



## **APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES Y FERTILIZANTES FOLIARES ORGÁNICOS EN SOJA EN UN SITIO SUBHUMEDO DEL SUDOESTE BONAERENSE**



**Autor:** Manuel Gutierrez

**Tutor:** Dr. Juan Manuel Martínez

**Consejeros:** Dr. Boris Vercellino

Mg. Roberto J. Kiessling

**Asesor externo:** Ing. Julio C. Medina

**Departamento de Agronomía**

**Universidad Nacional del Sur**

**Bahía Blanca, junio de 2025**

# Agradecimientos

A mis padres, Hugo Fernando Gutierrez y Marianela Medina quienes me dieron la oportunidad de estudiar y me acompañaron en todo momento.

A mi familia por apoyarme durante estos 7 años.

A mis amigos de la infancia y a los que fui conociendo durante la carrera, que estuvieron durante todo este camino, y con quienes compartí momentos inolvidables.

Al Centro de Estudiante de Agronomía (CEA), por su dedicación hacia los alumnos, al departamento y a la cultura, por toda la gente linda que conocí y por todo el trabajo y aprendizaje que tuvimos durante estos 3 años juntos.

A mi tutor Juan Manuel Martínez, por su compromiso y predisposición, y a Roberto Kiessling y Boris Versellino que también formaron parte de este trabajo.

A mi tutor externo Julio Medina, que me otorgo las herramientas y los conocimientos necesarios para realizar este ensayo.

A los profesores de Agronomía y al departamento, por brindarme las herramientas para aprender.

A la Universidad Nacional del Sur, por permitirme estudiar y aprender.

# Índice de tablas

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabla 1. Propiedades edáficas del suelo previo a la siembra de soja</i>            | <u>16</u> |
| <i>Tabla 2. Diseño experimental en bloques completos al azar.</i>                     | <u>17</u> |
| <i>Tabla 3. Variables del cultivo.</i>                                                | <u>19</u> |
| <i>Tabla 4. Medidas resumen de las variables de planta de todos los tratamientos.</i> | <u>23</u> |
| <i>Tabla 5. Relación entre parámetros</i>                                             | <u>32</u> |

# Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 1. Evolución de la superficie sembrada y la producción desde 1970 a 2024 (MAGyP, 2025).</i>                                                               | 9  |
| <i>Figura 2. Ciclo fenológico de la soja. Tomado de Kantolic et al. (2003).</i>                                                                                     | 11 |
| <i>Figura 3. Franjas longitudinales de adaptación de los grupos de madurez de soja en Argentina.</i>                                                                | 12 |
| <i>Figura 4. Ubicación geográfica del establecimiento en el sudoeste bonaerense.</i>                                                                                | 15 |
| <i>Figura 5. Temperatura y precipitaciones medias históricas (1991-2020) para el partido de Guamini (SMN).</i>                                                      | 16 |
| <i>Figura 6. Precipitaciones medias históricas (1947-2023) y precipitaciones mensuales en el ciclo del cultivo (2023-2024)</i>                                      | 21 |
| <i>Figura 7. Temperatura media mensual, media máxima mensual, media mínima mensual del año de estudio y la temperatura media histórica</i>                          | 22 |
| <i>Figura 8. Producción de materia seca total (MST) de soja en cada tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i> | 23 |
| <i>Figura 9. Rendimiento en grano (REND) según tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>                     | 24 |
| <i>Figura 10. Cantidad de vainas por planta en los distintos tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>       | 25 |
| <i>Figura 11. Plantas por metro cuadrado (Pl/m<sup>2</sup>). Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>                     | 26 |
| <i>Figura 12. Cantidad de vainas por metro cuadrado (Vainas/m<sup>2</sup>). Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>      | 27 |
| <i>Figura 13. Número de granos por vaina (granos/vaina). Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>                         | 28 |
| <i>Figura 14. Número de granos por metro cuadrado (granos/m<sup>2</sup>). Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>        | 29 |
| <i>Figura 15. Peso de mil granos (PMG). Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>                                          | 30 |
| <i>Figura 16. Proteína en grano (%). Letras diferentes indican diferencias significativas (<math>p&lt;0,05</math>).</i>                                             | 31 |
| <i>Figura 17. Relación entre parámetros (REND y Vainas/m<sup>2</sup>)(REND y Pl/m<sup>2</sup>)</i>                                                                  | 32 |

# Índice general

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| Agradecimientos                              | 2  |
| Índice de tablas                             | 3  |
| Índice de Figuras                            | 4  |
| Índice general                               | 5  |
| Resumen                                      | 7  |
| Introducción                                 | 8  |
| Origen del cultivo                           | 8  |
| Descripción morfológica                      | 9  |
| Desarrollo fenológico                        | 11 |
| Requerimientos nutricionales y fertilización | 13 |
| Hipótesis                                    | 14 |
| Objetivo                                     | 14 |
| Materiales y Métodos                         | 15 |
| Sitio de estudio                             | 15 |
| Diseño experimental                          | 17 |
| Barbecho                                     | 18 |
| Siembra                                      | 18 |
| Pre-emergencia                               | 18 |
| Pre-siembra                                  | 18 |
| Resiembra                                    | 18 |
| Post-emergencia                              | 18 |
| Muestreo de material vegetal                 | 19 |
| Análisis estadístico                         | 20 |
| Resultados y Discusión                       | 20 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Caracterización meteorológica _____                             | 20 |
| Estadística descriptiva del ensayo _____                        | 22 |
| Producción de materia seca total aérea _____                    | 23 |
| Rendimiento de grano _____                                      | 24 |
| Componentes de rendimiento _____                                | 24 |
| Vainas por planta _____                                         | 24 |
| Plantas por metro cuadrado _____                                | 25 |
| Vainas por metro cuadrado _____                                 | 26 |
| Número de granos por vainas (Granos vaina <sup>-1</sup> ) _____ | 27 |
| Numero de granos por metro cuadrado _____                       | 28 |
| Calidad de la soja _____                                        | 29 |
| Peso de mil granos _____                                        | 29 |
| Proteína _____                                                  | 30 |
| Conclusiones _____                                              | 33 |
| Bibliografía _____                                              | 34 |

## Resumen

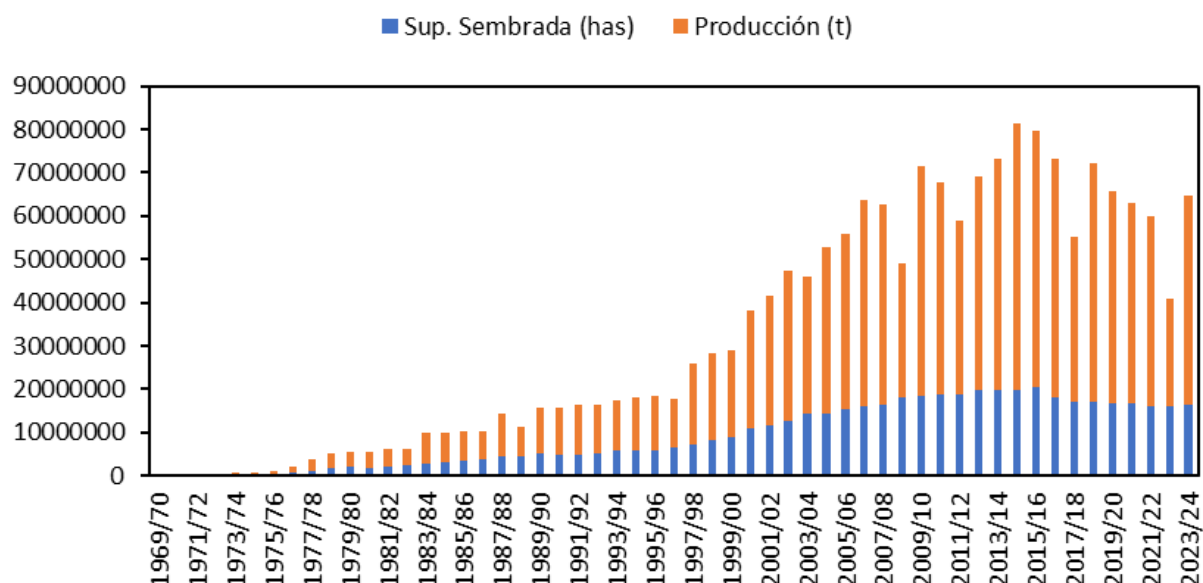
El cultivo de soja (*Glycine max* L. Merr.) es uno de los más importantes tanto a nivel nacional como internacional, siendo el principal complejo exportador y la principal fuente de ingreso de divisas de la Argentina. Los fertilizantes orgánicos y bioestimulantes son herramientas complementarias a los fertilizantes de síntesis química y, como ventaja, cuentan con una mayor provisión de nutrientes. En los últimos años, su utilización ha presentado un crecimiento sostenido a pesar de contar con pocas evidencias empíricas y/o científicas de su beneficio en condiciones de producción. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la aplicación foliar de biostimulantes y fertilizantes orgánicos aplicados en estadios avanzados sobre los componentes de rendimiento y calidad de soja en un sitio de la región subhúmeda del sudoeste de la provincia de Buenos Aires. El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “La Potranca” ubicado a 30 km de Carhué, provincia de Buenos Aires, desde diciembre de 2023 a mayo de 2024. Se utilizaron diferentes tipos de fertilizantes orgánicos y bioestimulantes: fertilizante desestresante FACyT ® (T1), bioactivador Evolutio ALZ ® (T2), *bioactivador Evolutio ALZ ® + fertilizante foliar orgánico Powerfoil ALZ ® (T3)*, fertilizante foliar orgánico Powerfoil ALZ ® (T4). En este ensayo se observaron diferencias significativas en el rendimiento en grano, con T3 resultando en mayor rendimiento de soja. Los Bioestimulantes y fertilizantes orgánicos utilizados en este ensayo tuvieron una respuesta positiva influyendo en el rendimiento del cultivo, no así, en la calidad del mismo. Estudios futuros deberían explorar la respuesta de la aplicación bioestimulantes en ambientes con alta variabilidad climática, ya que su eficacia puede depender del contexto ambiental. Profundizar en este conocimiento permitirá avanzar hacia un manejo más preciso y eficiente de estas tecnologías.

