REVISTA
SOCIEDAD CIENTÍFICA DEL PARAGUAY

ISSN 0379-9123 • e-ISSN 2617-4731
Rev. Soc. cient. Parag. 2026;31: e3128
Doi: https://doi.org/10.32480/rscp.2026.e3128
Recibido: 20/02/2026 • Aceptado: 15/10/2026
Editor: Luis Dávalos Dávalos

Artículo Original
Original Article

INOCULACIÓN EN SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.) CON BPCV (BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL) Y HONGOS MICORRICICOS BAJO AMBIENTE CONTROLADO EN UN SUELO DE ALTO PARANÁ
INOCULATION OF SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merr.) WITH PLANT GROWTH–PROMOTING RHIZOBACTERIA AND MYCORRHIZAL FUNGI UNDER CONTROLLED CONDITIONS IN A SOIL FROM ALTO PARANÁ

Paula Alexia Recalde Agüero
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay
Orcid: https://orcid.org/0009-0002-7980-3326
Maria Del Pilar Galeano Samaniego
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0621-8639
Alba Liz González
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2166-7317
Cristian Andres Britos Benitez
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6496-734X
Fabian Concepcion Vazquez Ramirez
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay
Orcid: https://orcid.org/0009-0008-0823-5433
Andrea Monserrat Martínez Benitez
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay
Orcid: https://orcid.org/0009-0009-6613-6182
Autor corresponsal: Paula Recalde: recaldepaula013@gmail.com

Cómo citar este artículo:
Recalde Agüero PA, Galeano Samaniego MP, González AL, Britos Benitez CA, Vazquez Ramirez FC, Martínez Benitez AM. Inoculación en soja (*Glycine max* (L.) Merr.) con BPCV (bacterias promotoras de crecimiento vegetal) y hongos micorricicos bajo ambiente controlado en un suelo de Alto Paraná. Rev. Soc. cient. Parag. 2026;31:e3128.

RESUMEN
El nitrógeno (N), y el fósforo (P) son macronutrientes esenciales para el crecimiento y productividad de las plantas, sin embargo, no siempre están disponibles para ellas en el suelo. La disponibilidad de estos nutrientes puede incrementarse a través del uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) en conjunto con hongos micorrícicos, que favorecen la fijación biológica del nitrógeno y la solubilización del P. El estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) y hongos micorrícicos sobre la producción de soja en ambiente protegido. El experimento se estructuró bajo un diseño completamente al azar y se evaluaron seis tratamientos: T1 testigo sin inoculación,T2 BPCV 1 (*Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*), T3 BPCV 2 (diferenciado del BPCV 1 por la concentración de unidades formadoras de colonias), T4 Hongos micorrícicos arbusculares (HMAs), T5 BPCV 1 (*Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*) + Hongos micorrícicos arbusculares (HMAs), y T6 BPCV 2 + Hongos micorrícicos arbusculares (HMAs). Los tratamientos fueron dispuestos en cuatro repeticiones, y un total de 24 unidades experimentales. Semillas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), variedad RR1, fueron inoculadas y sembradas en macetas con suelo recolectado de Yguazú, Alto Paraná, Paraguay. El experimento se condujo bajo condiciones controladas en San Lorenzo, departamento Central, Paraguay. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de vainas, masa seca de parte aérea, longitud de raíz, masa seca parte radicular, número de nódulos por planta, y masa seca de nódulos por planta. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante el análisis de varianza. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las variables evaluadas. Los valores promedio fueron de 46 cm para la altura de planta, 11 vainas por planta, 47 cm para la longitud de raíz, 14 g y 3 g para la masa seca de la parte aérea y radicular, respectivamente, y 17 nódulos por planta, con una masa seca de nódulos de 1 g por planta. En las condiciones en que se condujo el experimento, se concluye que el uso de

Artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons

bacterias promotoras de crecimiento vegetal y micorrizas generaron una respuesta limitada, que no fue lo suficientemente pronunciada como para ser considerada estadísticamente significativa.
Palabras clave: Inoculación; promotores de crecimiento vegetal; hongos micorrícicos; soja.

