

Aplicación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal en el cultivo de soja

Application of plant growth promoting microorganisms in soybean cultivation

Maria Isabel Fariña Irala¹ ; Diego Augusto Fatecha Fois² ; Cipriano Ramón Enciso¹ 

RESUMEN

La aplicación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal a través de la inoculación favorece la nutrición mineral, incrementando la disponibilidad de nutrientes, así aumentan la producción de granos de soja. El objetivo general fue evaluar la aplicación de dosis de microorganismos promotores de crecimiento vegetal, *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*, en la producción del cultivo de soja. El experimento con soja en sistema siembra directa se realizó en el distrito de Minga Guazú, departamento de Alto Paraná, en el periodo de octubre de 2016 a febrero de 2017, utilizando un diseño de bloques completos al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las dosis aplicadas del inoculante fueron: 0, 75, 150, 225, 300, 375 y 450 ml ha⁻¹. El inoculante fue aplicado a las semillas en el momento de la siembra. En la etapa de desarrollo fenológico R5, R6 y R7 fueron evaluadas la altura de planta, producción de masa seca aérea, producción de masa seca de raíces, número de nudos, número de nódulos de raíces, número de vainas, número de granos por vainas y distribución de número de granos por vaina; masa de mil semillas y rendimiento de granos. Se realizó análisis de varianza, comparación de medias por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error y análisis de regresión. Las variables analizadas en el cultivo de soja no presentaron efecto significativo a la inoculación, a excepción del rendimiento de granos que obtuvo una respuesta significativa, alcanzando un valor máximo de 5036 kg ha⁻¹ con la dosis de 140 ml ha⁻¹. La aplicación de inoculantes aumenta la producción de granos de soja. .

Palabras clave: *Glycine max L*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, rendimiento de granos.

Fecha de recepción: marzo 2022; fecha de aceptación: mayo 2022

¹ Universidad Nacional del Este, Facultad de Ingeniería Agronómica, Minga Guazú, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Área Suelos y Ordenamiento Territorial. San Lorenzo, Paraguay.

Autor de correspondencia: Diego Augusto Fatecha Fois. Email: dfatecha@agr.una.py



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

ABSTRACT

The application of microorganisms that promote plant growth through inoculation favors mineral nutrition, increasing the availability of nutrients, thus increasing the production of soybeans. The objective overall was to evaluate the application of doses of plant growth promoting microorganisms, *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*, in soybean crop production. The experiment with soybeans in the direct seeding system was carried out in the district of Minga Guazú, department of Alto Paraná, from October 2016 to February 2017, using a randomized complete block design, with seven treatments and four repetitions. The applied doses of the inoculant were: 0, 75, 150, 225, 300, 375 and 450 ml ha⁻¹. The inoculant was applied to the seeds at the time of sowing. In the phenological development stage R5, R6 and R7, plant height, aerial dry mass production, root dry mass production, number of nodes, number of root nodules, number of pods, number of grains per pod were evaluated and distribution of number of grains per pod; mass of thousand seeds and grain yield. Analysis of variance, comparison of means by Tukey's test at 5% probability of error and regression analysis were performed. The variables analyzed in the soybean crop did not show a significant effect on inoculation, except for grain yield, which obtained a significant response, reaching a maximum value of 5036 kg ha⁻¹ with a dose of 140 ml ha⁻¹. The application of inoculants increases the production of soybeans.

Keywords: *Glycine max L*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, grain yield

INTRODUCCIÓN

La producción del cultivo de soja en Paraguay se realiza de forma mecanizada, en sistema siembra directa, con empleo de alta tecnología, ocupando el primer lugar en importancia económica en el país (CAPECO, 2022), concentrada principalmente en la Región Oriental debido a mejores condiciones edafoclimáticas que favorecen su producción. La soja es un cultivo exigente en nutrientes, requiriendo de la fertilización para satisfacer sus requerimientos, existiendo situaciones en las cuales la capacidad del suelo no puede proveerlos en su totalidad, para una nutrición adecuada, posee una alta necesidad de nitrógeno (N), en donde son necesarios 80 kg para producir una tonelada de granos, así como también requiere de otros nutrientes (P, K, Ca, Mg, S) (García, 2000), lo que conlleva a la necesidad de incorporar nuevas tecnologías tendientes a optimizar el rendimiento del cultivo, donde la co-inoculación de bacterias fijadoras de N con promotores de crecimiento vegetal constituyen una alternativa válida para maximizar la producción.