# Introducción

## Origen del cultivo

La soja (*Glycine max* L. Merr.) es originaria de la parte oriental del continente asiático evolucionado a partir de la especie *Glycine soja* a través de mutaciones de características cualitativas y cuantitativas. La soja se menciona en la literatura antigua como uno de los cultivos de alto valor alimenticio ampliamente difundido en la China. En este país se le consideraba como uno de los cinco granos sagrados. Tanto el valor nutritivo como medicinal que se le atribuyó en épocas antiguas ha sido comprobado por los científicos modernos de nuestro siglo (Camacho 2018).

La introducción del cultivo de soja en Argentina fue a principios del siglo XX, pero su uso era meramente experimental ya que era un cultivo desconocido y con escasos canales de comercialización. A partir de la década del 70, con la introducción de nuevas variedades y tecnologías, el cultivo comenzó a ser más rentable. En la década de 1990, se produjo el crecimiento explosivo de la superficie sembrada con soja en el país, principalmente debido a la incorporación de cultivares transgénicos resistentes al herbicida glifosato, en conjunto con un nuevo paquete tecnológico, el cual incluía mejores productos químicos (herbicidas, plaguicidas, fertilizantes), el desarrollo de nueva maquinaria y la inclusión del sistema de labranza cero, conocido como siembra directa (SD) (Jauregui, 2023). Por su parte, los sistemas de producción en la Región Pampeana han experimentado importantes cambios durante los últimos 15 años, donde existen grandes extensiones de suelo bajo SD con predominio de soja (Duval et al., 2015). Esta expansión de la soja implicó el corrimiento de la frontera agrícola hacia nuevas regiones (Cadenazzi, 2009). En la actualidad, sus derivados son los principales productos agrícolas de exportación y la Argentina es uno de los mayores productores y el principal exportador a nivel mundial de aceite y harina de girasol (Figura 1). El cultivo es el principal generador de divisas que ingresan al país, contribuyendo en un 28,1% con un total de 24.868 millones de dólares anuales (INDEC, 2023).



*Figura 1. Evolución de la superficie sembrada y la producción desde 1970 a 2024 (MAGyP, 2025)*

## Descripción morfológica

La soja es una planta herbácea anual de crecimiento determinado o indeterminado, es una leguminosa muy versátil, utilizada tanto para la producción de alimentos (como en la fabricación de aceite y tofu) como para otros usos industriales. El ciclo es primavera-verano-estival de 3 a 7 meses dependiendo del grupo de madurez, puede alcanzar una altura de entre 0,5 a 1,5 metros, dependiendo de las condiciones de cultivo. Tiene un tallo erecto, ramificado y cubierto por pelos finos que le dan una textura suave. El sistema radicular profundo le permite acceder a agua y nutrientes en el suelo.

**Hojas:** presenta tres tipos diferentes de hojas, las primeras que emergen son los cotiledones que son hojas modificadas como órganos de reserva, aparecen de manera opuesta en el tallo justo por debajo del primer nudo correspondiente a las hojas unifoliadas. Este es el único nudo con hojas unifoliadas y opuestas. A partir del segundo nudo todas las hojas serán trifoliadas que presentan formas ovaladas o lanceoladas, angostas o anchas, según la variedad y aparecerán de manera alternas en lados opuestos del tallo.

Flores: nacen en racimos axilares, son de color blanco o púrpura, posee una estructura floral papilionácea característica de la familia fabáceas. La anatomía floral consiste en un cáliz tubular compuesto por cinco sépalos con lóbulos desiguales. La corola está dividida en cinco partes, formada por un pétalo posterior en forma de bandera, dos pétalos laterales en forma de alas y dos pétalos anteriores en forma de quilla que están en contacto, pero no fusionados. Dentro del androceo, hay diez estambres dispuestos en un patrón diadelfo. Nueve estambres tienen los filamentos fusionados y elevados como una única estructura, mientras que el estambre posterior permanece separado. El gineceo está compuesto por un pistilo unicarpelar, que alberga de uno a cuatro óvulos campilotrópos que se alternan a lo largo de la sutura posterior. El estilo, aproximadamente la mitad de la longitud del ovario, se curva hacia atrás hacia el estambre posterior libre y termina en un estigma capitado. Los tricomas están presentes en el pistilo y cubren las superficies externas del tubo del cáliz, la bráctea y las bractéolas, pero están ausentes en los pétalos y estambres.

Vainas: El número de vainas dentro de una sola inflorescencia de soja oscila entre 2 y más de 20, y una sola planta puede producir hasta 400 vainas. Cada vaina suele contener de una a cinco semillas, y los cultivares más comunes suelen tener dos o tres semillas por vaina. La forma de las vainas de soja es predominantemente recta o ligeramente curvada y su longitud varía de menos de 2 cm a 7 cm o más en ciertos cultivares. Las vainas maduras exhiben un espectro de colores, que incluyen amarillo claro, amarillo grisáceo, marrón o negro. La coloración de las vainas está influenciada por la presencia de pigmentos de caroteno y xantofila, el color de los tricomas y la presencia o ausencia de pigmentos de antocianina.

Semillas: posee color que va desde el amarillo, el verde, el marrón hasta el negro y pueden mostrar patrones monocromáticos, bicolors o abigarrados, Los pigmentos dentro de la cubierta de la semilla comprenden antocianinas que se encuentran en la vacuola, clorofila dentro de los plastos y diversos productos de degradación. Las variedades comerciales tienen un índice de semillas que varía entre 120 y 200 gramos por 1000 semillas dependiendo de la humedad, temperatura y fertilidad del suelo durante el crecimiento de las plantas.

En la Figura 2, se observa el ciclo fenológico de la soja de la soja, con una fase vegetativa y una reproductiva, donde se forman los distintos parámetros de cosecha y calidad del cultivo.

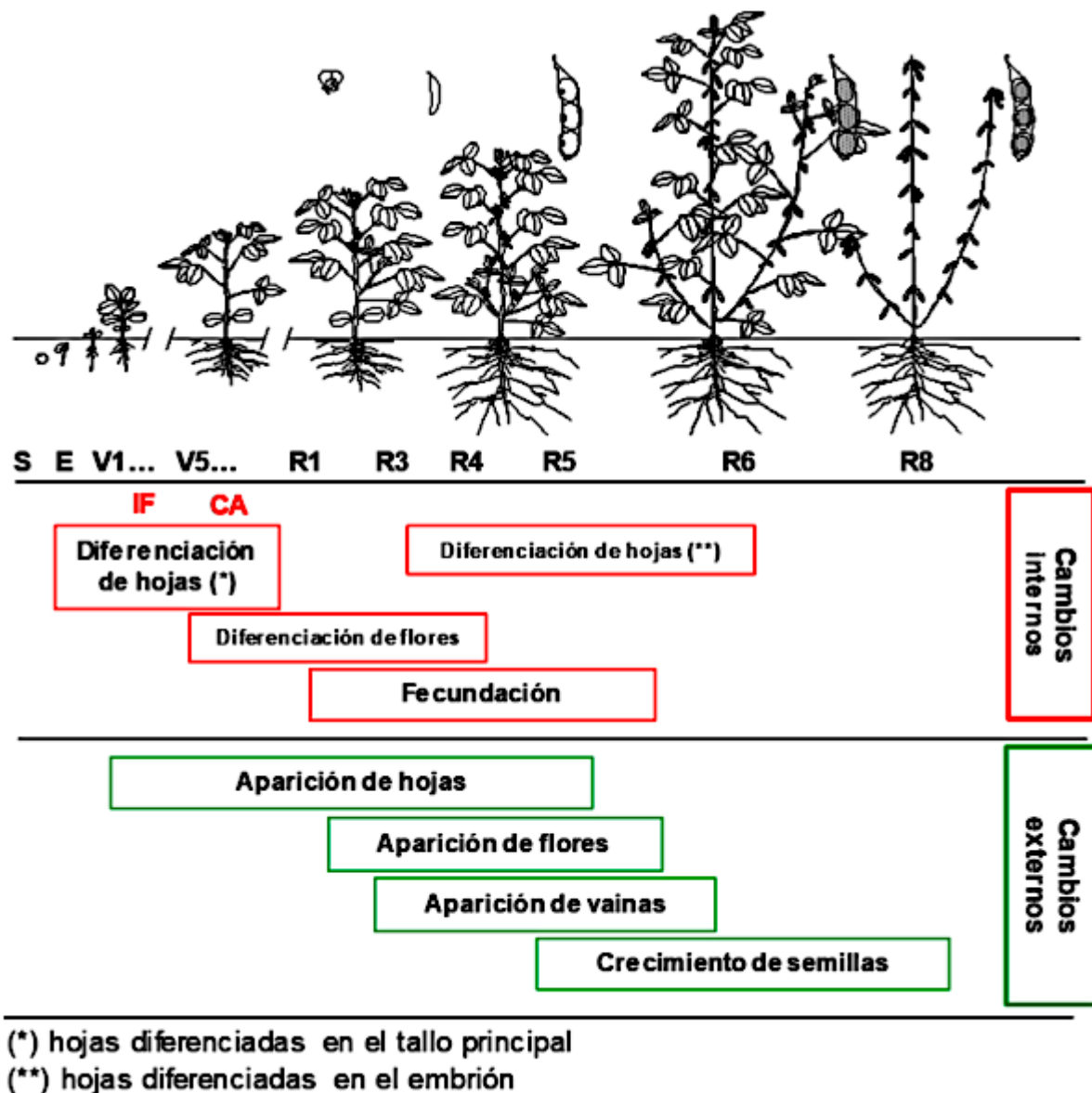


Figura 2. Ciclo fenológico de la soja. Tomado de Kantolic et al. (2003).

## Desarrollo fenológico

### ❖ Habito de crecimiento (HC):

Existen dos tipos generales de crecimiento: el de crecimiento determinado y el crecimiento indeterminado. En el crecimiento determinado el tallo termina en un racimo floral que más tarde da origen a un racimo de vainas. En el tipo

indeterminado el tallo termina en un crecimiento vegetativo. Otra característica que se considera para diferenciar los dos tipos de crecimiento es el tiempo que las plantas duran produciendo flores y vainas. Con este criterio, se considera determinadas las que producen todas las flores en un tiempo relativamente corto pudiéndose observar solamente flores solamente vainas en la planta; las que se consideran indeterminadas producen vainas y flores simultáneamente pudiéndose observar flores en la parte superior de la planta y vainas en estado avanzado de desarrollo en la parte inferior.

