

TRIGO 2011: PAUTAS PARA EL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO

Fernando O. García y Adrián A. Correndo

IPNI Cono Sur, Av. Santa fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina

fgarcia@ipni.net – acorrendo@ipni.net

El manejo nutricional del cultivo de trigo se ubica dentro de un contexto más amplio que afecta las decisiones que tomamos y el comportamiento del cultivo. En este sentido, las mejores prácticas de manejo (MPM) de la nutrición y, por ende, de los fertilizantes (MPMF), constituyen un subconjunto de las MPM del cultivo. Para que una práctica de manejo de fertilizantes sea considerada como MPM, la misma debe armonizar con las MPM del cultivo para proveer a una óptima combinación de los cuatro objetivos básicos en el manejo de sistemas de producción: productividad, rentabilidad, durabilidad del sistema y salud ambiental ([Bruulsema y col., 2008 – ver artículo -](#)). Estas MPMF deben responder a principios científicos y ser evaluadas a través de indicadores específicos relacionados con los cuatro objetivos anteriormente mencionados.

En un sentido más específico, las MPMF pueden ser descriptas como la selección de la **fuerza** correcta para la aplicación de la **dosis** correcta en el **momento** y **forma** correctos (Roberts, 2007). La dosis, fuerza, momento y forma de aplicación interactúan entre sí y, a su vez, con las MPM del cultivo en el sistema de producción (Bruulsema y col., 2008).

En Argentina, los nutrientes tradicionalmente deficientes para el cultivo de trigo han sido el nitrógeno (N) y el fósforo (P) y, en los últimos años, se han determinado deficiencias de azufre (S) en numerosas áreas trigueras. Otros nutrientes, como el caso del cloro (Cl), zinc (Zn) y otros micronutrientes, han mostrado deficiencias y respuestas en algunas situaciones específicas de suelo, clima y manejo.

En el presente artículo se presenta un resumen de la información más reciente, relativa al manejo de la nutrición en el cultivo de trigo en Argentina. A lo largo del texto, se podrá acceder a los trabajos extendidos, para información más detallada.

Existe abundante información disponible actualizada anualmente en cuanto a las MPM para N, P y, en menor medida, de S y otros nutrientes, para distintas zonas y sistemas de producción. Al respecto, pueden consultarse, entre otras, las siguientes publicaciones: Berardo (1994), González Montaner y col. (1991 y 1997), Melchiori y Papparotti (1996), Echeverría y García (1998), Satorre y col. (2001), García y Berardo (2005), Martínez y Cordone (2005), Satorre y col. (2005), García (2007), García y col. (2010), Ferrari y col. (2010), Barbagelata y col. (2011).

Doble Cultivo Trigo/Soja

Las experimentaciones realizadas en los últimos años indican la importancia y factibilidad de plantear el manejo de la nutrición para el doble cultivo trigo/soja al momento de la fertilización del trigo (Salvagiotti y col., 2005). En las referencias indicadas se podrá encontrar información acerca del i) diagnóstico de la fertilidad para recomendaciones de fertilización nitrogenada, fosfatada y azufrada, y ii) manejo de la fertilización: fuerza, momento y forma correcta de aplicación de N, P y S.

La toma de decisión de las MPMF debe generarse a partir de las metodologías e información disponibles. En el marco actual de precios de insumos y trigo, es muy importante utilizar la información existente y las actualizaciones generadas en los últimos años. A continuación se destacan algunas de las mismas.

I) REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO

En IPNI ([ver sección ARCHIVOS AGRONÓMICOS](#)) hemos actualizado la información de requerimientos nutricionales de los cultivos de grano ([Ciampitti y Garcia, 2007 – ver artículo -](#)). Utilizando información generada en nuestro país en los últimos años se establecieron valores de referencia de absorción de 26.5, 4.4 y 4.4 kg de N, P y S por tonelada de grano producida, respectivamente, y de extracción de 18.2, 3.5 y 1.5 kg de N, P y S por tonelada de grano producida, respectivamente. Estos valores son de referencia y se sugiere el análisis de planta y/o de granos para conocer la absorción y extracción de nutrientes específica de cada ambiente, lote o región. Los mismos están expresados en base “*humedad de recibo*” de trigo (Humedad Comercial a Cosecha de 13,5%). Para información más detallada, usted puede consultar en nuestro sitio web, en [REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES](#).

