



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFORADA Y LA UTILIZACIÓN DE *Azospirillum* SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TRIGO. Campaña 2004-05

C. Ojuez ⁽¹⁾
A. Lauric ⁽¹⁾
R. Siolotto ⁽¹⁾
G. Ferraris ⁽²⁾

La utilización de fertilizantes biológicos aplicados como tratamientos de semilla es una práctica que se está difundiendo entre los productores y es estudiada por los investigadores. En diversas oportunidades se han logrado resultados positivos cuando la fertilización química fue complementada por la adición de microorganismos que producen una mejora del estado fisiológico del cultivo, y facilitan la adquisición de nutrientes. Las bacterias del género *Azospirillum* constituyen los inoculantes más comúnmente utilizados en trigo. Son organismos fijadores de nitrógeno (N) de vida libre en el suelo, cuya población se incrementa notablemente en la zona rizosférica. Se han informado diversos efectos favorables por la inoculación con *Azospirillum*. Así, se menciona una estimulación en el crecimiento de raíces, que aumentarían su longitud, densidad y velocidad de crecimiento (Okon and Labandera-González, 1994). También promueve la producción de auxinas, lo cual incrementa la tasa de crecimiento aérea y radicular. Esto se ve frecuentemente reflejado en una mayor absorción de agua y nutrientes.

De una revisión de la literatura se puede mencionar un 60 a 70 % de experiencias con resultados favorables en incrementos de rendimiento, oscilando las diferencias entre un 5 a un 30 % (Basan, 1999). En nuestro país, trabajos pioneros informaron incrementos de rendimiento de entre 13 y 33 % (Barrios et al., 1986; Rodríguez-Cáceres et al., 1994). En cuanto a experiencias locales, un ensayo similar realizado por INTA Bolívar durante la campaña anterior determinó incrementos de rendimientos estadísticamente significativos, de 193 kg ha⁻¹ (Ferraris et al., 2004).

El objetivo de esta experiencia fue evaluar el efecto de la fertilización fosforada y la utilización de *Azospirillum*, solos o en combinación, sobre el rendimiento del cultivo de trigo en el centro de la provincia de Buenos Aires.

Características del ensayo

El ensayo fue conducido por la Unidad de INTA Bolívar, en un campo propiedad del Sr. Hugo Cipriano en cercanías de la ruta 226, partido de Bolívar. El ensayo fue implantado en labranza vertical, sobre un suelo serie Bolívar, clase de uso IIIws. Se sembró la variedad Klein Escorpión, el día 1 de Julio en hileras separadas a 17,5 cm. La semilla fue curada con Carbendazim (25%) + Tiram (25%), a la dosis de 150 cm³ / 100 kg de semilla.

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 1.

(1) Técnicos de la AER Bolívar
(2) Técnico de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el ensayo*

T1: Testigo sin fertilizar
T2: <i>Azospirillum</i> (Graminosoil-L) 1 l ha ⁻¹
T3: PDA 80 kg ha ⁻¹
T4: <i>Azospirillum</i> (Graminosoil-L) 1 l ha ⁻¹ + PDA 80 kg ha ⁻¹
T5: <i>Azospirillum</i> (Graminosoil-L) 1 l ha ⁻¹ + PDA 45 kg ha ⁻¹

Como fuente fosforada se utilizó fosfato diamónico (PDA, 18-23-0), el cual se aplicó localizado en la línea de siembra. El *Azospirillum* se aplicó como tratamiento de semilla.

Entre los parámetros morfológicos evaluados, se midió el número de plantas emergidas, altura de plantas en el estado Zadoks 19 (Zadoks et al, 1974), número de macollos, densidad de raíces a través del método de Newman que determina el número de intersecciones de la raíz sobre una cuadrícula. La evaluación de rendimiento se realizó mediante cosecha mecánica, a través de la recolección de una superficie de 175 m². En muestras de plantas de cada uno de los tratamientos se determinaron los componentes numéricos del rendimiento. Los resultados de estas mediciones fueron analizados por análisis de varianza y, cuando se determinaron diferencias estadísticamente significativas, se realizaron comparaciones de medias entre tratamientos (LSD).

Previo a la siembra se realizó un análisis químico de suelos a dos profundidades. Los datos se consignan en la Tabla 2.

