

Evaluación de Formulaciones con Micronutrientes en Tratamientos Biológicos con *Azospirillum* de Trigo

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,
Proyecto Regional Agrícola
Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot

Introducción

El uso de inoculantes biológicos incorporados como tratamientos de semilla es una práctica que en los últimos tiempos ha demostrado un creciente interés, a punto tal que microorganismos como *Pseudomonas*, *Azospirillum* y otros son incluidos en ensayos de investigación, parcelas demostrativas y utilizados comercialmente por no pocos productores. Efectos como una más rápida implantación, mayor crecimiento radicular, tolerancia mejorada a patógenos, fijación biológica y solubilización de nutrientes son habitualmente reportados en estas experiencias, además de incrementos de rendimiento que suelen ubicarse entre el 5 y 10 % sobre los testigos no inoculados, como valores medios. Dado el creciente valor de los fertilizantes, las mejoras derivadas de una mayor eficiencia de uso de los nutrientes resultan considerablemente rentables.

Aún cuando el panorama planteado es alentador, es necesaria mucha investigación sobre aspectos tales como la selección de especies, cepas y formulaciones que aumenten la estabilidad del inoculante y la supervivencia de los microorganismos introducidos, así como el aporte de microelementos y moléculas orgánicas que acentúen el efecto promotor del crecimiento que los caracteriza.

El objetivo de este ensayo fue evaluar los efectos sobre la productividad del trigo de formulaciones comerciales y experimentales que contienen en su formulación Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) del género *Azospirillum*. Hipotetizamos que estos microorganismos tienen la capacidad de mejorar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, a través de varios de los efectos antes mencionados.

Materiales y métodos

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. En el experimento se evaluaron formulaciones comerciales y experimentales de PGPR, algunas de ellas conteniendo micronutrientes. Los inoculantes evaluados fueron formulados sobre la base de bacterias del género *Azospirillum*, marca comercial Nitragin Bonus. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y diez tratamientos en arreglo factorial de dos factores. La denominación de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el ensayo.

Tratamientos	Factor 1: Nivel tecnológico	Factor 2: Inoculación
T1	Tecnología media	Testigo
T2		Bonus AP
T3		Bonus AP +M
T4		Bonus AP +M +O
T5		Bonus AP +O
T6	Tecnología alta	Testigo
T7		Bonus AP
T8		Bonus AP +M

T9		Bonus AP +M +O
T10		Bonus AP +O

El tratamiento de **tecnología media** fue fertilizado con 100 kg ha⁻¹ de Urea granulada a la siembra. En cambio, el de **alta tecnología** recibió 225 kg ha⁻¹ de la misma fuente, y se aplicó un fungicida (Trifloxistrobin + Tebuconazole) en el estado de Zadoks 39 (Hoja bandera expandida). La sanidad del cultivo era buena, si bien se detectaron pústulas de Roya anaranjada de la hoja (*Puccinia recondita*) en HB-2 y una baja severidad de *Dreschlera tritici* al momento de aplicar el fungicida.

El ensayo se implantó el día 13 de Junio de 2007 en SD, con antecesor soja de primera. El cultivar sembrado fue Baguette 11 Premiun, a una densidad de 150 kg ha⁻¹ (densidad objetivo 350 pl m⁻²). Todos los tratamientos fueron fertilizados con 198 kg ha⁻¹ de una mezcla compuesta (7-14-0-10S) localizada en bandas. Previamente, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra

Prof	pH	Conductividad (Ds/m)	Materia Orgánica	N total	P-disp.	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
cm	agua 1:2,5		%		ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
0-20	5,9	0,468	2,86	0,143	24	8	21	16
20-40						7	18	
40-60						5	13	
							52	

Se realizó un recuento de plantas emergidas, a los 10 dde y biomasa de planta entera en antesis. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, y comparaciones de medias.

Resultados y discusión

A) Características climáticas de la campaña

Las precipitaciones fueron muy escasas durante los meses del invierno (Figura 1), debiendo el cultivo sostener su crecimiento inicial con las reservas acumuladas en el suelo. Se originó un breve período de déficit hídrico a finales de agosto (déficit acumulado 25 mm), del cual se recuperara en forma permanente a partir de las precipitaciones ocurridas a mediados de septiembre. Estas condiciones climáticas posibilitaron una buena sanidad, especialmente ausencia de Fusariosis, lo que *a posteriori* permitiría obtener buenos rendimientos.

