: rojo, 2: naranja, 3: amarillo, 4: verde claro, 5: verde oscuro.

1: rojo	2: naranja	3: amarillo	4: verde claro	5: verde oscuro
---------	------------	-------------	----------------	-----------------

Número de nódulos: 1: nulo, 2: escaso, 3: medio, 4: alto, 5: muy alto.

Tamaño: 1: muy pequeños, 2: pequeños, 3: tamaño medio, 4: tamaño grande, 5: tamaño muy grande.

Localización: 1: totalmente en raíces secundarias, 2: mayormente en raíces secundarias, 3: distribución equitativa raíz principal: raíz secundaria, 4: mayormente en raíz primaria, 5: nódulos totalmente localizados en raíz principal.

Funcionalidad: 1: tonalidad completamente verde o marrón, 2: tonalidad mayormente verde o marrón, 3: tonalidad diversa, 4: tonalidad mayormente rojiza, 5: tonalidad rojiza en la totalidad de los nódulos.

Tabla 4: Altura de planta (cm), contenido de N estimado por Spad, NDVI por Green seeker, cobertura e intercepción, calificación del vigor, stand final de plantas, número de nudos y vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. *Tratamientos de bioestimulación sobre semilla y canopeo de soja. Pergamino, campaña 2025/26.*

T	Tratamientos	Altura de plantas	NDVI Green seeker	Spad	Vigor	Intercepción (%)
T1	Raisan MoCo semilla	72	0,82	46,1	3,9	90,1
T2	Raisan semilla	73	0,82	45,5	3,7	92,0
T3	Raisan 12,5	72	0,80	46,7	3,7	92,7
T4	Testigo	71	0,81	45,4	3,3	88,0
	R ² vs rend	0,00	0,07	0,65	0,37	0,04

T	Tratamientos	Nudos planta ⁻¹	Vainas planta ⁻¹	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG	PG
T1	Raisan MoCo semilla	17	48	4901,1	2935	167
T2	Raisan semilla	16	54	4545,8	2706	168
T3	Raisan 12,5	16	55	4805,2	2843	169
T4	Testigo	16	58	4582,8	2794	164
	R ² vs rend	0,05	0,47		0,88	0,13
	P=			0,08		
	CV (%)			4,18		

R4 (vaina de máximo tamaño) de acuerdo a la escala de Fehr y Caviness, 1974.

Índice de Vigor: Según escala 1: mínimo – 5: máximo. Evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.

Intercepción: evaluado cómo % de la radiación máxima incidente.

