

# PROMOTORES DE CRECIMIENTO, FERTILIZANTES FOLIARES Y FUNGICIDAS EN TRIGO TECNOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS CON EL OBJETIVO DE ALCANZAR LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,  
Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2008/09.

**Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot**

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino  
[nferraris@pergamino.inta.gov.ar](mailto:nferraris@pergamino.inta.gov.ar)

## 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 un número creciente de 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 de crecimiento que los caracteriza.

Por otra parte, existen tecnologías complementarias como el uso de fungicidas y fertilizantes foliares que, de manera complementaria a otras prácticas agrícolas, podrían brindar aumentos adicionales de producción y una mayor eficiencia de los recursos productivos centrales como agua o nitrógeno (N).

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto sobre la implantación, el vigor inicial, la acumulación de biomasa y el rendimiento de la inoculación con promotores de crecimiento, la fertilización foliar y el uso de un fungicida en Trigo. Hipotetizamos que estas tecnologías incrementan el rendimiento cuando son utilizadas en forma complementaria al manejo de agua y los nutrientes principales, acercando al cultivo a los rendimientos potenciales.

## 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 evaluó un inoculante formulado a partir de dos microorganismos, *Azospirillum brasiliense* y *Pseudomonas fluorescens* (Azp-Psm) considerados PGPR (Plant Growth Promoting Rizobacteria). Sobre parcelas tratadas con el inoculante sobre semilla se aplicaron además, un fertilizante foliar compuesto por macro y micro nutrientes denominado Fertideg Max, y el fungicida tebuconazole (43 %).

El ensayo fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. La denominación de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1: Tratamientos evaluados en el ensayo.**

Tratamientos	Tratamientos de Inoculación	Tratamientos de aplicación foliar	Dosis (g – ml / kg semilla)
T0	Testigo	No	
T1	Azospirillum brasiliense y Pseudomonas fluorescens (Azp-Psm)	No	4 ml kg semilla <sup>-1</sup>
T2	Azp-Psm	Fertideg Max	4 ml kg semilla <sup>-1</sup> + 3000 ml ha <sup>-1</sup>
T3	Azp-Psm	Fertideg Max + Tebuconazole 43 Dg	4 ml kg semilla <sup>-1</sup> + 3000 ml ha <sup>-1</sup> + 500 ml ha <sup>-1</sup>

El ensayo fue sembrado el día 27 de Junio, con una plantadora experimental de siembra directa que espaciaba las hileras a 0,156 m. El antecesor fue soja de primera, y el cultivar sembrado Baguette 11 Premiun. A la siembra, los tratamientos fueron fertilizados con 100 kg ha<sup>-1</sup> de Fosfato monoamónico (11-23-0) y 200 kg ha<sup>-1</sup> de Urea (0-46-0). La sanidad del cultivo fue buena, no se detectaron pústulas de Roya anaranjada de la hoja (*Puccinia recondita*) y la incidencia de manchas foliares (*Septoria tritici* y *Dreschlera tritici*) fue moderada.

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2. Del mismo modo, el contenido inicial de agua y la condición física de suelo se presentan la Tabla 3.

**Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra**

Prof	pH	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
cm	agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha <sup>-1</sup>	ppm
0-20	6,1	3,2	31,2	15,0	39,0	5,6
20-40				7,7	19,9	3,7
40-60				5,3	13,7	2,6
					72,7	

**Tabla 3: Condición hídrica y física del suelo al momento de la siembra.**

Humedad suelo (siembra)	Condición Física
seco	moderadamente compactado Alg.huellas visibles

Escala

Descripción Escala humedad

1	muy seco	< 20% Agua Util
2	Seco	20-40% AU
3	Normal	40-60% AU
4	Humedo	60-80% AU
5	muy húmedo	80-100% AU
6	Exceso	Agua gravitacional

Escala

Descripción Condición física de los suelos.

