

Influencia del *Azospirillum brasilense* y nitrógeno aplicado en distintos estadios del trigo

Influence of *Azospirillum brasilense* and nitrogen applied in different stages of wheat

Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico

Milciades Ariel Melgarejo Arrúa¹ 

<https://orcid.org/0000-0002-1031-6389>

¹Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agrarias. Katueté, Paraguay. milciadesmelgarejo1@gmail.com

Melina Faviola Delvalle Cantero¹ 

<https://orcid.org/0009-0006-2062-4218>

¹Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agrarias. Katueté, Paraguay. melinadelvallec@gmail.com

Patricia Juana Colmán Ribelatto¹ 

<https://orcid.org/0000-0003-1575-5978>

¹Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agrarias. Katueté, Paraguay. pattycolm@gmail.com

Carolina Dominga Maldonado Leiva¹ 

<https://orcid.org/0009-0002-1272-2740>

¹Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agrarias. Katueté, Paraguay. carolleiva48@gmail.com

Alcides Rubén Villalba Arriola¹ 

<https://orcid.org/0000-0002-9087-7740>

¹Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agrarias. Katueté, Paraguay. villalbayhovy@gmail.com

Elida Auxiliadora Peralta Paiva¹ 

<https://orcid.org/0000-0003-3875-5559>

¹Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agrarias. Katueté, Paraguay. elida_peralta@hotmail.com

Resumen

El nitrógeno es un nutriente que puede influenciar directamente el rendimiento del cultivo del trigo. En la búsqueda de una producción más sostenible, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del trigo a la inoculación con *Azospirillum brasilense* en combinación con nitrógeno aplicado en diferentes estadios fenológicos. El ensayo se realizó en el IPTA ubicado en Ybyrarobaná, Canindeyú, Paraguay. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con arreglo bifactorial 2 x 3 y dos testigos (sin inoculación y sin fertilización nitrogenada; con inoculación y sin fertilización nitrogenada). Los factores fueron la ausencia y la aplicación del *A. brasilense* y la aplicación de fertilizante nitrogenado en: macollaje; macollaje y elongación; macollaje y espigazón. Las variables evaluadas fueron la altura de plantas (AP), número de espigas por m² (NE), rendimiento (R), peso de mil granos (PMG) y peso hectolitro de los granos (PH). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias comparadas por el test de Tukey al 5%. La aplicación de *A. brasilense* en el trigo asociado con el nitrógeno en tres estadios fenológicos no presentó diferencia estadística en las variables AP, NE, R y PMG. Por otro lado, se observó una diferencia significativa en el arreglo factorial. La variable PH, la aplicación del nitrógeno en los estadios fenológicos macollamiento y espigazón, así como la asociación de la inoculación con la aplicación de nitrógeno en el momento de macollamiento y fraccionado en el macollamiento y elongación, resultaron ser superior en términos numéricos, sin embargo, no difirieron de los testigos.

Palabras clave: *Triticum aestivum*. Gramínea. Rendimiento. Fertilización biológica.

Abstract


Nitrogen is a nutrient that can directly influence wheat crop yield. In the search for a more sustainable production, the purpose of this study was to evaluate the response of wheat to inoculation with *Azospirillum brasilense* in combination with applied nitrogen in different phenological stages. The experiment was carried out in the IPTA experimental field, located in Ybyrarobaná, Canindeyú, Paraguay. A randomized complete block design was used with a 2 x 3 bifactorial arrangement and two controls (without inoculation and without nitrogen fertilization; with inoculation and without nitrogen fertilization). The factors were the absence and application of *A. brasilense* and the application of nitrogenous fertilizer in: tillering; tillering and elongation; tillering and heading. The variables evaluated were plant height (PH), number of spikes per m² (NS), yield (Y), thousand grain weight (TGW) and hectoliter weight of grains (HW). The data were subjected to analysis of variance and the means were compared by Tukey's test at 5%. The application of *A. brasilense* in wheat associated with nitrogen in three phenological stages did not present statistical difference in the variables PH, NS, Y and TGW. On the other hand, a significant difference was observed in the factorial arrangement. The PH, the application of nitrogen in the tillering and tassel phenological stages, as well as the association of the inoculation with the application of nitrogen at the moment of tillering and divided in the tillering and elongation, showed superior results, however, not differing from the controls.

Keywords: *Triticum aestivum*. Grass. Yield. Biological fertilization.

Área del conocimiento: Ciencias Agrarias.