ABSTRACT
Nitrogen (N) and phosphorus (P) are essential macronutrients for plant growth and productivity; however, they are not always available to plants in the soil. The availability of these nutrients can be enhanced through the use of plant growth-promoting bacteria (PGPB) in combination with mycorrhizal fungi, which contribute to biological nitrogen fixation and phosphorus solubilization. This study aimed to evaluate the influence of plant growth-promoting bacteria (PGPB) and mycorrhizal fungi inoculation on soybean production under protected conditions. The experiment was conducted using a completely randomized design with six treatments: T1, uninoculated control; T2, PGPB 1 (*Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, and *Pseudomonas fluorescens*); T3, PGPB 2, differing from PGPB 1 in the concentration of colony-forming units; T4, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF); T5, PGPB 1 (*Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, and *Pseudomonas fluorescens*) + arbuscular mycorrhizal fungi (AMF); and T6, PGPB 2 + arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). Each treatment had four replicates, resulting in a total of 24 experimental units. Soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merr.), RR1 variety, were inoculated and sown in pots containing soil collected from Yguazú, Alto Paraná, Paraguay. The experiment was conducted under controlled conditions in San Lorenzo, Central Department, Paraguay. The variables evaluated were plant height, number of pods, shoot dry mass, root length, root dry mass, number of nodules per plant, and nodule dry mass per plant. The results were statistically analyzed using analysis of variance. No statistically significant differences among treatments were observed for any of the evaluated variables. The mean values were 46 cm for plant height, 11 pods per plant, 47 cm for root length, 14 g and 3 g for shoot and root dry mass, respectively, and 17 nodules per plant, with a nodule dry mass of 1 g per plant. Under the experimental conditions, the use of plant growth-promoting bacteria and mycorrhizal fungi resulted in a limited response that was not sufficiently pronounced to be statistically significant.
Keywords: Inoculation; plant growth–promoting rhizobacteria; arbuscular mycorrhizal fungi; soybean.

INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max*) constituye uno de los principales cultivos agrícolas de importancia económica para el Paraguay, siendo un país de relevancia para la producción de los granos de soja, y su comercialización mueve a otros sectores económicos del país[1]. Los suelos en los que se cultiva la soja pueden contener grandes cantidades de nitrógeno y fósforo totales, pero solo una pequeña fracción de estos nutrientes está disponible para las plantas en un momento dado. El nitrógeno se presenta principalmente en formas orgánicas, mientras que el fósforo se encuentra en gran medida en formas minerales insolubles[2]. El uso intensivo de agroquímicos ha provocado la degradación del suelo, afectando su fertilidad y productividad, lo que ha generado la necesidad de adoptar sistemas agrícolas más sustentables que permitan conservar los recursos naturales[3].

Los microorganismos del suelo, especialmente las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) constituyen una alternativa biológica y ambientalmente amigable para la agricultura. Estas bacterias pueden mejorar el desarrollo de la planta, a través de la producción de hormonas y reguladores del crecimiento vegetal, además de incrementar la disponibilidad de nutrientes esenciales y su absorción. Esta asociación incluye bacterias como *Bradyrhizobium japonicum*, que fijan nitrógeno atmosférico convirtiendo el nitrógeno molecular en amonio que puede ser asimilado por la planta, a cambio de compuestos derivados de carbono exudados por las raíces[4, 5]. El género *Azospirillum* pertenece al grupo de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, cuyos efectos beneficiosos se asocian principalmente con la fijación biológica de nitrógeno y la producción de fitohormonas. Entre estas sustancias destaca el ácido indol-3-acético (AIA), una auxina que induce cambios morfológicos en el sistema radicular de las plantas y que también puede actuar como molécula de señalización durante la interacción entre la planta y la bacteria. Estas características contribuyen al potencial de utilización de estas bacterias en la formulación de biofertilizantes, como una alternativa para favorecer el crecimiento vegetal en la agricultura[6]. El género *Pseudomonas* contribuye a la nutrición mineral de la planta a través de la solubilización de fosfatos y síntesis de sideróforos, además de promover el crecimiento, también favorece a la síntesis de ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC-desaminasa), que aumenta el precursor de etileno en plantas. *Pseudomonas fluorescens* produce compuestos denominados ciclodipéptidos, que estimulan a la planta a producir fitohormonas llamadas auxinas, que son una de las hormonas de mucha importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Al crecer más la planta, por el efecto hormonal y por la absorción de nutrientes, produce y libera más compuestos al suelo, la bacteria saca provecho para