Nitrógeno

Diagnóstico

Después del agua, el N constituye el principal factor limitante de la productividad del cultivo de trigo. Un manejo eficiente de este nutriente requiere de la elaboración de un correcto diagnóstico de sus necesidades a fines de efectuar recomendaciones ajustadas de fertilización que optimicen la nutrición nitrogenada del cultivo. Dentro de las opciones de herramientas de diagnóstico se encuentra la disponibilidad de N a la siembra (suelo + fertilizante) hasta los 60 cm de profundidad (González Montaner y col., 1991). En forma complementaria, Reussi Calvo y col. (2011) observaron, en el sudeste bonaerense que la incorporación del N anaeróbico (potencialmente mineralizable) al modelo de disponibilidad de N-nitratos puede mejorar sensiblemente el diagnóstico de las necesidades del nutriente. Por otra parte, también se utilizan herramientas como la concentración de N total en planta o de nitratos en base de pseudotallos, el índice de verdor determinado con el clorofilómetro Monolta SPAD 502 en comienzo de elongación de tallos, y más recientemente, otros métodos, como el diagnóstico basado en sensores ópticos remotos que evalúan la reflectancia del canopy del cultivo (Raun y col., 2005). En este sentido, se han realizado varios estudios tendientes a generar información sobre la aplicabilidad de estos enfoques bajo distintas condiciones agroecológicas y a establecer niveles críticos u otros procedimientos para asistir la toma de decisión de fertilización nitrogenada del cultivo en Argentina ([Ferrari y col., 2010 –ver artículo-;](#) [Ferrari y col., 2011 – ver presentación-;](#) [EEA INTA Pergamino, 2011 – ver artículos -](#)) y Uruguay ([Hoffman y col., 2010 – ver artículo -](#)).

Dosis de N

Los umbrales críticos de disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos suelo, 0-60 cm + N fertilizante) constituyen el método más difundido para determinar las necesidades de N del cultivo. Estos varían según la zona y el nivel de rendimiento objetivo: 175 kg/ha para alcanzar rendimientos de 6000 kg/ha en el sudeste de Buenos Aires (Información CREA Mar y Sierras), y 130-140 kg/ha para rendimientos de 4000 kg/ha en el sur de Santa Fe (Información Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe).

En ensayos recientes, Barbieri y col.. (2008a) determinaron umbrales de 152 y 126 kg N/ha al momento de la siembra y el macollaje, respectivamente, para alcanzar el 95% del rendimiento máximo (promedios de 5000-5500 kg/ha) en el sudeste de Buenos Aires. Por otro lado, tomando datos de varias zonas de la Región Pampeana, Ferrari y col. (2010), observaron umbrales de 147 kg N/ha para alcanzar el 90% de los rendimientos máximos (variables entre 4000 a 7100 kg/ha). Asimismo, estos autores encontraron una relación estrecha entre el contenido de N-nitratos a 0-60 y 0-40 cm de profundidad a la siembra o al macollaje, lo que facilitaría las determinaciones muestreando hasta 40 cm de profundidad en lugar de hasta 60 cm.

Considerando las variables económicas, [Barbieri y col. \(2009\) – ver artículo -](#), calcularon en el sudeste bonaerense la dosis óptima económica (DOE) para variedades tradicionales y francesas de trigo, en función de la relación de precios (kg de trigo / kg N fertilizante) y el contenido de N-nitratos (0-60cm).

El uso de modelos de simulación es una alternativa de interés para incluir características específicas de suelo, manejo de cultivo y de riesgo climático. El software Triguero (Satorre y col., 2005) ha sido ampliamente evaluado y es utilizado como herramienta para la toma de decisión en distintas regiones trigueras. Recientemente, Barbieri y col. (2008b) han confirmado la aptitud de los modelos de simulación como el CERES Trigo, base del software Triguero, en la región sudeste de Buenos Aires.

Momento de aplicación de N

Las aplicaciones de N a la siembra del cultivo generalmente resultan en eficiencias de uso similares o superiores que las de aplicaciones al macollaje, en situaciones de baja incidencia de precipitaciones durante el período siembra-fin de macollaje. Esta situación es común para una gran parte de la región triguera argentina. A modo de ejemplo, en 10 ensayos realizados en el sur y oeste de Buenos Aires en las campañas 2007/08 y 2008/09, con baja frecuencia de lluvias entre la siembra y encañado, E. Caracoche y col. (com. pers.) encontraron rendimientos similares para aplicaciones de N a siembra o a macollaje en 6 sitios, mientras que en los 4 ensayos restantes los rendimientos fueron superiores con aplicaciones de N a siembra que al macollaje.