Los promotores de crecimiento (PGPR, Plant Growth Promoting Rhizobacteria), son microorganismos de la rizosfera que promueven el crecimiento vegetal, colonizando raíces y ejerciendo un efecto benéfico por medio de una relación simbiótica y otras, denominadas de “vida libre” que se encuentran cerca, sobre las raíces o aún dentro de las mismas, como el *Azotobacter*, el *Azospirillum*, la *Pseudomonas* y el *Bacillus* (Kloepper et al., 1989) que favorecen el crecimiento de las plantas y raíces a través de diferentes mecanismos, entre los que se destacan la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBN); la solubilización de P, la síntesis de fitohormonas (auxinas), la hidrólisis de almidón y la producción de sideróforos. (Caballero, 2006).

La alta demanda de N en la soja mayormente es cubierta a partir del proceso de

FBN, en donde el cultivo obtiene entre el 30 y 94 % de sus requerimientos (Nápoles, 2009), por ello se hace necesario inocular la semilla con bacterias específicas como el *Bradyrhizobium japonicum* (Cubilla et al., 2012). El *Bradyrhizobium* tiene capacidad solubilizadora del P inorgánico, como también las *Pseudomonas* y *Bacillus* (Fernández et al., 2005). La *Pseudomonas*, además, es utilizada como controlador de microorganismos patógenos, produciendo compuestos antifúngicos, que pueden suprimir enfermedades a través por varios mecanismos y su capacidad de producir enzimas fosfatasa facilitando la solubilización de P y otros nutrientes (Kamilova, & Lugtenberg, 2009).

La inoculación con *Azospirillum* en gramináceas como el maíz y el trigo provocan un aumento en el rendimiento de granos, estimulando la densidad y longitud de los pelos capilares, la velocidad de aparición de las raíces laterales, la superficie radical y la intensidad de estos efectos depende de la especie vegetal, el cultivar y de la concentración del inoculo (Frioni, 1999). Asimismo, las inoculaciones simples como la co-inoculación tienen efecto favorable en el crecimiento vegetativo y rendimiento como en la formación de macollos, longitud de raíces, números de espiguillas y peso de granos (Caviglia et al., 2010).

La interacción de *Azospirillum* con otros microorganismos aumenta la nodulación de leguminosas por rizobios (Dobbelaere et al., 2003). Igualmente, Marko e Iglesias (2003), señalan que el *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* favorecen la nodulación, la producción de vainas y granos por vainas, aumentan la masa aérea, pero no el peso del sistema radicular. Peticari, (2008), observó que el rendimiento de granos de la soja inoculado fue superior en 300 kg ha⁻¹ adicional al no inoculado. Por su parte Ferlini et al. (2005), han demostrado que el *Azospirillum* produce mayor volumen de raíces, número de plantas por m², desa-

rollo de materia verde y rendimiento de granos, tanto en gramíneas como en leguminosas, además anticipa la nodulación y produce un mayor número de nódulos, que las plantas co-inoculadas.

Iglesias et al. (2004), han observado que la interacción entre *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en soja ayudan a obtener mejor densidad de plantas en condiciones de sequía y altas temperaturas. Se ha demostrado que ambos inóculos promueve el rendimiento de la soja sin la adición de ningún fertilizante químico nitrogenado, lo que ayuda a reducir los costos y mantener las prácticas actuales de la sostenibilidad en la agricultura (Casas et al., 2019). Uhrich & Benintende (2005), con la co-inoculación de los mismos microorganismos obtuvieron el incremento de 12% de peso de nódulos respecto de la aplicación simple de *Bradyrhizobium japonicum*, como también el incremento de 15% en la biomasa aérea del cultivo. Así mismo, Benintende et al. (2010), observaron en la co-inoculación incremento en número de nódulos, peso de nódulos y rendimiento de granos sin déficit hídrico, mientras que con déficit hídrico también se observaron aumento, pero sin diferencias. Gonzales et al. (2011), demostraron que la aplicación en forma conjunta o co-inoculación, pero de *Bradyrhizobium japonicum* y *Pseudomonas fluorescens* en la soja, aumenta significativamente la biomasa nodular, pero no de la misma forma la producción de biomasa vegetal, no obstante, observaron una tendencia en el incremento en las mismas y en rendimiento de granos. También, Clua et al. (2013), reportaron que la co-inoculación incrementó la altura de las plantas, el diámetro de los tallos y la acumulación de materia seca.