1	dap > 1,4	Fuertemente compactado, suelo cortado por huellas, afecta severamente el crecimiento radicular
2	dap 1,35 -1,4	Compactación y huellas que afectan el crecimiento de las raíces

3	dap 1,3-1,35	Moderadamente compactado. Algunas huellas visibles
4	dap 1,2 -1,3	Levemente compactado y huelleado
5	dap 1,2 o<	Sin signos visibles de compactación

Se realizó un recuento de plantas emergidas a los 10 dde, y biomasa de planta entera en anthesis y a cosecha. De igual modo, se realizaron 2 evaluaciones de vigor durante el ciclo del cultivo. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una muestra de cosecha se analizaron los componentes numéricos del rendimiento, número y peso de los granos. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, y comparaciones de medias cuando se determinaron diferencias significativas entre tratamientos, así como correlaciones entre las variables observadas y los rendimientos.

Las aplicaciones de fertilizante y fungicida fueron realizadas en el estado de Zadoks 39 (hoja bandera expandida) (Tabla 4), con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botalón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que permiten asperjar 100 l ha<sup>-1</sup>. Las condiciones ambientales al momento de la aplicación se detallan en la Tabla 5.

**Tabla 4:** Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Hoja bandera exp	16-Oct	Zadoks 39	70 (rie) 60 (sec)	95 (rie) – 85 (sec)

**Tabla 5:** Condiciones ambientales durante la aplicación.

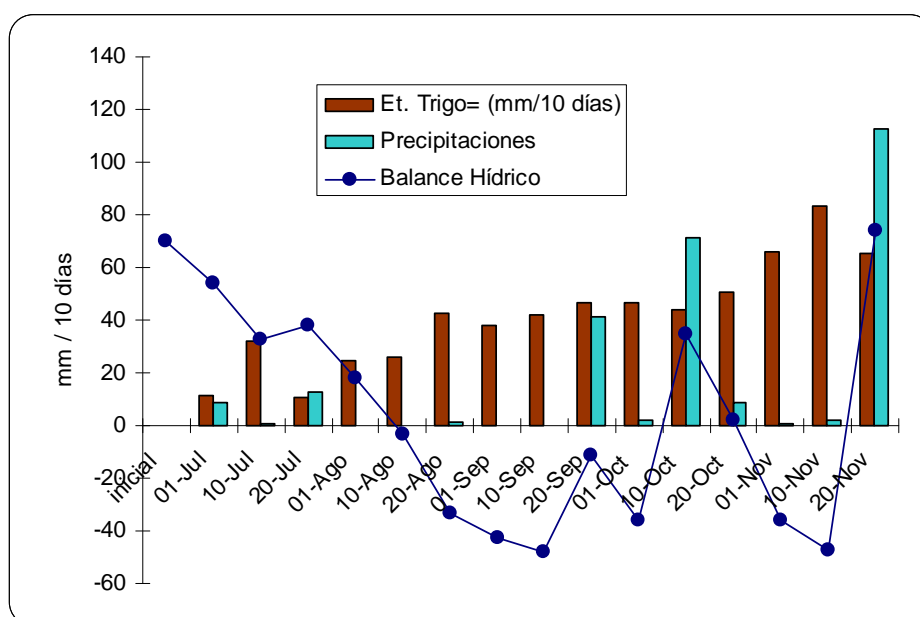
Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h <sup>-1</sup> )	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
HB expandida	H	H	18,9	60	6,6 E	1	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto  
dda: después de aplicación.

