

**RESPUESTA A LA APLICACIÓN
DE INOCULANTES, FERTILIZANTES Y FUNGICIDAS EN TRIGO**
Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,
Proyecto Regional Agrícola

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

Introducción

La fertilización con elementos tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) ha generado notables incrementos en los rendimientos de trigo y otros cultivos. Es por ello que su utilización hoy ya no es discutida, y son habitualmente incorporados en los planteos tecnológicos.

Más allá de estos insumos tradicionales, existen nuevas tecnologías con potencial para mejorar los rendimientos y la eficiencia de uso de los nutrientes. La utilización de inoculantes biológicos incorporados como tratamiento 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 microorganismos, cepas y formulaciones que aumenten la estabilidad del inoculante y la supervivencia de los microorganismos introducidos.

Adicionalmente, el uso de fertilizantes foliares y fungicidas en planteos optimizados de producción, puede otorgar un adicional en rendimiento y calidad del producto cosechado

El objetivo de este ensayo fue evaluar el impacto productivo de tecnologías tales como la fertilización química, la inoculación con PGPR, el uso de un fertilizante foliar y el uso de un fungicida del grupo de los triazoles sobre el rendimiento y la calidad de un cultivo de trigo. Hipotetizamos que estas tecnologías impactan positivamente, provocando un efecto aditivo sobre los rendimientos.

Materiales y métodos

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos. La denominación de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1. En la Tabla 2, por su parte, se describe la composición del fertilizante foliar utilizado en el ensayo.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el ensayo.

Tratamientos	Denominación	Descripción del tratamiento	Fertilización base	Inoculación	Fertilizante Foliar	Fungicida
T1	Testigo TUA	Testigo TUA	Urea 100 kg/ha	No	No	No
T2	Testigo AT	Testigo AT	Urea 225 kg/ha	No	No	No
T3	Psm_Azosp	Inoculante DEGFERTIL Fostrigón PGPR	Urea 225 kg/ha	<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i> 6ml/kg semilla	No	No
T4	Psm_Azosp + F Foliar	Inoculante DEGFERTIL Fostrigón PGPR + Fert. Foliar Fertideg Plus NS	Urea 225 kg/ha	<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i> 6ml/kg semilla	Fertideg Plus NS 6000 ml/ha	No
T5	Psm_Azosp + F Foliar + Tebuconazole	Inoculante DEGFERTIL Fostrigón PGPR + Fert. Foliar Fertideg Plus NS + Fung. Tebuconazole 43 %	Urea 225 kg/ha	<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i> 6ml/kg semilla	Fertideg Plus NS 6000 ml/ha	Tebuconazole 43% 500 ml/ha

Tabla 2: Composición química (expresada en porcentaje de nutrientes) del fertilizante foliar Fertideg Plus NS, utilizado en el ensayo.

Nutriente (%)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre	Cobalto	Boro	Zinc	Cobre	Manganeso	Magnesio	Molibdeno	Hierro
(%)	17,00	-	-	16,10	0,0001	0,66	0,396	0,0132	0,0529	0,17	0,002	0,0792

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 3.

Tabla 3: Análisis de suelo al momento de la siembra

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

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. La urea (46-0-0) fue aplicada al voleo a inicios de macollaje. El ensayo se mantuvo libre de plagas, malezas y enfermedades. El fertilizante foliar y el fungicida se aplicaron en el estado de Zadoks 39 (hoja bandera expandida), el día 16 de Octubre de 2007 (Tabla 4). 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	Z39	65	90

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 ⁻¹)	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
V6	H	H	18,2	59	6,1 SW	0	0

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

Se realizó un recuento de plantas emergidas a los 10 dde, y biomasa de planta entera en anthesis. 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.

