

## RED DE ENSAYOS EN NUTRICIÓN DE CULTIVOS REGIÓN CREA SUR DE SANTA FE

### *Resultados de la campaña 2011/12: Trigo*

*Preparado por Miguel Boxler (Coordinador Ensayos), Fernando O. García (IPNI Cono Sur), Adrián A. Correndo (IPNI Cono Sur), Jorge Minteguiaga (Coordinador Zonal), Ricardo Pozzi (Asesor CREA San Jorge-Las Rosas), Maximo Uranga (CREA Posta Espinillos), Francisco Bauschen (Agroservicios Pampeanos), y Nahuel Reussi Calvo y Angel Berardo (Laboratorio Fertilab)*

En la campaña 2011/12, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con la colaboración de IPNI Cono Sur y el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), continuo la Red de Ensayos de Nutrición de Cultivos iniciada en la campaña 2000/01. Los objetivos generales de la Red son:

1. Determinar respuestas (directas y residuales) de los cultivos dentro de la rotación a la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) en diferentes ambientes de la región
2. Evaluar algunas metodologías de diagnóstico de la fertilización nitrogenada, fosfatada y azufrada
3. Evaluar deficiencias y respuestas potenciales a otros nutrientes: potasio (K), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn)
4. Conocer la evolución de los suelos bajo distintos esquemas de fertilización determinando índices relacionados con su calidad

En este informe se reportan los resultados observados en cinco ensayos de trigo 2011/12 bajo dos rotaciones: maíz-trigo/soja, y maíz-soja-trigo/soja. Los objetivos específicos para esta campaña fueron:

1. Evaluación de la respuesta a la fertilización nitrogenada (directa y residual) y de métodos de diagnóstico. Los métodos de diagnóstico evaluados fueron: disponibilidad de N-nitrato en pre-siembra, concentración de N-nitrato en jugo de base de tallos al macollaje e índice de verdor al macollaje y antesis.
2. Evaluación de la respuesta a la fertilización fosfatada (directa y residual) y del análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
3. Evaluación de la respuesta a la fertilización azufrada (directa y residual) y del análisis de S-sulfato en pre-siembra como método de diagnóstico.
4. Evaluación de los rendimientos sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.
5. La evaluación de parámetros de suelo: P Bray 1, N-nitrato y S-sulfato en tratamientos selectos.

Información de años anteriores de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe se puede encontrar en García et al. (2010) y en los sitios de Internet <http://www.aacrea.org.ar> y <http://Lacs.ipni.net>.

## Materiales y Métodos

Los cinco ensayos que se reportan en este informe se establecieron en lotes bajo siembra directa de varios años ubicados en establecimientos de grupos CREA de la región Sur de Santa Fe en las provincias de Santa Fe y Córdoba en la campaña 2000/01 (Tabla 1). Las dos rotaciones de cultivos son, desde 2000/01, maíz-trigo/soja, para los sitios Balducci y San Alfredo, y maíz-soja-trigo/soja, para los sitios La Blanca, La Hansa y Lambaré.

Los tratamientos de fertilización se realizan anualmente siempre sobre las mismas parcelas. La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados a la siembra del trigo en la campaña 2011/12 se indican en la Tabla 2. Los seis tratamientos establecidos son similares en todos los sitios y se disponen en un diseño en bloques completos con tres repeticiones.

El manejo general del cultivo (control de malezas, fecha de siembra, etc.) fue similar al manejo del lote de producción, utilizándose maquinaria del productor en todos los sitios.

En pre-siembra, se muestrearon tratamientos selectos en los tres bloques para determinar: P Bray, N-nitrato y S-sulfato a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm de profundidad, y N mineralizable como N-nitrato producido por incubación anaeróbica en 7 días (Nmin) a 0-20 y 20-40 cm. Se tomaron veinte “piques” por muestra superficial y 10 “piques” por muestra subsuperficial.

Se determinó el contenido total de agua del suelo, de ser posible a 0-100 cm de profundidad, a la siembra y madurez fisiológica en los tratamientos PS, NS, NP y NPS.

Al estado de macollaje se determinó la concentración de nitrato en jugo de base de tallos (JBT) utilizando un equipo Nitracheck. El índice de verdor se determinó utilizando un Minolta SPAD 502 en los estados de macollaje y antesis.

En madurez fisiológica se determinó el número de espigas por m<sup>2</sup>. A cosecha se determinó el rendimiento, y el peso de mil granos. Los rendimientos reportados se han corregido al 14% de humedad. Con la información de peso de mil granos, se estimó el número de granos por m<sup>2</sup>. En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (información no presentada).

## Resultados

### *Análisis de suelo*

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra. Se observaron efectos residuales de fertilizaciones fosfatadas anteriores en los cinco sitios en los niveles de P Bray. Para N-nitrato, se observó residualidad de fertilizaciones nitrogenadas anteriores en Balducci, mientras que para S-sulfato se observaron efectos residuales de fertilizaciones azufradas anteriores en Balducci, La Blanca y Lambaré.

La Fig. 1 (a, b y c) muestra que las residualidades de N, P y S se registran principalmente hasta los 60 cm de profundidad y, en algunos casos, hasta los 100 cm. En

promedio para los cinco sitios, en N-nitrato, las diferencias son del 9%, 49%, 12% y 18% a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm, respectivamente, entre los tratamientos NPS y PS. El P Bray mostró diferencias del 405%, 141%, 60% y 35% a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm, respectivamente, entre el tratamiento NPS y el tratamiento NS. Para itratoS-sulfato, las diferencias son del 16%, 43%, -3% y 8% a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm, respectivamente, entre el tratamiento NPS y el tratamiento NP. Debe tenerse en cuenta que estas diferencias fueron muy variables entre sitios.

