

# FORTALECIMIENTO SANITARIO Y NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE TRIGO: FERTILIZANTES, FOSFITOS Y FUNGICIDAS.

INTA EEA Pergamino,  
AREA DE DESARROLLO RURAL  
Campaña 2014/15

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino  
[ferraris.gustavo@inta.gob.ar](mailto:ferraris.gustavo@inta.gob.ar)

## INTRODUCCIÓN

Los **fosfitos** son las sales o los ésteres del ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ). El ion fosfito ( $PO_3^{3-}$ ) es un ion poliatómico con un átomo de fósforo. Tiene geometría piramidal. Las numerosas sales de fosfito, tales como el fosfito de amonio, son altamente solubles en el agua.

Cuando el P se oxida completamente forma la conocida molécula de fosfato. En cambio, cuando no se oxida totalmente un átomo de H ocupa el lugar del O y la molécula resultante se denomina fosfito. Este cambio aparentemente simple en la molécula provoca diferencias significativas que influyen su solubilidad, y la absorción, movilidad y metabolismo en las plantas.

El ácido fosforoso y las sales de fosfito contienen concentraciones más altas (P39) que los fertilizantes fosforados basados en fosfatos (P32). Las sales de fosfito son generalmente más solubles que las análogas de fosfato. El fosfato es la forma más estable de P en el ambiente, por esta razón, el fosfito pasa por una transformación gradual en el suelo hasta formar fosfato. El tiempo medio para la oxidación de fosfito a fosfato en suelo es de 3 a 4 meses.

Numerosas experiencias indican la posibilidad de control de enfermedades de géneros como *Phytophthora* o *Phytium*, comprendidos dentro del grupo de los oomycetes, por parte de los fosfitos. El mismo es absorbido por vía radicular y foliar, trastocándose en forma ascendente y descendente. Con respecto a otros grupos de hongos verdaderos, los fosfitos no ejercen un efecto fungicida directo, sino que mejoran el comportamiento sanitario a través de la inducción en la producción de fitoalexinas, sustancias naturales que estimulan las defensas naturales de las plantas, permitiendo disminuir o retrasar la infección y el crecimiento de enfermedades fúngicas. También se ha descrito la capacidad para promover el crecimiento de la planta. Especialmente en frutales, se han reportado respuestas en rendimiento, concentración de azúcares y sólidos solubles a cosecha a causa de efectos fisiológicos atribuibles al fosfito, relacionadas con su efecto en el metabolismo del azúcar, con el estímulo de la ruta del ácido shiquímico y con cambios químicos y hormonales internos.

Los objetivos de este experimento fueron evaluar el efecto de la aplicación foliar de fosfitos, fertilizantes y fungicidas sobre la sanidad, rendimiento y calidad en un cultivo de trigo. Hipotetizamos que 1. El uso foliar de fosfitos aumenta el rendimiento a través de una mejora en la tolerancia a enfermedades foliares 2. Los resultados se ven potenciados por la aplicación conjunta con fungicidas y fertilizantes, permitiendo interacciones positivas entre tecnologías y 3. El uso de urea foliar como fuente de N acompañante permite en un solo insumo potenciar el efecto defensivo y nutricional.

**Palabras clave:** fosfitos, fitoalexinas, nitrógeno, trigo, calidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Ferré, sobre un suelo Serie Rojas, Argiudol típico, Clase I de alta productividad. El ensayo fue sembrado el día 15 de Junio, en Siembra directa, siendo la variedad Klein Zorro. El antecesor fue soja de primera. El experimento se fertilizó con fósforo (P) de base, y un ajuste de nitrógeno (N) y azufre (S) según el criterio de suficiencia. Se evaluaron tratamientos foliares, que consistieron en el uso de fosfitos, fertilizantes y fungicidas. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. La denominación de los mismos se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1:** *Tratamientos de fertilización y protección de Trigo en Ferré, General Arenales. Año 2014.*