alimentarse y también crecer aún más[7, 8]. Estudios recientes han confirmado los efectos positivos del uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal en cultivos agrícolas. En soja, la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* incrementó la nodulación, la fijación biológica de nitrógeno y el rendimiento del cultivo[9]. En maíz, la inoculación con *Azospirillum brasilense* estimuló el desarrollo radicular y mejoró el crecimiento vegetal, asociado a una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes[10]. Asimismo, *Pseudomonas fluorescens* promovió el crecimiento de plantas de poroto mediante mecanismos como la solubilización de fósforo y la producción de compuestos promotores del crecimiento vegetal[11].

El crecimiento también puede ser estimulado por hongos micorrícicos, estos hongos se asocian con las raíces de diversas plantas en una relación simbiótica mutualista conocida como micorriza, siendo las más importantes las micorrizas arbusculares. El hongo *Rhizophagus irregularis* establece con las raíces de las plantas una de las simbiosis más abundantes e importantes en la biósfera al incrementar la eficacia en la absorción de agua y nutrientes, confiriendo a las plantas micorrizadas la capacidad de crecer en suelos ácidos y pobres en nutrientes, además de incrementar su tolerancia a algunas enfermedades y ataques de nemátodos. Muchos hongos micorrícico-arbusculares (HMA), incluso disminuyen los daños causados por estrés hídrico y salinidad[12].

METODOLOGÍA

El experimento se realizó en invernadero bajo un ambiente controlado en el distrito de San Lorenzo, perteneciente al departamento Central, ubicado en las coordenadas geográficas 25°20’10’’ sur y 57°31’ 08’’ oeste. El experimento se desarrolló desde febrero hasta mayo de 2024. El suelo utilizado corresponde a un suelo del distrito Yguazú, departamento de Alto Paraná, tiene textura arcillosa, con un horizonte argílico rojo y con una saturación de bases menor que 35%, pertenece a un *Rhodic Kandiudox*[13].

El experimento consistió en seis tratamientos, con cuatro repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales dispuestos completamente al azar: (T1), testigo sin inoculación; (T2), BPCV 1 5ml/5 kg de semilla; (T3), BPCV 2 (diferenciado del BPCV 1 por la concentración de unidades formadoras de colonias) 5 ml/5 kg de semilla; (T4), Hongos micorrícicos arbusculares (HMAs) 2,5 g/ 5 kg de semilla; (T5), BPCV 1 (5 ml/5 kg de semilla) + HMAs (2,5 g/ 5 kg de semillas); y (T6), PGPR 2 (5 ml/5 kg de semilla) + HMAs (2,5 g/ 5 kg de semillas). Para la preparación de las macetas primero se tamizó el suelo con ayuda de un tamiz de malla de 2 mm, y luego se fueron cargados en las macetas para la posterior siembra. Se inocularon las semillas de soja con el PGPR y el hongo micorrícico antes de la siembra del cultivo. Una vez realizada la inoculación fueron sembradas 10 semillas de soja por cada unidad experimental respectivamente, posteriormente se realizó el raleo y se dejaron 3 plantas por maceta. Para el tratamiento de BPCV 1 y BPCV 2 por cada 50 kg de semilla, se usó 150 ml de biofertilizante líquido. Asimismo, se utilizó 25 g/ha el producto a base de *Rhizophagus irregularis*.

- **Altura de planta (cm)**: Se midió la altura media, desde la superficie del suelo hasta el ápice superior de las plantas con una cinta métrica.
- **Número de vainas por planta:** Se contó el número de vainas y los resultados se expresaron cuantitativamente.
- **Masa seca aérea (g)**: Las plantas fueron cortadas a la altura del cuello y luego fueron introducidas en una bolsa previamente identificada. Las muestras se secaron en estufa a 65 °C durante 72 hs. La masa seca fue pesada con una balanza analítica de precisión.
- **Longitud radicular (cm)**: Se registró la longitud de la raíz principal, con ayuda de una regla graduada (cm).
- **Masa seca radicular (g)**: Las raíces se secaron a 65 °C durante 72 h y se determinó su masa seca mediante una balanza analítica.
- **Número de nódulos por planta**: Se realizó el conteo directo de los nódulos de las raíces y los resultados se expresaron en forma cuantitativa.
- **Masa seca de nódulos (g)**: Fueron pesados los mismos nódulos obtenidos para la variable anterior. Los datos obtenidos de las variables estudiadas fueron inicialmente ordenadas, utilizando planillas electrónicas del