La concentración de P Bray (0-20 cm) en el tratamiento NPS aumento a lo largo de los 11 años, a partir del aporte que se hace con dosis de P que cubren la extracción en grano más el 5-10% (Fig. 2). Desde la implantación de los ensayos, el P Bray del suelo en el tratamiento NS disminuyo  $23 \text{ mg kg}^{-1}$  (55%) y  $4 \text{ mg kg}^{-1}$  (35%) en promedio para las rotaciones M-S-T/S y M-T/S, respectivamente.

Las diferencias en P Bray entre los tratamientos NPS y NS se deben tanto a los efectos residuales de las aplicaciones de P en el tratamiento NPS como a la extracción de P del perfil de suelo en el tratamiento NS. Los efectos residuales se observaron desde los primeros años para P. Las residualidades de este nutriente son positivas desde el punto de vista de la mejora de los niveles de P Bray en los suelos, y demuestran la posibilidad de manejar estrategias de fertilización de subir y mantener el P Bray en estos suelos. Es interesante destacar que, como es de esperar, la residualidad se manifiesta fundamentalmente en los primeros 20 cm pero también se verifica a profundidades mayores, como se indicó previamente. Este efecto probablemente se deba a la movilización de P por las raíces de las plantas a través de los años de ensayos.

Las altas residualidades de N en forma de nitrato, no son positivas ya que implican la posibilidad de pérdidas de N vía lavado y/o desnitrificación. La cantidad de N-nitrato a la siembra depende de la capacidad del suelo de mineralizar N orgánico, los rendimientos y aplicaciones previas de N y las condiciones climáticas durante el período de barbecho. Las dosis de N deberían ajustarse para evitar estas pérdidas y aumentar la eficiencia de uso del nutriente. Para el caso de S, las residualidades fueron proporcionalmente mayores que las de N y menores que las de P.

El nivel de disponibilidad de N-nitrato (0-60 cm) se ubico por debajo de los niveles críticos para trigo en la región tanto en los tratamientos PS como en los NPS, en los cinco sitios. Los niveles de P Bray de los tratamientos NS fueron menores que los considerados críticos para trigo en todos los sitios excepto en Lambaré, mientras que en los tratamientos NPS, los niveles de P Bray superaron a los considerados críticos. Los niveles de S-sulfato (0-20 cm) se ubicaron por debajo de los  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ , umbral crítico mencionado en la literatura, en los tratamientos NP y NPS en los cinco sitios.

### ***Rendimientos y respuestas a la fertilización***

La buena disponibilidad de agua a la siembra y las precipitaciones de Octubre-Noviembre permitieron alcanzar altos rendimientos de trigo en San Alfredo, La Blanca, La Hansa y Lambaré (Tabla 4, Fig. 3). En Balducci, los mejores rendimientos no alcanzaron a los registrados en las campañas 2003, 2005 y 2007 cuando los tratamientos NPS y Completo superaron los  $5000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Fig. 4). En los otros cuatro sitios, los

rendimientos de los tratamientos NPS y Completo alcanzaron rendimientos máximos desde el establecimiento de la Red de Nutrición.

Los contenidos de agua a macollaje y madurez fisiológica reflejan las bajas precipitaciones ocurridas en los estadios vegetativos del cultivo (Junio-Septiembre) y la mayor disponibilidad de agua hacia los estados reproductivos del ciclo del cultivo (Fig. 5).

En los todos los sitios se observaron respuestas significativas a N y P; en San Alfredo, La Blanca y La Hansa se registró respuesta significativa a S; y en La Hansa a otros nutrientes. Las interacciones significativas fueron de NP en Balducchi y Lambaré, y NPS en San Alfredo, La Blanca y La Hansa (Tabla 4). Estas respuestas directas y residuales, se explican parcialmente por los bajos niveles de N-nitrato, P Bray y S-sulfato.

Considerando las precipitaciones registradas entre Junio y Noviembre y la variación de almacenaje de agua del suelo entre la siembra y la madurez fisiológica, se estimaron eficiencias de uso de agua (EUA) de 4.1-7.0 y 11.1-13.7 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para los tratamientos Testigo y NPS, respectivamente (Fig. 6). Estas eficiencias son bajas para los Testigos, mostrando la deficiencia nutricional, pero adecuadas a altas para los tratamientos NP, NPS y Completo.

La Tabla 5 presenta las estimaciones de dos indicadores de eficiencia de uso de nutrientes: la productividad parcial del factor (PPF) y el balance parcial del nutriente (BPN). A modo de referencia, la PPF de trigo a nivel nacional se estima en 48 kg de grano por kg de N aplicado y de 174 kg de grano por kg de P aplicado para 2007/08 (García, 2009). Los BPN muestran valores inferiores a los promedios nacionales de 0.86 kg de N extraído por kg de N aplicado y 0.61 kg de P extraído por kg de P aplicado. Estos bajos valores de PPF y BPN se explican por las altas dosis de N y P aplicadas, y sugieren que las mismas podrían reducirse en las próximas campañas.

El rendimiento se relacionó estrechamente con número de granos por m<sup>2</sup> (R<sup>2</sup> = 0.96) y, en menor medida, con el peso de mil granos (R<sup>2</sup>=0.63) (Fig. 7). El rendimiento se relacionó, en menor medida, con el número de espigas por m<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0.44). Las respuestas en rendimiento a la fertilización se explican fundamentalmente por efectos sobre el número de granos por m<sup>2</sup> y, dentro de los componentes de este, por los efectos sobre el número de espigas por m<sup>2</sup> (Tabla 6).