### ❖ Longitud del ciclo:

La soja es muy sensible al fotoperíodo y esta sensibilidad determina el área de adaptación y el período de maduración en las regiones templadas. Cada variedad requiere una longitud de día específica para florecer, por tal razón en los Estados Unidos las variedades se han clasificado en grupos de acuerdo a su precocidad; estos grupos se denominan: 000, 00, 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IV, V siendo el grupo 000 el más temprano y el V el más tardío. Variedades de los grupos de maduración precoz son aptas para las regiones del sur de Argentina y las de los grupos tardíos son apropiadas para las regiones del norte. La soja es considerada como planta de día corto. En el trópico, en donde el fotoperíodo es de aproximadamente 12 horas durante todo el año, todas las variedades florecen y lo hacen a una edad relativamente temprana.



*Figura 3. Franjas longitudinales de adaptación de los grupos de madurez de soja en Argentina.*

## Requerimientos nutricionales y fertilización

El cultivo de soja es uno de los más importantes a nivel mundial debido a su alto valor económico y su uso en la producción de aceites, harinas, y como proteína animal. Para obtener rendimientos óptimos, es esencial comprender los requerimientos nutricionales de la soja, que dependen de varios factores como las condiciones climáticas, el tipo de suelo, y el manejo agronómico.

La soja tiene la habilidad de captar nitrógeno (N) atmosférico a través de la fijación biológica simbiótica de bacterias del suelo del género *Rizobium*; sin embargo, no puede satisfacer completamente sus requerimientos de N. Al igual que ocurre con los demás nutrientes, cobra relevancia administrarlos en cantidades necesarias para que el cultivo pueda expresar su potencial. Por tal motivo, es de gran importancia cubrir los requerimientos nutricionales para optimizar el uso del recurso más limitante y de esta manera incrementar la producción y calidad de los granos. Debido a ello, en los últimos años se ha comenzado a estudiar el efecto de la absorción de nutrientes mediante fertilización foliar (Mousegne, 2004).

El uso de los bioestimulantes en la agricultura está en aumento, con su uso no se pretende reemplazar a la fertilización química sino complementarla ya que estimulan los procesos naturales para mejorar la absorción y la eficiencia de nutrientes repercutiendo de forma positiva en el rendimiento y calidad de las cosechas. Además, estimula el desarrollo vegetal y confiere a las plantas resistencia ante distintas situaciones de estrés ocasionados por condiciones climáticas adversas como también por efectos secundarios de herbicidas (Cardozo 2020). Esta práctica ha sido evaluada principalmente en el cultivo de soja (Ferraris y Couretot, 2004). Los bioestimulantes de plantas incluyen diversas sustancias y microorganismos que pueden mejorar el crecimiento de las plantas (Pautasso, 2021). Los fertilizantes orgánicos son otra herramienta complementaria a los fertilizantes de síntesis química y como ventaja, cuentan con una mayor provisión de nutrientes. En los últimos años su utilización ha presentado un crecimiento sostenido, a pesar de contar con pocas evidencias empíricas y/o científicas en condiciones de producción (Pautasso, 2021).

## Hipótesis

La aplicación de bioestimulantes y fertilizantes orgánicos incrementa el desarrollo radicular y foliar, el número de vainas y el peso de los granos, lo que resulta en una mayor producción y calidad de la soja, siendo una alternativa de manejo de la nutrición del cultivo.

## Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación foliar de bioestimulantes y fertilizantes orgánicos aplicados en estadios avanzados sobre los parámetros de rendimiento y calidad de grano de soja en un sitio de la región subhúmeda del sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

# Materiales y Métodos

## Sitio de estudio

El ensayo se realizó en el establecimiento “La Potranca”, ubicado en la provincia de Buenos Aires, más específicamente en el partido de Guaminí a 30 km de la localidad de Carhue (Figura 3). El partido de Guaminí se encuentra al sud oeste de la provincia de Buenos Aires. Tiene clima templado, con temperatura media anual de 15°C, con enero como el mes más cálido con una temperatura promedio de 22°C y julio el mes más frío con una temperatura promedio de 7°C. Las precipitaciones medias varían desde los 750 mm a los 800 mm anuales, principalmente concentradas en dos épocas bien marcadas, una al final del verano-inicio del otoño y otra a mediados de primavera (Figura 4). El periodo libre de heladas dura aproximadamente siete meses (desde principios de octubre a fines de abril), con casos extremos de heladas tempranas a principios de abril y/o heladas tardías en noviembre (SMN, 2024).

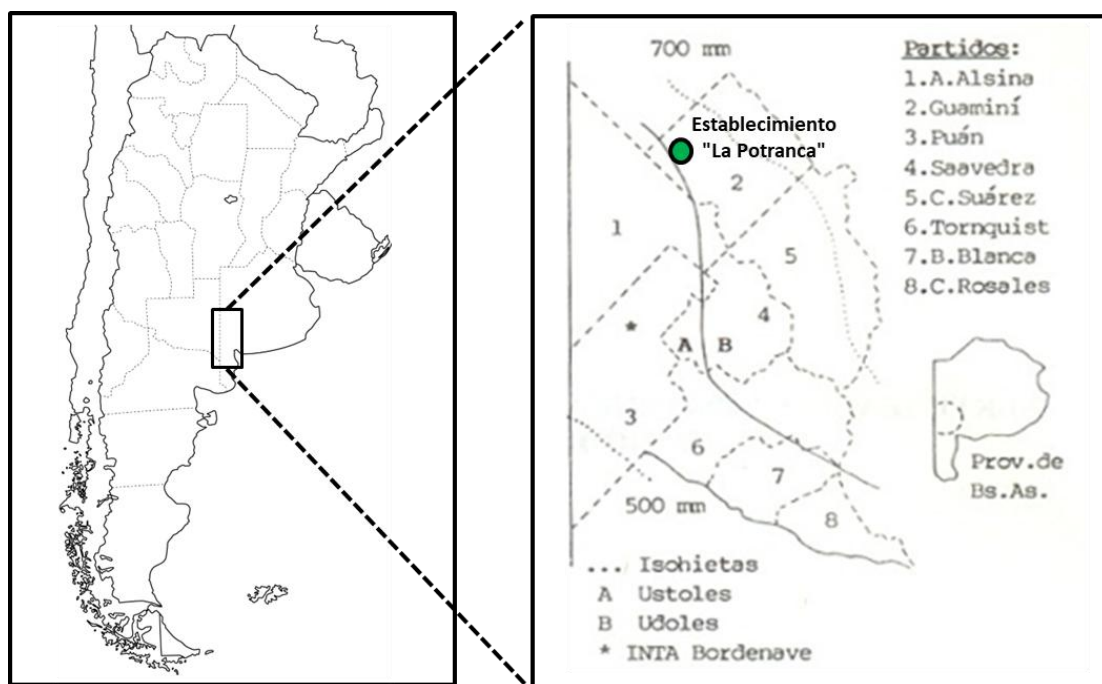


Figura 4. Ubicación geográfica del establecimiento en el sudoeste bonaerense.

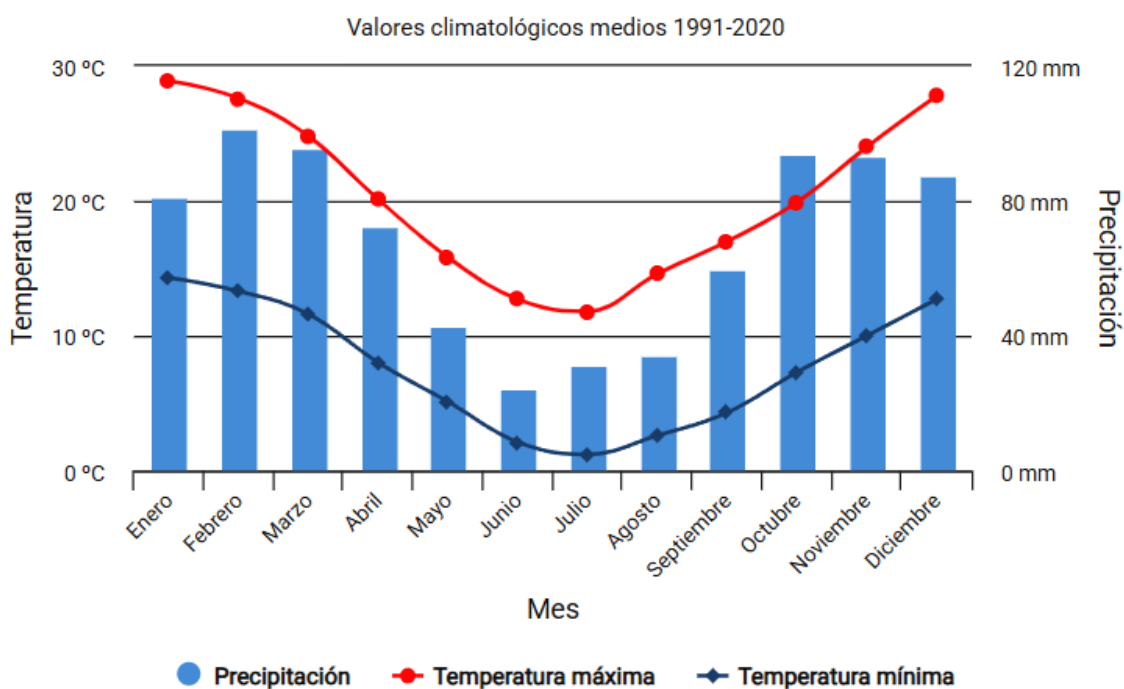


Figura 5. Temperatura y precipitaciones medias históricas (1991-2020) para el partido de Guaminí (SMN).

El suelo del establecimiento se encuentra ubicado sobre planicies arenosas, en el este del partido de Guaminí. El orden del suelo corresponde a los Molisoles y su clasificación particular es Haplustol entico (Soil Taxonomy, 2015). Esto hace referencia a que es un suelo con poco desarrollo, con escasa o ninguna evidencia de horizontes genéticos, las precipitaciones son estacionalmente marcadas en primavera-verano (Soil Taxonomy, 2015). En cuanto a las propiedades edáficas, se tomaron muestras compuestas de suelo en presiembra del cultivo donde se determinó propiedades físicas y químicas para clasificar la fertilidad (Tabla 3).