programa Excel, luego los datos fueron sometidos a test de normalidad y homogeneidad aceptándose los supuestos y fueron analizados mediante análisis de varianza (ANAVA), y cuando verificado que existieran diferencias significativas en los parámetros estudiados fueron sometidos a la comparación de medias por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error con la ayuda del software estadístico Infostat.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de las variables evaluadas mostró que no hubo efecto por la aplicación de los diferentes biofertilizantes como bacterias promotoras de crecimiento vegetal y micorrizas sobre la altura de planta a los 60 días después de la siembra (DDS) de la soja, con un promedio general de 46 cm. Por otro lado, la longitud de raíces tampoco fue afectada por la aplicación de BPCV, aunque se observó mejor resultado con la inoculación de BPCV 2 con 53,81 cm (Tabla 1). Teniendo en cuenta el resultado obtenido en cuanto a la variable destaca el incremento del crecimiento radicular y esto se da por la producción y liberación de hormonas por parte de los biofertilizantes. La variabilidad de la humedad del suelo afectó directamente el crecimiento y normal desarrollo de las plantas, con una baja absorción de agua se reduce también la absorción de nutrientes y el cultivo lo expresa en una menor tasa de crecimiento y por ende menor rendimiento. Y su importancia radica en la exploración de raíces. Del mismo modo, la producción de masa seca aérea no presentó significancia entre tratamientos (Tabla 1), con un promedio general de 14 g. Asimismo, la masa seca radicular, no presentó diferencias entre tratamientos (Tabla 1), sin embargo, el mayor valor fue con el BPCV 1 con 3,38 g. Se da relación con la parte aérea del cultivo debido a que el desarrollo sano de las hojas suele ir seguido de un fuerte crecimiento de las raíces, por ende, mayor biomasa radicular, y esto se debe a la acción de los promotores de crecimiento a través de la producción y liberación de las hormonas.

El número de nódulos por planta (Tabla 1) no fue afectado significativamente por la aplicación de BPCV y micorrizas, las BPCV tienen la capacidad de inducir o mejorar la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno, que son responsables de la formación de nódulos en las raíces. Estas bacterias fijadoras convierten el nitrógeno atmosférico en una forma que las plantas pueden utilizar. Al promover la colonización de estas bacterias fijadoras de nitrógeno en las raíces, las BPCV pueden aumentar el número y la eficiencia de los nódulos.

Del mismo modo, la masa seca de nódulos tuvo un comportamiento similar, sin ninguna relación con los inoculantes aplicados (Tabla 1). La mayor efectividad de los nódulos estuvo relacionada con los tratamientos donde se aplicó *Bradyrhizobium*, ya sean las cepas independientes o cuando combinadas con micorrizas.

Tabla 1. *Altura de las plantas a los 60 días después de la siembra (DDS), longitud radicular, masa seca aérea y de raíces, número de nódulos por planta y masa seca de nódulos, por efecto de la aplicación de promotores de crecimiento (BPCV) y hongos micorrícicos. San Lorenzo, 2024.*

Tratamientos con biofertilizantes	Altura de planta a los 60 días	Longitud radicular ns	Masa seca aérea ns	Masa seca de raíces ns	Número de nódulos por planta ns	Masa seca de nódulos ns
	cm		(g.planta^{-1})			(g.planta^{-1})
T1: Testigo	42,88^{ns}	42,38^{ns}	14,23^{ns}	2,78^{ns}	18,13^{ns}	0,50^{ns}
T2: BPCV1*	46,84	48,35	15,08	3,38	20,65	0,48
T3: BPCV2**	43,72	53,81	13,53	3,00	18,25	0,40
T4: Micorriza	49,89	44,91	15,33	2,80	16,87	0,40
T5: BPCV1+Micorriza	42,63	49,80	10,55	2,13	10,58	0,20
T6: BPCV2+Micorriza	51,46	42,73	15,18	2,68	20,44	0,48
CV (%)	20,58	23,09	26,43	4,60	11,29	32,48