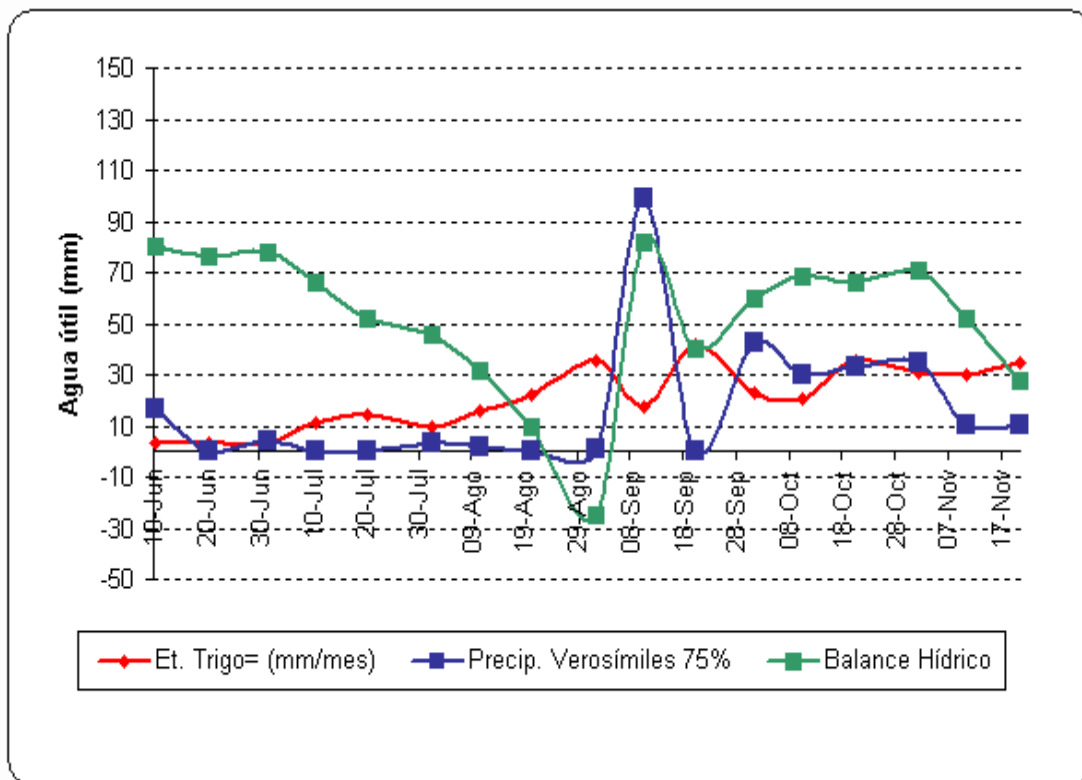


Figura 1: Lluvias, almacenaje y déficit expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm. Pergamino, año 2007.

El cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985) representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. Es decir, daría una medida del potencial de rendimiento en ausencia de limitaciones hídricas, nutricionales y de sanidad. Esto se debe a la relación lineal positiva existente entre la tasa de crecimiento del cultivo y la radiación incidente. Dichas relaciones fueron demostradas para trigo en la Región Pampeana Argentina por Abbate (1995). Los valores para el año 2007, en comparación con 2006 y 2005 se presentan en forma diaria en la Figura 2, y como promedio del período en la Tabla 3. Desde este aspecto, los tres años ilustrados presentaron condiciones muy favorables de potencialidad.