	<b>Fertilización</b>	<b>Dosis (kg-l ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Estado de aplicación</b>
<b>T1</b>	Testigo		
<b>T2</b>	Fertideg Max	4000 ml ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39
<b>T3</b>	Fertideg Max + Urea foliar	4000 ml ha <sup>-1</sup> 45 l ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39
<b>T4</b>	Fertideg Max + Fosfito Cobre-Potasio + Urea foliar	4000 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 45 l ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39
<b>T5</b>	Fertideg Max + Fosfito Potasio Urea foliar	4000 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 45 l ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39
<b>T6</b>	Fertideg Max + Fosfito Manganeso + Urea foliar	4000 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 45 l ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39
<b>T7</b>	Fertideg Max + Borodeg + Urea foliar	4000 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 45 l ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39
<b>T8</b>	Fertideg Max + Tebuconazole 43 % + Carbendazim 50 % + Urea foliar	4000 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 45 l ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39
<b>T9</b>	Fertideg Max + Fosfito Potasio + Tebuconazole 43 % + Carbendazim 50 % + Urea foliar	4000 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 500 ml ha <sup>-1</sup> 45 l ha <sup>-1</sup>	Zadoks 39

El fungicida utilizado fue ReflectXtra(Isopirazam (125 g/l) + Azoxistrobina (20 g/l), y la urea foliar líquida contiene la composición (20-0-0, densidad 1,1). Todas las aplicaciones se realizaron usando como acompañante Harwet, a la dosis de 100 ml ha<sup>-1</sup>.

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2. El sitio contaba con una moderada disponibilidad hídrica inicial, que alcanzó a 130 mm de agua útil (0-140 cm).

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

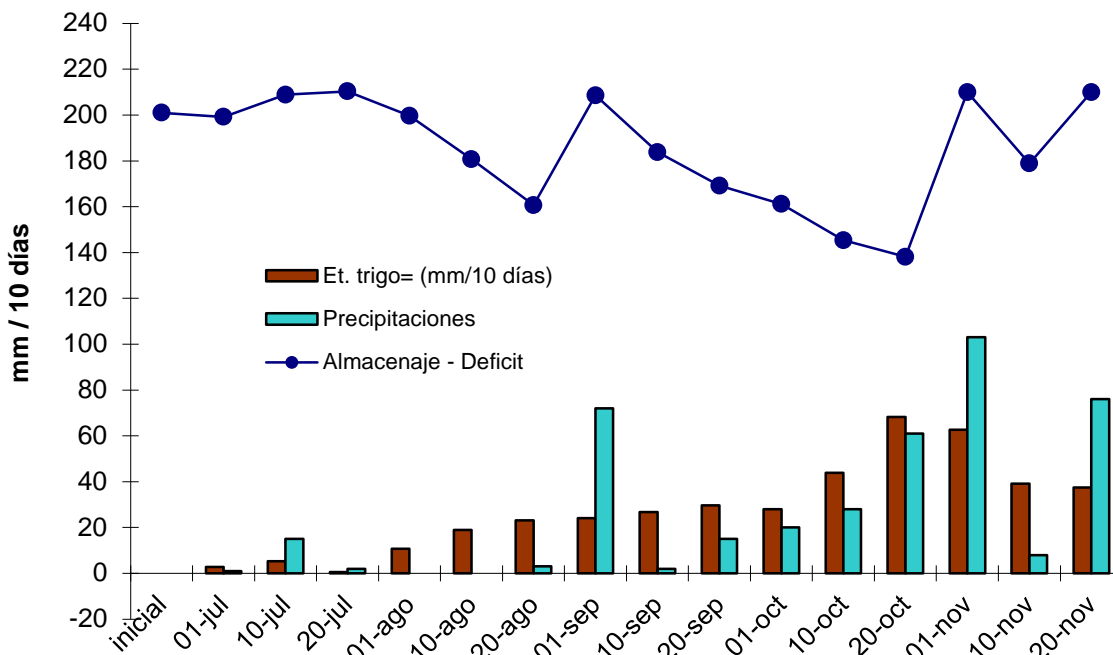
<b>Prof</b>	<b>pH</b>	<b>Materia Orgánica</b>	<b>N total</b>	<b>Fósforo disponible</b>	<b>N-Nitratos (0-20) cm</b>	<b>N- Nitratos suelo 0- 60 cm</b>	<b>S- Sulfatos suelo 0- 20 cm</b>	<b>Zinc</b>
	<b>agua 1:2,5</b>	<b>%</b>		<b>mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>ppm</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>ppm</b>
<b>Ferré 0-20</b>	5,6	2,83	0,130	17,8	14,2	63,3	8,0	0,78