*ns= no significativo a 5% de probabilidad por el test de Tuckey. *BPCV 1 y **BPCV se diferencian por la composición de unidad formadora de colonias.*

Los resultados observados en la altura de planta coinciden con los obtenidos por algu-nos autores que mencionan la importancia de algunas características de las cepas introducidas para el éxito de la producción. La variable altura en los tratamientos con *B. japonicum* presentaron mayor valor, si bien la diferencia entre los tratamientos no fue estadísticamente significativa[14]. Los tratamientos que incluyeron *Bradyrhizobium japonicum* presentaron mayores valores de altura, lo que podría relacionarse con su capacidad para fijar biológicamente el nitrógeno y contribuir a la nutrición de la soja [9]. Con relación a la longitud radicular, con la aplicación de *B. japonicum* se observó mayor longitud radicular, en cambio sin el inoculante bacteriano, sus raíces no superaron a los demás tratamientos[15]. Este resultado podría estar relacionado con la producción de ácido indol-3-acético (AIA) por las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, ya que esta fitohormona interviene en la regulación de la división y elongación celular, así como en la formación y ramificación de las raíces[6]. La inoculación con *Azospirillum brasilense* aumentó el peso fresco de las raíces de soja en un 61,8 % respecto al control, mientras que la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* produjo un incremento del 6 %. Los autores relacionaron el crecimiento radicular con una posible mayor captación de agua y minerales[16]. Los resultados de masa seca aérea podrían estar relacionado con la interacción entre los hongos nativos y Bradyrhizobium japonicum, cuya asociación simbiótica puede influir en el crecimiento y la acumulación de biomasa en la soja[17]. En relación a la variable masa seca de raíces, indica que las cepas de *A. brasilense* y *B. japonicum*, incrementaron la biomasa seca de las raíces de la soja[18]. En tanto que, los resultados obtenidos para número de nódulos en las raíces de la soja, en el experimento realizado bajo ambiente controlado, donde ocurrió la simbiosis con *B. japonicum* para fijar N atmosférico y la co-inoculación con otros microorganismos promotores del crecimiento pudieron haber incrementado la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y el crecimiento de las plantas, estableciendo que los tratamientos compuestos con *B. japonicum* mostraron el mayor número de nódulos[17]. En tanto que, los resultados de masa seca de nódulos, las plantas inoculadas con las cepas de *Bradyrhizobium* y más aún el control sin fertilizar, presentaron rendimientos estadísticamente iguales[19].

El número de vainas por planta de la soja no presentó diferencias significativas entre tratamientos, y alcanzó un promedio general de 11 unidades (Tabla 2). Las micorrizas desempeñan un papel fundamental en la absorción de nutrientes, especialmente el fósforo. Por ende, el fósforo es un nutriente esencial para el desarrollo reproductivo, y promueve la formación de flores y frutos lo cual a su vez puede aumentar el número de vainas.

Los resultados de número de vainas están relacionado a la inoculación independiente o combinada de *B. japonicum* y micorriza en el cultivo de soja bajo ambiente controlado. Con respecto a los resultados de rendimiento, el menor número de vainas por planta correspondió al tratamiento testigo[20]. Los datos obtenidos son mayores para los tratamientos inoculados con micorrizas, que no mostraron diferencias estadísticas entre sí, según la investigación realizada evaluando la efectividad de la aplicación de hongos micorrícicos arbusculares en el rendimiento de soja[21].

Tabla 2. *Número de vainas por plantas por efecto de la aplicación de promotores de crecimiento (BPCV) y hongos micorrícicos. San Lorenzo, 2024.*

Tratamientos con biofertilizantes	**Número de vainas ns**
T1: Testigo	7,5
T2: BPCV1*	11,38
T3: BPCV2**	9,50
T4: Micorriza	12,75
T5: BPCV1+Micorriza	10,79
T6: BPCV2+Micorriza	12,13
CV (%)	41,77

*ns= no significativo a 5% de probabilidad por el test de Tuckey. *BPCV 1 y **BPCV se diferencian por la composición de unidad formadora de colonias.*

La no respuesta a las variables evaluadas por efecto de los tratamientos puede atribuirse a las condiciones ambientales, la siembra del cultivo de soja se realizó fuera de época, también el experimento en maceta al limitar el espacio radicular de la planta, puede limitar la eficacia de las micorrizas, el uso de macetas de plástico puede generar un estrés en la soja debido a la restricción del espacio y el sustrato puede secarse rápidamente.