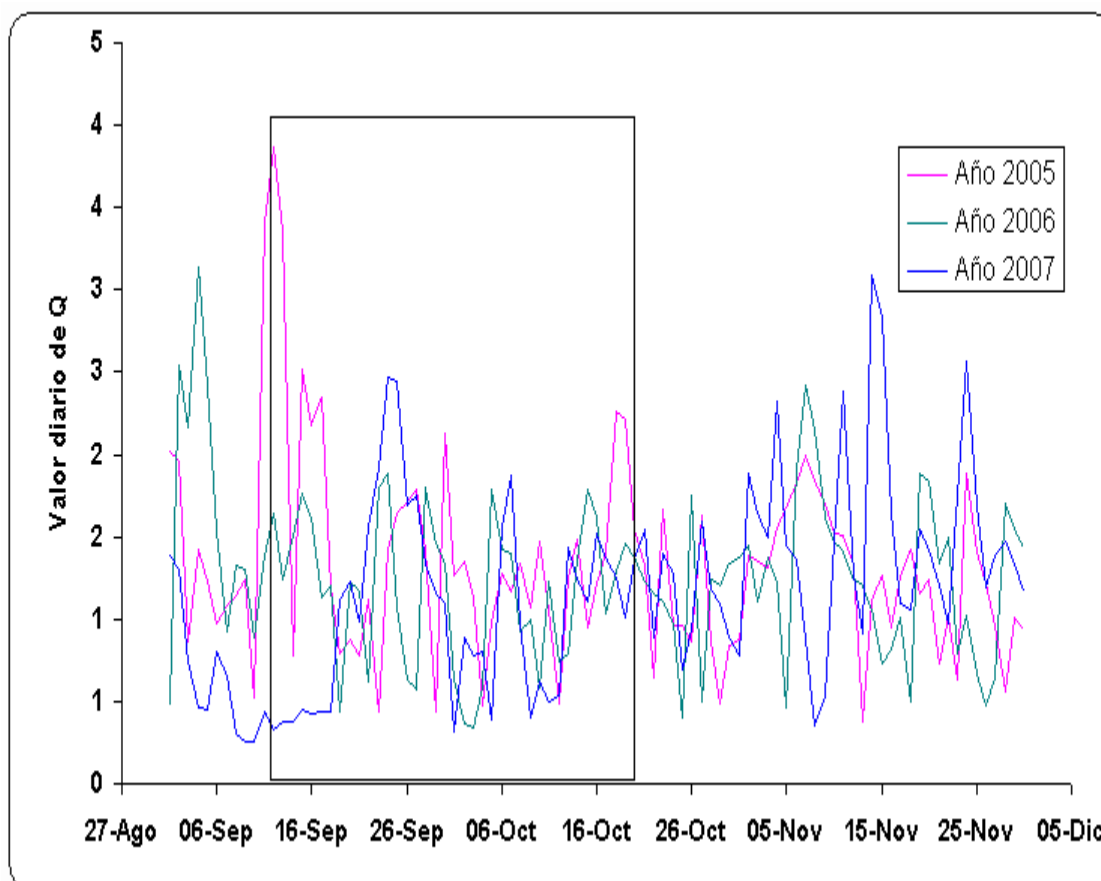


Figura 2: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Año 2006.

Tabla 3: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período de 15 de setiembre al 15 de Octubre en la localidad de Pergamino durante los años 2005, 2006 y 2007.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007
Insolación efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9
T media del período °C	15,1	17,1	15,0
Cociente fototermal (Q) (Mj m ⁻² día ⁻¹ °C ⁻¹)	1,24	1,10	1,12

B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 4 se presentan los datos de las variables evaluadas en el ensayo.

Tabla 4: Número de plantas emergidas, materia seca acumulada en antesis, rendimiento de grano y componentes de rendimiento de los tratamientos evaluados en el ensayo. Evaluación de formulaciones en tratamientos con Azospirillum en semillas de Trigo, Pergamino, 2007.

Tratamientos	Factor 1: Nivel Tecnológico	Factor 2: Inoculación	Plantas/m ²	Mseca antesis (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Numero granos m ² (*)	Peso 1000 granos (g) (*)
T1	Tecnología	Testigo	463	5769	3476	8867	39,2

T2	media	Bonus AP	365	6923	3404	8467	40,2
T3		Bonus AP +M	338	8205	3621	9284	39,0
T4		Bonus AP +M +O	340	7692	4021	10051	40,0
T5		Bonus AP +O	394	8045	4066	10588	38,4
T6	Tecnología alta	Testigo	490	8526	3907	9671	40,4
T7		Bonus AP	425	9038	5080	12829	39,6
T8		Bonus AP +M	365	9071	5042	12797	39,4
T9		Bonus AP +M +O	335	8397	4215	10644	39,6
T10		Bonus AP +O	358	9135	4312	11348	38,0
Control sin inocular			476	11969	3691	9269	39,8
Bonus AP			395	12781	4242	10648	39,9
Bonus AP + M			351	13422	4331	11040	39,2
Bonus AP + M +O			338	12844	4118	10348	39,8
Bonus AP + O			376	13375	4189	10968	38,2
TUA			380	12144	3717	9451	39,4
AP			395	13613	4511	11457	39,4
Inoculación P=			0,001	0,066	0,000		
Fertilización P=			0,328	0,000	0,012		
Interacción Inoc x Fert			0,345	0,258	0,000		
CV (%)			10,5 %	11,2 %	11,3%		

