

# EVALUACIÓN DEL INOCULANTE CRINIGAN EN TRIGO. EFECTOS DE LOS NIVELES DE NITRÓGENO, LA INOCULACIÓN ANTICIPADA Y EL USO DE FUNGICIDAS CURASEMILLAS

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,  
Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2009/10.

**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

La aplicación de tratamientos biológicos con microorganismos seleccionados es una práctica favorable con numerosos antecedentes de incremento en los rendimientos. Esta puede ser descripta por su acción directa en una mejor eficiencia de uso de los recursos, como agua y nitrógeno (N). No tanto por las cantidades de nutrientes aportados sino por su acción directa en el desarrollo de raíces y en acumulación inicial de biomasa aérea. Efectos como una más rápida implantación, mayor crecimiento radicular y acumulación de biomasa, tolerancia mejorada a patógenos, fijación biológica y solubilización de nutrientes son habitualmente reportados en estas experiencias (Ferraris et al., 2006; Ferraris, 2009), además de incrementos de rendimiento que suelen ubicarse entre el 5 y 10 % sobre los testigos no inoculados, como valores medios (Diaz Zorita y Fernández Canigia, 2008).

De manera general, se ha asociado una mayor magnitud de respuesta a ambientes con restricciones en recursos pero bajo buenas prácticas de manejo (Valverde y Ferraris, 2010). Desde el aspecto agronómico, es necesario profundizar los conocimientos sobre aspectos como la selección de especies, cepas y formulaciones que aumenten la estabilidad del inoculante y la supervivencia de los microorganismos introducidos, así como la interacción con prácticas de cultivo habituales, como el efecto de anticipar el tratamiento de inoculación algunos días antes de la siembra (Ferraris y Couretot, 2009), el uso conjunto de inoculantes y fungicidas, o el cultivo bajo diferentes ambientes de fertilidad (Ferraris y Couretot, 2007, 2008).

El objetivo de este ensayo fue 1. Cuantificar el efecto sobre la implantación, el vigor inicial, la acumulación de biomasa y el rendimiento como resultado de la aplicación del inoculante Crinigan, que contiene Micorrizas en su formulación y 2. Evaluar la interacción con prácticas de manejo como la inoculación anticipada, el uso de fungicidas curasemillas o el cultivo bajo diferentes niveles de N. Hipotetizamos que 1. Los microorganismos aportados tienen la capacidad de promover el crecimiento vegetal y mejorar el rendimiento del cultivo de trigo y 2. Los efectos serían constantes en todo el rango de prácticas de manejo evaluadas en esta experiencia, siendo aplicables a una variedad de situaciones productivas reales.

## 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 diferentes estrategias de uso un inoculante formulado a partir de micorrizas, otros microorganismos considerados PGPR y microelementos, denominado comercialmente *Crinigan Trigo*, en contraste con un testigo. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cinco tratamientos de inoculación y dos niveles de N, conformando un factorial completo 6x2. La denominación de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1.

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

Factor 1: Inoculación			Factor 2: Nivel de N
Tratamiento de semilla	Momento de inoculación	Dosis de uso	Dosis fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )
I1. Testigo			N1: 50
			N2: 100
I.2. Micorrizas (Crinigan)	Preinoculado	8 g kg semilla <sup>-1</sup>	N1: 50
			N2: 100
I.3. Micorrizas (Crinigan) + Thiram-Carbendazim-	Preinoculado	8 g kg semilla <sup>-1</sup> + 2,5 ml kg semilla <sup>-1</sup>	N1: 50
			N2: 100
I.4. Micorrizas (Crinigan) Siembra	Siembra	8 g kg semilla <sup>-1</sup>	N1: 50
			N2: 100
I.5. Micorrizas (Crinigan) + Thiram-Carbendazim	Siembra	8 g kg semilla <sup>-1</sup> + 2,5 ml kg semilla <sup>-1</sup>	N1: 50
			N2: 100
I.6. Micorrizas (Crinigan) + Thiram-Carbendazim + Protector bacteriano	Siembra	8 g kg semilla <sup>-1</sup> + 2,5 ml kg semilla <sup>-1</sup> + 3 ml kg semilla <sup>-1</sup>	N1: 50
			N2: 100