## Resultados y discusión

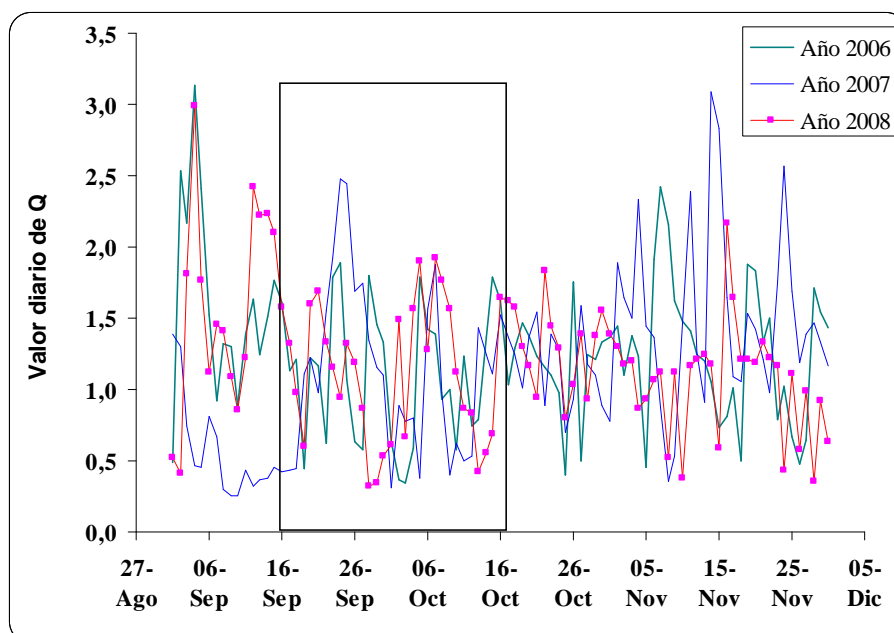
### A) Características climáticas de la campaña

Las precipitaciones fueron muy escasas durante los meses de invierno, lo cual sumado a la reducida reserva inicial configuró un cuadro de estrés hídrico permanente durante todo el ciclo (Figura 1), que a posteriori afectaría fuertemente los rendimientos.



**Figura 1:** Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm. Pergamino, año 2008.

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. Los valores para 2008 fueron, comparativamente, de los más desfavorables del período (Tabla 6). Sin embargo, el valor de Q para el año 2008 es igualmente bueno, y de ningún modo explica los bajos rendimientos del ciclo, muy inferiores al de los años predecesores.



**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. Pergamino, Año 2008.

**Tabla 6:** 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 a 2008.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9
T media del período °C	15,1	17,1	15,0	16,4
Cociente fototermal (Q) (Mj m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	1,24	1,10	1,12	1,10

### B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 7 se presentan los datos de las variables evaluadas en el ensayo.

**Tabla 7:** Número de plantas emergidas, índice de vigor, materia seca acumulada en antesis y a cosecha, rendimiento de grano, componentes de rendimiento y significancia estadística de las variables medidas en el ensayo. Evaluación de tratamientos experimentales de inoculación sobre semilla en Trigo. Pergamino, año 2008.

Tratamientos	Inoculación	Tratamientos de uso Foliar	Plantas/ m <sup>2</sup>	Índice de Vigor Zadoks 23	Índice de Vigor Zadoks 65	Mseca antesis (kg/ha) (*)
T0	Testigo		329	4,1	3,2	2724
T1	Azp-Psm		346	4,1	3,6	2516
T2	Azp-Psm	Fertideg Max	309	4,2	4,0	2413
T3	Azp-Psm	Fertideg Max + Tebuconazole DG	319	4,0	3,9	2407
Valor de P=			<b>0,285</b>	<b>0,036</b>	<b>0,646</b>	
CV (%)=			<b>7,95</b>	<b>9,75</b>	<b>3,85</b>	

Tratamientos	Inoculación	Tratamientos de uso Foliar	Mseca a cosecha (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Numero granos m <sup>2</sup> (*)	Peso 1000 granos (g) (*)
<b>T0</b>	Testigo		5136	1950	7993	24,4
<b>T1</b>	Azp-Psm		5288	2026	7673	26,4
<b>T2</b>	Azp-Psm		5665	2231	8514	26,2
<b>T3</b>	Azp-Psm	Fertideg Max + Tebuconazole DG	6338	2337	9425	24,8
<b>Valor de P=</b>			<b>0,241</b>	<b>0,214</b>		
<b>CV (%)=</b>			<b>12,4</b>	<b>12,0</b>		

(\*) Determinados sobre el bloque I.