Correo de Correspondencia: pattycolm@gmail.com

Conflictos de Interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

 Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY

Fecha de recepción: 05/08/2023

Fecha de Aprobación: 19/07/2024

Página Web: <https://revistas.uni.edu.py/index.php/rseisa>

Citación recomendada: Melgarejo, M.; Delvalle, M.; Colman, P.; Maldonado, C.; Villalba, A.; Peralta, E. (2024). Influencia del *Azospirillum brasilense* y nitrógeno aplicado en distintos estadios del trigo. Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico (Encarnación), 18(18): e2024012

Introducción

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cultivos más importantes del periodo invernal en la agricultura de Paraguay, según Kohli (2013) representa aproximadamente un 28% del área cubierto en el invierno. El Paraguay ha dejado de ser un importador neto de trigo, pasando a ser un país productor, tanto para el consumo interno como para los mercados externos, ya sea en granos como en productos agroindustriales derivados del trigo como harinas, pastas y panificados (Servín y Rojas, 2014). Además, el cultivo es de gran importancia debido a que permite una buena cobertura del suelo y alta calidad de rastrojo, siendo esto fundamental para la siembra directa instalada en el país.

La productividad del cultivo de trigo está determinada por varios factores, entre los cuales se destaca la fertilización nitrogenada debido a que el nitrógeno (N) es un elemento indispensable para la fotosíntesis, acumulación de materia seca y la producción, permitiendo rendimientos económicamente atractivos, la demanda de este nutriente aumenta desde inicios de encañazón del trigo (Megda et al., 2009).

El N es un elemento muy móvil en el suelo, en forma de nitrato NO₃ no es absorbido por las plantas y es altamente susceptible a perderse vía lixiviación o desnitrificación, provocando una deficiencia. Por este motivo, para cubrir la demanda de los cultivos, el N debe agregarse al suelo en grandes cantidades como fertilizante nitrogenado o abono orgánico (Ledezma, Solís, Suaste & Rodríguez, 2010). Para satisfacer las necesidades del nitrógeno es recomendable realizar la aplicación del fertilizante tanto en la siembra como en etapas de llenado de granos (Peña, 2007).

Con la finalidad de reducir o reemplazar el uso de los fertilizantes químicos, buscando una producción sostenible, una alternativa interesante es el uso de microorganismos benéficos que mantienen el equilibrio del suelo y apoyan el crecimiento vegetal mediante diversos mecanismos, uno de estos microorganismos es el *Azospirillum*, que tiene la capacidad de fijar nitrógeno, reducir nitratos para su absorción, solubilizar fósforo, producir citocininas y giberelinas que derivan en cambios morfológicos y fisiológicos de las plantas que pueden mejorar la toma de agua y minerales (Filbach et al., 2012).

En la búsqueda de mejorar el uso del nitrógeno en el cultivo de trigo a través de un manejo más sostenible se evaluó el efecto de la inoculación del *Azospirillum brasilense* asociado con la fertilización nitrogenada, aplicado en diferentes estadios fenológicos en las características agronómicas y calidad del trigo.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el campo experimental del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), situado en la Colonia Yjhovy, distrito de Ybyrarovaná, departamento de Canindeyú, con coordenadas geográficas 24°16' 80 "S y 55° 01' 01 "O. El ciclo total del trigo fue de 130 días.

Fue evaluado el efecto de la inoculación de la semilla de trigo con *A. brasilense* y la aplicación de nitrógeno en diferentes etapas fisiológicas en arreglo factorial 2x3+2, siendo el factor A la inoculación (con y sin inoculación) y factor B la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno en diferentes estadios fenológicos (macollamiento; macollamiento y elongación de tallo; macollamiento y espigazón) y los testigos adicionales fueron: sin inoculación ni fertilización nitrogenada e

inoculación sin aplicación del nitrógeno,. Las parcelas fueron instaladas en bloque al azar, con cuatro repeticiones. La inoculación fue realizada momentos antes de la siembra, con una dosis de 100 ml por 100 kg de semillas (recomendación comercial) y la aplicación del N se realizó de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, siendo aplicado en una sola vez o fraccionado, según el tratamiento respectivo, manteniendo la dosis total de 100 kg ha⁻¹.

El material genético utilizado fue la variedad de trigo ITAPUA 80, cuyo ciclo es precoz, con espigamiento promedio de 70 días y madurez promedio de 115 a 120 días, altura media, peso de mil granos promedio de 40g y grano semi-duro, presenta resistencia a enfermedades foliares como la roya de la hoja, moderada susceptibilidad a fusariosis y susceptibilidad a la piricularia, es un trigo pan superior con valor de W= 289 (Cabrera et al., 2016).