Las aplicaciones foliares fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botallón 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>. La dosificación de los productos se realizó realizando diluciones, y uniformando el volumen final de aplicación. En Zadoks 65 (antesis) se estimó N en hoja bandera mediante una medida adimensional no destructiva con Green seeker, y se midió la cobertura e interceptación de radiación. La cosecha se realizó en forma mecánica, recolectado toda la parcela. Previo a la misma, se determinó en N° de espigas, granos por espiga, NG (número de grano), PG (peso de los granos) y concentración de proteína. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza (ANVA), comparaciones de medias y análisis de regresión.

## RESULTADOS

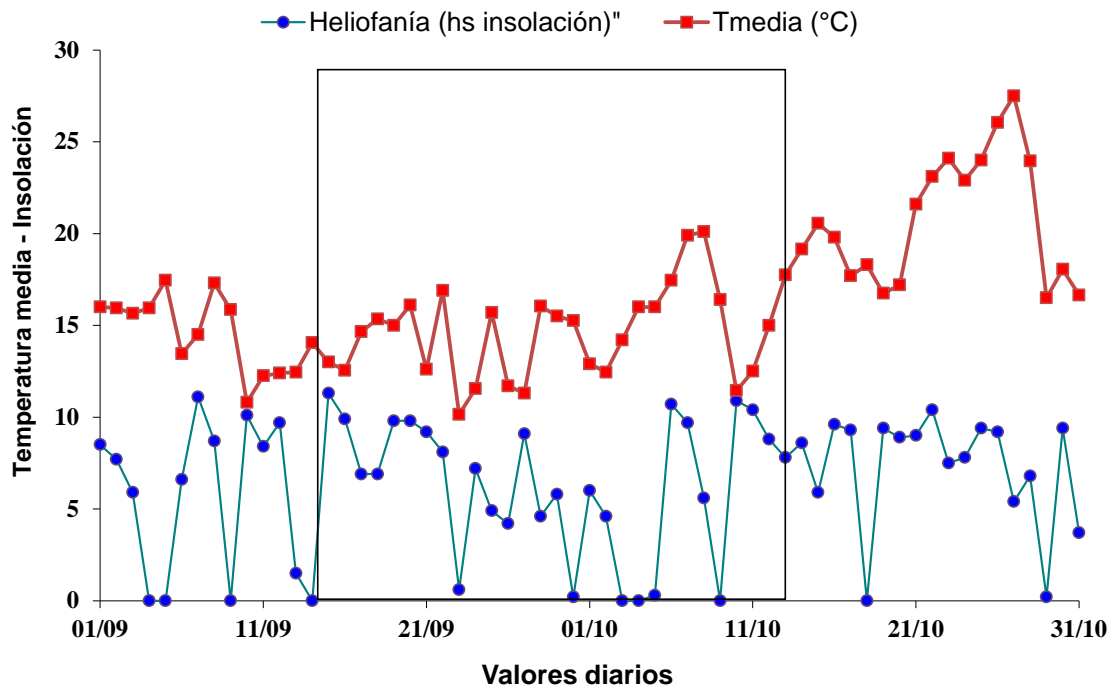
### A) Características climáticas de la campaña

En 2014, el almacenaje inicial de agua en el suelo fue elevado a partir de un histórico otoño climático. A excepción del mes de agosto, las precipitaciones continuaron en el tiempo configurando un escenario hídrico holgado (Figura 1). Menos favorables fueron las condiciones de radiación y temperaturas, especialmente por las marcas térmicas elevadas (Figuras 2 y 3, Tabla 3). También se verificó una alta presión de Roya de la hoja.