Sin embargo, en regiones con excesos hídricos a la siembra y/o probabilidad de precipitaciones elevadas durante el período siembra-fin de macollaje, las aplicaciones diferidas al macollaje pueden presentar una mayor eficiencia del N aplicado resultando en mayores rendimientos y menores pérdidas de N que las aplicaciones a la siembra (Echeverría y col., 2004). Al respecto, Reussi Calvo y Echeverría (2006) estimaron que en un 33% y 35% de años de la serie climática 1971-2001, se pueden registrar excesos hídricos mayores a 10 mm en la segunda década de julio, con promedios de 37 y 31 mm, en Balcarce y Tres Arroyos, respectivamente. Los trabajos de Barbieri y col. (2008a y b) indican que en 6 de 10 sitios, entre 2002 y 2005, se observaron mejores eficiencias de uso de N con aplicaciones en el momento de macollaje con respecto a aplicaciones a la siembra del cultivo, y que estas diferencias se pueden atribuir a la mayor ocurrencia de pérdidas de N por lavado con las aplicaciones a la siembra.

La decisión de aplicar el N a la siembra o al macollaje también debe incluir aspectos relacionados con el rendimiento potencial y la disponibilidad inicial de N, y con la logística. Cultivos con potenciales de rendimientos elevados (mayores a 6000 kg/ha) requieren de disponibilidades de al menos 125 kg N/ha a la siembra, que después se complementarían con aplicaciones más tardías tal como proponen González Montaner y col. para la Región CREA Mar y Sierras.

Fósforo

Diagnóstico

El P es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y su uso como fertilizante ha demostrado efectos positivos en la producción de cultivos agrícolas de la región (García y col., 1997; Barbagelata y col., 2001; [Ferraris y col., 2010 – ver artículo -](#)) en situaciones de baja disponibilidad en el suelo. El análisis de suelos es la herramienta diagnóstica más importante para evaluar la disponibilidad de P para los cultivos. En Argentina, el método más difundido para determinar la disponibilidad de P es la extracción P Bray-Kurtz 1, en el estrato 0-20 cm de suelo. La Figura 1 muestra la relación entre la respuesta a P y el nivel de P extractable (P Bray 1) en 58 ensayos realizados entre 1998 y 2009. Para relaciones trigo/nutriente de 19 a 22 kg de trigo por kg de P, los niveles críticos de P Bray se ubican entre 16 y 18 ppm.

Para una red de 46 sitios en Región Pampeana, Barbagelata (2011) determinó un rango de umbral crítico de respuesta a P, de entre 12 a 20 ppm. En ensayos de la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe, con datos desde 2001 a 2009 se obtuvieron valores críticos, de entre 15 a 20 ppm de P Bray ([García y col., 2010](#)).

Dosis

Resultados de una red de 46 ensayos de fertilización fosfatada en trigo en la Región Pampeana ([Barbagelata, 2011 - ver presentación -](#)), muestran que la respuesta promedio a dosis crecientes de P aplicadas al voleo previo a la siembra fue de 381, 503 y 576 kg de grano de trigo ha⁻¹ para las dosis de 12, 24 y 36 kg de P ha⁻¹, respectivamente, lo que proporciona eficiencias de uso de P de 32, 21 y 16 kg de grano de trigo por cada kg de P aplicado para cada dosis, respectivamente. Más del 70% de los 46 sitios evaluados con trigo presentaron respuesta en rendimiento a la fertilización con P.