El ensayo fue sembrado el día 18 de Junio, con una sembradora experimental de siembra directa que distancia las hileras a 0,20 m. El antecesor fue soja de primera, y el cultivar sembrado Nidera Baguette 9. A la siembra, los tratamientos fueron fertilizados con 100 kg ha<sup>-1</sup> de Fosfato monoamónico (11-23-0) y 50 o 100 kg ha<sup>-1</sup> de N en forma de Urea (0-46-0), según el tratamiento correspondiente. Se detectaron pústulas de Roya anaranjada de la hoja (*Puccinia recondita*) y una moderada incidencia de manchas foliares (*Septoria tritici* y *Dreschlera tritici*), para lo cual el cultivo fue tratado con *Pyraclostrobin* + *Epoxiconazole* (13,5 + 5%), a la dosis de 1000 ml ha<sup>-1</sup> en hoja bandera (Z 39).

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 en 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	5,4	2,17	12,8	8,0	20,8	2,0
20-40				5,0	13,0	2,0
40-60				2,5	6,5	
					40,3	

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

Humedad suelo (siembra)	Condición Física
muy seco 30 mm, 20 %AU	levemente compactado y huelleado

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

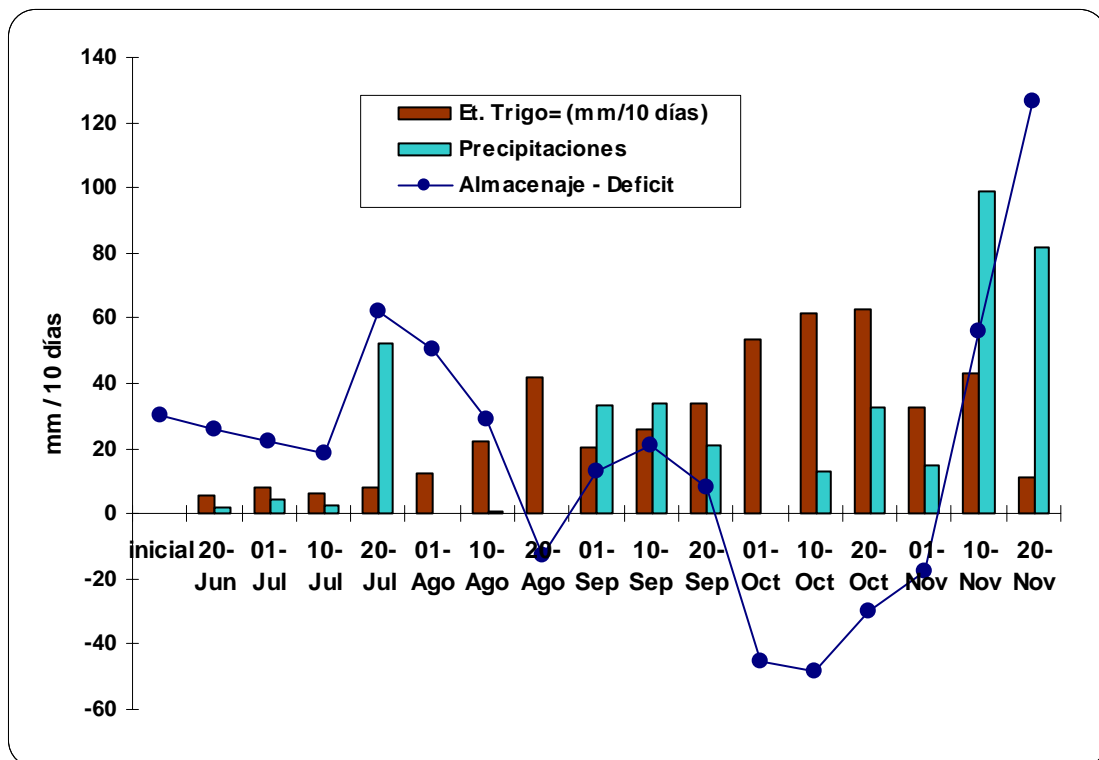
Escala	Descripción	Condición física de los suelos.
1	dap > 1,4	Fuertemente compactado, suelo cortado por huellas, afecta severamente el crecimiento radicular
2	dap 1,35 -1,4	Compactación y huellas que afectan el crecimiento de las raíces
3	dap 1,3-1,35	Moderadamente compactado. Algunas huellas visibles
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 el estado Zadokz 25 (Zadoks et al., 1974) 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. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza (ANVA), comparaciones de medias y análisis de regresión.