La fertilización nitrogenada incremento la concentración de nitrato en jugo de base de tallos al macollaje en los cinco ensayos (Tabla 7). El índice de verdor (IV) mostro las deficiencias de N al macollaje y en antesis. Los menores valores observados en los tratamientos NP, respecto de NPS, en Balducci y Lambaré indicarían una deficiencia de S que no se verifico en diferencias de rendimiento entre ambos tratamientos.

### ***Relaciones entre las variables de suelo y planta y los rendimientos y las respuestas a la fertilización***

A continuación, se discuten algunas relaciones significativas entre las variables de suelo y planta, y las respuestas a los nutrientes. En todos los casos se evalúan las relaciones para las 8 campañas de información de trigo de la Red de Nutrición, incluyendo cinco sitios en el 2001/02 y 2003/04, seis sitios de la campaña 2002/03, nueve sitios en la campaña 2005/06, tres sitios en la campaña 2007/08, tres sitios 2008/09, dos sitios 2009/10 y cinco sitios 2011/12 (n=38).

Excluyendo los seis sitios de la campaña 2002/03, muy afectada por enfermedades y condiciones climáticas adversas, Santo Domingo 2005/06, muy afectado por heladas, y los sitios La Hansa y Lambaré 2008/09 y Balducci 2009/10 por efectos de la sequía, se estimó una relación significativa entre la disponibilidad de N a la siembra (N-nitrato en el suelo a la siembra, 0-60 cm de profundidad, + N fertilizante) y los rendimientos (Fig. 8). Si bien la variabilidad de la relación es alta, permitiría estimar necesidades de 130-140 kg ha<sup>-1</sup> de N (suelo + fertilizante) para alcanzar rendimientos de 4000 kg ha<sup>-1</sup>. En los sitios de menor rendimiento, excluidos de esta relación, disponibilidades de N a la siembra de 100 kg N ha<sup>-1</sup> permitirían alcanzar rendimientos de aproximadamente 2000-2200 kg ha<sup>-1</sup>.

La concentración de nitrato en jugo de base de tallos al macollaje se relacionó con los rendimientos, no obstante la misma no permitió definir modelos predictivos. Los rendimientos y la respuesta a N no se relacionan con el índice de verdor al macollaje o antesis (datos no mostrados).

Considerando los 38 sitios de las seis campañas, la relación entre el rendimiento relativo (rendimiento tratamiento NS/rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de P Bray (Fig. 9) indica que:

- el 90% de los 30 sitios con P Bray menor de 19 mg kg<sup>-1</sup> presentó rendimientos relativos menores del 90%,
- el 62% de los 8 sitios con P Bray superior a 19 mg kg<sup>-1</sup> presentó rendimientos relativos mayores del 90%.

Los rendimientos y las respuestas a S no se pudieron relacionar con la concentración de S-sulfato a 0-20 cm (datos no mostrados), o la disponibilidad a 0-60 cm (Fig. 10) En general, los niveles de S-sulfato en superficie (0-20 cm) a la siembra son muy bajos, menores de 10 mg kg<sup>-1</sup>, por lo que no se puede manejar un rango adecuado para explorar este tipo de relaciones. Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar metodologías alternativas basada en el análisis de planta o grano con el fin de poder diagnosticar la deficiencia de S en el cultivo de trigo.

### Conclusiones

1. Los análisis de suelos realizados en pre-siembra mostraron efectos residuales significativos de fertilizaciones de campañas anteriores para P Bray pero estos efectos solo se verificaron parcialmente para los contenidos de N-nitrato y S-sulfato.
2. Luego de once años, los niveles de rendimiento de los tratamientos Testigo muestran el agotamiento de las reservas de N, P y S de estos suelos, alcanzando solamente el 33% y 50% del rendimiento respecto de los tratamientos NPS en la rotación M-T/S (16 cultivos) y M-S-T/S (14 cultivos), respectivamente.
3. La buena disponibilidad de agua a la siembra y las precipitaciones de Octubre- Noviembre permitieron alcanzar altos rendimientos de trigo en San Alfredo, La Blanca, La Hansa y Lambaré.
4. En los todos los sitios se observaron respuestas significativas a N y P; en San Alfredo, La Blanca y La Hansa se registró respuesta significativa a S; y en La Hansa a otros

nutrientes. Las interacciones significativas fueron de NP en Balducci y Lambaré, y NPS en San Alfredo, La Blanca y La Hansa.

5. La eficiencia de uso de agua (EUA) se incrementó cuando se eliminaron las deficiencias de N, P y/o S, registrando 4.1-7.0 kg mm<sup>-1</sup> para el Testigo y 11.1-13.7 kg mm<sup>-1</sup> para el tratamiento NPS, promedio de todos los sitios.
6. Se obtuvieron relaciones significativas entre el rendimiento y la disponibilidad de N en suelo a la siembra (N suelo + N fertilizante). Disponibilidades de N a la siembra (suelo + fertilizante) de 130-140 kg ha<sup>-1</sup> permiten alcanzar rendimientos de 4000 kg ha<sup>-1</sup>.
7. Los sitios con niveles de P Bray menores de 18 mg kg<sup>-1</sup> presentan respuestas altamente probables a la aplicación de P, mientras que por arriba de 20 mg kg<sup>-1</sup> de P Bray, la probabilidad de respuesta disminuye marcadamente.
8. Las respuestas a la fertilización azufrada no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfato a la siembra, ya sea a 0-20 cm como a 0-60 cm de profundidad.