Vilchez & Manzanera (2011), señalan que las PGPR producen más de un tipo de fitohormonas como las auxinas, citocininas, etileno, giberelinas y ácido abscísico con diferentes efectos en la fisiología de la

planta, aumentando el volumen radicular, en consecuencia, incrementa la absorción de nutrientes y minerales solubles. Según Ferraris & Couretot (2008), la utilización de PGPR produjo un aumento en el rendimiento de granos de soja en 300 kg ha⁻¹ como así también aumentos en el peso y número de nódulos. Ventimiglia & Torrens (2012), con la aplicación de *Bradyrhizobium* en forma conjunta con PGPR, observaron mayor rendimiento de grano en 250 kg ha⁻¹ con respecto a los otros tratamientos con inoculación simple y al no inoculado. Así mismo, Piatti & Ferreyra (2015), demostraron que las semillas de soja inoculadas con *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* con micorrizas, aumenta en forma significativa el peso de las semillas y altura de las plantas.

Este trabajo tuvo como objetivo general la de evaluar el efecto de la aplicación de dosis de PGPR (*Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*) en el cultivo de la soja. Los objetivos específicos fueron determinar la altura de planta, el número de nudos, el número de nódulos por planta, la producción de masa seca de raíces, la producción de masa seca de la parte aérea de la planta, el número de vainas por planta, la masa de mil semillas y el rendimiento de granos del cultivo de soja en función a la aplicación de dosis de PGPR.

La hipótesis plantea que la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal en semillas de soja aumentará la producción del cultivo de soja.

MÉTODO

El experimento se realizó en el distrito de Minga Guazú, departamento de Alto Paraná, situada en las coordenadas geográficas 25°36' de latitud sur y 54°50' longitud oeste. El suelo correspondió según clasificación taxonómica al orden Oxisol, subgrupo Rhodic Kandiodox, que se caracte-

riza por ser de baja fertilidad, textura arcillosa en superficie, de color rojo oscuro, de origen basáltico, con buen régimen de humedad durante todo el año, buen drenaje y profundidad (López et al., 1995). La parcela se instaló sobre rastrojo de *Brachiaria*

brizantha, donde en agosto de 2016, fueron aplicados 1000 kg ha⁻¹ de cal agrícola dolomítica con fines de corrección, basados en los resultados de análisis químico de suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Resultado de análisis químico del suelo previo a la instalación del experimento con dosis de PGPR en el cultivo de soja. Minga Guazú, Alto Paraná 2016.

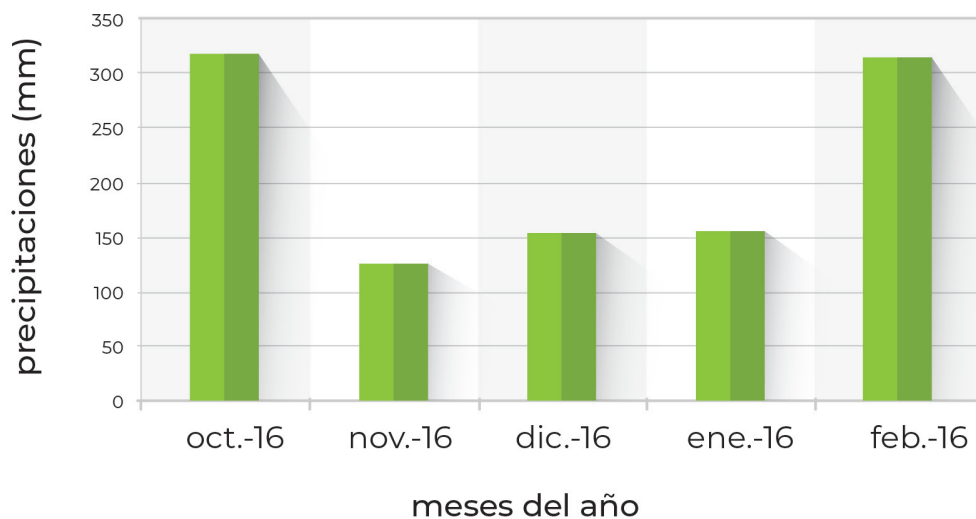
pH	MO %	P mg/kg	Ca ⁺²	Mg ⁺² cmol _c /kg	K ⁺	Al ⁺³
5,50	2,11	5,39	1,80	0,70	0,85	0,40

Fuente: Laboratorio de suelo de la Facultad de Ingeniería Agronómica –UNE.