La siembra fue realizada con una sembradora experimental con un espaciamiento de 0,2 m entre hileras, sembrados a choro continuo con una densidad de aproximadamente 70 plantas por metro lineal. La parcela experimental estuvo constituida de 6 hileras de 5m de largo. Las muestras se tomaron de las 4 hileras centrales, descartándose 0,6 m en cada extremo, con la finalidad de evitar el efecto borde.

El control de malezas se efectuó por medio de la aplicación de herbicidas selectivos al trigo de acuerdo a la incidencia. El control de enfermedades se realizó como medida preventiva con dos aplicaciones de fungicidas (Azoxistrobin 20%+Cyproconazole 8%). El control de insectos fue de acuerdo a la incidencia con aplicación de insecticidas (Thiametoxam 30%+ Bifentrin 20%).

En el estadio de maduración fisiológica se procedió a medir la altura con un flexómetro desde la superficie del suelo hasta el ápice (espiga principal), seleccionando veinte plantas al azar de cada unidad experimental. La cantidad de espigas se determinó por metro cuadrado antes de la cosecha, una vez que el cultivo llegó al estadio de maduración fisiológica. Antes de la cosecha, se determinó la cantidad de espigas viables en un área de 1 m² y el resultado se expresó en espigas por m².

Después de la maduración fisiológica, cuando los granos alcanzaron 14% de humedad, fueron cosechadas las 4 hileras centrales de cada unidad experimental. Se procedió a la trilla con una trilladora experimental para trigo

Una vez trillado y evaluado el rendimiento de granos por hectárea se procedió al conteo y pesaje de los granos, para ello se utilizó un contador electrónico de granos para contar cuatro sub-muestras de 1.000 granos, las cuales fueron pesadas y se determinó el peso en gramos (g), de acuerdo al método IRAM 15853 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación).

Para determinar el peso hectolitrito (PH) se utilizó una balanza de Schopper, se procedió a cargar en el tubo los granos hasta llenarlo, posteriormente se dejó caer los granos de forma rápida a través de un dispositivo de corte. La cantidad de trigo que se mantuvo en la parte inferior del tubo hectolitro fue pesada en una balanza y luego se observó el valor en una tabla que expresó el resultado en kg hl⁻¹. Posteriormente la semilla se pesó con una balanza de precisión y luego fueron colocadas en papel madera con su

identificación correspondiente y mantenidas en cámara fría en condiciones controladas.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias fueron comparadas con el Test de Tukey a un nivel de confianza del 95%, cuando hubo diferencia significativa.

Resultados y Discusión

No fue observado interacción significativa entre la inoculación de *A. brasilense* y la aplicación de N en diferentes estadios para las variables evaluadas, sin embargo, se notó efecto significativo del arreglo factorial para la variable peso hectolitrico (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen del análisis de varianza de las variables altura de planta (AP), número de espiga (N° ESP), rendimiento (REN), peso de mil granos (PMG) y peso hectolitrico (PH) con la inoculación de *A. brasilense* y la aplicación de nitrógeno en distintos estadios fenológicos.

FV	GL	AP	N° ESP	REN	PMG	PH
Bloques	3	30,07	19,86	53344,67	5,46	0,26
Tratamientos	7	7,86	53,14	35910,00	1,82	1,08
Factorial	5	10,43	38,24	47006,97	1,39	1,26 *
Adicional	1	1,13	144,50	8844,50	0,96	0,91
Contraste	1	1,76	36,26	7490,67	4,81	0,38
Total	31					
Momento de aplicación (M)	2	12,51	86,29	54355,17	2,35	0,82
Inoculante (I)	1	17,00	1,04	63448,17	1,38	1,87
M x I	2	5,06	8,79	31438,17	0,44	1,40
RESIDUO	21	11,38	274,27	34190,19	1,52	0,46
CV %		4,85	15,93	15,4	3,72	0,81

* Diferencia a 5% por el test F.

La inoculación de *A. brasilense* y la aplicación de nitrógeno no afectaron la altura de la planta, variando las medias de 66,8 a 71,8 cm (Tabla 2). Resultados similares fue observado por Cocco (2019) quien realizó la aplicación de nitrógeno en distintas épocas del cultivo de trigo y no encontró diferencia significativa para la variable altura de la planta. Los resultados obtenidos en este experimento no concuerdan con lo reportado por Ferreira et al. (2014) quienes verificaron efectos significativos para la altura de la planta, utilizando varias dosis de nitrógeno aplicado en macollaje, llevando al aumento de la altura de las plantas de trigo, esto probablemente debido a

que el nitrógeno promueve el alargamiento del tallo y aumento del número de hojas y macollos.