### **Agradecimientos**

- A todos los asesores, productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.
- A *Agroservicios Pampeanos (ASP)* por su continuo apoyo para la realización de esta Red.

### **Referencias**

- García F., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, I. Ciampitti, 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 diez años 2000-2009. AACREA. 64 pp. ISBN 978-987-1513-07-9.
- García F. 2009. Eficiencia de uso de nutrientes y mejores prácticas de manejo para la nutrición de cultivos. *En* F. García e I. Ciampitti (ed.). Simposio Fertilidad 2009: Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina: 9-18. ISBN 978-987-24977-1-2.

**Tabla 1.** Información de manejo y de sitio, lámina de agua en el suelo a la siembra y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Ensayos CREA Sur de Santa Fe, Trigo 2011/12.

<i>Establecimiento</i>	<i>Balducci</i>	<i>San Alfredo</i>	<i>La Blanca</i>	<i>La Hansa</i>	<i>Lambaré</i>
<b>CREA</b>	Teodelina	Santa Isabel	Gral. Baldissera	Amstrong – Montes de Oca	San Jorge – Las Rosas
<b>Serie Suelo</b>	Santa Isabel	Hughes	La Bélgica	Bustinza	Los Cardos
<b>Labranza</b>	----- SD -----				
<b>Años agricultura</b>	+ 60	15	6	+20	12
<b>Rotación</b>	M-T/S		----- M-S-T/S -----		
<b>Antecesor</b>	Maíz		----- Soja de primera -----		
<b>Variedad</b>	Don Mario Cronox		----- Sursem Nogal -----		
<b>Fecha de siembra</b>	29/06/11	30/06/11	03/06/11	15/06/2011	15/6/11
<b>Densidad lograda (pl m<sup>-2</sup>)</b>	284	266	270	268	264
<b>Distancia entre surcos (cm)</b>	21	19	21	21	21
<b>Fecha de Cosecha</b>	16/12/11	06/12/11	03/12/11	24/11/11	02/12/11
<b>Lámina de agua a la siembra (mm) (0-100 cm)</b>	240	343	244	347	356
<b><i>Precipitaciones registradas (mm)</i></b>					
<b>Abril</b>	68	95	98	143	46
<b>Mayo</b>	55	45	18	109	85
<b>Junio</b>	4	13	2	10	20
<b>Julio</b>	5	9	0	3	0
<b>Agosto</b>	0	3	9	0	27
<b>Septiembre</b>	10	15	7	17	24
<b>Octubre</b>	143	110	90	215	176
<b>Noviembre</b>	43	88	66	105	96
<b><i>Junio-Noviembre</i></b>	205	238	174	350	343

**Tabla 2.** Tratamientos establecidos en los cinco sitios experimentales. Región CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2011/12.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	Completo
<b>Fertilizante (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
FMA		195		195	195	195
Urea			220	180	180	180
Azufertil (19%)		110	110		110	110
Oxido de magnesio (36%)						40
Cloruro de potasio						50
B10						10
Zn 40						5
Cu25						8
<b>Fertilizante total (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>0</b>	<b>305</b>	<b>330</b>	<b>375</b>	<b>485</b>	<b>598</b>
<b>Nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
N		20	101	102	102	102
P		44	0	44	44	44
K						25
Mg						14
S		21	21		21	21
B						1
Zn						2
Cu						2
Cl						23

**Tabla 3.** Análisis de suelo previos a la siembra del trigo, para las rotaciones M-T/S (Balducci y San Alfredo) y M-S-T/S (La Blanca, La Hansa y Lambaré). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2011/12. Promedios de tres repeticiones.

Ensayo	Tratamiento	P	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	S-SO <sub>4</sub>	Nmin
		ppm	ppm	kg ha <sup>-1</sup>	ppm	kg ha <sup>-1</sup>	ppm
		0-20 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20/20-40 cm
Balducci	PS		8	35			32/13
	NS	7					
	NP				5	52	
	NPS	38	10	55	6	52	28/17
San Alfredo	PS		15	58			53/21
	NS	5					
	NP				6	45	
	NPS	47	13	58	6	45	51/30
La Blanca	PS		9	49			46/23
	NS	11					
	NP				4	31	
	NPS	32	10	52	6	44	31/20
La Hansa	PS		9	51			47/28
	NS	13					
	NP				9	51	
	NPS	54	10	57	7	50	53/37
Lambaré	PS		13	65			49/26
	NS	33					
	NP				6	43	
	NPS	73	13	69	8	55	52/32

**Tabla 4.** Rendimientos de trigo para los seis tratamientos evaluados y respuestas a diferentes combinaciones de N, P, S y otros nutrientes en los cinco ensayos. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.

Tratamiento	M-T/S			M-S-T/S			
	Balducchi	San Alfredo	Promedio	La Blanca	La Hansa	Lambaré	Promedio
<i>Rendimientos (kg ha<sup>-1</sup>)</i>							
Testigo	1395 c	1817 d	1606	1980 c	2451 d	2406 d	2279
PS	2262 b	3160 c	2711	3270 b	3789 c	3659 c	3573
NS	1858 bc	3497 c	2677	3148 b	3807 c	4228 b	3728
NP	<b>3432 a</b>	5167 b	4299	3473 b	4135 c	<b>5193 a</b>	4267
NPS	<b>3870 a</b>	<b>5834 a</b>	4852	<b>3878 a</b>	4538 b	<b>5136 a</b>	4517
Completo	<b>3844 a</b>	<b>6038 a</b>	4941	<b>3903 a</b>	<b>4945 a</b>	<b>5222 a</b>	4690
DMS (5%)	614	526	-	375	349	435	-
<i>Respuestas (kg ha<sup>-1</sup>)</i>							
Nutrientes							
N	1608	2674	2141	608	749	1478	945
P	2012	2337	2174	730	731	908	790
S	438	667	552	405	403	-57	251
PS	867	1343	1105	1290	1337	1252	1293
NS	464	1680	1072	1168	1355	1822	1448
NP	2037	3350	2694	1493	1683	2787	1988
NPS	2475	4017	3246	1898	2087	2730	2238
Otros ##	-26	204	89	25	407	86	172

# Rendimientos seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%.

## Otros incluye K, Mg y Zn.

**Tabla 5.** Estimaciones de indicadores de eficiencia de uso de nutrientes (N, P y S) para los tratamientos de fertilización en los cinco sitios. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.