Tabla 1. Propiedades edáficas del suelo previo a la siembra de soja

| prof.(cm) | MO<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | pH  | Pe<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | N-NO <sub>3</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------|-----------------------------|-----|------------------------------|---------------------------------------------|
| 0-20      | 30                          | 6,4 | 7                            |                                             |
| 0-60      |                             |     |                              | 273                                         |

MO, materia orgánica, Pe, fósforo extraíble, N-NO<sub>3</sub>, N inorgánico en forma de nitratos.

## Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones, en la cual cada parcela correspondía a un tratamiento diferente (Tabla 1). Se testearon cinco (5) tratamientos quedando en total 15 unidades experimentales. Los tratamientos detallados fueron:

- *Testigo sin aplicación (T0)*
- *Aplicación de fertilizante desestresante FACyT® (T1)*
- *Aplicación de bioactivador Evolutio ALZ® (T2)*
- *Aplicación de bioactivador Evolutio ALZ®+ fertilizante foliar orgánico Powerfoil ALZ® (T3)*
- *Aplicación de fertilizante foliar orgánico Powerfoil ALZ® (T4)*

*Tabla 2. Diseño experimental en bloques completos al azar.*

|            |    |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|----|
| Bloque I   | T2 | T3 | T4 | T1 | T0 |
| Bloque II  | T0 | T2 | T3 | T4 | T1 |
| Bloque III | T3 | T4 | T2 | T0 | T1 |

*Descripción y generalidades de los productos utilizados:*

- **FACyT®**: Es un fertilizante elaborado con macro y micronutrientes y enriquecido con sustancias orgánicas, recomendado especialmente para aplicar tras un periodo de estrés, estimulando la producción de clorofila dentro de las hojas tomando un color verde intenso (9-3-3-1,5S-0,02Zn-0,03Cu-0,1Fe, B, grado).
- **Powerfoil ALZ®**: Biofertilizante foliar. Compuesto por aminoácidos, ácidos fúlvicos, húmicos, fósforo, potasio y micronutrientes (6-0,7-8,1, grado).
- **Evolutio ALZ®**: bioactivador de origen francés compuesto por fracciones inertes de levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Contiene una gran variedad de minerales e hidratos de carbono que estimulan la actividad fotosintética promoviendo una mayor acumulación de fotoasimilados.

## Barbecho

El barbecho comenzó el día 15 de septiembre del 2023 con una pasada del carpidor (pie de pato). El 15 de octubre, se realizó la primera pulverización con herbicidas, con 2 L ha<sup>-1</sup> Glifosato, 30 g ha<sup>-1</sup> Clorimuron y 700 ml ha<sup>-1</sup> 2,4-D. En los 10 días posteriores, se realizó una pasada de carpidor como doble golpe para mejorar el control sobre las malezas más problemáticas, que fueron yuyo colorado (*Amaranthus sp*) y rama negra (*Conyza bonariensis*).

## Siembra

La siembra se realizó el 15 de noviembre de 2023 con una sembradora *Crucianelli*® (Gringa) de 16 surcos a 52 cm y un tractor Case Puma 230. El cultivar de soja utilizado fue *HB4 4423* de Bioceres semillas® y con la siembra se realizó una fertilización con 20 kg de microstar cmb bio.

## Pre-emergencia

En la aplicación realizada el día 16 de noviembre no solo teníamos como problemática las malezas, sino que también se observaron Tucuras (*Dichroplus sp*), por lo tanto, a la aplicación de herbicidas (2,5 L ha<sup>-1</sup> Glifosato, 400 ml ha<sup>-1</sup> 2,4-D) se le sumo Fipronil (30 cc ha<sup>-1</sup>) que es un insecticida de amplio espectro.

## Pre-siembra

Luego del siniestro que ocasionó la destrucción total del cultivo se realizó una aplicación (27 de diciembre) en pre-siembra donde se utilizó Glifosato (2,5 L ha<sup>-1</sup>), aceite metilado (0,6 L ha<sup>-1</sup>) y Expedition® (0,25 L ha<sup>-1</sup>). Este mismo, es un insecticida a base de sulfoxaflor y lambdacialotrina.

## Resiembra

Debido a un siniestro meteorológico (Granizo), que ocurrió el día 26 de diciembre, se tuvo que realizar una resiembra el día 2 de enero de 2024. Se utilizaron las mismas maquinarias y el mismo cultivar de soja que en la siembra.

## Post-emergencia

En post-emergencia se realizaron dos pulverizaciones, en la primera (30 de enero del 2024) se utilizó Bifentrin (200 ml ha<sup>-1</sup>), imidacloprid (40 ml ha<sup>-1</sup>) y aceite metilado

(600 ml ha<sup>-1</sup>) porque se observaron isocas (*Achida bifidalis*). La última aplicación se realizó el día 10 de marzo en estado fenológico R3 donde se aplicaron los productos correspondientes a cada tratamiento, acompañados de abamectina (0,2 L ha<sup>-1</sup>) por la presencia de Arañuela (*Tetranychus sp*).

### Muestreo de material vegetal

Se procedió a muestrear biomasa vegetal aérea luego de la madurez fisiológica (R8, Figura 2) el día 9 de mayo de 2024. Se tomaron 4 m lineales por parcela. Las muestras fueron llevadas a laboratorio para luego ser procesadas. Las variables del cultivo, abreviaturas, unidades, determinación y momento de las mismas se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Variables del cultivo.

| Variable                    |          | Abreviatura             | Unidades                    | Momento     | Determinación                                                          |
|-----------------------------|----------|-------------------------|-----------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------|
| Biomasa cosecha             | aérea    | MST                     | kg ha <sup>-1</sup>         | Postcosecha | Cosecha 4 m lineales                                                   |
| Plantas m <sup>-2</sup>     |          | Plant/m <sup>2</sup>    | PI m <sup>-2</sup>          | Postcosecha | Cosecha 4 m lineales                                                   |
| Rendimiento                 |          | REND                    | kg ha <sup>-1</sup>         | Postcosecha | Trilla de la MST                                                       |
| N° Vainas m <sup>2</sup>    |          | Vainas/m <sup>2</sup> c | Vainas m <sup>-2</sup>      | Postcosecha | Conteo 4 m lineales                                                    |
| Peso de mil granos          |          | PMG                     | G                           | Postcosecha | Conteo y pesaje                                                        |
| Granos m <sup>-2</sup>      |          | GRANm <sup>2</sup>      | granos m <sup>-2</sup>      | Postcosecha | Por cálculo<br>GRANm <sup>2</sup> =REND*100/<br>PMIL                   |
| Granos Vaina <sup>-1</sup>  |          | GRANVAINA               | granos vainas <sup>-1</sup> | Postcosecha | Por cálculo<br>GRANVAINA =<br>GRANm <sup>2</sup> / VAINAm <sup>2</sup> |
| Contenido en grano          | Proteína | PROT                    | %                           | Postcosecha | espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIR)             |
| Vainas planta <sup>-1</sup> |          | VAINASPL                | Vainas PI <sup>-1</sup>     | Postcosecha | Conteo                                                                 |

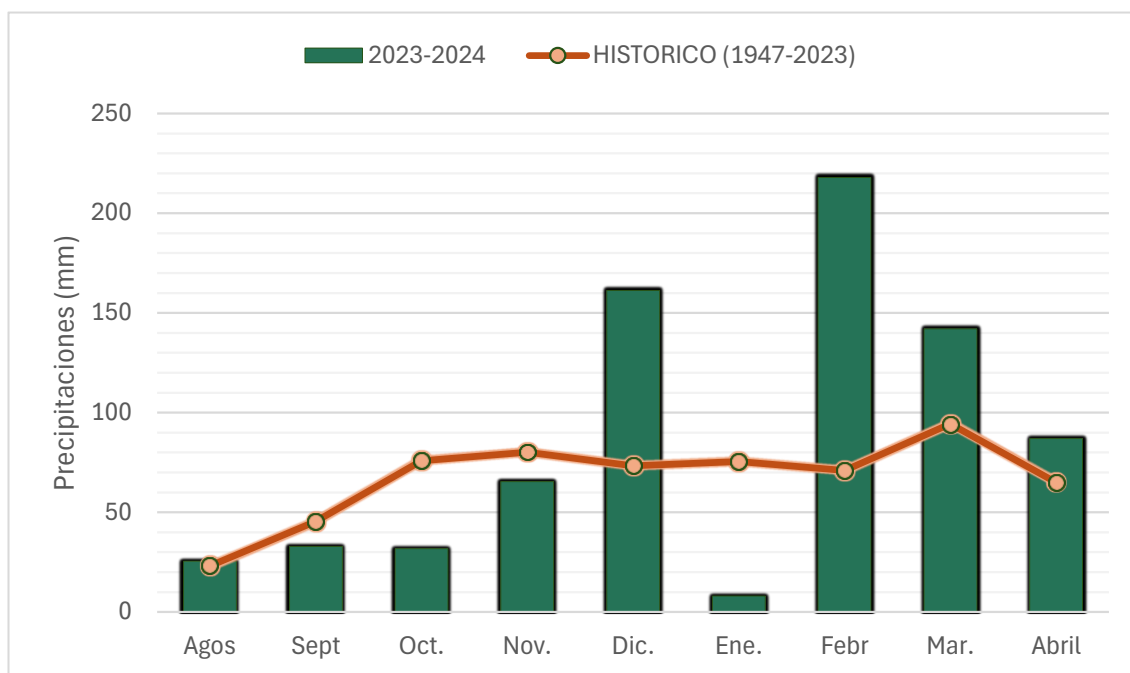
## Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de los distintos tratamientos sobre las variables de producción y calidad de soja se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), con comparación de medias por diferencias mínimas significativas (DMS) de Fisher al 5%. Se realizaron correlaciones de Pearson ( $p < 0,05$ ) para evaluar la relación entre las variables de cultivo. Se realizaron regresiones lineales simples entre REND con Vainas/m<sup>2</sup> y REND con Pl/m<sup>2</sup>. Se utilizó el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2019).