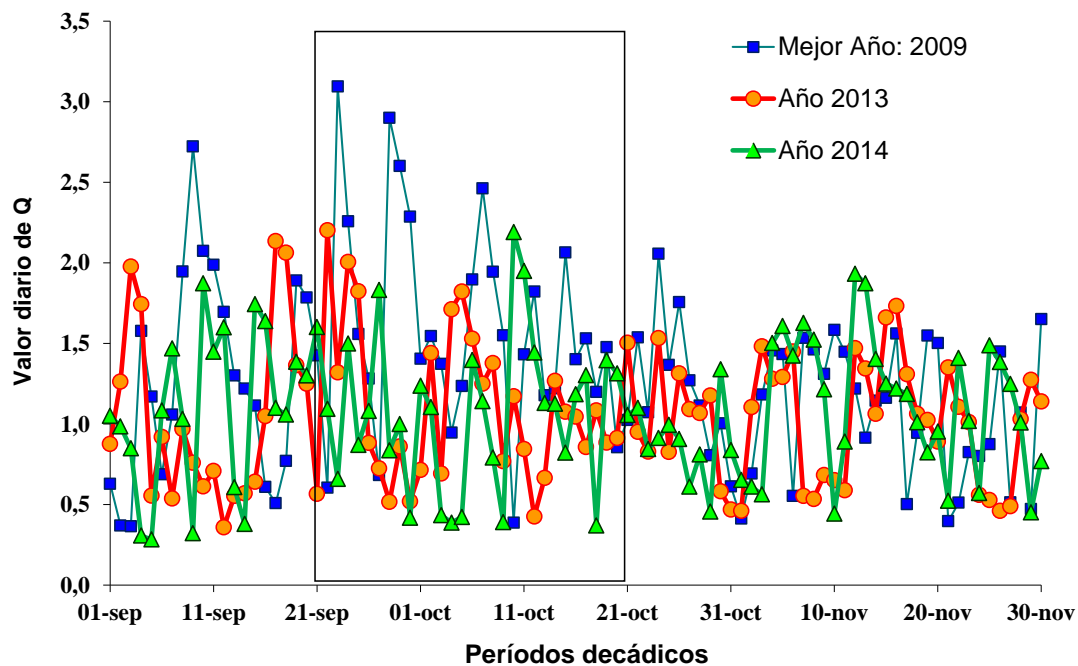


**Figura 1:** Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos) para trigo en Ferré. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2014. Lámina de agua útil inicial (140 cm) 201 mm. Precipitaciones durante el ciclo: 406 mm.

En la Figura 2 se presenta el cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985), el cual 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. En 2014 la frecuencia de días soleados fue elevada, sin embargo predominaron altas temperaturas, limitando el cociente fototermal (Figura 2 y Tabla 3).



**Figura 2:** Horas diarias de insolación y temperaturas medias diarias en Pergamino en el período comprendido entre 1 de Setiembre y 31 de Octubre de 2014.



**Figura 3:** Cociente fototermal ( $Q$ ) en el período comprendido entre el 1-septiembre y 30-noviembre de 2014, y su comparación con el año anterior y el mejor año de la última década. Datos estación meteorológica INTA Pergamino.

**Tabla 3:** Insolación efectiva (hs), Temperatura media ( $C^\circ$ ) y Cociente fototermal  $Q$  ( $T$  base  $0^\circ C$ ) para el período crítico del cultivo de Trigo en la localidad de Pergamino. 1 al 30 de octubre en 2010, y 15 de setiembre al de 15 de octubre en el resto de los años.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45	6,8	5,0	5,6	6,2
T media del período $^\circ C$	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8	14,8	14,3	13,5	15,1
Cociente fototermal ( $Q$ ) ( $Mj\ m^{-2}\ día^{-1}\ ^\circ C^{-1}$ )	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34	1,19	1,11	1,20	1,11

b) Resultados del experimento

En la Tabla 4 se presentan datos de intensidad de verde y evaluación sanitaria del cultivo, mientras que en la Tabla 5 el rendimiento y sus componentes.