## Resultados y discusión

### A) Características climáticas de la campaña

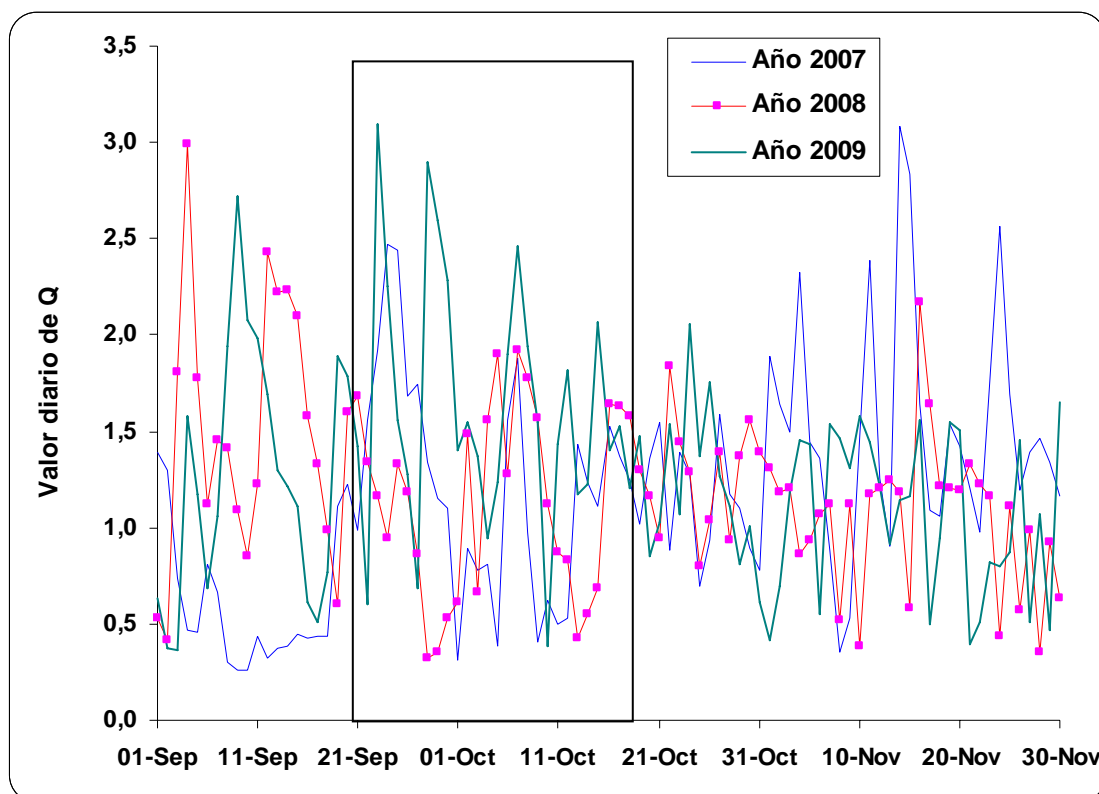
Las precipitaciones fueron escasas hasta el mes de setiembre, esto sumado a la reducida reserva inicial configuró un cuadro de estrés hídrico durante octubre, cuando el cultivo incrementa su evapotranspiración por efecto de temperatura y mayor cobertura del suelo (Figura 1), limitando en forma leve a moderada los rendimientos.



**Figura 1:** Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos). Valores acumulados cada 10 días en mm. Lámina de agua útil inicial 30 mm. Déficit acumulado en el ciclo 154 mm. Pergamino, año 2009.