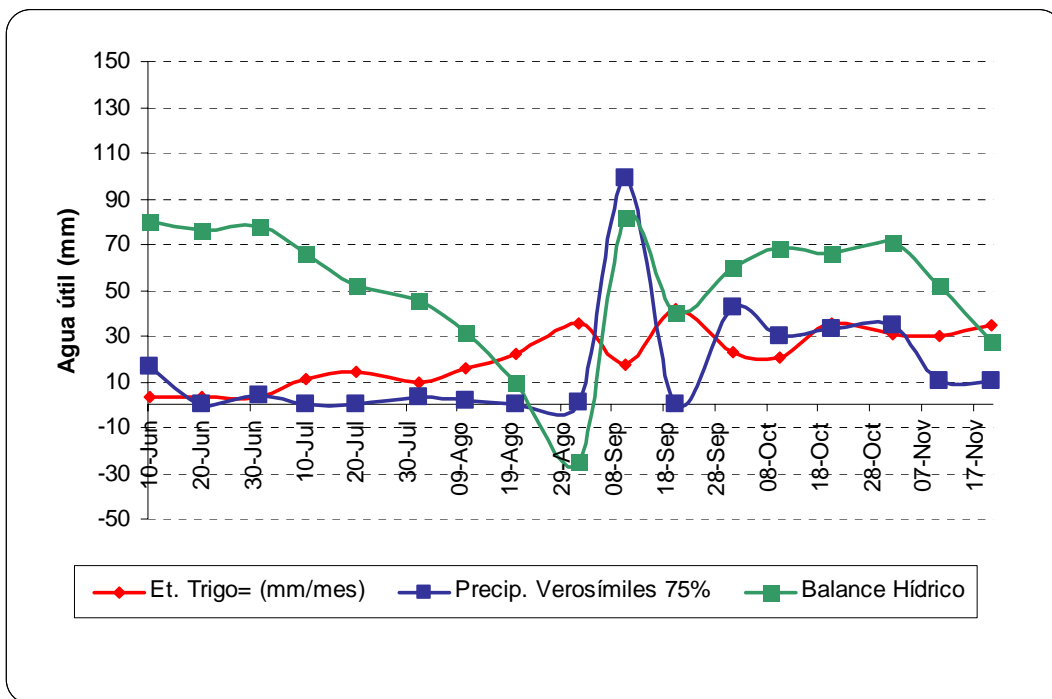


Figura 1: Lluvias, almacenaje y déficit expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm. Pergamino, año 2007.

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 6. Desde este aspecto, los tres años ilustrados presentaron condiciones muy favorables de potencialidad.

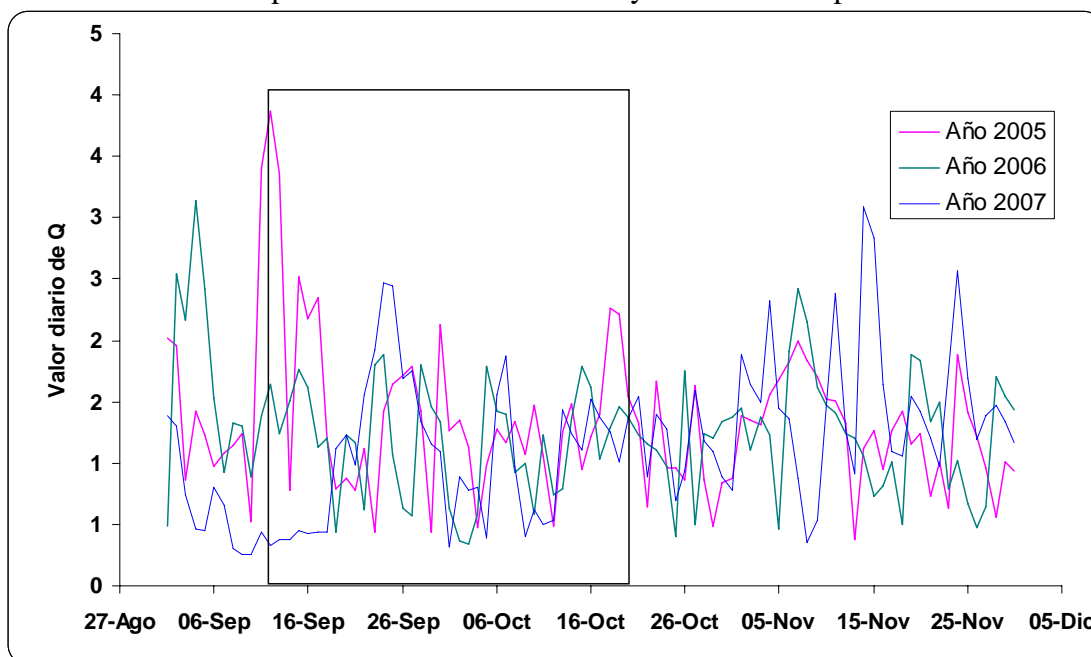


Figura 2: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Año 2006.