Ensayo	Tratamiento	Productividad parcial del factor (PPF)			Balance parcial de nutrientes (BPN) <sup>#</sup>		
		N	P	S	N	P	S
		kg trigo kg nutriente aplicado <sup>-1</sup>			kg extraído kg aplicado <sup>-1</sup>		
Balducci	PS	-	51	108			
	NS	18	-	88	-	0.18	0.16
	NP	34	78	-	0.33	-	0.13
	NPS	38	88	184	0.61	0.27	-
	Completo	38	87	183	0.69	0.31	0.28
San Alfredo	PS	-	72	150	0.68	0.31	0.28
	NS	35	-	167	-	0.25	0.23
	NP	51	117	-	0.62	-	0.25
	NPS	57	133	278	0.92	0.41	-
	Completo	59	137	288	1.04	0.47	0.42
La Blanca	PS	-	74	156	1.07	0.48	0.43
	NS	31	-	150	-	0.26	0.24
	NP	34	79	-	0.58	-	0.23
	NPS	38	88	185	0.56	0.28	-
	Completo	38	89	186	0.62	0.31	0.28
La Hansa	PS	-	86	180	0.69	0.31	0.28
	NS	38	-	181	-	0.30	0.27
	NP	34	79	-	0.68	-	0.27
	NPS	38	88	185	0.73	0.33	-
	Completo	38	89	186	0.81	0.36	0.33
Lambaré	PS	-	83	174	0.88	0.40	0.36
	NS	42	-	201	-	0.29	0.26
	NP	51	118	-	0.75	-	0.30
	NPS	50	117	245	0.92	0.42	-
	Completo	51	119	249	0.91	0.41	0.37

<sup>#</sup> Para la estimación del balance de nutrientes se consideraron concentraciones de N, P y S en grano de 1.81%, 0.35%, y 0.15%, respectivamente.

**Tabla 6.** Componentes de rendimiento de trigo (Espigas por m<sup>2</sup>, Granos por espiga, Granos por m<sup>2</sup> y Peso mil granos) para los seis tratamientos evaluados en los cinco ensayos. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 20011/12.