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 2009 fueron los más favorables de los

últimos 5 años (Tabla 4). Las limitantes a la productividad en esta campaña excluyen la falta de potencialidad ambiental (Figura 2), y deberían buscarse en carencia de recursos como agua o nutrientes.



**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 2009.

**Tabla 4:** Insolación efectiva (hs), Temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Cociente fototermal  $Q$  ( $T$  base  $0^{\circ}\text{C}$ ) para el período de 15 de setiembre al 15 de Octubre en la localidad de Pergamino durante los años 2005 a 2009.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3
T media del período $^{\circ}\text{C}$	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4
Cociente fototermal ( $Q$ ) ( $\text{Mj m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56

#### B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 5 se presentan los datos de las variables evaluadas en el ensayo.

**Tabla 5:** 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. Inoculación con Crinigan y dosis de  $N$  en Trigo. Pergamino, año 2009.

Tratamientos	Inoculación	Nivel N (kg/ha)	Plantas/ $\text{m}^2$	Índice de Vigor Zadoks 39	Índice de Vigor MF Zadoks 89	Mseca Z25 (kg/ha)	Mseca Total (kg/ha)
I1-N1	Testigo	50	309	3,5	4,0	1064	9952
I2-N1	Crinigan (Pre 7das)	50	295	3,5	4,2	1333	12276
I3-N1	Crinigan + ThC (Pre 7das)	50	291	3,4	4,1	1006	12941
I4-N1	Crinigan (S)	50	245	3,9	4,2	1205	13247
I5-N1	Crinigan + ThC (S)	50	223	3,7	4,4	853	12268
I6-N1	Crinigan + ThC + Protector (S)	50	252	3,8	4,6	1199	13872
I1-N2	Testigo	100	344	3,7	4,3	929	11007
I2-N2	Crinigan (Pre 7das)	100	246	3,7	4,7	1058	11420
I3-N2	Crinigan + ThC (Pre 7das)	100	311	3,6	4,6	1250	12270

<b>I4-N2</b>	Crinigan (S)	100	263	4,2	4,7	1385	12177
<b>I5-N2</b>	Crinigan + ThC (S)	100	223	4,1	4,6	1000	13868
<b>I6-N2</b>	Crinigan + ThC + Protector (S)	100	291	4,2	4,9	1154	12500

Tratamientos	Inoculación	Nivel N (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia c/ testigo (kg ha <sup>-1</sup> )	Diferencia c/ testigo (%)	Respuesta a media según N
<b>I1-N1</b>	Testigo	50	4590			<b>N50</b> 579 kg ha <sup>-1</sup> (12,6 %)
<b>I2-N1</b>	Crinigan (Pre 7das)	50	4910	321	7,0	
<b>I3-N1</b>	Crinigan + ThC (Pre 7das)	50	5176	587	12,8	
<b>I4-N1</b>	Crinigan (S)	50	5299	709	15,5	
<b>I5-N1</b>	Crinigan + ThC (S)	50	4907	317	6,9	
<b>I6-N1</b>	Crinigan + ThC + Protector (S)	50	5549	959	20,9	
<b>I1-N2</b>	Testigo	100	4848			<b>N100</b> 131 kg ha <sup>-1</sup> (2,7 %)
<b>I2-N2</b>	Crinigan (Pre 7das)	100	4568	-280	-5,8	
<b>I3-N2</b>	Crinigan + ThC (Pre 7das)	100	4908	60	1,2	
<b>I4-N2</b>	Crinigan (S)	100	4550	23	0,5	
<b>I5-N2</b>	Crinigan + ThC (S)	100	5547	700	14,4	
<b>I6-N2</b>	Crinigan + ThC + Protector (S)	100	5000	152	3,1	
<b>Análisis estadístico (Valor de P)</b>						
<b>Inoculación=</b>			0,62			
<b>Dosis de N=</b>			0,61			
<b>Interacción Inoc x Dosis N=</b>			0,63			
<b>CV (%)</b>			<b>11,1%</b>			