Las macetas de plástico pueden emitir calor y esto puede influir en la temperatura del sustrato y en las raíces. El tipo de suelo usado fue del orden oxisol, y según los resultados de la muestra de suelo el pH es ligeramente ácido y el pH bajo podría afectar la actividad de algunas bacterias promotoras de crecimiento vegetal, cuyo rango de pH óptimo para su actividad es de alrededor de 6 – 6,5. Son suelos que suelen tener baja disponibilidad de fósforo debido a la alta fijación de este nutriente por los óxidos de hierro y aluminio.

CONCLUSIONES

En las condiciones del presente experimento, el uso de los promotores de crecimiento vegetal en combinación con la micorriza no presentó efecto significativo en las variables evaluadas. Bajo las condiciones experimentales actuales, las inoculaciones pueden generar una respuesta limitada, que no fue lo suficientemente pronunciada como para ser considerada estadísticamente significativa.

Declaración de financiamiento:	Facultad de Ciencias Agrarias - IGT (Innovación, Gestión y Tecnología).
Declaración de conflicto de intereses:	Los autores declaran no tener conflictos de interés.
Declaración de autores:	Los autores aprueban la versión final del artículo.
Contribución de autores:	Conceptualización: PARA, MPGS, Curación de datos: PARA, ALG, MPGS, Análisis formal: PARA, Investigación: PARA, FCVR, Metodología: PARA, FCVR, ALG, Administración del proyecto: ALG, MPGS, Supervisión: ALG, MPGS, CABB, Validación: ALG, MPGS, CABB, Redacción-borrador original: PARA, FCVR, ALG, MPG, CABB, Redacción-revisión y edición: PARA, FCVR, ALG, MPGS, CABB.
Revisión por pares:	Este artículo fue evaluado mediante un proceso de revisión por pares anónimos, conforme al procedimiento de transparencia editorial de la revista. Las observaciones y sugerencias de los revisores fueron consideradas por los autores hasta alcanzar la versión final publicada, garantizando la integridad científica del trabajo y la confidencialidad de los evaluadores.
Disponibilidad de datos:	Los datos están disponibles previa solicitud al autor corresponsal.

REFERENCIAS

1. Duarte Sánchez DD, Guerrero Barreto R, Chung CKK. Importancia de la producción de soja en la economía paraguaya en el año 2021. Rev Cient Estud Investig. 2022;11(1):146-154. Disponible en: https://doi.org/10.26885/rcei.11.1.146
2. Havlin JL, Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 9º ed. Upper Saddle River: Pearson; 2023.
3. Sarandón SJ, Flores CC. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. La Plata: Universidad Nacional de La Plata; 2014. Disponible en: https://centroemmanuel.org/wp-content/uploads/2016/04/Documento-Agroecologia-Sarandon.pdf
4. Castillo P, Molina R, Andrade A, Vigliocco A, Alemano S, Cassán F. Phytohormones and other plant growth regulators produced by PGPR: the genus Azospirillum. En: Cassán F, Okon Y, Creus CM, editores. Handbook for Azospirillum: technical issues and protocols. Bern: Springer; 2015. p. 115-138. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-06542-7_7
5. Triplett EW, Sadowsky MJ. Genetics of competition for nodulation of legumes. Annu Rev Microbiol. 1992;46:399-428. Disponible en: https://doi.org/10.1146/annurev.mi.46.100192.002151
6. Méndez M, Mercado E, Pineda E. Azospirillum: una rizobacteria con uso potencial en la agricultura. Biológicas. 2017;16(1):11-18. Disponible en: https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/172/pdf
7. Hungria M, Rondina ABL, Nunes ALP, Araujo RS, Nogueira MN. Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in Brachiarias (Urochloa spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. Plant Soil. 2021;463:171-186. Disponible en: http://www.bashanfoundation.org/contributions/Hungria-M/46.%202021Seed%20and%20Hungria.pdf
8. Ferrera Rodríguez O, Alarcón González BA, Caballero Reyes GE, Hernández Melchor D, Alarcón A, Ferrera Cerrato R, et al. Characterization of bacteria with plant growth promotion and antagonistic activity associated to rhizosphere and phyllosphere of Platanus mexicana and Persea shiedeana trees natural hosts of ambrosial beetle. 2021. Disponible en: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3146806/v1