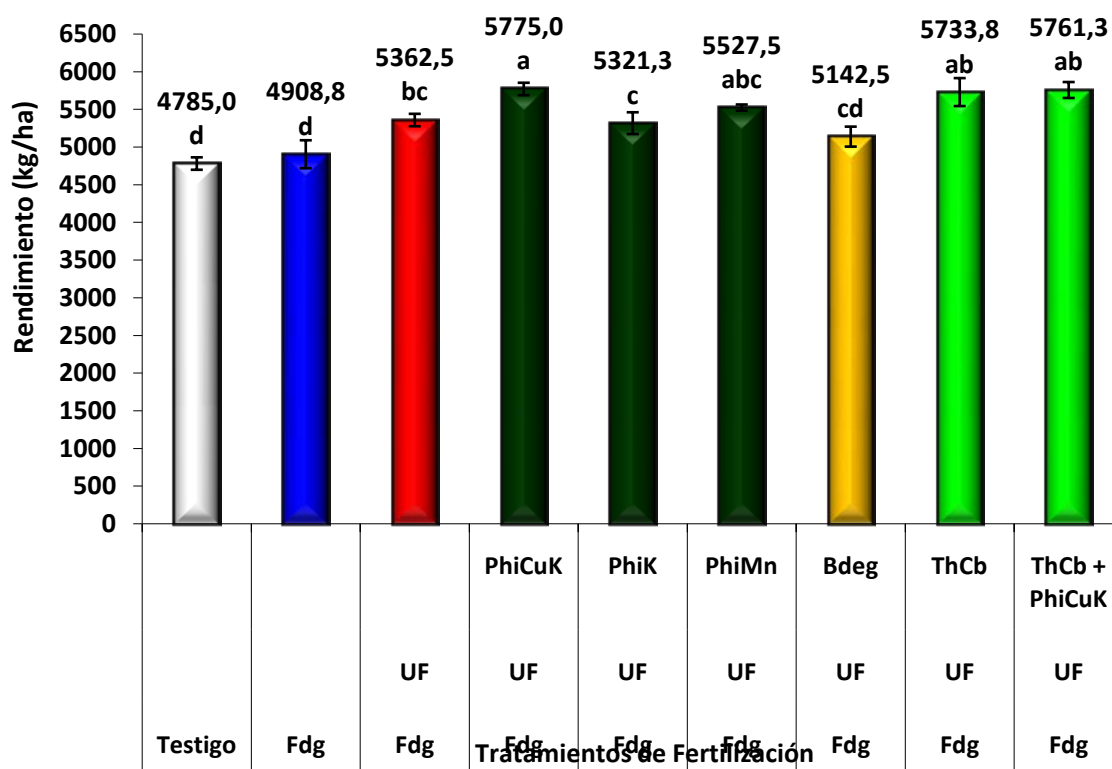
**Tabla 4:** Intensidad de verde por Green seeker y evaluación de enfermedades en trigo. Ferré, año 2014

T	Tratamientos foliares	M. amarilla <i>Drechsleratritici-repentis</i> Severidad Z65 (%)	R anaranjada <i>Pucciniaatriticina</i> Severidad Z65 (%)	AFVerde remanente Z65 (%)	Intensidad verde (Green seeker)	NDVI(n)/NDVI Max
T1	Testigo	40	20	20	0,45	0,94
T2	Fdg	35	20	30	0,46	0,95
T3	Fdg + UF	30	20	35	0,46	0,96
T4	Fdeg + PhiCuK + UF	25	15	40	0,48	1,00
T5	Fdeg + PhiK + UF	25	15	40	0,45	0,94
T6	Fdeg + PhiMn + UF	25	15	40	0,47	0,98
T7	Fdeg + Bdeg + UF	30	20	35	0,45	0,94
T8	Fdeg + ThCb + UF	20	5	55	0,48	1,00
T9	Fdeg + ThCb + PhiCuK + FSU	10	3	60	0,47	0,98
	<b>R<sup>2</sup> vs rendimiento</b>	<b>0,76</b>	<b>0,58</b>	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>	<b>0,74</b>

**Tabla 5:** Parámetros morfológicos de cultivo: Cobertura e intercepción, lecturas de intensidad de verde por medio del sensor Green seeker, rendimiento y sus componentes. En la línea inferior se presenta la correlación (R<sup>2</sup>) de cada variable con los rendimientos. Tratamientos de fertilización nitrogenada de base y mediante aplicación foliar en Trigo. Ferré, año 2014.