Pre 7 das: Preinoculado 7 días antes de siembra. S: Siembra

Zadoks 23: tres(3) hojas expandidas; Zadoks 39: hoja bandera expandida Zadoks 89: Madurez fisiológica (Zadoks et al., 1974)

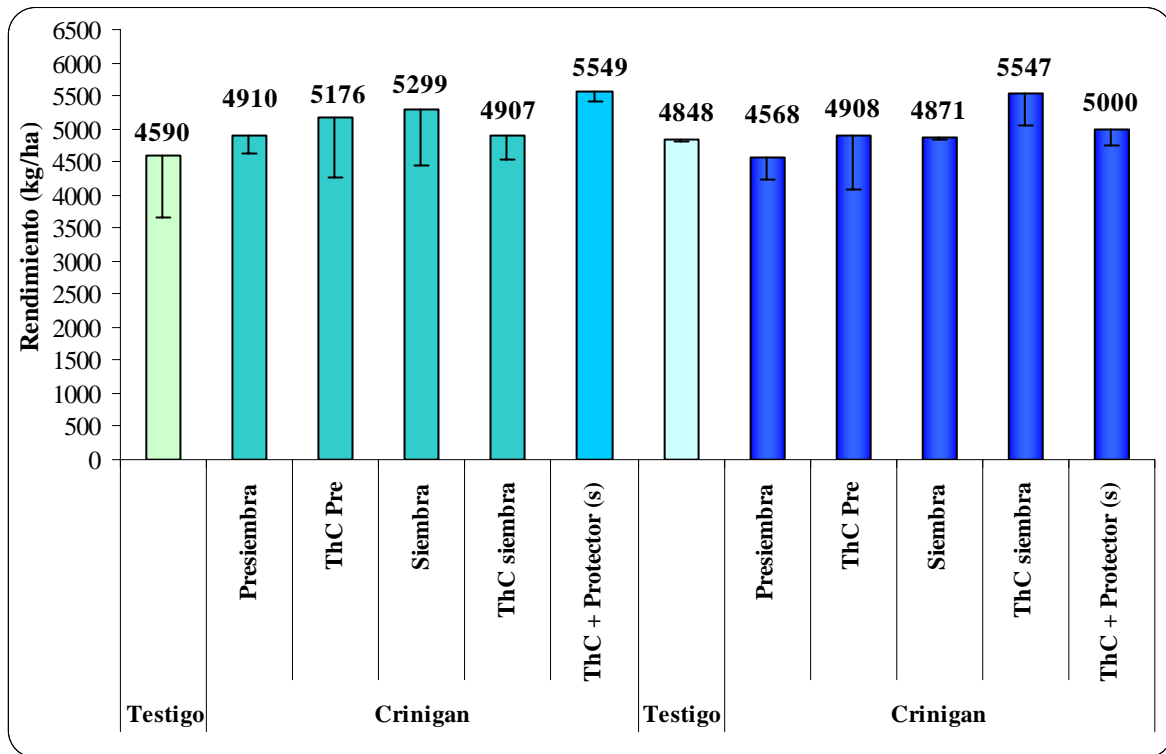
Índice de Vigor: Escala de 1 a 5. 1: Muy bajo vigor 5: Vigor Excelente