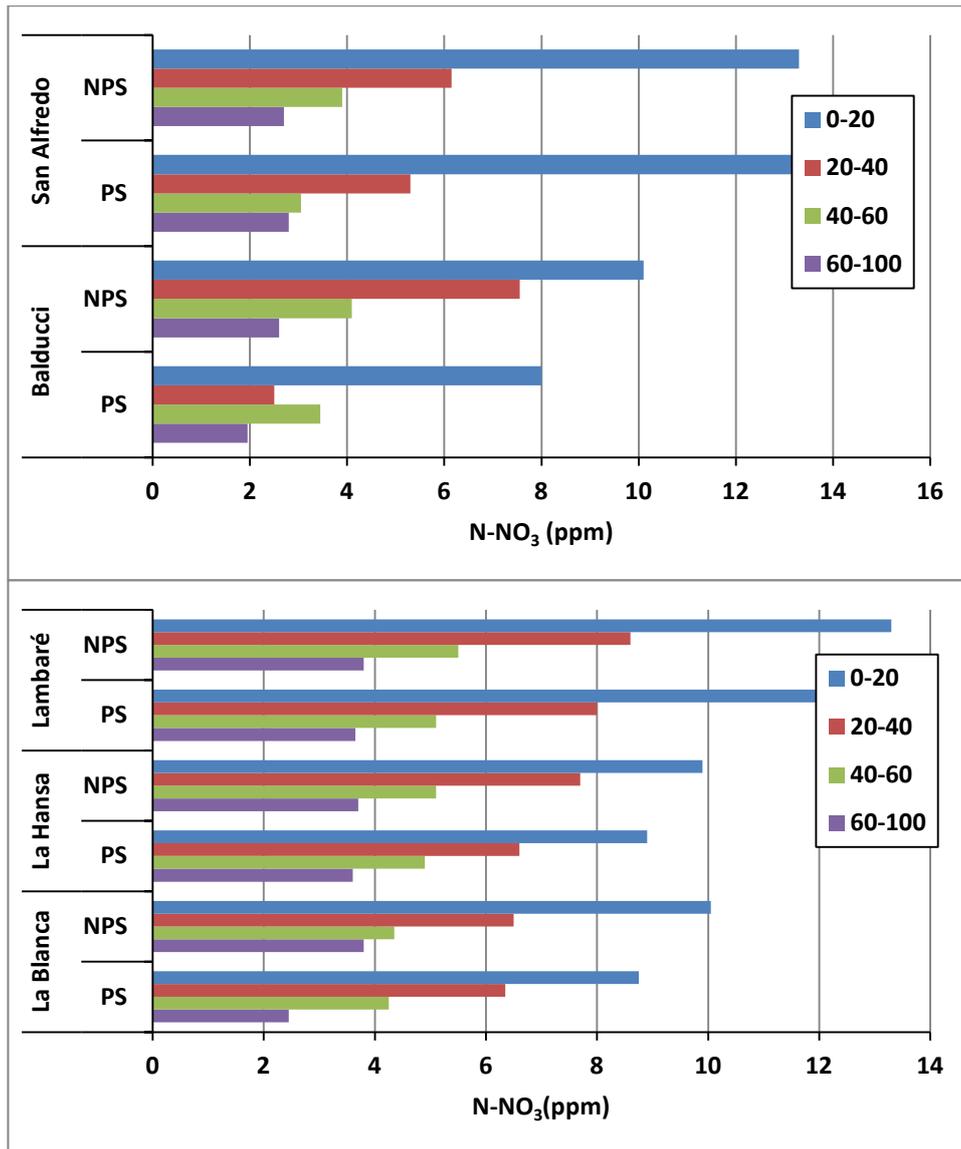
Ensayo	Tratamiento	Espigas m <sup>-2</sup>	Granos Espiga <sup>-1</sup>	Granos m <sup>-2</sup>	Peso mil granos (g)
<b>M-T/S</b>					
<b>Balducci</b>	Testigo	256 d	22.7 ab	5288 c	26 d
	PS	482 b	16.3 bc	7873 b	29 c
	NS	406 c	16.0 c	6572 b	28 c
	NP	475 b	22.3 a	10724 a	32 b
	NPS	510 a	22.7 a	11504 a	33 a
	Completo	510 a	22.7 a	11545 a	34 a
<b>San Alfredo</b>	Testigo	266 d	23.5 b	6266 c	29 d
	PS	501 b	19.5 b	9719 b	33 bc
	NS	389 c	29.5 a	11308 b	31 cd
	NP	520 a	30.0 a	15658 a	33 abc
	NPS	527 a	32.5 a	16906 a	35 ab
	Completo	519 a	33.0 a	17011 a	36 a
----- DMS (5%) -----					
<i>Balducci</i>	-	8	4.9	2106	0.9
<i>San Alfredo</i>	-	12	5.3	1750	2.7
<b>M-S-T/S</b>					
<b>La Blanca</b>	Testigo	265 d	28.0 bc	7427 c	27 d
	PS	255 e	41.0 a	10439 ab	31 c
	NS	324 c	30.7 b	10048 b	31 c
	NP	424 b	25.0 d	10630 ab	33 bc
	NPS	433 a	26.0 cd	11298 a	34 ab
	Completo	426 ab	26.7 cd	11261 a	35 a
<b>La Hansa</b>	Testigo	271 e	32.0 b	8655 c	28 d
	PS	296 d	42.0 a	12490 b	30 c
	NS	448 c	27.7 c	12436 b	31 c
	NP	479 b	26.0 cd	12660 b	33 b
	NPS	531 a	24.7 d	13095 ab	35 a
	Completo	522 a	27.7 c	14268 a	35 a
<b>Lambaré</b>	Testigo	261 d	33.3 bc	8683 d	28 d
	PS	296 c	42.7 a	12613 c	29 cd
	NS	449 b	32.0 bc	14260 b	30 c
	NP	457 ab	35.3 b	16232 a	32 b
	NPS	463 a	33.0 bc	15263 ab	34 ab
	Completo	465 a	31.7 c	14791 b	35 a
----- DMS (5%) -----					
<i>La Blanca</i>	-	8	2.9	1106	1.8
<i>La Hansa</i>	-	15	2.3	1222	1.6
<i>Lambaré</i>	-	8	3.6	1435	1.7