T	Tratamientos	Cobertura Intercepción Z75	Esp/m	Granos/espiga	NG/m <sup>2</sup>	PG x 1000 (g)	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)
T1	Testigo	85,0	395,0	28,84	11392,86	42,0	4785,0	10,4
T2	Fdg	90,5	450,0	24,79	11156,25	44,0	4908,8	12,3
T3	Fdg + UF	94,5	445,0	29,39	13079,27	41,0	5362,5	12,1
T4	Fdeg + PhiCuK + UF	95,1	450,0	29,17	13125,00	44,0	5775,0	11,8
T5	Fdeg + PhiK + UF	95,0	525,0	25,34	13303,13	40,0	5321,3	12,2
T6	Fdeg + PhiMn + UF	94,8	495,0	27,92	13818,75	40,0	5527,5	12,0
T7	Fdeg + Bdeg + UF	96,5	450,0	24,84	11179,35	46,0	5142,5	12,4
T8	Fdeg + ThCb + UF	97,0	495,0	26,33	13031,3	44,0	5733,8	11,4
T9	Fdeg + ThCb + PhiCuK + FSU	97,0	525,0	24,94	13093,75	44,0	5761,3	11,8
	<b>R<sup>2</sup> vs rendimiento</b>	<b>0,63</b>	<b>0,42</b>	<b>0,01</b>	<b>0,63</b>	<b>0,00</b>		<b>0,04</b>
	<b>Efecto tratamientos (P=)</b>						<b>0,0004</b>	
	<b>CV (%)</b>						<b>4,35 %</b>	

NDVI Relativo: Cociente entre el NDVI por Green seeker del tratamiento n, y el NDVI máximo.



**Figura 4:** Producción media de grano trigo según tratamientos foliares con fosfitos, fungicidas y fertilizantes nitrogenados. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las barras de error representan la desviación standard de la media. Ferré, año 2014.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

\* Los rendimientos oscilaron entre 4785 y 5775 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3), producción que puede considerarse muy favorable dadas las altas temperaturas que acompañaron buena parte del ciclo. Por otra parte, estos rendimientos estuvieron por encima de la media regional. Se advierte una alta acumulación de rendimiento durante la etapa de llenado, manifestada en elevado PG. (Tabla 5).

\* En lo que respecta al comportamiento sanitario, la enfermedad prevalente fue Mancha amarilla (*Dreschleratritici-repentis*), gracias al buen comportamiento de esta variedad a Roya anaranjada (*Pucciniaatriticina*). La severidad de ambas enfermedades fue reducida por el fungicida, alcanzando un comportamiento intermedio por la aplicación de fosfitos (Tabla 4), aunque dada la alta presión de roya, más cercano al testigo. No obstante, el tratamiento de mejor comportamiento fue aquel que integró urea foliar más fosfitos (T4), conservando a su vez un buen nivel de proteína en grano.

\* Las diferencias de rendimiento obtenidas por las tecnologías aplicadas fueron agrónomicamente relevantes y estadísticamente significativas ( $P=0,0004$ ;  $CV= 4,35\%$ ). Los cuatro tratamientos de rendimiento máximo -calificación estadística "A"- compartieron recibir más de un insumo por vía foliar, y un fuerte énfasis en la protección del cultivo, recibiendo la aplicación de PhiCu-K, PhiCuMn, fungicidas, o la combinación de fosfitos y fungicidas al mismo tiempo (Figura 4).

\* El uso de Urea foliar como vehículo de un fosfito brinda una excelente oportunidad para cubrir tres aspectos relevantes del trigo en un solo tratamiento: mejorar la sanidad, aumentar los rendimientos y sostener o mejorar la calidad del cultivo. Se sugiere evaluar la posibilidad de desarrollo de un fertilizante-inductor de resistencia que contenga nitrógeno ureico y fosfitos.

\* Entre las variables intermedias cuantificadas severidad de *Dreschleratritici-repentis* ( $R^2=0,76$ ), AFV remanente ( $R^2=0,75$ ), Intensidad de verde por Green seeker y NDVI ( $R^2=0,74$ ), cobertura e

intercepción ( $R^2=0,63$ ), NG ( $R^2=0,63$ ) y en menor medida severidad de *Puccinia triticina* ( $R^2=0,39$ ) correlacionaron de manera positiva y significativa con los rendimientos.