(*) *Determinados sobre el bloque I*

Se determinó efecto de tratamiento sobre el número de plantas emergidas, sin que para este comportamiento haya explicación aparente. Los tratamientos de inoculación ($P < 0,10$) y los niveles tecnológicos ($P < 0,01$) afectaron la producción de Materia seca en antesis, sin interacción entre sí ($P < 0,345$). En cuanto a los rendimientos, se observó interacción inoculación x nivel tecnológico ($P = 0,000$, Tabla 4 y Figura 3). Esto difiere de resultados anteriores realizados por nuestro grupo de trabajo, donde inoculación y nivel tecnológico mostraban un comportamiento aditivo. La interacción se produjo por la excelente performance de los tratamientos Bonus AP y Bonus AP + M en alta tecnología, que no se repitió bajo una tecnología media. Tomando los factores por separado, todos los tratamientos inoculados superaron claramente al testigo (Respuesta media 528 kg ha^{-1} , + 14%, Figura 4.a), ubicándose por encima de la media reportada en la bibliografía para la Región Pampeana Argentina. Del mismo modo, la estrategia de alta tecnología alcanzó un rendimiento considerablemente superior a la de tecnología media (Figura 4.b). Las diferencias observadas obedecieron a cambios en el número de granos, siendo menos afectado su peso (Tabla 4).

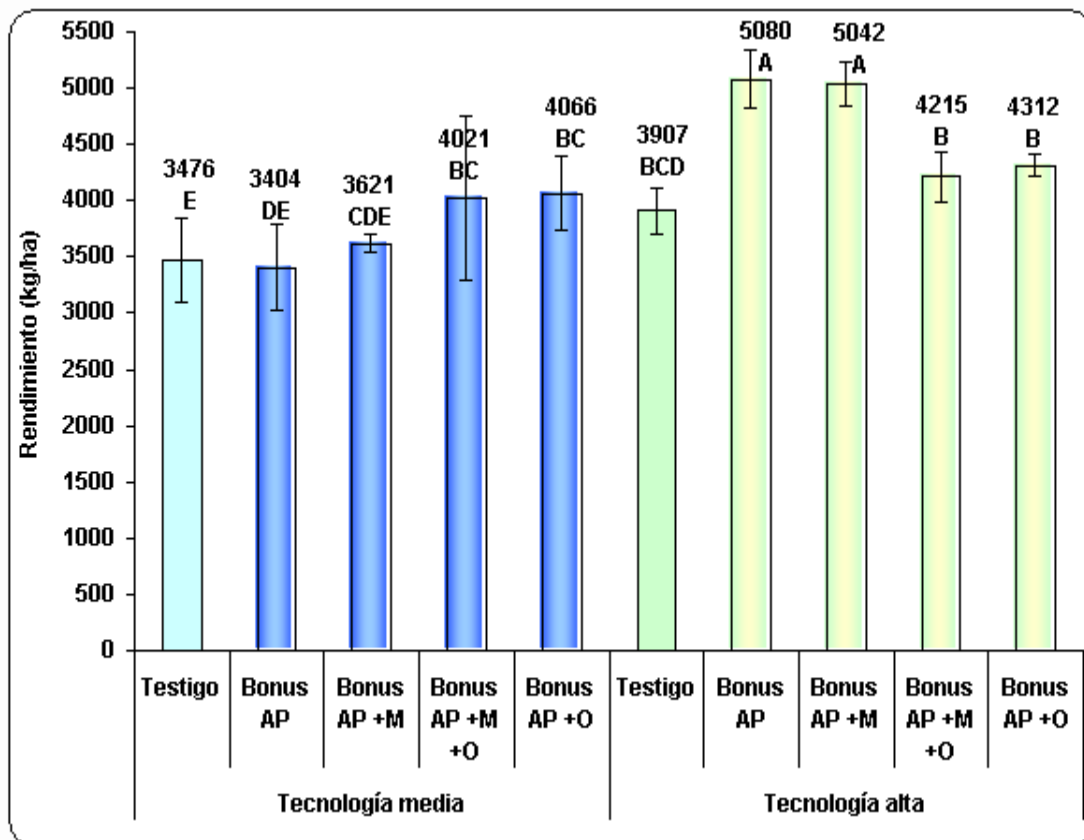
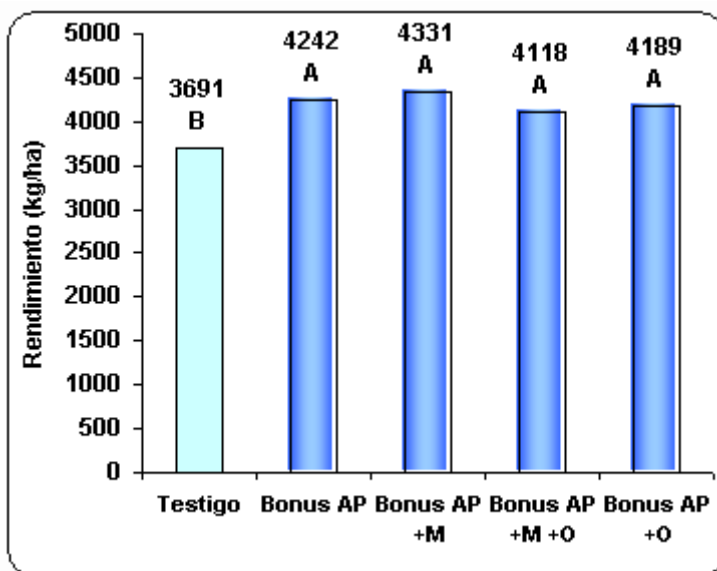