Tabla 2: *Análisis de suelo a la siembra (Laboratorio: FERTILAB, Mar del Plata)*

	N-NO ₃ (ppm)	P Bray I (ppm)	MO (%)	pH	S-SO ₄ (ppm)
0-20 cm	14	10,8	1,7	6,4	8,00
20-40 cm	14,5	-	-	-	7,80

RESULTADOS

La fertilización química o biológica no afectó de manera significativa el número de plantas (Figura 1.a). En cambio, los tratamientos fertilizados con PDA superaron en altura al testigo previo al inicio del macollaje (P= 0,0003, Figura 1.b). De la misma manera, la fertilización química permitió el establecimiento de un mayor número de macollos en los tratamientos T3, T4 y T5 (P=0,012, Figura 2.a), y todos los tratamientos superaron al testigo en la densidad de raíces, medido a través del método del número de intersecciones de Newman (P=0,0026, Figura 2.b).

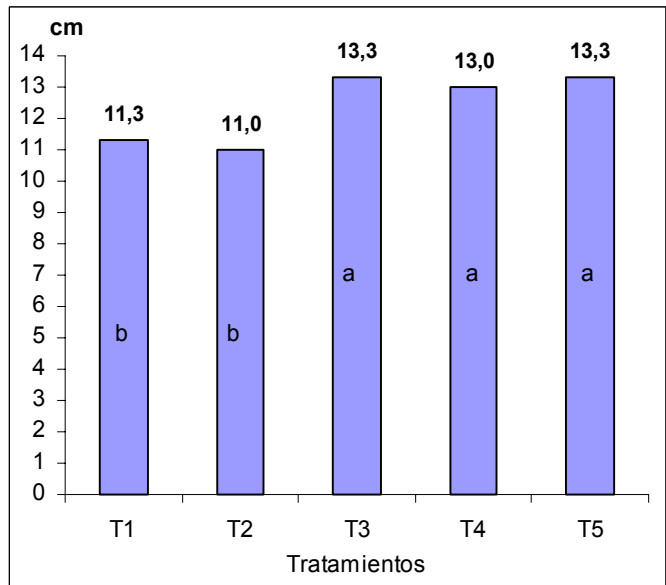
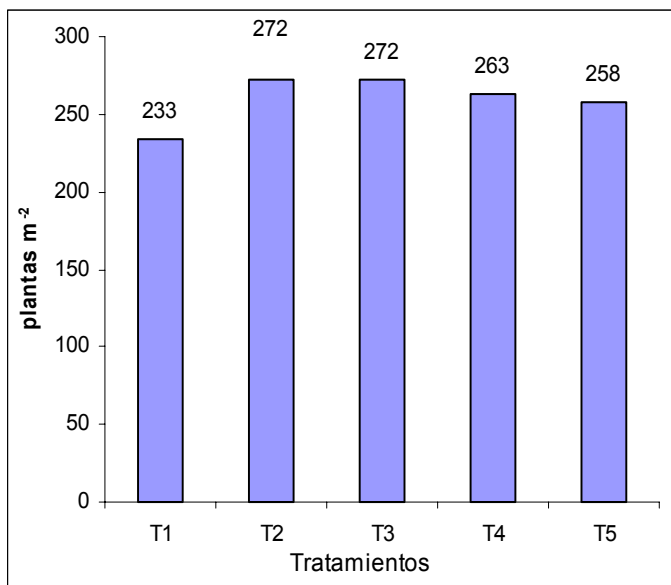


Figura 1.a

Figura 1.b

Figura 1: Número de plantas emergidas (1.a) y altura (1.b) de las mismas en el estado Zadoks 19.

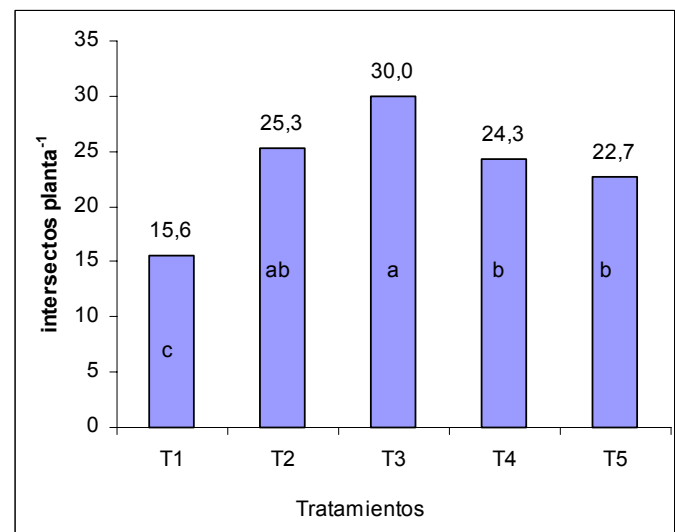
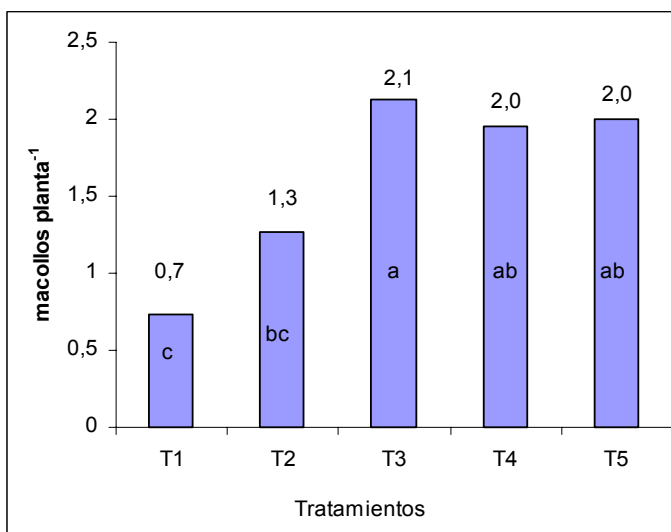