9. Hungria M, Nogueira MA, Araujo RS. Co-inoculación de semillas de soja con Bradyrhizobium spp. y Azospirillum brasilense: una nueva herramienta biotecnológica para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad. Am J Plant Sci. 2015;6(6):811-817. Disponible en: https://doi.org/10.4236/ajps.2015.66087
10. Bashan Y, de-Bashan LE. How the plant growth-promoting bacterium Azospirillum promotes plant growth: a critical assessment. Adv Agron. 2010;108:77-136. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8
11. Lucy M, Reed E, Glick BR. Applications of free-living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie Van Leeuwenhoek. 2004;86(1):1-25. Disponible en: https://doi.org/10.1023/B:ANTO.0000024903.10757.6e
12. Rodríguez JEMH, Otiniano CCR, Asencio P, Mogollón PC, Medina MEC. Co-inoculación de Rhizophagus irregularis y Rhizobium sp. en Phaseolus vulgaris L. var. canario (Fabaceae), «frijol canario». Arnaldoa. 2019;26(3):991-1006. Disponible en: https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26309
13. López Gorostiaga O, González Erico E, de Llamas P, Molinas A, Franco S, García S, et al. Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región Oriental. Asunción: MAG, SRNMA, BM, PRUT; 1995. p. 112-118. Disponible en: https://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf
14. Sotelo CE, Leconte MC, Iglesias MC. Efecto de la inoculación al cultivo antecesor sobre la nodulación de la soja, en suelos de desmonte. Agrotecnia. 2010;20:13. Disponible en: https://doi.org/10.30972/agr.020354
15. Cedeño Saavedra DA, Martínez HFC, Rosero NC, Cuenca FFG, Fernández RG, Moreira ÁVC. Rizobacterias que promueven el desarrollo e incremento en productividad de Glycine max L. Cienc Tecnol. 2017;10(1):7-15.
16. Casas M, Pérez J, Jerez F, Fajardo-Molina S, Morcillo-Blanco C, Fernández-Pascual M. Respuesta de soya (Glycine max (L.) Merr.) a la inoculación con Azospirillum y Bradyrhizobium. Rev Colomb Cienc Hortíc. 2019;13(2):174-185. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/1932/193261173002/html
17. Castro Barquero L. Incremento de la fijación biológica de nitrógeno y el crecimiento de la soya (Glycine max) mediante el uso de hongos solubilizadores de fósforo. Agron Costarricense. 2024;48(1):93-109. Disponible en: https://doi.org/10.15517/rac.v48i1.59136
18. Cassán F, Perrig D, Sgroy V, Masciarelli O, Peña C, Luna V. Azospirillum brasilense Az39 and Bradyrhizobium japonicum E109 promote seed germination and early seedling growth independently or co-inoculated in maize (Zea mays L.) and soybean (Glycine max L.). Eur J Soil Biol. 2009;45:28-35.
19. Marchesotti MA. Respuesta del cultivo de soja a la inoculación con dos aislados de B. japonicum con alto potencial de fijación de nitrógeno. La Plata: Universidad Nacional de La Plata; 2021. Disponible en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/139173/Documento_completo.pdf
20. Franco AD, Estala AM, Santacruz AA, Mendoza JLH. Respuesta de la soya a inoculantes microbianos en el norte de Tamaulipas, México. Rev Mex Cienc Agríc. 2015;6(2). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000200001
21. Romero-Arias A, Ruz-Reyes RM, Nápoles-García MC, Leyva-Rodríguez SL, Baez-González JE. Efecto de la aplicación de cepas de micorrizas en el desarrollo morfoagronómico de Glycine max L. Pastos y Forrajes. 2021;44(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942021000100003