El experimento se desarrolló en condiciones climáticas favorables, con registro de altas precipitaciones y buena distribución, con cantidades que variaron de 130

mm a 315 mm mensuales satisfaciendo plenamente el requerimiento hídrico y sin señales de estrés durante el ciclo del cultivo de soja (Figura 1).

Figura 1. Precipitaciones ocurridas durante el experimento con dosis de PGPR en el cultivo de soja. Periodo de octubre de 2016 a febrero de 2017. Minga Guazú, Alto Paraná.



Fuente: TAF Aeropuerto Internacional Guaraní (SGES), 2017.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 28 unidades experimentales, donde cada unidad experimental tuvo una dimensión de 14,4 m² con 4,0 m de largo x 3,6 m de ancho y una superficie total del experimento de 403 m².

Los tratamientos consistieron en la inoculación de las semillas de soja utilizando dosis de microorganismos promotores de crecimiento vegetal PGPR (Plant Growth Promoting Rizobacterias) tribacterial, compuestas por *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomo-*

nas fluorescens. Las dosis aplicadas fueron 0, 75, 150, 225, 300, 375 y 450 ml ha⁻¹.

La variedad de soja utilizada en el experimento fue NA 5909, caracterizada por su resistencia al glifosato, de crecimiento indeterminado y con alto potencial de rendimiento. La siembra del cultivo de soja con semillas tratadas se realizó en fecha 5 de octubre de 2016 en sistema de siembra directa, forma manual, sobre rastrojo de pasto *Brachiaria brizantha*, con distanciamientos de 0,45m entre hilera y 0,07 m entre plantas, equivalentes a 310.000 plantas por hectárea. Las semillas fueron inoculadas en forma manual con los microorganismos PGPR, momento antes de la siembra, mezclando en forma uniforme.

La fertilización química se realizó en forma manual, en el momento de la siembra con la aplicación de 280 kg ha⁻¹ de la formulación de 4-30-10 de acuerdo al requerimiento del cultivo según resultado de análisis químico, basado en la recomendación establecida por Cubilla et al. (2012). Se realizó control fitosanitario y de malezas, conforme a la incidencia de las mismas.

La cosecha se realizó de forma manual, cuando la planta alcanzó su maduración fisiológica en fecha 8 de febrero de 2017, donde Las plantas cosechadas fueron cargadas en bolsas previamente etiquetadas, posteriormente desgranados, limpiados y pesados por cada unidad experimental.

Par la altura de planta se recolectaron cinco plantas al azar por unidad experimental en la etapa de desarrollo fenológico R6, las mediciones se realizaron con cinta métrica desde la base del cuello del tallo hasta el ápice. El número de nudos por planta se obtuvieron de cinco plantas extraídas por unidad experimental, en etapa de desarrollo fisiológico R7, en las cuales fueron contados los nudos desde la base hasta el último nudo en el ápice. Las mismas plantas fueron utilizadas para determinar el número de vainas por planta, el número de granos por vainas, el número de granos por

planta, distribución de número de granos por vainas. Las vainas fueron separadas de las ramas principales y secundarias en forma manual de cada planta, las mismas fueron contadas y registradas. Posteriormente fueron separadas para determinar el número de granos por vainas. De cada una de las variables analizadas se obtuvo el promedio por unidad experimental.

El rendimiento de masa seca de la parte área fue obtenido de un área de 0,5 m² de cada unidad experimental, en la etapa de desarrollo fisiológico R5, colocadas en bolsas plásticas y pesadas para conocer el peso fresco y luego acondicionadas en fundas de papel y colocadas en estufa a 65°C, hasta obtener peso constante para determinar el peso seco. Para determinar la cantidad de nódulos y masa seca de las raíces, fueron extraídas cinco plantas con pala de punta en la etapa de desarrollo fenológico R5, luego las raíces fueron pesadas para obtener el peso fresco y colocadas en estufa a 65°C hasta peso constante para determinar el peso seco de las raíces. El peso de mil semillas fue determinado según reglas de ITSA. El rendimiento de granos se determinó en forma manual a humedad 14-16%, cortando las plantas y poniendo en bolsas individuales previamente etiquetadas, posteriormente se desgranó, se limpió y fueron pesados.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANAVA), comparación de medias por el test de Tukey a nivel de 5% de probabilidad de error y análisis de regresión. Se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo, 2011).