Figura 2.a

Figura 2.b

Figura 2: Número de macollos por planta emergida (2.a) y número de intersectos de raíz (2.b) sobre una cuadrícula en el estado Zadoks 22. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

La evaluación de los componentes del rendimiento se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3: Componentes de rendimientos afectados por la fertilización química y/o biológica

Tratamientos	Espigas / m ²	Granos/ espiga	Granos/m ²	Peso mil
T1	331 c	34,7	11481	42,3

T2	320 bc	37,6	12048	41,1
T3	356 ab	36,6	13026	41,1
T4	365 a	39,4	14390	40,2
T5	355 ab	38,7	13738	38,7
P=	0,065	0,465	0,212	0,168
Cv %=	5,2	8,9	11,6	3,7

En la tabla 3 (columna 2), se registró una tendencia significativa ($P=0,065$) en el número de espigas m^2 , a favor de los tratamientos que recibieron fertilización fosforada de base, *fuera o no inoculados con Azospirillum*. El resto de los componentes del rendimiento no expresaron diferencias significativas.

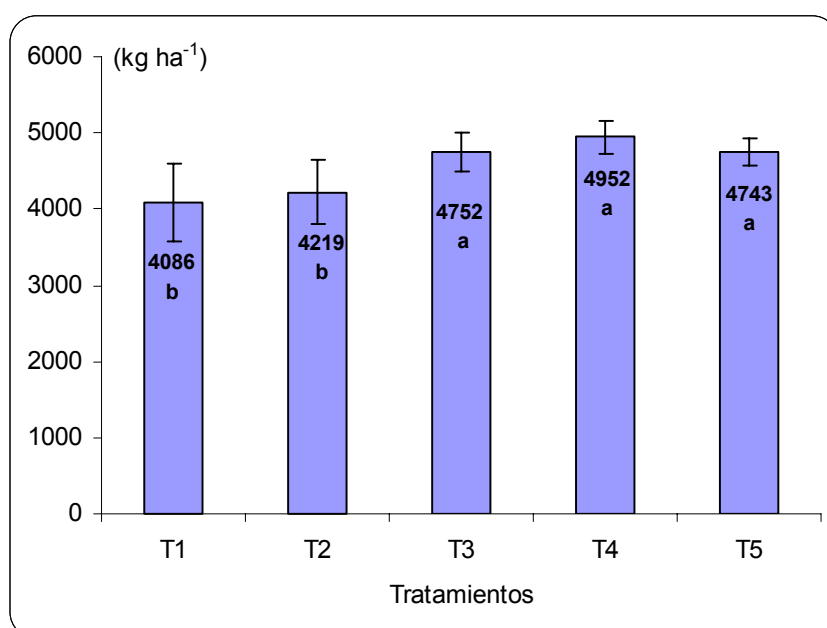


Figura 3: Rendimientos de grano de diferentes tratamientos. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ($P<0,05$). Las barras de error representan la desviación Standard de la media

Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos. Como sucediera con otras variables de crecimiento como la altura de plantas, número de macollos y densidad de raíces, los tratamientos que recibieron fertilización fosforada de base superaron a los testigos ($P=0,0049$, CV 4,8 %), lo cual está en relación con la baja disponibilidad del nutriente determinada a la siembra (Tabla 2). El incremento de rendimiento entre el testigo (T1) y la aplicación de *Azospirillum* (T2) es de 133 kg ha^{-1} (Figura 3) pero no es significativa la diferencia. Analizando los tratamientos T3, T4 y T5 en relación al testigo se puede observar una diferencia media de rendimiento de 729 kg ha^{-1} , aunque entre ellos no se observaron diferencias significativas. En los tres tratamientos con fertilización química fosforada se analizó la eficiencia de utilización de este elemento. Considerando la dosis completa de fósforo (P), se evidencia un leve incremento en T4 respecto de T3 por la combinación con *Azospirillum*, pasando de 42 a 54 kg de grano por kg de P elemento aplicado. En cambio, la eficiencia aumenta a 82 kg por kg de P en T5, con media dosis más fertilización biológica.