Se determinó diferencia en la acumulación de materia seca a finales de macollaje (Zadoks 25) y en el vigor en hoja bandera (Z39) y madurez fisiológica (Z89) (Tabla 5). Los incrementos de rendimiento no fueron significativos ( $p > 0,10$ ), aunque se determinó una tendencia positiva en un rango de 6,9 a 20,9 % para N50 y de -5,8 a 14,4 % en N 100, siendo el incremento medio de 12,6 y 2,7 %, respectivamente. Como singularidad de esta experiencia, los tratamientos con dosis moderada de N (50) expresaron una mayor respuesta con relación al testigo (Figura 3). Asimismo, la inoculación a la siembra fue más satisfactoria que la preinoculación, para ambas dosis de N (Figuras 3 y 4). Esto coincide con los resultados obtenidos en un ensayo similar realizado en trigo durante el año 2008 (Tabla 6). En cambio, difiere del comportamiento observado en maíz durante dos campañas, donde tratamientos de siembra y anticipado 7 días mostraron similares resultados (Ferraris y Couretot, 2009). En este cultivo, el inoculante Crinigan Maíz se aplicó sobre semilla tratada en origen con el fungicida Metalaxil M + Fluadioxonil (Maxim XL) y, en algunos casos, con los insecticidas Tiametoxan 350 g IA l<sup>-1</sup> (Cruiser ® 35 FS) y Clotadinil (170 g IA l<sup>-1</sup>) + Methiocarb (340 g IA l<sup>-1</sup>) (Poncho FS). En cambio, en este experimento se aplicaron de manera secuencial pero conjunta curasemillas y fungicida, con los consecuentes riesgos de sobredosificación. Adicionalmente, los microorganismos incorporados sobre semilla de trigo en 2008 y 2009 debieron afrontar luego de la siembra una condición especialmente desfavorable, ya que el suelo contaba con muy poca reserva de humedad, apenas la necesaria para asegurar la emergencia del cultivo. Esto podría haber acentuado la mortalidad y el debilitamiento iniciado por la permanencia durante 7 días sobre la semilla, más aun cuando estuvo en contacto directo con un fungicida.

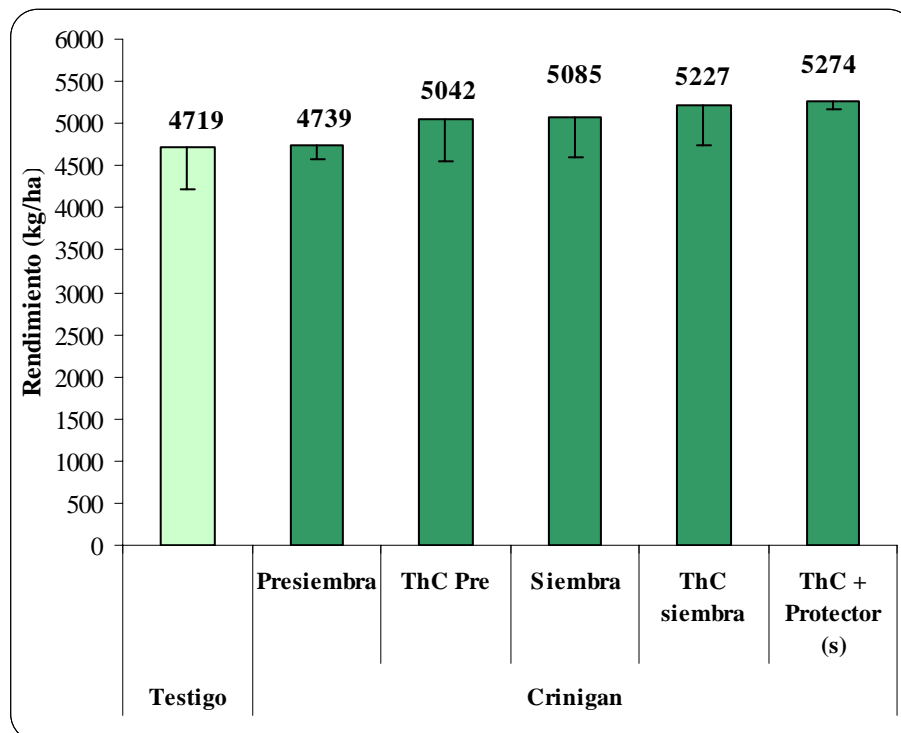
**Tabla 6:** Contrastes ortogonales para rendimiento de grano. Se comparan variaciones en la forma y el momento de inoculación. Micorrizas en Trigo, Pergamino, Ensayo perteneciente al año 2008.

Contrastes	Significancia	Mejor práctica agronómica
Inoculado vs Testigo	<b>P=0,16 n.s.</b>	
Preinoculado 7 d.a.s. vs tratamiento de siembra	<b>P=0,01</b>	Tratamiento de siembra

Sin fungicida vs con Tebuconazole	P=0,86 n.s
-----------------------------------	------------



**Figura 3:** Rendimiento de grano de parcelas testigo o inoculadas con *Crinigan Trigo*, discriminadas según dosis de Nitrógeno ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicada a la siembra. Las barras de error indican la desviación standard de la media. Pergamino, año 2009.