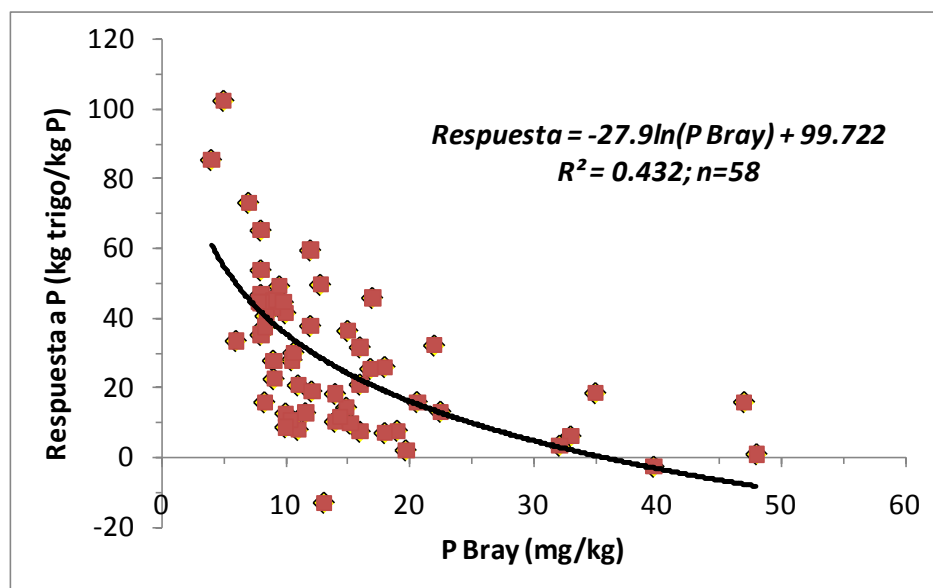


Figura 1. Respuesta a fósforo (P), expresada como kg de trigo por kg de P aplicado, en función del nivel de P Bray (0-20 cm) en 58 ensayos realizados entre 1998 y 2009.

Forma de aplicación de P

En cuanto a la forma de aplicación de los fertilizantes fosfatados, se ha sugerido que la respuesta al P aplicado en línea es generalmente superior a la aplicación al voleo cuando los suelos son muy deficientes en fósforo o presentan alta capacidad de fijación de fosfatos (Mallarino, 1997). Sin embargo, los suelos de la región, a pesar de ser generalmente deficientes en P, poseen baja capacidad de fijación de fosfatos (Quintero y col., 1996) y requieren dosis elevadas de fertilizantes fosfatados, las que aplicadas junto a las semillas pueden causar fitotoxicidad y además generar inconvenientes operativos al momento de la implantación del cultivo, incrementando el tiempo de reabastecimiento de las sembradoras, con un mayor costo de aplicación en comparación con aplicaciones al voleo en cobertura total.

Comparando aplicación en línea vs. aplicación al voleo, [Barbagelata \(2011\) \(ver presentación\)](#) no observó diferencias entre las dos formas de aplicación del P evaluadas. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por varios autores para trigo (Bordoli y col., 2004; Bianchini y col., 2006 y Barbagelata y Melchiori, 2008, 2010 y [Ferraris y col., 2010 – ver artículo-](#)). Se han mencionado distintas razones para explicar estos resultados, por un lado la aplicación del fertilizante fosfatado en superficie minimiza el contacto con los

coloides del suelo, al localizarlo en forma horizontal, disminuyendo así la fijación del P del fertilizante. Por otro lado, en siembra directa (SD) se produce un incremento de la actividad radicular superficial debido al mayor contenido de humedad del suelo debajo del manto de residuos vegetales de cosechas anteriores (Bordoli y Mallarino, 1998). Esto ayudaría a explicar porqué el fertilizante fosfatado aplicado al voleo sobre la superficie del suelo en forma anticipada a la siembra es utilizado con eficiencia por el cultivo trigo, permitiendo aumentar la capacidad de trabajo de la sembradora al independizar la siembra de la práctica de la fertilización fosfatada, como señalan varios autores (Bordoli y col., 2004; Barbieri y col., 2006; Barbagelata y Melchiori, 2008).