El incremento por utilización de *Azospirillum* fue de 133 kg ha⁻¹ sin fertilización fosforada, y de 200 kg ha⁻¹ con fertilización, similar al observado durante el año anterior de 193 kg ha⁻¹ (Ferraris et al., 2004), aunque en aquel caso las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas.

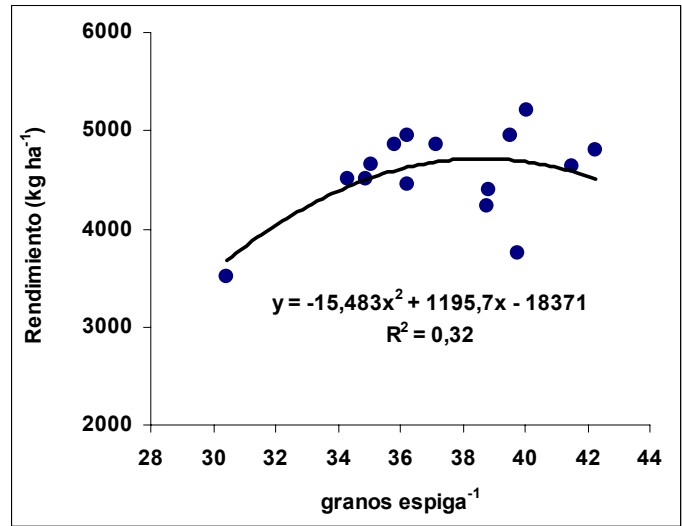
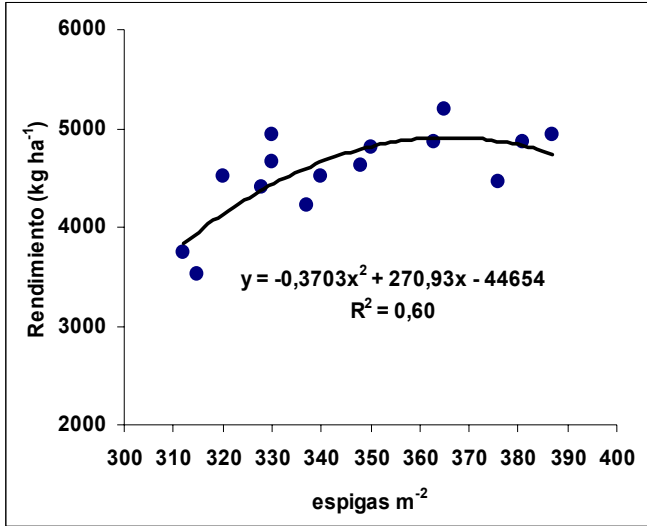