RESULTADOS

La altura de planta del cultivo de soja no fue influenciada por la aplicación de diferentes dosis de PGPR (Tabla 2), con variación de apenas 10 cm entre tratamientos (110 a 120 cm). Por su parte el número de nudos por planta tampoco fue afectado por la aplicación de PGPR (Tabla 2), con medias de 19 a 20 nudos por planta, condición normal por características genéticas propias del cultivo de soja.

Del mismo modo la producción de masa seca de la parte aérea de la planta (MSA) no presentó significancia entre tratamien-

tos (Tabla 2), aunque se observó el mayor rendimiento de 10425 kg ha⁻¹ con la aplicación de 150 ml de PGPR.

La producción de masa seca de raíces (MSR) observadas en la tabla 2, igualmente no fue afectada por la aplicación de diferentes dosis de PGPR, con variaciones de 2,7 a 3,9 g entre las dosis de inoculante aplicado. Asimismo, el número de nódulos por planta, no presentó diferencias entre tratamientos (Tabla 2), sin embargo el mayor valor (153) fue observado con la aplicación de 300 ml ha⁻¹ de inoculante.

Tabla 2. Altura de planta, número de nudos, masa seca de la parte aérea (MSA), masa seca de raíces (MSR) y número de nódulos por plantas con la aplicación de dosis de PGPR en el cultivo de soja. Minga Guazú, Alto Paraná. 2018.

Tratamientos Dosis de PGPR (ml)	Altura de planta (cm)	Número de nudos por planta	MSA (Kg ha ⁻¹)	MSR (g)	Número de nódulos por raíz
0	115 ^{ns}	19 ^{ns}	8225 ^{ns}	3,9 ^{ns}	106 ^{ns}
75	110	19	8220	3,2	79
150	120	20	10425	2,7	74
225	111	19	8335	2,8	100
300	116	20	9440	3,2	153
375	111	19	8945	3,0	133
450	117	20	8620	2,7	106
CV (%)	4,4	5,1	17,6	18,2	51,2

ns= no significativo a 5% de probabilidad por el test F.

El número de vainas por planta (Tabla 3) no fueron afectadas significativamente por la aplicación de diferentes dosis de PGPR, con comportamiento bastante irregular entre tratamientos, variando de 86 a 113 vainas por planta, pero sin relación a las dosis de inoculante aplicado. Del mismo

modo, el número de granos por planta tuvo un comportamiento similar, con ninguna relación a los inoculantes aplicados. Por su parte la masa de mil granos no fueron influenciados por la aplicación de PGPR, con escasa variación entre tratamientos, que fueron de 153 a 161 g (Tabla 3).

Tabla 3. Número de vainas por planta (NVP), número de granos por plantas (NGP) y masa de 1000 granos con la aplicación de dosis de PGPR en el cultivo de soja. Minga Guazú, Alto Paraná. 2018