Azufre

Las respuestas a S en trigo son frecuentes en la región pampeana norte en lotes de prolongada historia agrícola y disminuciones significativas de materia orgánica respecto a los niveles originales (Martínez y Cordone, 2005). En los últimos años, las investigaciones realizadas en el sur de la provincia de Buenos Aires también han mostrado respuestas a la aplicación de S en condiciones de lotes de alta frecuencia de soja, gran cantidad de años de historia agrícola y bajo siembra directa (Calviño y col., 2001; Reussi Calvo y col., 2006, Pagani y col., 2009). El manejo racional de la fertilización azufrada exige el empleo de métodos de diagnóstico de deficiencia de S para los cultivos. En la actualidad, no se dispone de métodos calibrados y precisos, lo suficientemente confiables como para ser empleados en recomendaciones de rutina (Echeverría, 2007). En cultivos de trigo del SE bonaerense, se determinó que la relación N:S en planta desde fin de macollaje hasta aparición de hoja bandera es un método adecuado de diagnóstico de deficiencia de S (Reussi Calvo *et al.*, 2008). Estos resultados fueron confirmados y se propuso un umbral de 15,5:1, por encima del cual se produciría deficiencia de S (Reussi Calvo *et al.*, 2011). Complementariamente, [Echeverría y col. \(2011\) – ver presentación -](#), observaron en la misma zona que el empleo conjunto de la concentración de S y de la relación N:S en los granos de trigo, permitió diagnosticar correctamente el estatus azufrado del cultivo. En la campaña 2007/08, se encontraron respuestas significativas a S, aplicado en mezcla física o química con P, en ensayos realizados en trigo y cebada en Tandil, y en trigo en Gardey y Olavarría (L. Boga, com. pers.; E. Caracoche, com. pers.).

Manejo sitio específico de nutrientes

El manejo de la nutrición por ambiente o en forma variable a través del lote reconoce la variabilidad espacial en la disponibilidad de nutrientes del suelo y el rendimiento potencial del cultivo. Conociendo la variabilidad espacial y sus causas, se pueden implementar manejos de la nutrición ajustados a cada ambiente o situación. El éxito y, por ende, el beneficio agronómico, económico y ambiental de la fertilización variable dependerá del i) grado de variabilidad que exista en un determinado lote, ii) conocimiento de las causas de la variabilidad, iii) conocimiento de las necesidades de manejo para cada ambiente, y iv) la capacidad de gestionar los distintos manejos por ambiente. Frecuentemente, este análisis deja de lado la variabilidad temporal, la cual podría ser incluida utilizando sistemas de predicción climática estacional y/o sensores remotos en tiempo real, entre otras metodologías. La disponibilidad de herramientas de agricultura de precisión, como mapas de rendimiento, imágenes Landsat y equipos de aplicación variable de insumos, nos brinda la posibilidad de adecuar la decisión de fertilización a cada ambiente en particular, si es que cada uno de esos ambientes tiene un requerimiento de N o P distinto. Esto nos resulta de mucha utilidad cuando se trabaja a gran escala, no sólo para lograr una mayor eficiencia en el uso de los recursos sino también para simplificar y ordenar los criterios de decisión ([Bermúdez, 2011 – ver presentación -](#)).

En las campañas 2006/07 y 2007/08, Tellería y col. (com. pers.) evaluaron fertilizaciones variables según ambientes de producción en seis sitios del sur de Córdoba. La evaluación

de dosis crecientes de fertilizante PS o NPS demostró que la dosis de mayor beneficio económico fue mayor para los ambientes de producción baja o promedio que para los ambientes de alta producción en tres de los seis sitios. La respuesta a P se asocio a la dosis de P aplicada y débilmente al nivel de P Bray, pero no se asocio al rendimiento del cultivo. El rendimiento sin fertilizar se relacionó con el nivel inicial de P Bray. Bajo estas condiciones experimentales, los resultados indicarían que los niveles de fertilidad tuvieron mayor peso que los potenciales de rendimiento en cuanto a la dosis más adecuada para cada ambiente. La Tabla 1 muestra los promedios de algunas variables relacionadas a P para los seis sitios evaluados.

Tabla 1. Promedios de variables relacionadas al manejo por ambiente de P en los seis sitios de evaluación del sur de Córdoba conducidos por Gabriel Tellería y col. (com. pers.). Dos sitios en la campaña 2006/07 y cuatro en la campaña 2007/08.

Ambiente	P Bray	Dosis MAP Máxima	Rendimiento Sin P	Respuesta	Rendimiento Relativo Sin P
	mg/kg	----- kg/ha -----			
A (6 sitios)	28	130	4095	1018	0.75
B (5 sitios)	13	139	2976	1140	0.66
P (5 sitios)	22	130	3903	1242	0.72

Jorge González Montaner y col. de la Región CREA Mar y Sierras proponen el manejo en zonas de la fertilización nitrogenada considerando la disponibilidad de N-nitratos a la siembra, la profundidad efectiva, el estado hídrico del suelo y las precipitaciones hasta septiembre. Brevemente, se zonifica el lote de acuerdo a la profundidad efectiva del suelo (hasta la tosca) y según la profundidad y la ocurrencia de lluvias hasta fin de septiembre se proponen modelos de N fertilizante = $(125-X)$, a N fertilizante = $(175-X)$, donde X es la disponibilidad de N-nitratos a 0-60 cm de profundidad a la siembra. El sistema podría incluir la utilización de sensores remotos para definir, en tiempo real, las dosis de fertilización nitrogenada, y del medidor de índice de verdor Minolta SPAD 502 cuyas determinaciones se han relacionado con la concentración de proteína en granos.