Para la variable número de espiga por metro cuadrado, las medias observadas variaron de 31,9 a 33,91 espiga por m² (Tabla 2), la inoculación del *A. brasilense* y la aplicación de nitrógeno no afectaron esta variable. Resultados similares fueron observados por Silva (2017) quien realizó la aplicación de *A. brasilense* asociado con nitrógeno en el cultivo de trigo y no verificó diferencias significativas entre los tratamientos. Así también, Schmidt (2020) estudió el efecto de la residualidad de *A. brasilense* sobre los distintos parámetros de rendimiento en el cultivo de trigo, y no constató diferencia significativa en la variable número de espigas por m².

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en las variables altura, no de espigas por metro cuadrado y rendimiento con y sin la inoculación de *Azospirillum* (CI) y la aplicación de nitrógeno.

Tabla 2. Medias de altura, N° de espiga y rendimiento obtenidos sin inoculación, ni aplicación (SI), con la inoculación de *Azospirillum* (CI) y la aplicación de nitrógeno (100 kg ha⁻¹) en distintos estadios fisiológicos de la planta (macollamiento; macollamiento y elongación; macollamiento y espigazón).

Tratamientos	Altura (cm)	N° de espiga (m ²)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Sin inoculación (0 kg de N ha ⁻¹)	69,78 ^{ms}	32,59 ^{ms}	1234,5 ^{ms}
Con inoculación (0 kg de N ha ⁻¹)	70,53	31,9	1301
Sin inoculación + macollamiento (100 kg de N ha ⁻¹)	69,83	32,6	1193,5
Sin inoculación + macollamiento y elongación (50+50 kg de N ha ⁻¹)	66,8	33,49	1043
Sin inoculación + macollamiento y espigazón (50+50 kg de N ha ⁻¹)	69,68	32,6	1306,5
Con inoculación + macollamiento (100 kg de N ha ⁻¹)	71,85	32,64	1354
Con inoculación + macollamiento y elongación (50+50 kg de N ha ⁻¹)	69,88	33,91	1232
Con inoculación + macollamiento y espigazón (50+50 kg de N ha ⁻¹)	69,63	33,58	1264,5

ns: no significativo

Para la variable rendimiento las medias no difirieron estadísticamente y variaron de 1043 a 1354 kg ha⁻¹ (Tabla 2), esto pudo deberse a las condiciones ambientales desfavorables durante el experimento, periodo de sequía. Otras investigaciones reportan

efecto significativo con la inoculación y aplicación de nitrógeno (Schmidt, 2020), aunque Ferreira et al. (2017) no verificaron diferencia significativa con la inoculación de *Azospirillum*, los mismos observaron respuestas con la aplicación de nitrógeno en el macollamiento, diferente a lo encontrado en este trabajo.

Para la variable peso de mil granos las medias variaron de 31,9 a 33,9 g, sin diferencias estadísticas significativas estadísticamente (Tabla 3), los resultados coinciden con Silva (2017) y Schmidt (2020) quienes evaluaron la aplicación de *A. brasilense* asociado al nitrógeno en el cultivo de trigo y no obtuvieron diferencia significativa entre los tratamientos.

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en las variables peso de mil granos y peso hectolítricos con y sin inoculación de *Azospirillum* (CI) y la aplicación de nitrógeno en diferentes estados fenológicos.

Tabla 3. Medias de peso de mil granos y peso hectolitro obtenidos sin inoculación, ni aplicación (SI), con la inoculación de *Azospirillum* (CI) y la aplicación de nitrógeno (100 kg ha⁻¹) en distintos estadios fisiológicos de la planta (macollamiento; macollamiento y elongación; macollamiento y espigazón).

Tratamientos	Peso de mil granos (gr)	Peso hectolitro (kg hl ⁻¹)
Sin inoculación (0 kg N ha ⁻¹)	32,59	83,7 a*
Con inoculación (0 kg N ha ⁻¹)	31,9	83,2 a
Sin inoculación + Macollamiento (100 kg N ha ⁻¹)	32,6	83,2 ab
Sin inoculación + Macollamiento y elongación (50+50 kg N ha ⁻¹)	33,49	82,2 b
Sin inoculación + Macollamiento y espigazón (50+50 kg N ha ⁻¹)	32,6	83,6 a
Con inoculación + Macollamiento (100 kg N ha ⁻¹)	32,64	83,6 a
Con inoculación + Macollamiento y elongación (50+50 kg N ha ⁻¹)	33,91	83,6 a
Con inoculación + Macollamiento y espigazón (50+50 kg N ha ⁻¹)	33,58	83,4 ab

*Letras iguales no difieren entre sí, por el test de Tukey (5%).