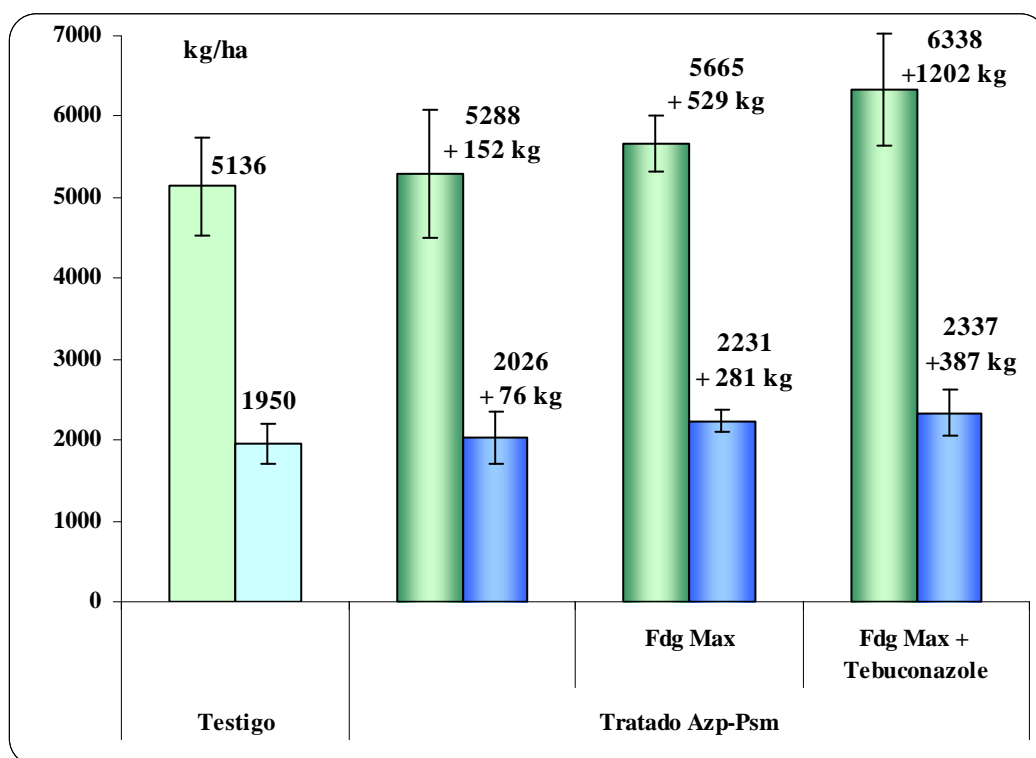
Zadoks 23: tres(3) hojas expandidas; Zadoks 65: antesis (Zadoks et al., 1974)

Indice de Vigor: Escala de 1 a 5. 1: Muy bajo vigor 5: Vigor Excelente

No se determinaron diferencias estadísticas en la mayoría de las variables evaluadas (Tabla 7), a excepción del vigor en Zadoks 23. Sin embargo, con predominancia alternativa entre tratamientos, se observó una tendencia positiva en algunas de las variables evaluadas, por sobre los valores del testigo. Así, el tratamiento inoculado mejoró en número de plantas emergidas, vigor en antesis (Zadoks 65), materia seca total a cosecha, peso de los granos y rendimiento (Tabla 7). La fertilización foliar incrementó el vigor en antesis (Z65), la materia seca a cosecha, los rendimientos y el número de granos. Por último, el uso de fungicida en forma complementaria a las tecnologías anteriores maximizó la materia seca a cosecha, rendimientos y número de granos (Tabla 7). Estas tres variables son los indicadores de productividad más importantes que tiene el cultivo. En general, fueron mejorando en forma aditiva a medida que se incorporó tecnología al cultivo (Tabla 7 y Figura 3).