**Figura 4:** Rendimiento de grano de parcelas testigo o inoculadas con *Crinigan Trigo*, promedio de la aplicación de 50 y 100  $\text{kg ha}^{-1}$  de Nitrógeno a la siembra. Las barras de error indican la desviación standard de la media. Pergamino, año 2009.

Dentro de las variables evaluadas, la materia seca total acumulada a cosecha se asoció de manera significativa a los rendimientos (Tabla 7). El número de plantas emergidas correlacionó en forma negativa con el rendimiento, de manera similar a lo sucedido en el ensayo de 2008. Esto podría representar el efecto negativo de un excesivo consumo hídrico cuando se presenta déficit al inicio del ciclo, al disminuir las reservas para etapas posteriores, en las que se define el rendimiento.

**Tabla 7:** Correlación entre rendimiento y otras variables cuantificadas en el ensayo.

VARIABLES MEDIDAS EN EL ENSAYO	CORRELACIÓN (r)	VALOR DE P
Plantas / m <sup>2</sup>	-0,42	P>0,10 n.s.
I Vigor Zadoks 65	0,32	P>0,10 n.s.
I Vigor Zadoks 89	0,11	P>0,10 n.s.
MSeca Z25	0,03	P>0,10 n.s.
MSeca cosecha	0,91	P=0,000

### Consideraciones finales

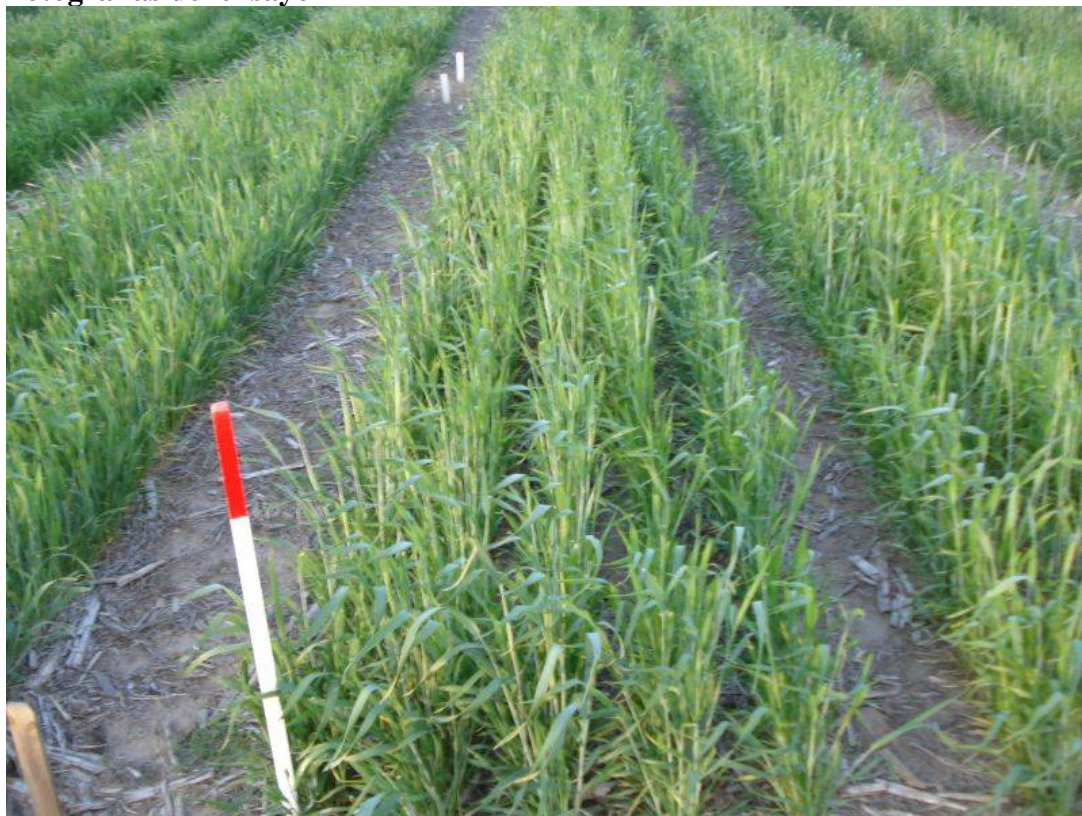
La hipótesis 1 –existe respuesta a la inoculación– es aceptada parcialmente, ya que el inoculante *Crinigan Trigo* permitió obtener un incremento en los rendimientos en un rango de -280 a 959 kg ha<sup>-1</sup> (-5,8 a 20,9 %), con resultados positivos en nueve de diez comparaciones posibles con el testigo, aunque las diferencias no alcanzaron la significancia estadística. La hipótesis 2 –ausencia de interacción entre inoculación y otras prácticas de manejo– no puede ser aceptada, debido a que los incrementos fueron de mayor magnitud cuando se usó la dosis de 50 kgN ha<sup>-1</sup> y la inoculación se realizó a la siembra.