Trabajos realizados en la zona de 9 de Julio (Buenos Aires) por Juan Vanina y col. de ASP French, mostraron que las dosis óptimas económicas de N variaron entre 2 y 155 kg/ha en 45 ambientes generados en 12 de lotes de producción, confirmando la hipótesis inicial de alta variabilidad entre ambientes y lotes en cuanto a respuesta a N. Los ambientes se agruparon según contenidos de arenas y arcillas, aunque otras variables como topografía y profundidad de napa deberían ser incluidas.

Nutrición balanceada del cultivo y de la rotación

El manejo de la nutrición de un cultivo debe considerar la fertilidad de los suelos y la producción de los cultivos y/o pasturas que se incluyen en la rotación: la fertilización del sistema de producción. El concepto de "fertilización del sistema de producción" se basa en la residualidad de los nutrientes en formas orgánicas (N, P, S, otros) y/o inorgánicas (P, K, otros) en el suelo. Los ensayos a mediano y largo plazo realizados a nivel nacional e internacional muestran los efectos de la fertilización del sistema: *la nutrición balanceada de los cultivos resulta en la nutrición balanceada del suelo* (García, 2006).

Por otra parte, la nutrición balanceada a través de las MPMF permite mejorar la eficiencia de uso de todos los recursos e insumos involucrados en la producción. En la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe, la eficiencia de uso de agua se incremento

162%, 49% y 284% en las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10, respectivamente, con fertilizaciones con N, P y S (Figura 2).

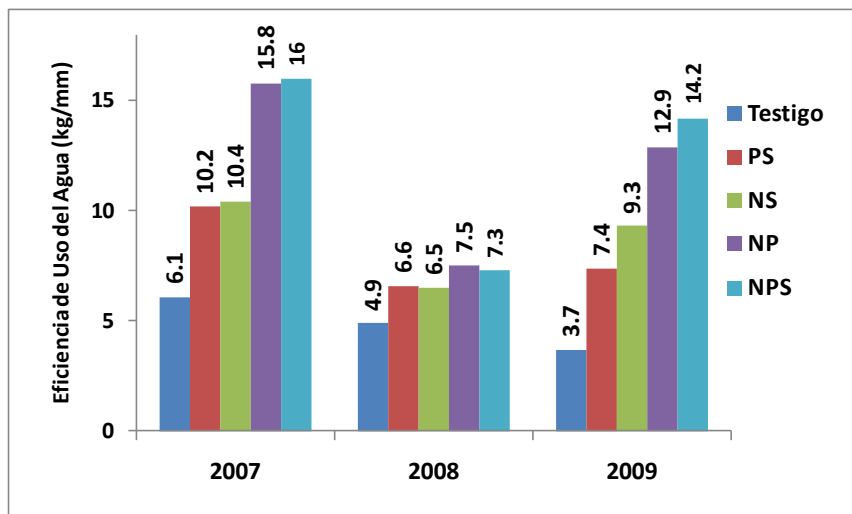


Figura 2. Eficiencia de uso del agua para cinco tratamientos de fertilización NPS de la [Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe](#) en las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10. Los datos son promedios de los tratamientos para los ensayos realizados en cada campaña ([García y col., 2010](#)).