\* Los resultados obtenidos admiten aceptar las hipótesis propuestas. La aplicación foliar de fosfitos permitió obtener diferencias en los rendimientos, especialmente el de Cu-K. La mayor sanidad y rendimiento se obtuvo en combinación con Urea foliar y con un fungicida, o ambos insumos a la vez. Se detecta una gran potencialidad para combinar los fosfitos con una fuente nitrogenada de alto grado, que no sólo potenciaría los rendimientos, sino que también estabilizaría la respuesta dada la bondad del N en mejorar la productividad de las gramíneas, a la vez de mejorar la calidad del cultivo.

\* El efecto de los fosfitos podría ser atribuido a una mejor sanidad y mayor traslocación de otras moléculas como fungicidas y fertilizantes, dada la movilidad de los fosfitos en la planta. Como se ha aseverado en anteriores trabajos de investigación, el uso de fosfitos no reemplazaría a los fungicidas en epifitias severas ni al nitrógeno ante carencias nutricionales intensas, pero podría contribuir a mejorar su aprovechamiento.

### Anexo: Condiciones de aplicación

**Tabla 6:** Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Zadoks 39	7-oct	Z39	75	90

**Tabla 7:** 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 hsdda
Zadoks 39	H	H	20,0	67	7,27 S	0	0

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

### LITERATURA CITADA

- \* Calviño, P; HE Echeverría & M Redolatti. 2002. Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. Ciencia del Suelo 20: 36-42.
- \* Carmona M.; Sautua F. y Mendoza C. 2009. Los fosfitos y la nutrición mineral como una herramienta complementaria para el manejo de las EFC en el cultivo de soja Revista Análisis de semillas Tomo 4 vol 1 Nero 13, pp 69-71, 2010. ISSN 1851-1678
- \* Carmona, M. 2011. Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana. Simposio Fertilidad 2011. "La Nutrición del cultivo integrada a los Sistemas de producción". IPNI, Rosario, Mayo 2011.
- \* Ferrari M.; Castellarín, J.M.; Sainz Rozas, H. R.; Vivas, H. S.; Melchiori, R. J. M. y Gudelj, V. J.2010. Evaluación de métodos de diagnóstico de fertilidad nitrogenada para el cultivo de trigo en la región pampeana. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Argentina 2010.
- \* Ferraris, G. 2011. Microelementos en cultivos extensivos. Necesidad actual o tecnología para el futuro? pp 121-133. En: Actas del Simposio Fertilidad 2011. "La Nutrición del cultivo integrada al Sistema de Producción". IPNI Cono Sur-Fertilizar Asociación Civil. 269 pp.
- \* Ferraris, G. 2012. Zinc y otros microelementos en Maíz. Jornada de Maíz. INTA EEA Marcos Juárez. 5 de Julio de 2012. 8pp
- \* Ferraris, G. y F. Mousegne (eds.). 2008. Efecto de diferentes estrategias de fertilización sobre el rendimiento y la calidad de perfiles de genotipo de trigo pan en el norte, centro y oeste de la provincia de Buenos Aires. Campaña 2006/07 y 2007/08. Trigo. Resultados de Unidades Demostrativas. Proyecto Regional Agrícola. pp 61-72.
- \* Ferraris, G., L. Couretot y J. Urrutia. 2010.a Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de zinc en combinación con fuentes nitrógeno-azufradas. V Jornada de Maíz. AIANBA-INTA EEA Pergamino. 11p.
- \* Ferraris, G., L. Couretot y M. Toribio. 2011. Desarrollo de estrategias de fertilización para mejorar integralmente sanidad, calidad y rendimiento en trigo pan. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino, Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2010. <http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf>
- \* Prystupa, P. M. Torres Duggan y G. Ferraris. 2012. Tecnología de aplicación de micronutrientes en la Región pampeana Argentina.

\* Romero, A.M.; Gally, M.E.; Carmona, M.C.; Liener, N. 2009. Inductores de la Resistencia: una Alternativa para el Manejo de Enfermedades Foliares en Soja XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Santiago del Estero, 30 de setiembre al 2 de octubre, 2009.