# Resultados y Discusión

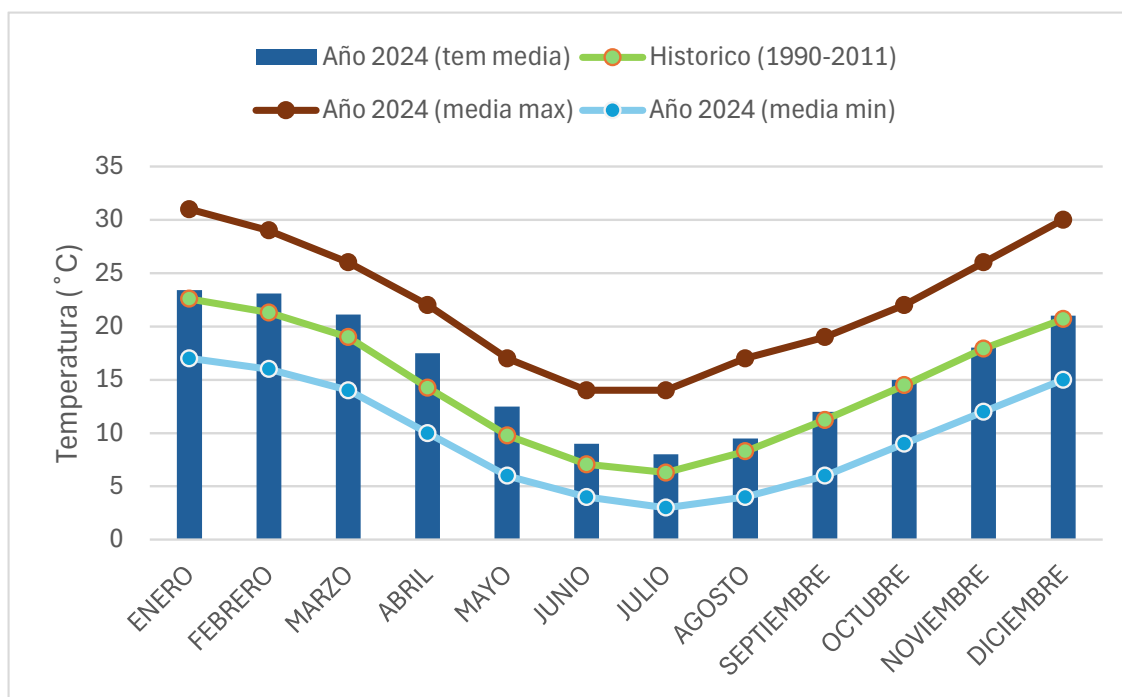
## Caracterización meteorológica

Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo (771 mm) fueron considerablemente más elevadas que la media histórica (604 mm) (Figura 6). Según Andreani (2006) un estrés hídrico entre VE-R1 (Figura 2) afecta la estructura de la planta y el área foliar, así también como la eficiencia de conversión, y aumenta el aborto de estructuras reproductivas, y puede generar una merma del 10% del REND. Mientras que, si el estrés ocurre entre R1-R5 puede reducir un 20% o más la producción de grano, provocado por el aborto de flores y vainas. En los meses de diciembre, febrero y marzo se presentaron picos de precipitaciones por encima de la media histórica, estos últimos meses mencionados coinciden con las etapas del cultivo (R1-R5) donde se incrementan los requerimientos hídricos, por lo que podemos sugerir que las precipitaciones no fueron una limitante y que el cultivo no presentó un periodo prolongado de estrés hídrico. Es importante remarcar que las necesidades de agua de los cultivos de soja varían entre 500 y 600 mm (Andriani, 2016), lo cual en el caso particular de este ensayo durante el ciclo del cultivo supera en un 40% a este valor.



*Figura 6. Precipitaciones medias históricas (1947-2023) y precipitaciones mensuales en el ciclo del cultivo (2023-2024)*

La temperatura controla la duración de las fases en soja, acelerando o retrasando el desarrollo (Hesketh et al., 1973; Jones et al., 1991; Cober et al., 2001; Setiyono et al., 2007). Para la mayor parte de las fases de desarrollo se ha estimado una a temperatura (T) base, por lo que debajo de la misma, el desarrollo es totalmente nulo; a medida que aumenta la temperatura por encima de la T base, la tasa de desarrollo aumenta hasta que se alcanza un óptimo, en la cual la tasa de desarrollo es máxima. Temperaturas mayores al optimo disminuyen la tasa de desarrollo hasta llegar a la máxima, donde el desarrollo es nulo. En general, las T cardinales (base, óptimas, máxima) tienden a disminuir a medida que avanza el ciclo (Setiyono et al., 2007). Como se observa en la Figura 7, la combinación de las temperaturas máximas de enero y la falta de precipitaciones en la misma fecha (Figura 6) pudo haber ocasionado algún tipo de estrés térmico. las temperaturas medias de los meses posteriores no alteraron el normal desarrollo del cultivo y siguieron una distribución similar a la media histórica.



*Figura 7. Temperatura media mensual, media máxima mensual, media mínima mensual del año de estudio y la temperatura media histórica*

## Estadística descriptiva del ensayo

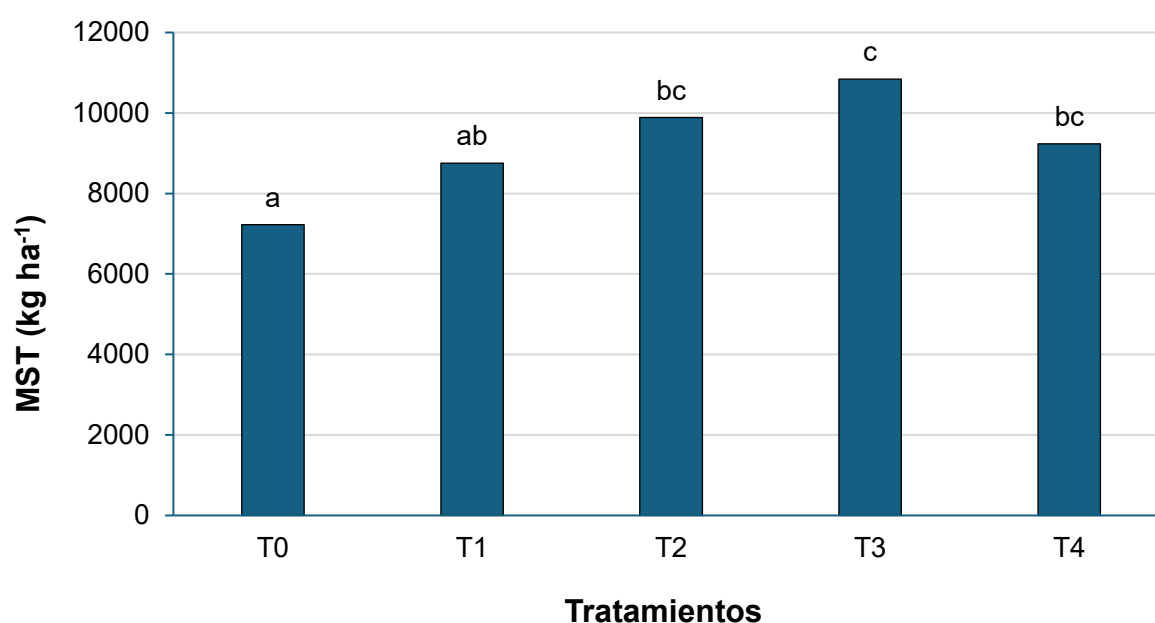
El rendimiento medio ( $4320 \text{ kg ha}^{-1}$ ) obtenido en el ensayo es bastante más elevado que el promedio regional en un año con condiciones meteorológicas normales (Guesalaga, 2023). Estos resultados en producción podrían adjudicarse a las elevadas precipitaciones en floración y llenado de grano que fueron bastante más elevadas que la media histórica del sitio (Figura 6). El contenido de proteína promedio se sitúa dentro de la categoría de baja proteína según Moraes et al. (2006). El PMG suele variar entre 153,1 y 169,6 gramos (Vazquez et al., 2012), por lo que podemos decir que los resultados obtenidos (157,1 g) se encuentran dentro del promedio.

*Tabla 4. Medidas resumen de las variables de planta de todos los tratamientos.*

| Variable                    | Media   | D.E.    | CV    | Mín  | Máx   | Mediana | Q1    | Q3    |
|-----------------------------|---------|---------|-------|------|-------|---------|-------|-------|
| MST (kg ha <sup>-1</sup> )  | 9189    | 1540,82 | 16,77 | 6096 | 11538 | 9596    | 8135  | 10423 |
| REND (kg ha <sup>-1</sup> ) | 4320    | 723,5   | 16,75 | 2865 | 5423  | 4510    | 3823  | 4899  |
| Vainas Planta <sup>-1</sup> | 79,59   | 8,76    | 11,01 | 62,6 | 98,6  | 79,5    | 75,6  | 82,4  |
| Plantas m <sup>-2</sup>     | 16,8    | 2,46    | 14,61 | 12   | 21    | 17      | 15    | 19    |
| Vainas m <sup>-2</sup>      | 1348    | 226,5   | 16,8  | 901  | 1704  | 1400    | 1218  | 1505  |
| Granos vaina <sup>-1</sup>  | 2,38    | 0,25    | 10,51 | 2    | 2,78  | 2,32    | 2,2   | 2,65  |
| Granos m <sup>-2</sup>      | 3177,13 | 473,59  | 14,91 | 2455 | 3891  | 3251    | 2506  | 3520  |
| PMG (g)                     | 157,14  | 8,77    | 5,58  | 144  | 176,5 | 159,5   | 149,7 | 162,5 |
| Proteína (%)                | 40,43   | 1,49    | 3,69  | 37,8 | 42,9  | 40,7    | 39,1  | 41,7  |

## Producción de materia seca total aérea

En la producción de MST se observaron diferencias significativas ( $p=0,0197$ ) entre tratamientos. En la Figura 8 se observa que todos los tratamientos mostraron aumentos en la producción de MST con respecto al testigo, siendo T3 (Evolutio+Powerfoil) el de mayor producción. Estos aumentos podrían deberse a que los bioestimulantes producen un aumento en el desarrollo vegetal y confieren una mayor capacidad de resiliencia ante situaciones de estrés (Du Jardin, 2015).



*Figura 8. Producción de materia seca total (MST) de soja en cada tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).*

## Rendimiento de grano

En cuanto al rendimiento del grano (Figura 9), se observaron diferencias significativas ( $p=0,0206$ ) entre tratamientos, con importantes incrementos en el rendimiento con la aplicación de bioestimulantes, en T2, T4 y T3, siendo el mayor REND para este último. Estos resultados se correlacionan con los datos obtenidos por Bertolin et al. (2010), donde llegó a la conclusión que los bioestimulantes aplicados en etapas reproductivas provoca un aumento en el rendimiento. También, son coincidentes a los hallados por Samudio Cardozo (2020), quien aplicó los bioestimulantes en etapas vegetativas y reproductivos favoreciendo incrementos en la producción.