# Valores seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%.

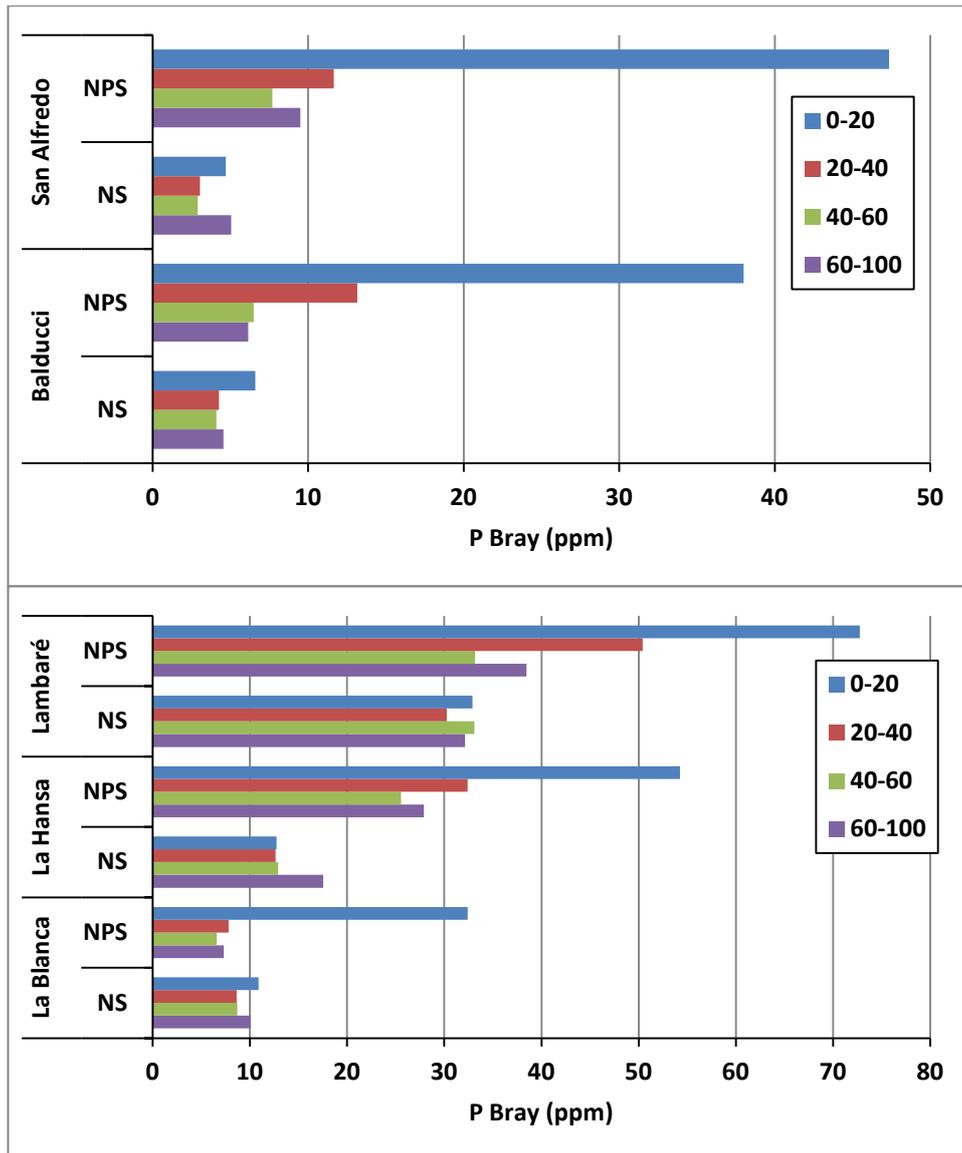
**Tabla 7.** Valores y resultados del análisis estadístico, como valores de DMS al 5% de probabilidad, de nitrato en jugo base de tallos (macollaje), SPAD de última hoja expandida en macollaje y SPAD en hoja bandera en antesis. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 20011/12.

Ensayo	Tratamiento	Nitrato JBT (ppm)	SPAD Macollaje	SPAD Antesis
<b>M-T/S</b>				
<b>Balducci</b>	PS	427 b	43 c	39 c
	NS		46 ab	43 ab
	NP		44 bc	42 b
	NPS	1343 a	48 a	44 a
<b>San Alfredo</b>	PS	420	43 c	39 b
	NS		49 a	44 a
	NP		49 a	42 ab
	NPS	1530	44 b	44 a
----- DMS (5%) -----				
Balducci		108	2.5	1.7
San Alfredo		155	0.5	3.7
<b>M-S-T/S</b>				
<b>La Blanca</b>	PS	553 b	43 c	41 c
	NS		49 a	47 a
	NP		44 b	44 b
	NPS	1660 a	49 a	46 a
<b>La Hansa</b>	PS	193 b	36 c	35 b
	NS		42 a	40 a
	NP		40 b	40 a
	NPS	820 a	40 b	41 a
<b>Lambaré</b>	PS	173 b	34 d	33 c
	NS		43 b	43 a
	NP		41 c	41 b
	NPS	1073 a	44 a	43 a
----- DMS (5%) -----				
La Blanca		145	0.4	2
La Hansa		117	0.5	2.1
Lambaré		139	0.5	1.3

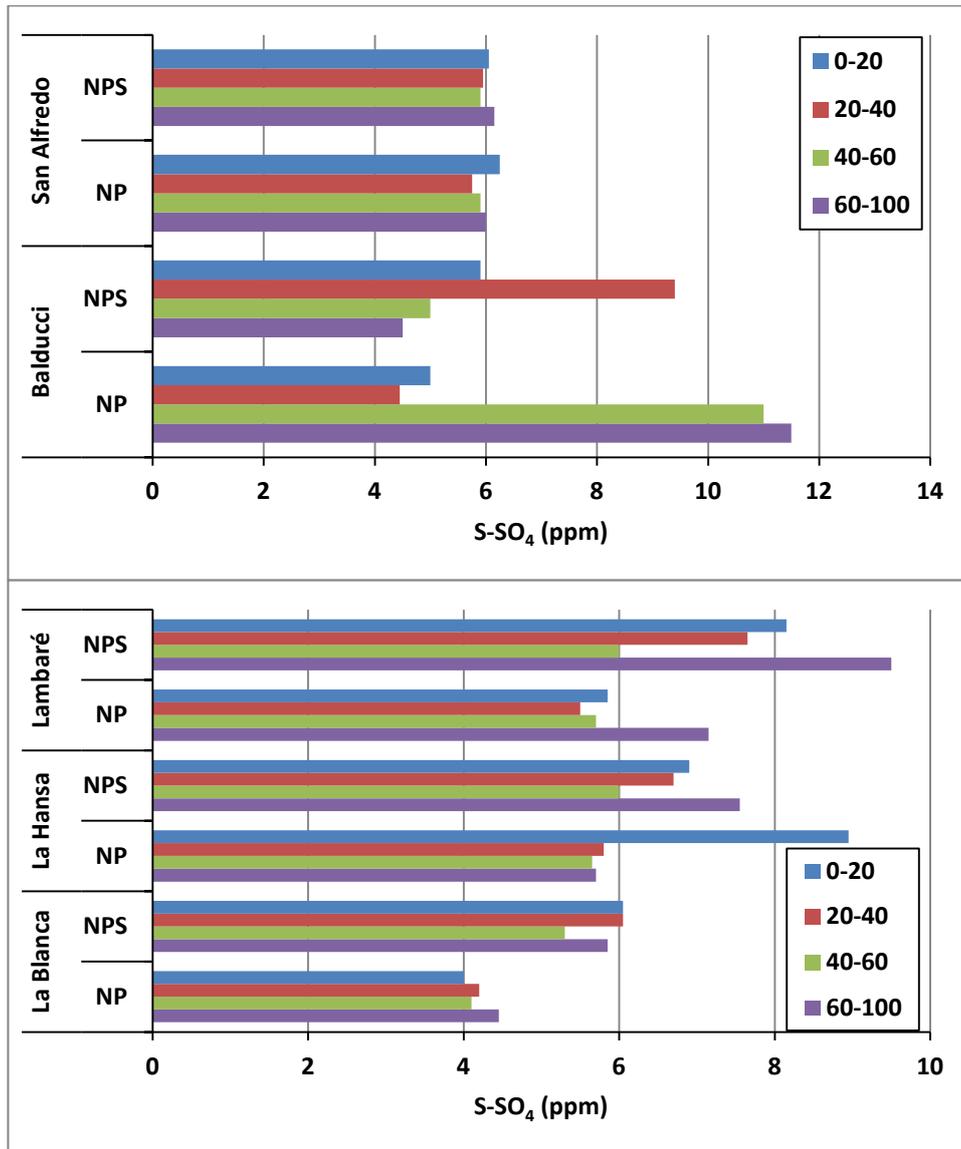
# Valores seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%.