Figura 3: Rendimiento y significancia estadística de diferentes niveles tecnológicos y tratamientos de inoculación. Evaluación de formulaciones en tratamientos con Azospirillum en semillas de Trigo, Pergamino, año 2007.



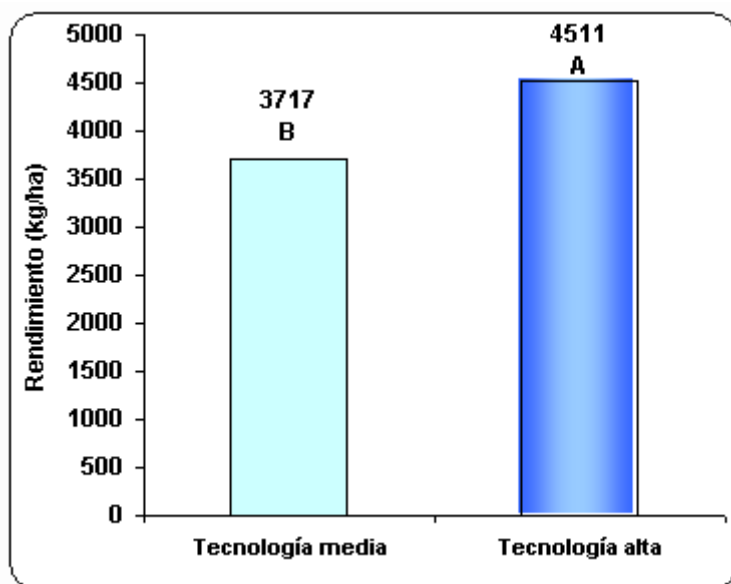


Figura 4.a

Figura 4.b

Figura 4: Rendimiento de 4.a) Diferentes tratamientos de inoculación, media de dos niveles tecnológicos y, 4.b) Dos niveles tecnológicos, promedio de los tratamientos de inoculación estudiados en el ensayo. Evaluación de formulaciones en tratamientos con *Azospirillum* en semillas de Trigo, Pergamino, año 2007.

Restan incluir en este informe preliminar los datos de porcentaje de proteína en grano.

Consideraciones finales:

En el presente ensayo, las respuestas observadas a la utilización de diferentes formulaciones para el tratamiento de semilla y a la aplicación de alta tecnología fueron estadísticamente significativas e importantes en magnitud. Algunas de estas tecnologías como fertilización o uso de fungicidas tienen un alto grado de adopción. En esta línea, el campo de la biología de suelos es sin lugar a dudas una de las áreas con mayor potencialidad para incrementar los rendimientos de los cultivos en los próximos años. Más allá de existir hoy en el mercado inoculantes de probada eficacia, la constante evaluación de nuevas formulaciones da cuenta de que en un futuro cercano será posible obtener respuestas en magnitud y estabilidad que superen a las observadas hasta el momento.

Bibliografía:

- Abbate, P.; F. Andrade and J. Culot. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.* 124:351-360.
- Ferraris, G. y L. Couretot. 2006. Evaluación de la Inoculación con *Pseudomonas fluorescens* en Trigo bajo diferentes condiciones de fertilidad. IV año de ensayos. Campaña 2005/06. En: Experiencias en el cultivo de Trigo y cereales de Invierno. 2006. INTA Ediciones, Publicaciones Regionales. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas (en prensa).
- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Aric Sci.* 105:447-461.