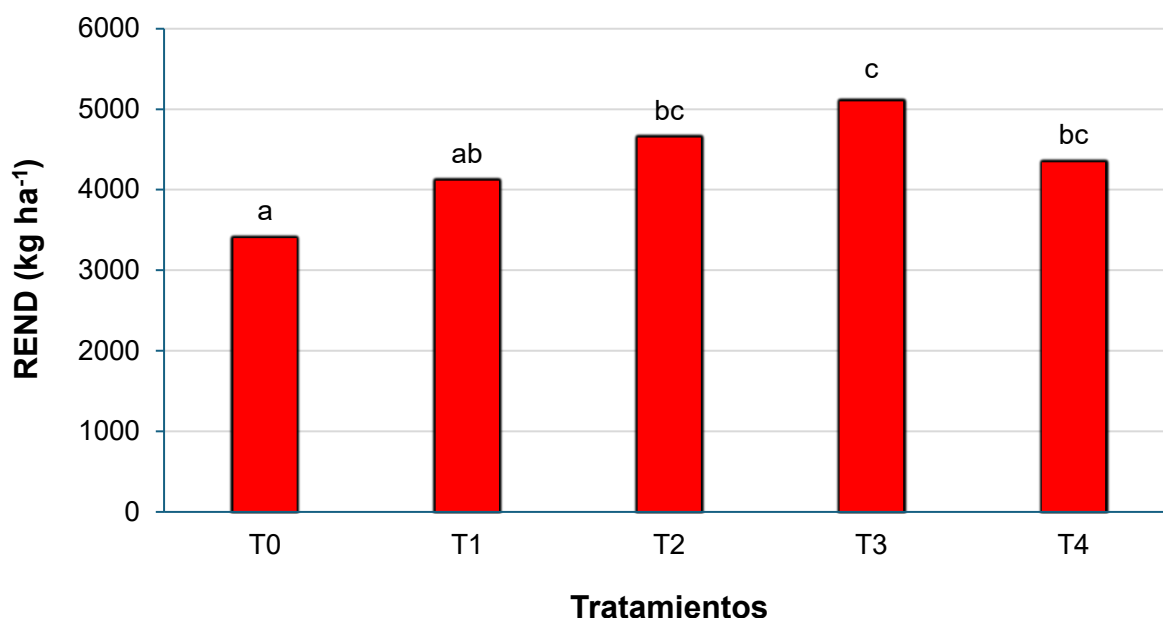


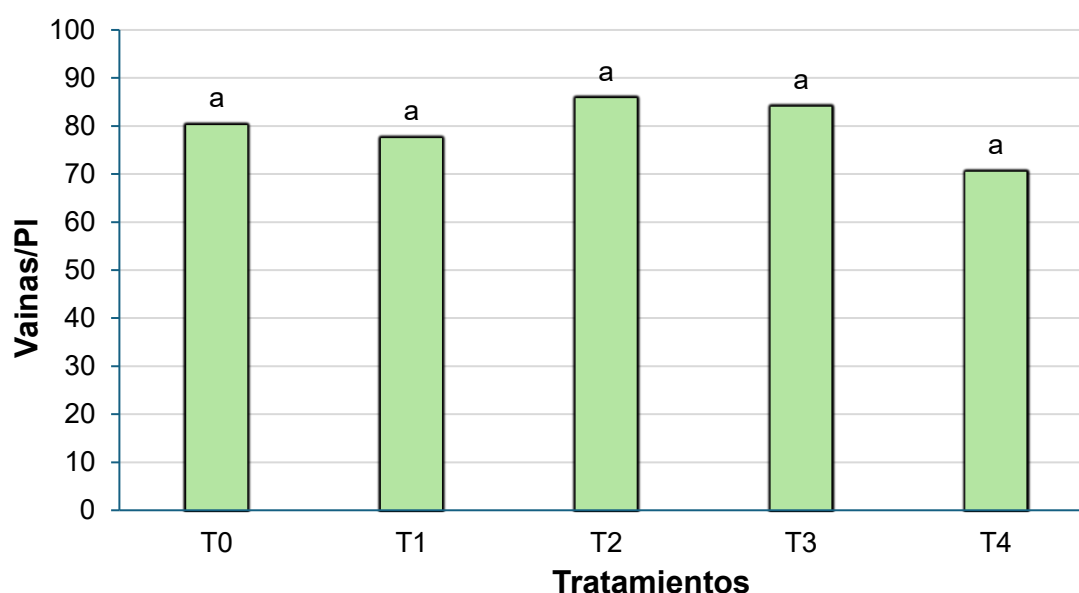
Figura 9. Rendimiento en grano (REND) según tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

## Componentes de rendimiento

### Vainas por planta

No se obtuvieron diferencias significativas ( $p=0,2216$ ) en el número de vainas por planta entre los tratamientos (Figura 10). Sin embargo, se observó una alta cantidad de vainas, oscilando entre 70 y 90 vainas por planta. Estos datos difieren con los

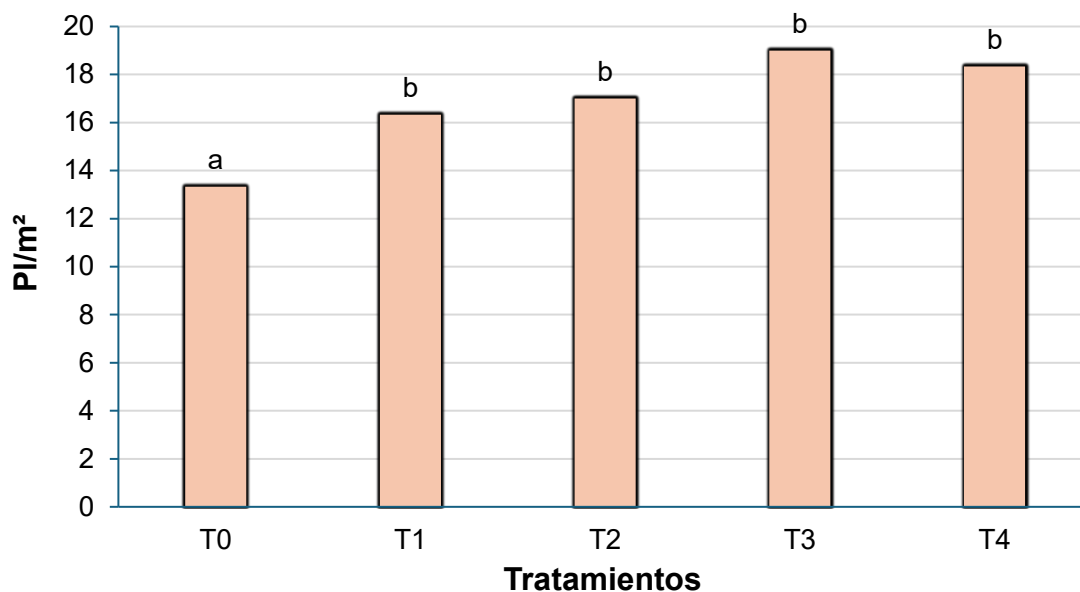
resultados obtenidos por Bertolin et al. (2010), quien evidenció un incremento en el número de vainas por planta con la aplicación de bioestimulantes.



*Figura 10. Cantidad de vainas por planta en los distintos tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.*

#### Plantas por metro cuadrado

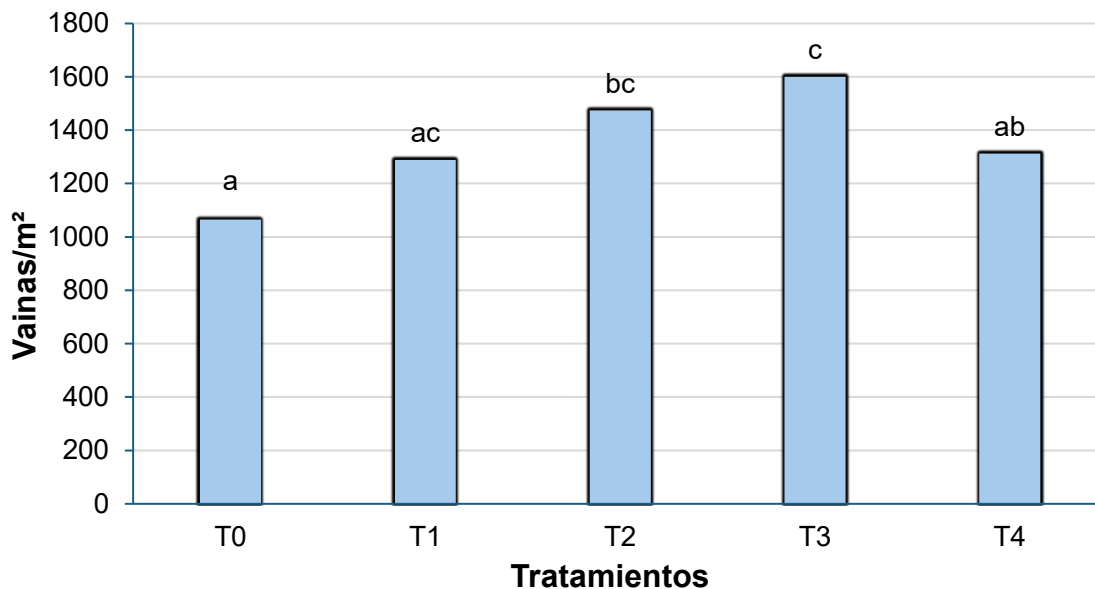
Con respecto a la cantidad de plantas por metro cuadrado se observaron diferencias significativas ( $P=0.0124$ ) entre los tratamientos (Figura 11). Estas diferencias pueden deberse a la combinación de diferentes tipos de estrés (bióticos y abióticos), lo que pudo llevar a la mortandad de las plantas más afectadas ocasionando una disminución de las mismas. En cuanto a los tratamientos, la aplicación de bioestimulantes pudo haber ayudado en la recuperación de la planta, ya que estos estimulan los procesos naturales para mejorar la absorción y eficiencia de nutrientes, la calidad del cultivo y la tolerancia al estrés, asegurando que las plantas presenten mejores condiciones y sean menos vulnerables a plagas (EBIC, 2021).