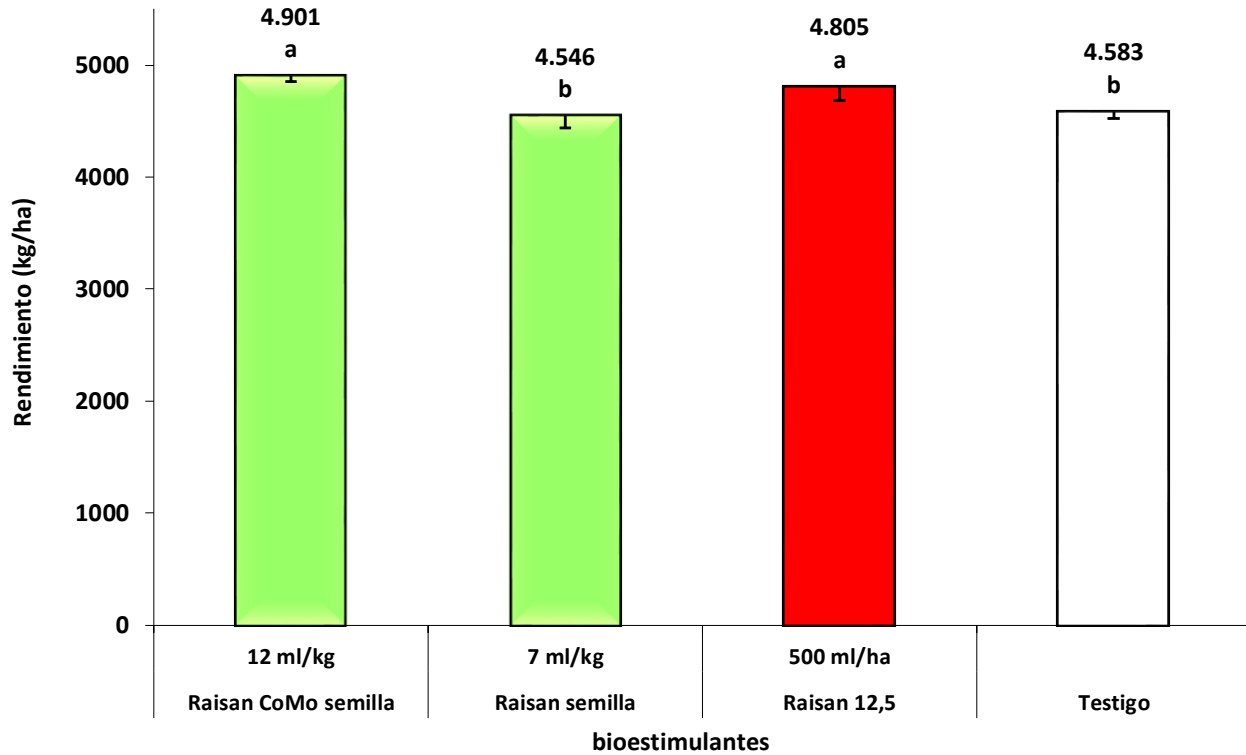


Figura 4: Rendimiento de grano según tratamientos sobre semilla o de aplicación foliar en soja. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (DCG $\alpha=0,10$, PCALT 281 kg ha⁻¹). Las barras de error señalan la desviación standard de la media. INTA EEA Pergamino, campaña 2025/26.

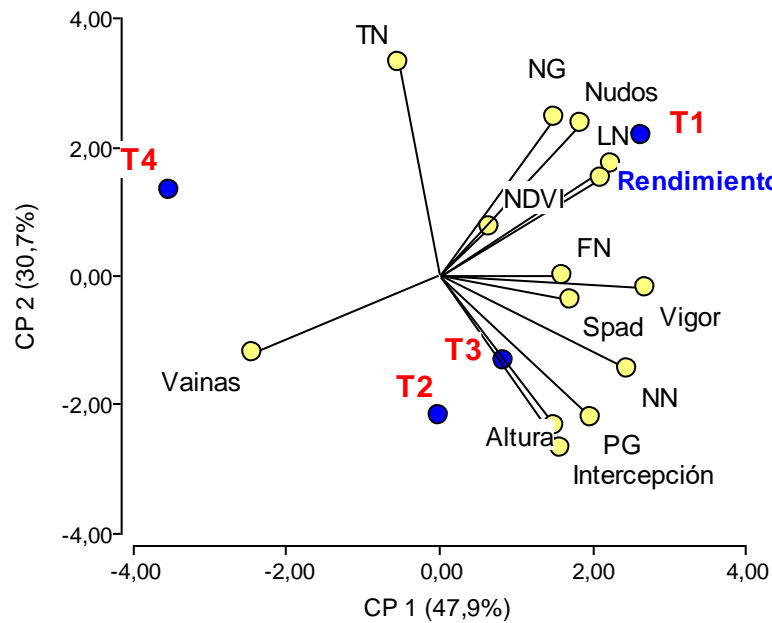


Figura 5: Relación entre variables y tratamientos mediante un análisis gráfico multivariado de componentes principales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los rendimientos del experimento alcanzaron un promedio de 4708,7 kg ha⁻¹, un rendimiento muy alto para la fecha de diciembre. El retorno de las lluvias en febrero y temperaturas benignas hasta final

de ciclo generaron un ambiente de alta producción. Las condiciones de llenado fueron excelentes, logrando alto peso de granos.

Los parámetros de suelo demuestran un ambiente fértil y productivo, pero con una severa extracción de nutrientes. Como es habitual en la región, los niveles de fósforo, azufre, zinc y boro fueron limitados. El crecimiento fue medio, con altura baja, entrenudos cortos, alto número de nudos, vainas y un buen llenado de granos.

La nodulación presentó un efecto variable sobre los tratamientos. Como tendencia central, los tratamientos sobre semilla mejoraron a los foliares y al testigo absoluto (Tabla 3), con un efecto muy interesante de Raisan MoCo sobre todos los parámetros, especialmente localización en raíz principal.

Se determinaron diferencias significativas en los rendimientos ($P=0,08$; $cv=4,1\%$). Los mejores resultados se obtuvieron con Raisan MoCo sobre semilla y RaiSan 12.5 foliar. Ambos mejoraron la performance del testigo y del tratamiento RaiSan semilla. En el caso de RaiSan MoCo se sugiere un efecto de los micronutrientes sobre la nodulación y la fijación biológica de nitrógeno. En cambio, la aplicación foliar podría haber contribuido a una mejor tolerancia del largo período sin precipitaciones registrado durante enero.