La inoculación del cultivo de trigo con microorganismos promotores del crecimiento vegetal mostró ser una tecnología útil para incrementar los rendimientos. La definición de aquellas condiciones de manejo y uso del producto bajo la cual la respuesta es más consistente y elevada es un aspecto relevante con el fin de facilitar su adopción.

### Bibliografía

- C. Valverde & G. Ferraris. 2010. Las Pseudomonas. Un grupo heterogéneo con diversos mecanismos promotores del desarrollo vegetal. En: Promotores del crecimiento Vegetal. Peticari, A, M. Puente y J. García (eds) (en prensa).
- Díaz-Zorita M. & MV Fernández-Canigia. 2008. Field performance of liquid formulation of Azospirillum brasilense on dryland wheat productivity. Eur. J. Soil Biol. 1-9.
- Ferraris G. y L. Couretot. 2007. Inoculación con promotores del crecimiento y uso de diferentes dosis de fertilizante fosforado en maíz en ambientes con baja disponibilidad de fósforo en el suelo. Revista técnica Maíz en Siembra Directa. AAPRESID.
- Ferraris G. y L. Couretot. 2008. Respuesta a la inoculación con Micorrizas bajo dos ambientes de fertilización. pp 63-68. En: Trigo. Resultados de Experiencias. Campaña 2008. (Parte II). Proyecto Regional Agrícola. EEA Pergamino-Villegas. CRBAN. ISSN 1852-0472.
- Ferraris G. 2009. Microorganismos con efecto promotor de crecimiento (PGPM) en cultivos extensivos. Impacto sobre los rendimientos, la eficiencia de uso de los nutrientes y otros caracteres de interés agronómico. Resúmenes. pp8-9. En: II Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos. “Herramientas Microbiológicas para una Agricultura Sustentable” UNICEN, Azul (BA), 9 y 10 de Septiembre.
- Ferraris G. y L. Couretot. 2009. Inoculación con Micorrizas en maíz. Los insecticidas sobre semilla afectan su eficiencia? Informe de Resultados. CAMPAÑA 2008/09. 6 pp
- 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**



*II: Testigo. Estado Hoja bandera (Z39)*



*Izquierda II: Testigo.  
Derecha I2: Crinigan preinoculado. Estado Hoja bandera (Z39)*





*Izquierda I5: Crinigan + Thiran-Carbendazim (siembra)*  
*Derecha I6: Crinigan + Thiran-Carbendazim + protector (siembra)*



*II N2: Testigo, N 100 kg ha<sup>-1</sup>. Estado Madurez (Z89)*



***I2 N2: Crinigan preinoculado. N 100 kg ha<sup>-1</sup>. Estado Madurez (Z89)***



***I2 N6: Crinigan + Thiran-Carbendazim + protector, siembra. N 100 kg ha<sup>-1</sup>. Estado Madurez (Z89)***