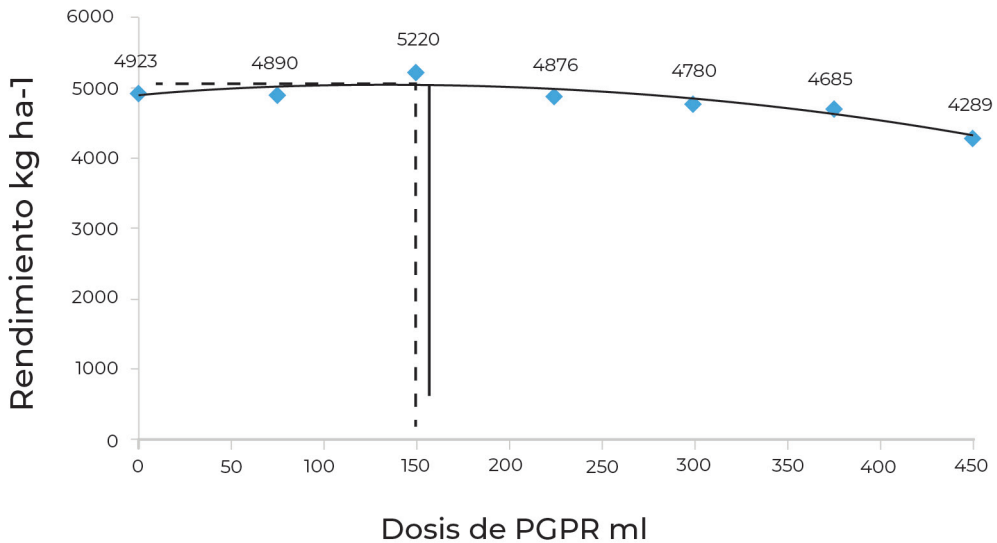
Tratamientos Dosis de PGPR (ml)	Número de vainas por planta	Número de granos por planta	Masa de 1000 granos (g)
0	96 ^{ns}	236 ^{ns}	155 ^{ns}
75	113	253	158
150	93	215	153
225	99	217	161
300	90	193	155
375	86	183	155
450	94	207	155
CV (%)	19,7	20,4	4,8

ns= no significativo a 5% de probabilidad por el test F.

Los resultados obtenidos en el rendimiento de granos del cultivo de soja según el análisis de regresión polinómica de segunda orden, presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos con la aplicación de diferentes dosis de PGPR

en el cultivo de soja. Las dosis de PGPR aplicadas a los granos de soja, presentaron efecto cuadrático en el rendimiento, alcanzando un valor máximo de 5036 kg ha⁻¹ con dosis de 140 ml ha⁻¹.

Figura 2. Rendimiento de granos con la aplicación de dosis de PGPR en el cultivo de soja. Minga Guazú, Alto Paraná. 2018.



DISCUSIÓN

Los resultados observados en la altura de planta no coinciden con los encontrados por Clua et al., (2013), Piatti & Ferreyra (2015), quienes observaron aumento en altura de planta de soja por uso de PGPR. La no respuesta en altura de planta a la aplicación de PGPR pudo deberse a las altas precipitaciones ocurridas durante el experimento (Figura 2) que favorecieron el buen desarrollo de la planta y buena provisión de nutrientes directamente del suelo.

En relación al número de nudos, se resalta que es parte del desarrollo genético propio de las plantas que están influenciadas por el fotoperiodo y la temperatura, factores condicionantes donde la fenología de los cultivos depende de las características genotípicas para dar respuestas a ambos factores (Kantolic, 2008).

La producción de masa seca de la parte aérea obtenido en las plantas de soja, coincidentemente Gonzales et al. (2011) y Clua et al. (2013) observaron que las semillas inoculadas con PGPR no incrementan la producción de biomasa seca de la parte aérea de la planta de soja.

Del mismo modo los datos obtenidos en función a la producción de masa seca de raíces coinciden con Marko & Iglesias (2003), que utilizaron *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*. Sin embargo, Ferlini et al. (2005), en una serie de experimentos en Santa Fe, Argentina, encontraron que el uso de PGPR aumentó el peso de raíces, en observaciones por dos años consecutivos en diferentes condiciones de suelo y regímenes pluviométricos en cultivo a campo, así como Caballero (2006) también observó aumento del volumen de las raíces por efecto de PGPR.

En tanto los resultados obtenidos relacionados a la producción de nódulos en las raíces de la soja, difieren con Gonzales et al., (2011) quienes observaron aumento en

la biomasa nodular con la aplicación de *Bradyrhizobium* + *Pseudomonas*. Del mismo modo, Marko & Iglesias (2003), Ferlini et al. (2005), Uhrich & Benintend (2005), manifiestan que el uso de PGPR aumentan el número de nódulos en condiciones de precipitaciones bien distribuidas.

En relación a las variables de rendimiento, como el número de vainas por planta, estos resultados difieren de lo encontrado por Ventimiglia & Torrens (2012), quienes indican diferencia con la aplicación de *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* en forma conjunta en suelo con varios años de cultivo de soja y Romero et al. (2015), quienes obtuvieron aumentos en la producción de soja con la aplicación de PGPR.