Tabla 6: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base $0^\circ C$) 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 $^\circ C$	15,1	17,1	15,0
Cociente fototermal (Q) ($Mj\ m^{-2}\ día^{-1}\ ^\circ C^{-1}$)	1,24	1,10	1,12

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, materia seca acumulada en antesis, rendimiento de grano y respuesta sobre el testigo de los tratamientos evaluados en el ensayo. Respuesta a la aplicación de inoculante, fertilizante y fungicida en trigo, Pergamino, 2007.

Tratamientos	Plantas/m ²	Mseca antesis (kg/ha) *	Nº granos m ² *	Peso 1000 granos *	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia s/testigo (kg/ha)	Incremento aditivo sobre el anterior (kg/ha)
Testigo TUA	428	6603	7777	40,4	3142		
Testigo AT	428	7596	10013	38,0	3805	+ 663	+ 663
Inoc DEGFERTIL Fostrigón PGPR	400	7660	11465	35,0	4013	+ 871	+ 208
Inoc DEGFERTIL Fostrigón PGPR + Fert. Foliar Fertideg Plus NS	408	7340	11471	38,2	4382	+ 1240	+ 369
Inoc DEGFERTIL Fostrigón PGPR + Fert. Foliar Fertideg Plus NS + Fung. Tebuconazole 43 %	438	7436	11184	39,6	4429	+ 1287	+ 47
Valor de P	0,309	-			0,004		
CV (%)	14,7	-			10,0		

* Se realizó en el bloque 1

Los tratamientos no afectaron el número de plantas emergidas. Esto fue posible respetando el necesario oreado de la semilla inoculada. En cuanto a producción de materia seca, el gran salto productivo lo originó el incremento en la dosis de nitrógeno, no existiendo grandes variaciones entre los restantes.

Se determinaron diferencias estadísticamente significativas de rendimiento entre tratamientos (Tabla 4 y Figura 3). El testigo de bajo N (testigo TUA) fue superado por el de alto N (Testigo AT), y este a su vez por el tratamiento completo (Psm_Azosp + fertilizante foliar + fungicida) (Figura 3). Este último superó al testigo TUA en 1287 kg ha⁻¹ (41 %). El uso de alto N, inoculante, fertilizante foliar y fungicida posibilitaron un diferencial de rendimiento de 21, 5, 9 y 1 %, respectivamente (Figura 4).

El componente responsable de las variaciones de rendimiento observadas fue el número de granos (Tabla 7). Existió una cierta compensación a través del peso de los granos, a punto tal que el testigo TUA alcanzó el máximo valor. Cuando al tratamiento inoculado (Psm_Azosp) se le agregó fertilizante foliar o foliar + fungicida el peso de los granos también tendió a incrementarse, acercándose al valor del testigo TUA y superando al testigo AT, aunque con un número de granos superior.