A cosecha se alcanzó una diferencia positiva en la producción de biomasa de 152, 529 y 1202 kgMseca ha<sup>-1</sup> por el uso de inoculante, inoculante más fertilizante foliar e inoculante, fertilizante foliar y fungicida, respectivamente. En producción de grano, tales diferencias alcanzaron, en la misma secuencia de tratamientos, a 76, 281 y 387 kg grano ha<sup>-1</sup> con relación al testigo absoluto (Figura 3). Dentro de las variables evaluadas, la materia seca total acumulada a cosecha y el número de granos se asociaron de manera positiva, significativa y en mayor medida a los rendimientos (Tabla 8). Así, la materia seca a cosecha se asoció en un 95 %, y el número de granos en 90 %.

Cabe mencionar la influencia de la singular condición ambiental de la campaña 2008 sobre los rendimientos. Ante un estrés hídrico moderado, podría esperarse un incremento en la respuesta por el uso de algunas tecnologías p.e. la de PGPR, a causa de su habilidad para estimular el crecimiento temprano de la plántula, mejorar el balance hormonal y promover la elongación radical. Sin embargo, una sequía grave minimizaría la importancia de estos efectos, que quedarían enmascarados por un factor dominante que condiciona por igual el crecimiento y rendimiento de todos los tratamientos. Por este motivo, las tendencias registradas en este experimento deberán ponderarse con la de años anteriores y testearse nuevamente, bajo condiciones ambientales más semejantes a las que se observan comúnmente en esta región triguera.



**Figura 3:** Materia seca a cosecha y rendimiento de grano de parcelas testigo y tratadas con *Azospirillum spp* y *Pseudomonas spp* en Trigo. Pergamino, año 2008.

**Tabla 8:** Correlación entre rendimiento y otras variables evaluadas en el ensayo.

Variabes medidas en el ensayo	Correlación (r)	Valor de P
Plantas / m <sup>2</sup>	-0,68	P>0,10 n.s.
I Vigor Zadoks 23	0,28	P>0,10 n.s.
I Vigor Zadoks 65	-0,02	P>0,10 n.s.
MSeca anthesis	-0,88	P>0,10 n.s.
MSeca cosecha	0,95	P=0,04
Nº granos / m <sup>2</sup>	0,90	P=0,09
Peso 1000 g	0,40	P>0,10 n.s.

### Consideraciones finales

En una campaña caracterizada por severas restricciones ambientales, el uso aditivo de un inoculante con PGPR, fertilizante foliar y fungicida mejoraron la productividad medida en materia seca total a cosecha, rendimiento y número de granos, aún cuando no alcanzaron la significancia estadística.

Las diferencias en producción de biomasa fueron de 152, 529 y 1202 kgMseca ha<sup>-1</sup> por el uso de inoculante, inoculante más fertilizante foliar e inoculante, fertilizante foliar y fungicida, respectivamente. En igual secuencia de tratamientos, las diferencias de rendimiento alcanzaron a 76, 281 y 387 kg grano ha<sup>-1</sup>.

En forma complementaria con buenas prácticas agronómicas, manejo de agua y suficiencia de nitrógeno, fósforo y azufre, estas tecnologías mejoran el sistema productivo y permiten acercarse a los rendimientos potenciales, para las condiciones de año y sitio en que se desarrolla el cultivo.

### Bibliografía

- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Aric Sci.* 105:447-461.
- Zadoks J.C., T.T. Chang, y C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.

**Anexo: Fotografías del ensayo**



**T0: Testigo**



**T1: Azp-Psm**



**T2: Azp-Psm  
+ Fertideg Max**



**T3: Azp-Psm  
+ Fertideg Max + Tebuconazole DG**