En tanto, el número de granos obtenido por planta, coinciden con Marko & Iglesias (2003), quienes no encontraron efecto en la co-inoculación de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en dichas variables soja. Así mismo, Piatti & Ferreyra (2015), no observaron diferencias entre los tratamientos con la inoculación de *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* en un suelo con barbecho y con buenas precipitaciones.

El rendimiento de granos en el cultivo de soja, coinciden con los observados por Ferlini et al. (2005), quienes trabajaron con *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* incrementando la producción de soja. Así mismo, Ventimiglia & Torrens (2012), observaron mayor rendimiento de granos en suelo franco arenoso con varios años de trabajo con soja con la utilización de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* + *Pseudomonas*. También coinciden con Casas et al. (2019), quienes indican que el PGPR promueve y aumenta el rendimiento de granos.

CONCLUSIONES

La altura de planta, el número de nudos y número de nódulos por planta, la producción de masa seca de raíces y masa seca de la parte aérea de la planta, no fueron afectadas por la aplicación de dosis de PGPR.

El número de vainas por planta, número de granos por vaina, distribución de gra-

nos por vaina y masa de mil semillas, no se encontraron significancia estadística entre los tratamientos.

El rendimiento de granos obtuvo respuesta cuadrática a la aplicación de PGPR, alcanzando un valor máximo de 5036 kg ha⁻¹ con aplicación de 140 ml ha⁻¹.

REFERENCIAS

1. Benintend, S.; Uhrich, W.; Herrera, M.; Gangge, F.; Sterren, M.; Benintende, M. (2010). Comparación entre co-inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. *Agriscientia*, 27 (2), 71–77. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v27.n2.2768>
2. Caballero, J. (2006). Microbiología Agrícola e Interacciones Microbianas con plantas. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 48 (2): 154-161. Consultado el 25 de marzo de 2022 en <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062p.pdf>
3. Casas, M.; Perez, J.; Jerez, F.; Molina, S.; Blanco, C.; Pascual, M. (2019) Respuesta de soja (*Glycine max* (L) Merr) a la inoculación con *Azospirillum* y *Bradyrhizobium*. *Cultivos Tropicales*, 40 (1). <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/4217>
4. Capeco. (2022). Área de siembra, producción y rendimiento. Consultado el 24 de marzo de 2022 en <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento>
5. Caviglia, O.; Andrade, F. (2010). Sustainable intensification of agriculture in the Argentinean Pampas: capture and use efficiency of environmental resources. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 3: 1-8. https://www.researchgate.net/publication/228489685_Sustainable_intensification_of_agriculture_in_the_Argentinean_pampas_Capture_and_use_efficiency_of_environmental_resources.
6. Clua, A; Olgíati, J.; Beltrano, J. (2013). Evaluación de la doble inoculación *Bradyrhizobium*-micorrizas y el uso de fitoterápicos de semilla en el crecimiento, eficiencia de inoculación y el rendimiento de un cultivo de soja. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 39 (3) 250-258. Recuperado en 29 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S166923142013000300007&lng=es&tlng=es.
7. Cubilla, M.; Wendling, A.; Eltz, F. L.; Amado, T. J.; Mielniczuk, J. (2012). Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo sistema de siembra directa en el Paraguay. Asunción. Paraguay. 88p.
8. Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. 2011