*Figura 11. Plantas por metro cuadrado (PI/m²). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.*

#### Vainas por metro cuadrado

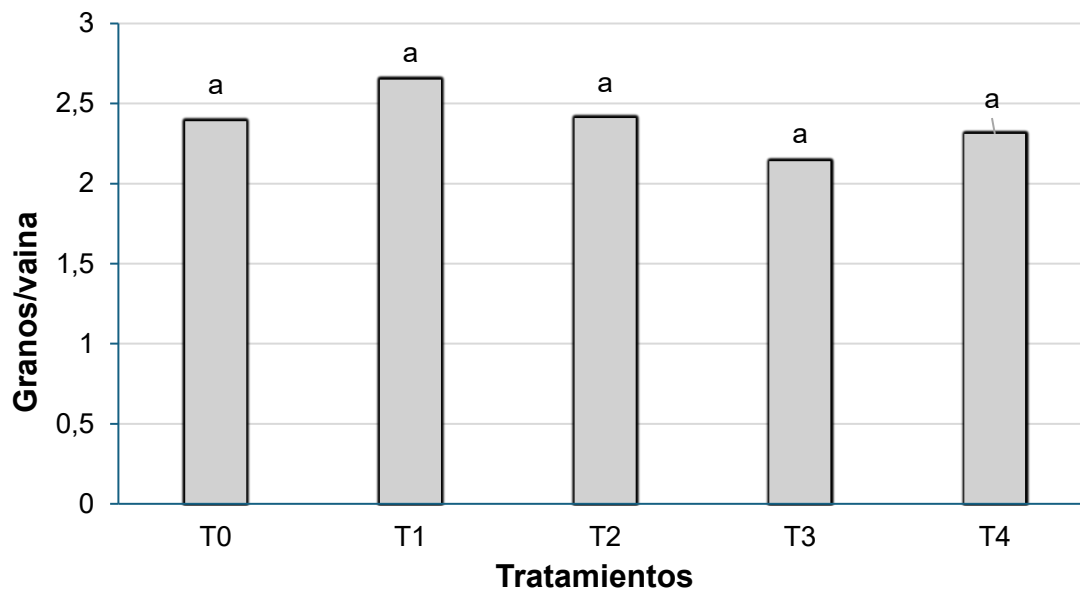
En la Figura 12 se puede observar que hubo diferencias significativas ( $P=0.0134$ ) entre tratamientos, siendo T3 quien presento el número más alto de vainas por metro cuadrado. Estos datos están relacionados a la cantidad de plantas por metro cuadrado, ya que en el número de vainas por planta no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).



*Figura 12. Cantidad de vainas por metro cuadrado (Vainas/m²). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.*

#### Número de granos por vainas (Granos vaina<sup>-1</sup>)

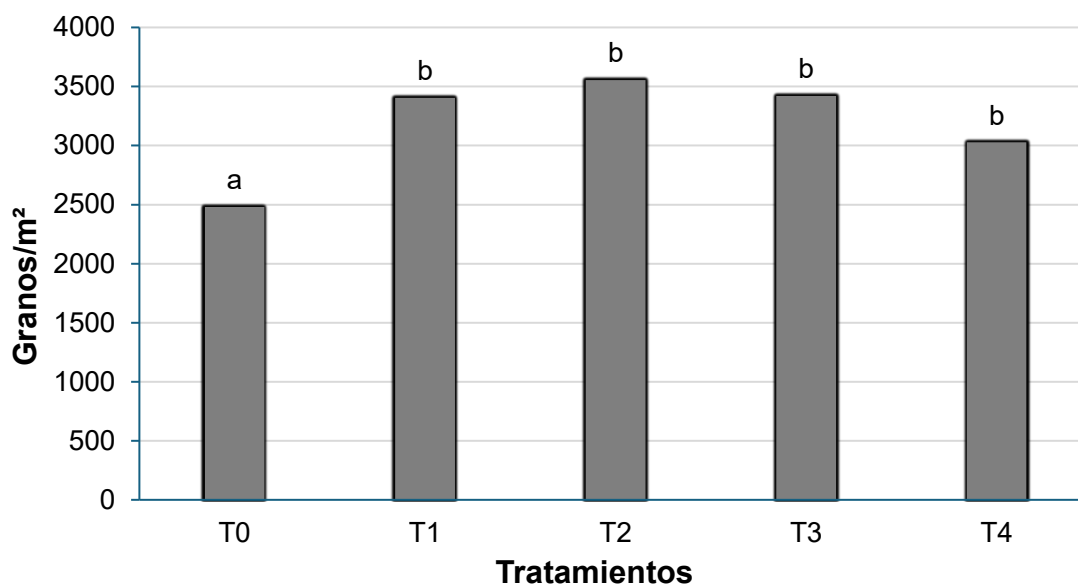
En la Figura 13 podemos observar que no hubo diferencias significativas ( $P=0,1407$ ) entre los tratamientos, estos datos coinciden con los resultados obtenidos por Samudio Cardozo (2020), quien no encontró diferencias en el número de granos por vaina con la aplicación de bioestimulantes. Esto está posiblemente asociado a que el número de granos por vaina es un carácter determinado genéticamente.



*Figura 13. Número de granos por vaina (Granos/vaina). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.*

#### Numero de granos por metro cuadrado

Como se puede observar en la Figura 14, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $p = 0,0071$ ). Estos resultados coinciden con los encontrados por Pautasso (2021), quien concluyó que la aplicación de bioestimulantes incremento el rendimiento, debido al incremento del número de granos por unidad de superficie. En este caso, todos los tratamientos mostraron efectos significativos diferenciándose del testigo.

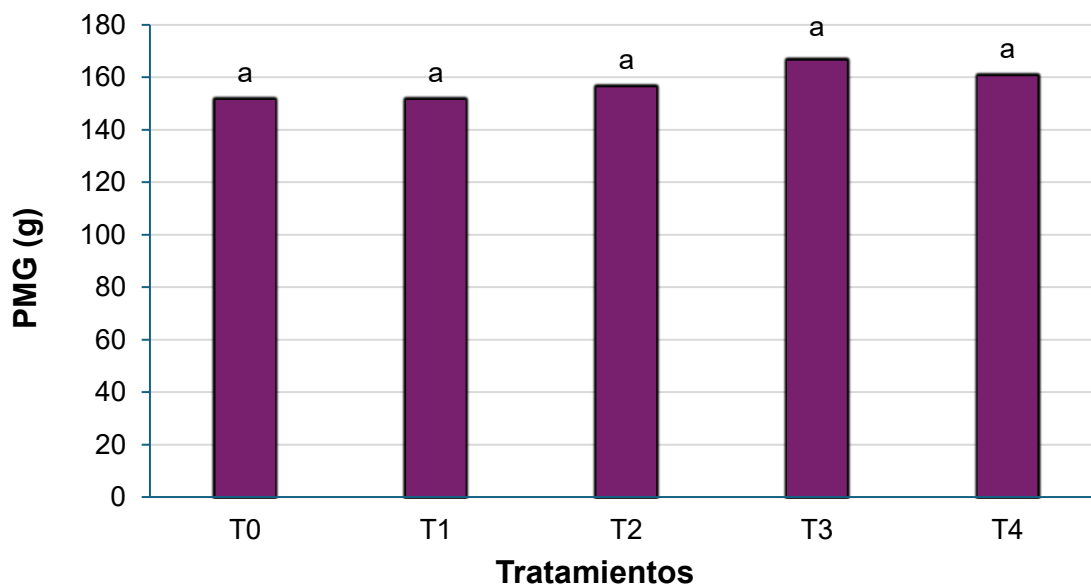


*Figura 14. Número de granos por metro cuadrado (granos/m²). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.*

## Calidad de la soja

### Peso de mil granos

Como se puede observar en la Figura 15, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p = 0,1538$ ). Estos datos coinciden con los resultados obtenidos por varios autores (Prieto et al., 2017, Albrecht et al., 2011, Bertolin et al., 2010), quienes no encontraron incrementos en el PMG con el uso de bioestimulantes de diversa composición.

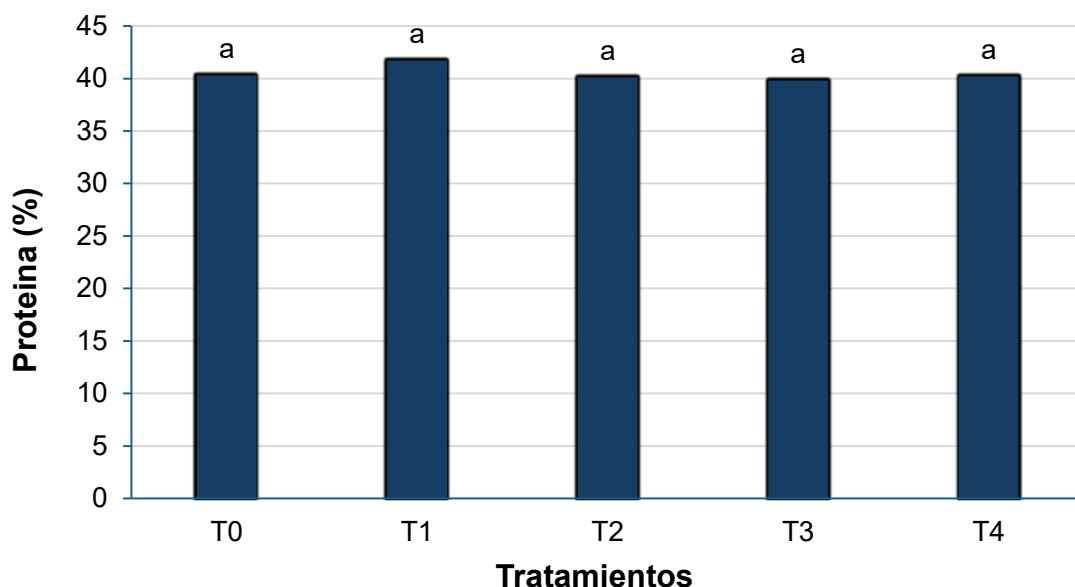


*Figura 15. Peso de mil granos (PMG). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.*

### Proteína

En la Figura 16 podemos observar que no hubo diferencias significativas ( $P=0,6203$ ) entre los tratamientos. Los valores medios de proteína son de alrededor de 40,4% lo cual concuerda con Brim (1973), quien indica que el porcentaje de proteína en la semilla de soja es alrededor de un 40%. Sin embargo, se sitúan por debajo de los valores obtenidos por Bertolin et al. (2010), quienes establecieron un rango de 43-51% proteína en ensayos con aplicación de bioestimulantes.