Para la variable peso hectolítrico (Tabla 3) se pudo observar que el tratamiento sin inoculación más aplicación en macollamiento y elongación obtuvo resultado inferior con relación a los demás tratamientos. Mumbach et al. (2017) estudiaron la inoculación con *Azospirillum* y aplicación de N en diferentes estadios en el cultivo de trigo, los mismos verificaron diferencia significativa entre los tratamientos donde los resultados variaron entre 68,90 y 71,28 kg hl⁻¹.

Conclusión

En las condiciones ambientales del experimento, la aplicación de *Azospirillum brasilense* asociado con la aplicación del nitrógeno en distintos estadios fenológicos del cultivo de trigo no demostró respuestas para las variables altura de la planta, número de espigas por m², rendimiento del cultivo y peso de 1000 granos.

Para la variable peso hectolítrico, la aplicación fraccionada del nitrógeno en el macollamiento y espigazón, así como la asociación de la inoculación con la aplicación de nitrógeno en el momento de macollamiento y fraccionado en el macollamiento y elongación resultaron ser superiores a los demás tratamientos con 83.6, 83.6 y 83.6 kg hl⁻¹ respectivamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Canindeyú y al Programa Nacional de Incentivo a los Investigadores (PRONII) del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por el apoyo para la realización de la investigación.

Bibliografía

- Cabrera Arredondo, G., Kohli, M. M., Agüero, M., Altamirano, E., & Benítez Quintana, G. (2016). Calidad industrial de variedades de trigo, Itapúa 80, Itapúa 85 y Canindé 21. Investigación agraria, 18(2), 95-100.
<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.diciembre.95-100>
- Cocco, A. (2019). Aplicación de nitrógeno en distintas épocas de aplicación en el cultivo de trigo. Tesis de Grado. Itakyry. Paraguay.

Melgarejo, M.; Delvalle, M.; Colman, P.; Maldonado, C.; Villalba, A.; Peralta, E. Influencia del *Azospirillum brasilense* y nitrógeno aplicado en distintos estadios del trigo.

Ferreira, J. P., Nunes, R. F., Silva, R. B., Dal Bem, E. A., Garcia, D. P., Sabundjian, M. T., & de Souza, F. M. L. (2017). *Azospirillum brasilense* via foliar e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo na região de Itapeva-SP. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 11(2), 154-163.

<https://doi.org/10.18011/bioeng2017v11n2p154-163>

Ferreira, J. P., Andreotti, M., Arf, O., Kaneko, F. H., Nascimento, V., & Sabundjian, M. T. (2014).

Inoculação com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em cobertura no trigo em região de Cerrado.

Tecnologia e Ciência Agropecuária, 8, 27-32.

Fibach-Paldi, S., Burdman, S., & Okon, Y. (2012).

Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiology Letters*, 326(2), 99-108.

<https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2011.02407.x>

Kohli, M. M., Cubilla, L. E., & Cabrera, G. (2013). Cuarto Seminario Nacional de Trigo: Del Grano al Pan. CAPECO/INBIO.

Megda, M. M., Buzetti, S., Andreotti, M., Teixeira Filho, M. M. C., Vieira, M. X. (2009). Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 1055-1060. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400016>

Mumbach, G. L., Kotowski, I. E., Schneider, F. J. A., Mallmann, M. S., Bonfada, E. B., Portela, V. O., Bonfada, É. B. & Kaiser, D. R. (2017). Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. *Scientia Agraria*, 18(2), 97-103. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99551919010>

Peña, R. J. (2007). Influencia de la textura del endospermo y la composición en las proteínas del

gluten en la calidad panadera del trigo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Schmidt, M. (2020). Efecto de la residualidad de *Azospirillum brasilense* sobre los distintos parámetros de rendimiento en el cultivo de Trigo. Bahía Blanca.

Consultado el 15 de marzo del 2022. Disponible en: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5220/Schmidt%2c%20Mart%2c%20Alejandro%20Trabajo%20de%20Intensificaci%20b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Servín, M. B., & Rojas, A. (2014). El sector del trigo en el Paraguay: potencialidades de innovación y aprendizajes. Serie Documentos del Reporte Anual 2014. Recursos Naturales y Desarrollo.

Silva, S. R., & Pires, J. L. F. (2017). Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de *Azospirillum*, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. *Revista Ciência Agronômica*, 48, 631-638.

<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170073>