Bibliografía

- Barbagelata P.A.** 2011. Fertilización fosfatada para trigo y maíz en siembra directa: diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización. En: García F.O. y A.A. Correndo (Coords.). Actas del Simposio Fertilidad 2011: "La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción", 18-19 de Mayo de 2011, Rosario, Santa Fe, Argentina: 90-97.
- Barbagelata P.A. y R.J.M. Melchiori.** 2008. Efecto de la forma de aplicación del fósforo sobre el rendimiento de trigo en Entre Ríos. Presentado al VII Congreso Nacional de Trigo/V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-invernal. La Pampa, Argentina.
- Barbagelata P.A., R.J.M. Melchiori y O.F. Paparotti.** 2001. Fertilización fosfatada del cultivo de soja en suelos Vertisoles de la provincia de Entre Ríos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS N° 11:11-12.
- Barbieri P. A., H. E. Echeverría, y H. R. Sainz Rozas.** 2008a. Nitratos en el suelo a la siembra o al macollaje como diagnóstico de la nutrición nitrogenada en trigo en el sudeste bonaerense. Actas CD XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. AACCS.
- Barbieri P. A., H. R. Sainz Rozas, y H. E. Echeverría.** 2008b. El modelo de simulación CERES Trigo como herramienta para evaluar el manejo de la fertilización nitrogenada en el sudeste bonaerense. Actas CD XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. AACCS.
- Barbieri P., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rosas.** 2009. Dosis óptima económica de nitrógeno en trigo según el momento de fertilización en el sudeste bonaerense. Informaciones Agronómicas del Cono Sur N° 42, Junio 2009. IPNI Cono Sur: 11-15.
- Berardo A.** 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. Boletín Técnico No. 128. EEA INTA Balcarce.
- Berardo, A., F. Grattone y G. Borrajo.** 1999. Fertilización fosfatada de trigo: Respuesta y forma de aplicación. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 2:1-3.
- Bermúdez M.** 2011. Cómo llevar a la práctica en gran escala el manejo sitio-especifico de N y P. En: García F.O. y A.A. Correndo (Coords.). Actas del Simposio Fertilidad 2011: "La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción", 18-19 de Mayo de 2011, Rosario, Santa Fe, Argentina: 47-54.
- Bianchini A., A. Silvestre Begnis, J. Rabasa, M.E. Magnelli, S. Lorenzatti, D. Peruzzi, L. Pierella, H.E. Echeverría y F.O. García.** 2006. Localización de fósforo en la rotación trigo/soja-maíz en siembra directa en la Región Pampeana. [CD rom] Actas del XX congreso de la AACCS. Salta, Argentina.
- Bordoli J.M. y A.P. Mallarino.** 1998. Deep and shallow banding phosphorous and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. Agron.J. 90:27-33.
- Bordoli J.M., A. Quinke y A. Marchesi.** 2004. Fertilización fosfatada de trigo en siembra directa. [CD rom] Actas del XIX Congreso de la AACCS. Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Bruulsema T., C. Witt, F. Garcia, S. Li, T.N. Rao, F. Chen y S. Ivanova.** 2008. A Global Framework for Fertilizer BMPs. Better Crops 92 (2): 13-15. IPNI. Norcross, GA. USA