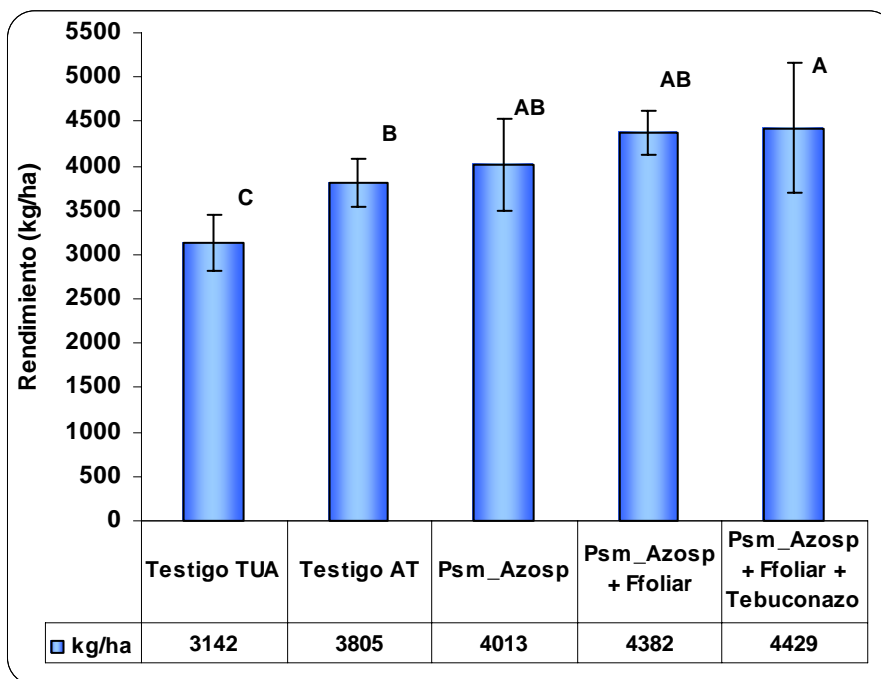


Figura 3: Rendimiento y significancia estadística como respuesta a la aplicación de inoculante, fertilizantes y fungicida en trigo. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. Pergamino, año 2007.

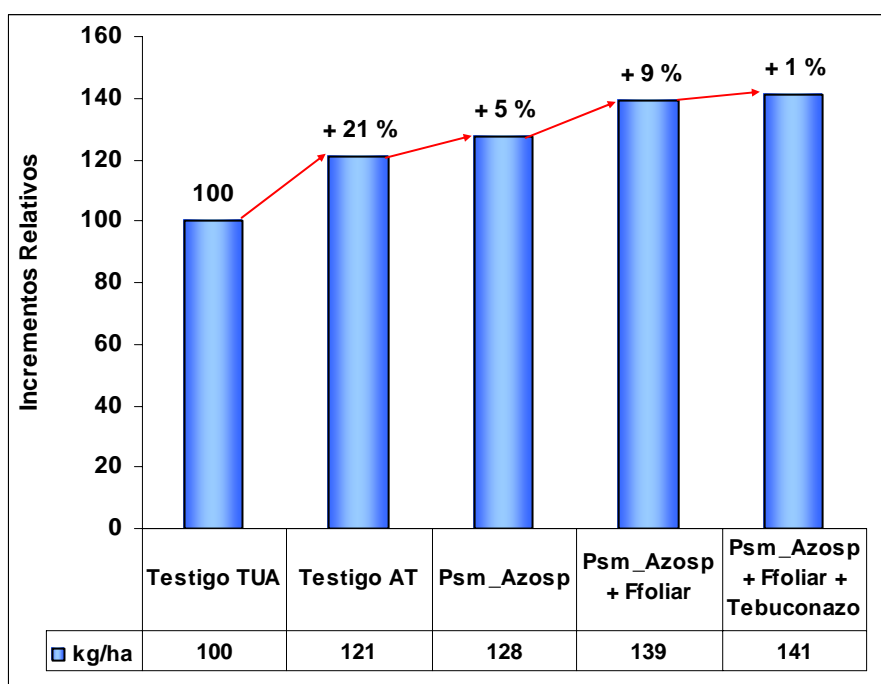


Figura 4: Rendimiento Relativo al Testigo con bajo nitrógeno (en las columnas) e incrementos por cada tecnología adicional (sobre las columnas).

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

Consideraciones finales:

Mediante el uso de tecnologías adicionales fue posible incrementar los rendimientos de trigo en forma marcada. Sin dudas, el mayor impacto productivo se logra al satisfacer las necesidades de NPS, como en esta experiencia al incrementar la dosis de nitrógeno de 100 a 225 kg ha⁻¹ de Urea. Una vez alcanzado esto,

es posible lograr incrementos adicionales mediante la incorporación de nuevas tecnologías que aumenten la eficiencia del cultivo.

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.