Un análisis gráfico multivariado de componentes principales muestra que el eje “x” capturó un 47,9 % de la variación discriminando tratamientos y variables, mientras que el eje “y” explicó un 30,7 %, asociado principalmente a variables (Figura 5). Los puntos amarillos y autovectores representan las variables, y los puntos azules los tratamientos. Cuanto más agudo es el ángulo entre 2 vectores, más fuerte es la asociación positiva entre las variables que representan. La longitud del vector está asociada con la desviación standard de la variable: Cuando las longitudes de los vectores son equivalentes el gráfico sugiere contribuciones similares de las variables que representan. Los rendimientos presentaron una asociación positiva bien ajustada con localización de nódulos, nudos vaina⁻¹ y NG. T1 se ajustó en forma marcada a este patrón de comportamiento.

Como conclusión, se identificaron tratamientos que incrementaron los rendimientos y mejoraron parámetros de crecimiento y funcionalidad de las plantas. La respuesta a los bioestimulantes es específica, puede ser consolidada mediante la apropiada elección de la fuente, forma y momento de aplicación.

ANEXO: CONDICIONES DE APLICACIÓN.

Tabla 5: Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Pergamino V6	14 - enero - 17 hs	V6	40	55

Tabla 6: Condiciones ambientales durante la aplicación.

Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h ⁻¹)	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
Pergamino V6	S	SH	12,0	77	2,1 SE	0	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto. S: seco. SH: moderadamente seco. H: húmedo. dda: después de aplicación.

LITERATURA CONSULTADA

- Colet, F., Lindsey, A. J., Ortez, O., Lopez-Nicora, H. D., & Lindsey, L. E. (2025). Soybean yield response to biostimulant seed treatments in Brazil and the United States: A review. *Agronomy Journal*, 117(6), e70211.
- de F. Bueno, A., Hoback, W. W., Colmenarez, Y. C., Valmorbidia, I., Sutil, W. P., Zang, L. S., & Horikoshi, R. J. (2026). Advancements, Challenges, and Future Perspectives of Soybean-Integrated Pest Management, Emphasizing the Adoption of Biological Control by the Major Global Producers. *Plants*, 15(3), 366.

- Devi, K. N., Singh, T. B., Athokpam, H. S., Singh, N. B., & Shamurailatpam, D. (2013). Influence of inorganic, biological and organic manures on nodulation and yield of soybean ('Glycine max Merrill') and soil properties. *Australian journal of crop science*, 7(9), 1407-1415.
- Fischer, H., Marcondes de Almeida, J. E., Limberger, C., Harakava, R., Sato, M. E., Costa, V. A., ... & Baldo, F. B. (2023). The rise of bioinputs in the Brazilian agri-industry: trends, cases and hurdles. *Outlooks on Pest Management*, 34(3), 106-118.
- Franzoni, G., Bulgari, R., Florio, F. E., Gozio, E., Villa, D., Cocetta, G., & Ferrante, A. (2023). Effect of biostimulant raw materials on soybean (Glycine max) crop, when applied alone or in combination with herbicides. *Frontiers in Agronomy*, 5, 1238273.
- Medina, G. D. S., Nascimento, L. C. D., Stadnik, M. J., & Ramos, M. L. G. (2025). Innovative Farming Technique: The Use of Agricultural Bio-Inputs by Soybean Farmers in Brazil. *AgriEngineering*, 7(12), 416.
- Medina, G. D. S., Silveira, F. A. D., Freitas, E. M. D., Resende, V. H. S., & Martins, É. D. S. (2026). Agrochemicals and Biological Inputs in Soybean Farms in Brazil: Cases of Substitutive, Incremental, and Alternative Uses. *Agrochemicals*, 5(1), 13.
- Melo, G. B., da Silva, A. G., da Costa, A. C., Alves da Silva, A., Rosa, M., Bessa, L. A., ... & Vitorino, L. C. (2024). Foliar Application of Biostimulant Mitigates Water Stress Effects on Soybean. *Agronomy*, 14(3), 414.
- Zandona, R. R., Pazdiora, P. C., Pazini, J. D. B., Seidel, E. J., & Ethur, L. Z. (2019). Chemical and biological seed treatment and their effect on soybean development and yield. *Revista Caatinga*, 32(2), 559-565.
- Zarei, I., Khah, E. M., Mohammadi, G., & Petropoulos, S. (2011). Assessment of growth and yield components following the application of different biological fertilizers on soybean ('Glycine max'l.) Cultivation. *Australian journal of crop science*, 5(13), 1776-1782.