- Calviño P., H. Echeverría, H. Sainz Rozas y M. Redolatti.** 2001. Influencia del cultivo antecesor sobre la respuesta en trigo a la fertilización con azufre. Actas V Congreso Nacional de Trigo. Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- Ciampitti I.A. y F.O. García.** 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11. pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- Echeverría H.E.** 2007. Azufre. En: H.E. Echeverría y F.O. García (Eds.) Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina: 139-160.
- Echeverría H.E. y F.O. García.** 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No.149. EEA INTA Balcarce.
- Echeverría H.E., N. Reussi Calvo, A. Pagani y L. Fernández.** 2011. Métodos de diagnóstico de deficiencia de azufre en los cultivos de trigo, soja de segunda y maíz. En: García F.O. y A.A. Correndo (Coords.). Actas del Simposio Fertilidad 2011: "La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción", 18-19 de Mayo de 2011, Rosario, Santa Fe, Argentina: 98-107.
- Echeverría H.E., P.A. Barbieri, H. Sainz Rozas y F. Covacevich.** 2004. Métodos de diagnóstico de requerimiento de nitrógeno en trigo en el sudeste bonaerense. Actas Congreso "A Todo Trigo". FCEGAC. Mar del Plata 13 y 14 de Mayo de 2004. 185-191p.
- Ferrari M., J.M. Castellarin, H.R. Sainz Rozas, H.S. Vivas, R.J.M. Melchiori y V.J. Gudelj.** 2011. Evaluación de métodos de diagnóstico de fertilidad nitrogenada para el cultivo de trigo en la Región Pampeana. En: García F.O. y A.A. Correndo (Coords.). Actas del Simposio Fertilidad 2011: "La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción", 18-19 de Mayo de 2011, Rosario, Santa Fe, Argentina: 86-89.
- Ferraris G.N.** 2010. Fertilización fosfatada en cultivos extensivos. Criterios de diagnóstico y herramientas tecnológicas para su manejo en el norte-centro-oeste de Buenos Aires y sur de Santa Fe. [CD rom] Actas del XVIII Congreso de AAPRESID "El cuarto elemento". Rosario, Santa Fé, Argentina. 9 págs.
- García F.O.** 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 29. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina: 13-16.
- García F.O.** 2007. Requerimientos nutricionales del cultivo: Respuestas a la fertilización. In E. Satorre (ed.). Producción de trigo. 1a. edición. AACREA. Buenos Aires, Argentina. pp. 37-42. ISBN 978-987-22576-8-2.
- García F.O., K.P. Fabrizi, M. Rufo y P. Scarabicchi.** 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. VI Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- García F.O. y A. Berardo.** 2005. Trigo. Pag. 233-253. En H. Echeverría y F. García (eds.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
- García F.O., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, I.A. Ciampitti, A.A. Correndo, F. Bauschen, A. Berardo y N. Reussi Calvo.** 2010. La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe - Resultados y Conclusiones de los primeros 10 años 2000-2009. 64 p.
- González Montaner J., G. Maddoni y M. R. Di Napoli.** 1997. Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. Field Crops Research 51:241-252.
- González Montaner J., G. Maddoni, N. Mailland y M. Porsborg.** 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la Subregión IV (Sudeste de la Provincia de Buenos Aires). Ciencia del Suelo 9 (1-2):41-51.
- Mallarino A.P.** 1997b. Manejo de fósforo, potasio y starters para maíz y soja en siembra directa. 5° Congreso nacional de AAPRESID. Mar del Plata. Agosto de 1997. p. 11-19.
- Martínez F. y G. Cordone.** 2005. Avances en el manejo de la fertilización de cultivos y fertilidad de suelos en el sur de Santa Fe. Simposio "Fertilidad 2005: Nutrición, Producción y Ambiente". Rosario, 27-28 Abril. INPOFOS Cono Sur-Fertilizar A.C. pp. 3-11.
- Melchiori R. y O. Papparotti.** 1996. Fertilización nitrogenada en trigo, evaluación de dosis y momento de aplicación. Jornada de Actualización Técnica en el cultivo de Trigo. Serie Extensión N°9. EEA INTA Paraná.
- Pagani A., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas.** 2009a. Respuesta a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes en la provincia de Buenos Aires. Ciencia del Suelo 27 (1):21-29.
- Quintero C.E., N.G. Boschetti y R.A. Benavidez.** 1996. Estimación de la capacidad máxima de adsorción de fosfatos en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo 14 (2):79-82.
- Reussi Calvo N. y H.E. Echeverría.** 2006. Estrategias de fertilización nitrogenada en trigo: balance hídrico para el sur bonaerense. Ciencia del Suelo 24 (1): 77-87.
- Reussi Calvo N., H.E. Echeverría y H. Sainz Rozas.** 2006. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de azufre en el sudeste bonaerense. Ciencia del Suelo 24 (2): 115-122.
- Reussi Calvo N., H.E. Echeverría y H. Sainz Rozas.** 2008. Usefulness Foliar Nitrogen-Sulphur Ratio in Spring Red Wheat. Journal of Plant Nutrition 31 (9):1612-1623.
- Salvagiotti F., G. Gerster, S. Bacigaluppo, J. Castellarín, C. Galarza, N. González, V. Gudelj, O. Novello, H. Pedrol, y P. Vallote.** 2005. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. Ciencia del Suelo 22(2):92-101.
- Satorre E. y col.** 2001. Bases de decisión para la fertilización nitrogenada en las zonas Norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y Centro de AACREA. Cuadernillo de Actualización Técnica No. 63. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- Satorre E., F. Menendez y G. Tinghitella.** 2005. El modelo Triguero: Recomendaciones de fertilización nitrogenada en trigo. Simposio Fertilidad 2005: Nutrición, Producción, Ambiente" Rosario, 27-28 Abril. INPOFOS Cono Sur-Fertilizar A.C. pp. 3-11.