9. Dobbelaere, S.; Vanderleyden, J. Okon, Y. (2003). Plant Growth-Promoting Effects of Diazotrophs in the Rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 22 (2):107-149. <https://doi.org/10.1080/713610853>
10. Fernández, Leticia Andrea, Zalba, Pablo, Gómez, Marisa Anahí, & Sagar-doy, Marcelo Antonio. (2005). Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. *Ciencia del suelo*, 23(1), 31-37. Recuperado en 29 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672005000100004&lng=es&tlng=es.
11. Ferlini, H.; Díaz, S.; Traut, C. O. (2005). Beneficios del uso de inoculantes sobre la base de *Azospirillum brasilense* en cultivos extensivos de granos y forrajes. *Agrovet, Market*. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/uso-inoculantes-sobre-base-azospirillum-brasilense-t26441.htm>
12. Ferraris, G. y L. Couretot. (2008) Tecnologías alternativas para lograr rendimientos potenciales en soja. En: *Revista Agromercado. Cuadernillo clásico Soja*. 28 (157).
13. Frioni, L. (1999) *Procesos Microbianos Tomo II*. Editorial de la fundación Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba). Argentina. 286p.
14. García, F. (2000) *Nutrición del Cultivo y Fertilización en la Región Pampeana Argentina*. INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Acassuso – Argentina. 10p.
15. Gonzales, M.F.; Durman, S.; Moretti, E.; Moretti, I.; Vacca, M.; Bosco, T. (2011). Co-inoculación en soja: efectos sobre nodulación, crecimiento y rendimiento. *Quinto Congreso de la soja del Mercosur*. Rosario - Argentina. 3p
16. Iglesias, M. C.; Kochaniuk, D. E.; Poliszuk, G. (2004). Respuesta del cultivo de soja (*Glycine max*) a la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*, en la localidad de La Clotilde provincia de Chaco. *Facultad de Ciencias Agrarias –UNNE*. Argentina.
17. Kamilova, F, Lutenberg, B. (2009) *Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria*. *Annual Review of Microbiology*, 63:541-556. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>
18. López, G.; González, E.; DE Llamas, P. A.; Molinas, A. S; Franco, E.; Garcia, S.; Rios, E.; (1995) *Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental del Paraguay*. Asunción, PY: MAG/Banco Mundial/Gobierno del Japón/Servicio Geodésico Interamericano. Escala 1:500.000. Color. (Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra).
19. Marko, C.; Iglesias, M. (2003). Co-inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum Az39* INTA en el cultivo de soja fertilizado. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. UNNE. Sección Ciencias Agrarias. 052. Argentina.
20. Nápoles, M. C; Cabrera, C. J.; Varela, C. M.; González, G.; Noqueras, F.; Cricco, J.Guevara, C. E.; Meira, C.S. (2009). Influencia de inoculantes y factores edáficos en el rendimiento de la soya. *Cultivos tropicales*, 30 (3), 18-20. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215048004.pdf>
21. Peticari, A. (2005). Inoculación de calidad para un máximo aprovechamiento de la FBN. *Actas del Congreso Mundo Soja*, Buenos Aires, Argentina. 121-126p.

- 22.** Piatti, F.; Ferreyra, L. (2015). Evaluación de rendimiento al usar diferentes inoculantes y fungicida en semillas de soja. Área Mejoramiento Vegetal. INTA. Argentina.
- 23.** Romero, D.; Bustillos, M.; Rodríguez, O.; Morales, Y. E.; Santiago, Y.; Castañeda, M.; Muñoz, J. 2015. Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 17 (2) 24-34. <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=207>.
- 24.** TAF Aeropuerto Internacional Guarani (2017). Metar & TAF- Decodificador Visual. Consultado el 20 de marzo de 2017. Disponible en https://metar- taf.com/es/taf/SGES?station_id=SBPP.
- 25.** Ventimiglia, L.; Torrens, L. (2012) Dosis de inoculante y complementación de Bradhyrizobim con promotores de crecimiento (PGPR), en soja. UCT Agrícola Ganadero del Centro INTA. Argentina.
- 26.** Vilchez, S.; Manzanera, M. (2011). Biotechnological uses of desiccation-tolerant microorganisms for the rhizoremediation of soils subjected to seasonal drought. Applied Microbiology and Biotechnology. 91: 1297-304. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3461-6>.
- 27.** Uhrich, W.; Benintende, S. (2005) Aplicación de Azospirillum brasilense en cultivo de soja en co-inoculación con bradyrhizobium japonicum. Revista Científica Agropecuaria 9, (1) 71-75. http://www.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%209/rca_9_1_pdf/rca_100_f.pdf.

BIOGRAFÍA

María Isabel Fariña Irala.

Ingeniera Agrónoma egresada de la Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Este. Master en Producción Agrícola y Nutrición de Plantas de la Universidad Nacional del Este. Profesora de la Facultad de Ingeniería Agronómica– Universidad Nacional del Este.

Diego Augusto Fatecha Fois.

Ingeniero Agrónomo egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Master en Ciencia de Suelo por la Universidad Federal de Santa María, Brasil. Doctor en Agronomía por la Universidad Estadual del Oeste de Paraná, Campus Marechal Rondón, Brasil. Profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Asunción

Cipriano Ramón Enciso Garay

Ingeniero Agrónomo egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Master y Doctor en Agronomía por la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la Universidad Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, San Pablo, Brasil Profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Asunción