Figura 4.a

Figura 4.b

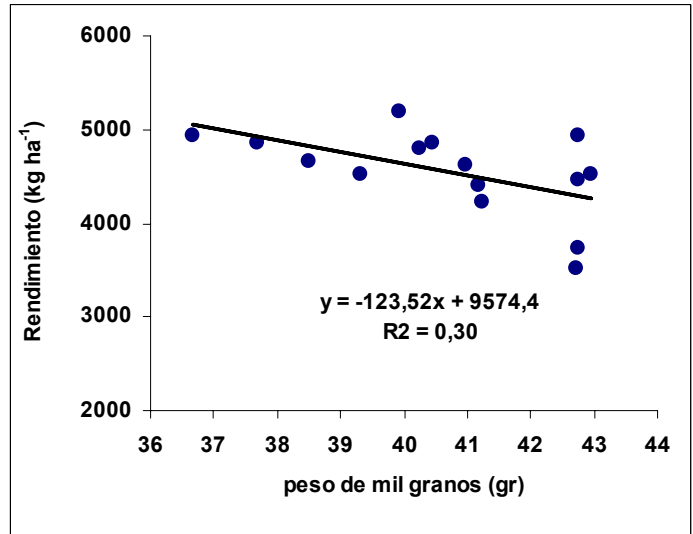
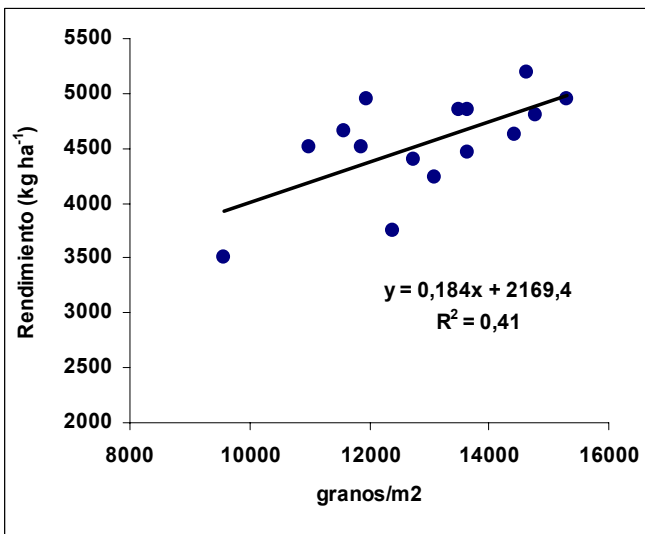


Figura 4.c

Figura 4.d

Figura 4: Relación entre el rendimiento de grano y sus componentes

El número de espigas m⁻² fue el componente de rendimiento que en mayor medida explicó los rendimientos ($R^2=0,60$, Figura 4.a). El número de granos por espiga mostró menor relación (Figura 4.b), y lo mismo sucedió con la integración de estos dos componentes (granos m⁻², Figura 4.c). En general, las asociaciones entre rendimiento y granos m⁻² suelen ser de mayor magnitud, superando frecuentemente el valor de 0,90 (Slafer et al., 2003). El peso de los granos mostró una asociación débil pero negativa con los rendimientos, posiblemente debido a un efecto de compensación entre componentes. Es decir, los tratamientos de mayor rendimiento fijaron un elevado número de granos, tornándose luego dificultoso llenarlos sin perder peso.

Conclusiones:

La fertilización fosforada incrementó la altura inicial de planta, el número de macollos, la densidad de raíces, el número final de espigas y el rendimiento.

La aplicación de *Azospirillum* produjo una tendencia incremental no significativa sobre los rendimientos, alcanzando a 133 kg ha⁻¹ sin fertilización fosforada, y de 200 kg ha⁻¹ con fertilización de base. Estas diferencias de rendimiento, aunque leves y no siempre significativas, se mantuvieron constantes en magnitud a través de dos ensayos realizados en dos años consecutivos. Los resultados evidencian una mayor eficiencia de la utilización del P elemento con la aplicación del fertilizante biológico.

La utilización de *Azospirillum* combinada con dosis completa de PDA (80kg ha⁻¹) y media dosis (45kg ha⁻¹) demostraron comportamientos productivos similares.

El número de espigas / m² fue el componente que mayor asociación mostró con los rendimientos.

Bibliografía:

- Barrios, S., A. Potenza and M.V. López. 1986. Utilización del *Azospirillum* (diazotrofo rizosférico) en el triticultivo. In: Actas del Primer Congreso Nacional de AIANBA. Pergamino, Argentina, 6-10 de Octubre.
- Bashan, Y. 1999. Interactions of *Azospirillum* spp in soils: a review. Biol Fertil Soils. 29:246-256.
- Ferraris, G.; C. Ojuez y R. Siolotto. 2004. Evaluación de la fertilización química y biológica en Trigo. En: Revista de Tecnología Agropecuaria. INTA EEA Pergamino. IX (26): (en prensa).
- Okon Y. and C. Labandera-Gonzalez. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol. Biochem. Vol 26 (12):1591-1601.
- Rodríguez Cáceres, E., G. González Anta, J. López, C. Di Ciocco, J. Pacheco Basurco and J. Parada. 1994. *Azospirillum brasiliense* and *Bacillus polymyxa* inoculation in yield response of field grown wheat in an Argentine semiarid region. Arid Soil Research and Rehabilitation.
- Slafer, G.; D. Miralles; R. Savin; E. Whitechurch y F González. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. Pp 99-132. En: E. Satorre; R. Benech Arnold; G. Slafer; E. de la Fuente; D. Miralles; M. Otegui y R. Savín. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. 783p.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.
- Okon Y. and C. Labandera-Gonzalez. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol. Biochem. Vol 26 (12):1591-1601.