Según Bhatia y Rabson (1976), el contenido de proteína en soja podría incrementarse mejorando la absorción del N del suelo por la mayor eficiencia de las raíces, lo cual es un efecto ligado a los bioestimulantes en suelos con baja fertilidad nitrogenada (Ferrini y Nicese, 2002). En este caso, la elevada disponibilidad de  $N-NO_3$  en presembrado del cultivo podría haber afectado a esta nula respuesta en proteína.



*Figura 16. Proteína en grano (%). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.*

### **Relación entre los parámetros evaluados**

Se realizaron correlaciones de Pearson (Tabla 5). Se hallaron correlaciones significativas del REND con la mayoría de los componentes de rendimiento. Las variables que mejor explican el REND son, las Vainas  $m^{-2}$  y las Plantas  $m^{-2}$  (Figura 17). Estos resultados están en armonía con los efectos que producen los bioestimulantes en las plantas, donde estimulan el metabolismo y mejoran su resistencia a factores de estrés abióticos y bióticos, permitiendo un mejor desarrollo y con esto, un aumento en el rendimiento.

Tabla 5. Relación entre parámetros evaluados en soja.

|                       | REND         | Vainas/PI   | PI/m <sup>2</sup> | vainas/m <sup>2</sup> | granos/vaina | granos/m <sup>2</sup> | PMG  | Proteína |
|-----------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------|----------|
| REND                  | 1            |             |                   |                       |              |                       |      |          |
| Vainas/PI             | 0.42         | 1           |                   |                       |              |                       |      |          |
| PI/m <sup>2</sup>     | <b>0.80</b>  | -0.19       | 1                 |                       |              |                       |      |          |
| vainas/m <sup>2</sup> | <b>0.99</b>  | 0.49        | <b>0.76</b>       | 1                     |              |                       |      |          |
| granos/vaina          | <b>-0.55</b> | -0.007      | <b>-0.57</b>      | -0.52                 | 1            |                       |      |          |
| granos/m <sup>2</sup> | <b>0.77</b>  | <b>0.53</b> | 0.51              | <b>0.8</b>            | 0.08         | 1                     |      |          |
| PMG                   | <b>0.62</b>  | -0.14       | <b>0.76</b>       | <b>0.6</b>            | <b>-0.83</b> | 0.1                   | 1    |          |
| Proteína              | 0.11         | -0.22       | 0.24              | 0.09                  | -0.01        | 0.14                  | 0.08 | 1        |

Ver abreviaturas en Tabla 2. En negrita se encuentran las correlaciones significativas ( $p < 0,05$ ).

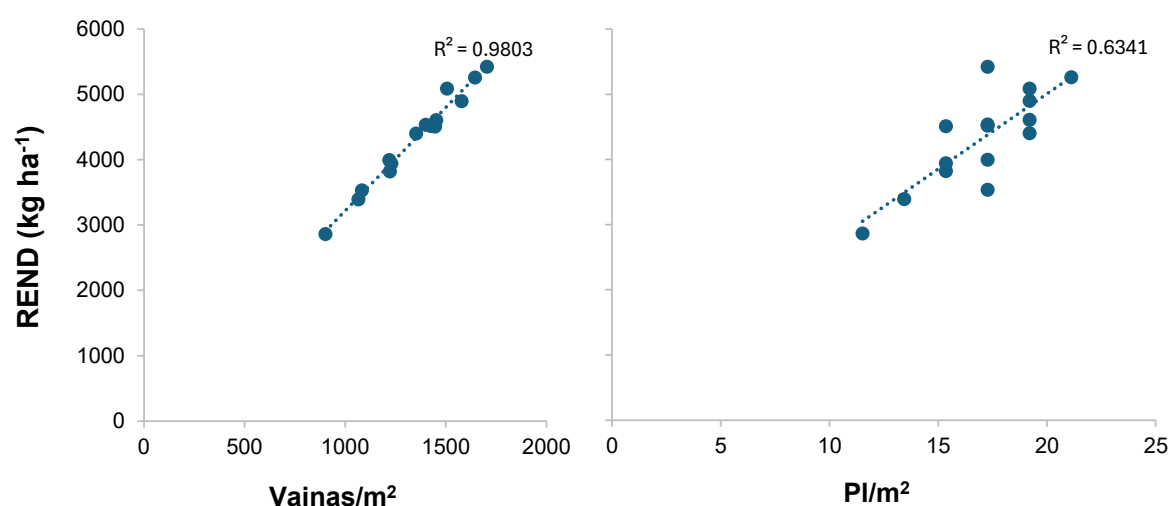


Figura 17. Relación entre el rendimiento en grano con los parámetros vainas por metro cuadrado (Vainas/m<sup>2</sup>) y número de plantas por metro cuadrado (PI/m<sup>2</sup>).

## Conclusiones

La aplicación de bioestimulantes y fertilizantes orgánicos produjo aumentos significativos en el rendimiento del cultivo de soja, por lo que, se acepta parcialmente la hipótesis planteada, ya que no se hallaron mejoras en la calidad del grano. Esto demuestra que el uso de bioestimulantes podría ser una estrategia promisorio para contrarrestar diferentes estreses en soja bajo las condiciones de este ensayo. La aplicación de bioactivador Evolutio ALZ ®+ fertilizante foliar orgánico Powerfoil ALZ ® en forma conjunta fue la que produjo un mayor aumento en el rendimiento demostrando un cierto grado de sinergismo entre los productos.

Como trabajo a futuro es importante seguir evaluando la aplicación bioestimulantes en zonas con alta variabilidad climática, ya que estos pueden inducir diferentes tipos de respuestas de las plantas ante diferentes tipos de situaciones, ya sean favorables o desfavorables, y es necesario seguir recopilando información para poder realizar un mejor y más eficiente manejo de estos.

## Bibliografía

Andriani, J. (2006). Dinámica del agua en el cultivo de soja. Soja: Actualización 2006, 24-30

. Bertolin, D. C., Sá, M. E. D., Arf, O., Furlani Junior, E., Colombo, A. D. S., & Carvalho, F. L. B. M. D. (2010). Increase of the productivity of the soybean crop with the application of biostimulants. *Bragantia*, 69, 339-347

Boote, K. J., Jones, J. W., & Hoogenboom, G. (2018). Simulation of crop growth: cropgro model. In *Agricultural systems modeling and simulation* (pp. 651-692). CRC Press.

BRIM, C.A. Quantitative genetics and breeding (1973). In: Caldwell, B.E.; Howell, R.W.; Judd, R.W.; Johnson, H.W. (Eds.). *Soybeans: improvement, production, and uses*. Madison: American Society of Agronomy. p.155-186.

Cadenazzi, G. (2009). La historia de la soja en Argentina. De los inicios al boom de los 90. In Ponencia presentada en el XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología, VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires, Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires, Argentina (Vol. 31, pp. 000-062).

Camacho, L.H. (2018). Origen y características agronómicas de la soja *Glycine max* (L.) Merr

Cardozo G. R. S. 2020. influencia de bioestimulantes sobre características agronómicas de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill)

Cober, ER, y Voldeng, HD (2001). Un nuevo locus de madurez y sensibilidad al fotoperiodo de la soja vinculado a E1 y T. *Crop Science* , 41 (3), 698-701.

Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada; & CW Robledo. (2019). *InfoStat versión 2019*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Du Jardin, P. (2015). Bioestimulantes vegetales: Definición, concepto, categorías principales y regulación. *Scientia horticulturae* , 196 , 3-14.

Duval, M. E., Capurro, J. E., Galantini, J. A., & Andriani, J. M. (2015). Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. *Ciencia del Suelo*, 33(2), 247-261.

Ferraris, G. N. y Couretot, L. A. 2004. Evaluación de dos fertilizantes foliares con agregados orgánicos en soja de primera. Soja. Informe del Proyecto Regional Agrícola, campaña 2003-2004.

Guesalaga, I. (2023). Experiencia laboral en el seguimiento de los cultivos en el partido de Guaminí. Trabajo de Intensificación-Universidad Nacional del Sur.

Hermes, E. C. K., Nunes, J., & Nunes, J. V. D. (2015). Influência do bioestimulante no enraizamento e produtividade da soja. *Revista cultivando o saber*, 33-42.

Hesketh, J. D., Myhre, D. L., & Willey, C. R. (1973). Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans 1. *Crop Science*, 13(2), 250-254.

Jauregui, J.M. 2023. Ensayo comparativo de rendimiento de cultivares de soja. Trabajo de Intensificación-Universidad Nacional del Sur.

Jones, J.W.; K.J. Boote; S.S. Jagtap and J.W. Mishoe. (1991). Soybean development. In: R.J. Hanks and J.T. Ritchie (Ed.). *Modelling plant and soil systems*. ASA, Madison, WI. Pp. 71-90.

MAGyP, (2023). Estimaciones agrícolas. Disponible en: <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Verificado el 19/03/2025.

Mousegne, F. (2004). Aplicación de fertilizantes de base y foliares. Campaña: 2003-2004. En: Soja. Informe del Proyecto Regional Agrícola. 6 pp. INTA Pergamino.

Pautasso, J. M., & Paraná, E. E. A. (2021). Bioestimulantes en el cultivo de soja: ¿verdad o mito. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Paraná, 1-6.

Samudio Cardozo G. R. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre características agronómicas de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Tesis Magister Scientiae en Ciencia del Suelo y Ordenamiento Territorial. Paraguay.

Setiyono, T.D.; A. Weiss; J. Specht; A.M. Bastidas; K.G. Cassman and A. Dobermann. 2007. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. *Field Crops Res.* 100: 257-271

SISA. (2020). Sistema de Información simplificado agrícola. Soja. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_soja2020\\_2021.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_soja2020_2021.pdf). Verificado el 19/03/2025.

Moraes, R. M. A. D., José, I. C., Ramos, F. G., Barros, E. G. D., & Moreira, M. A. (2006). Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 715-729.

Kantolic, A. G., Giménez, P., & De la Fuente, E. B. (2003). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. En: Satorre, E. et al., (Eds). *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*. Pp.167-201.

Vázquez, M., Terminiello, A., Casciani, A., Millán, G., Cánova, D., Gelatti, P., ... & García, M. (2012). Respuesta de la soja (*glycine max* L. Merr) a enmiendas básicas en suelos de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. *Ciencia del suelo*, 30(1), 43-55.