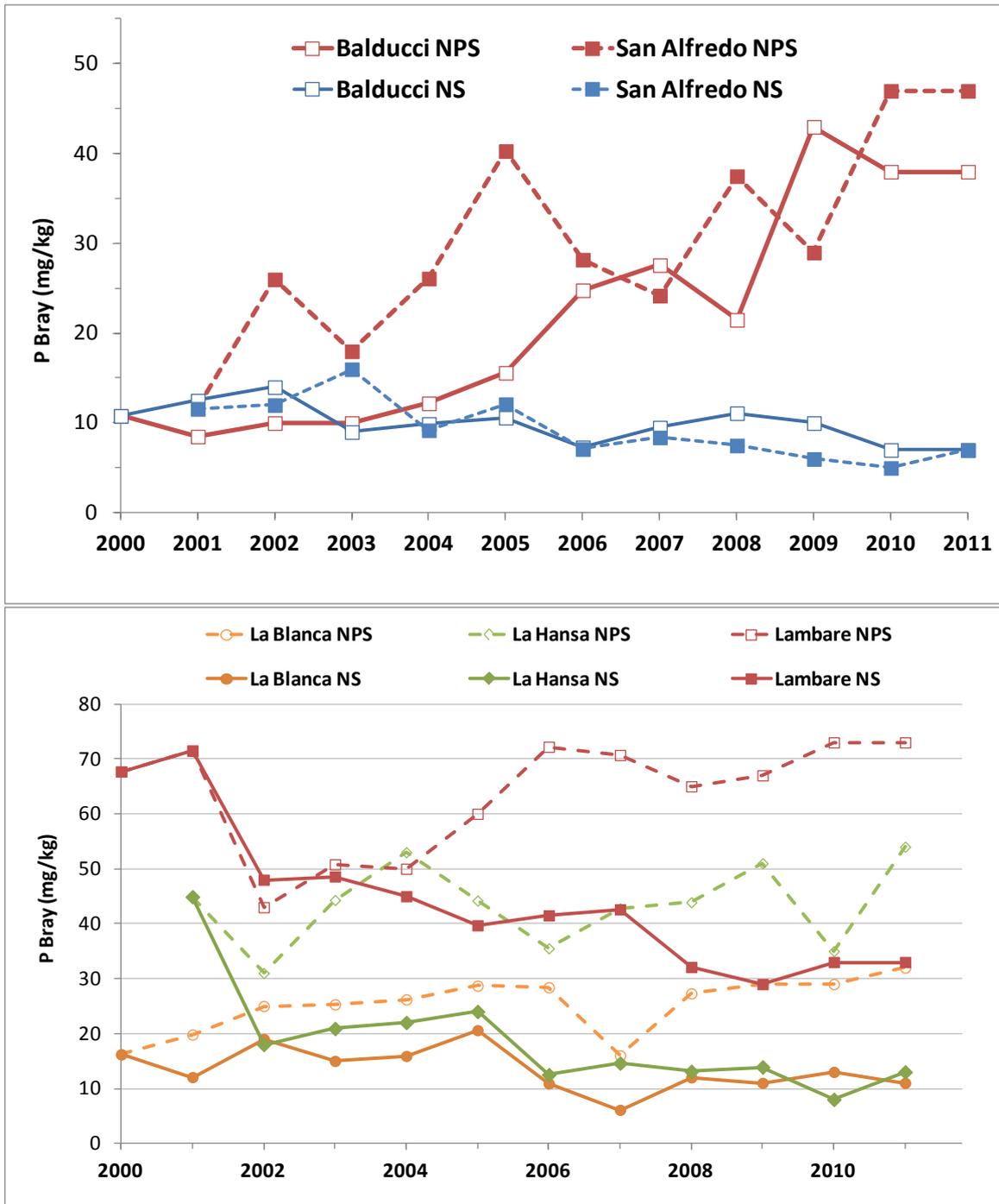
**Fig. 1a.** Distribución de la concentración de N de nitrato (N-NO<sub>3</sub>) a 0-100 cm en el muestreo de pre-siembra para tratamientos selectos. Rotaciones M-T/S (Balducci y San Alfredo), y M-S-T/S (La Blanca, La Hansa, y Lambaré). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.



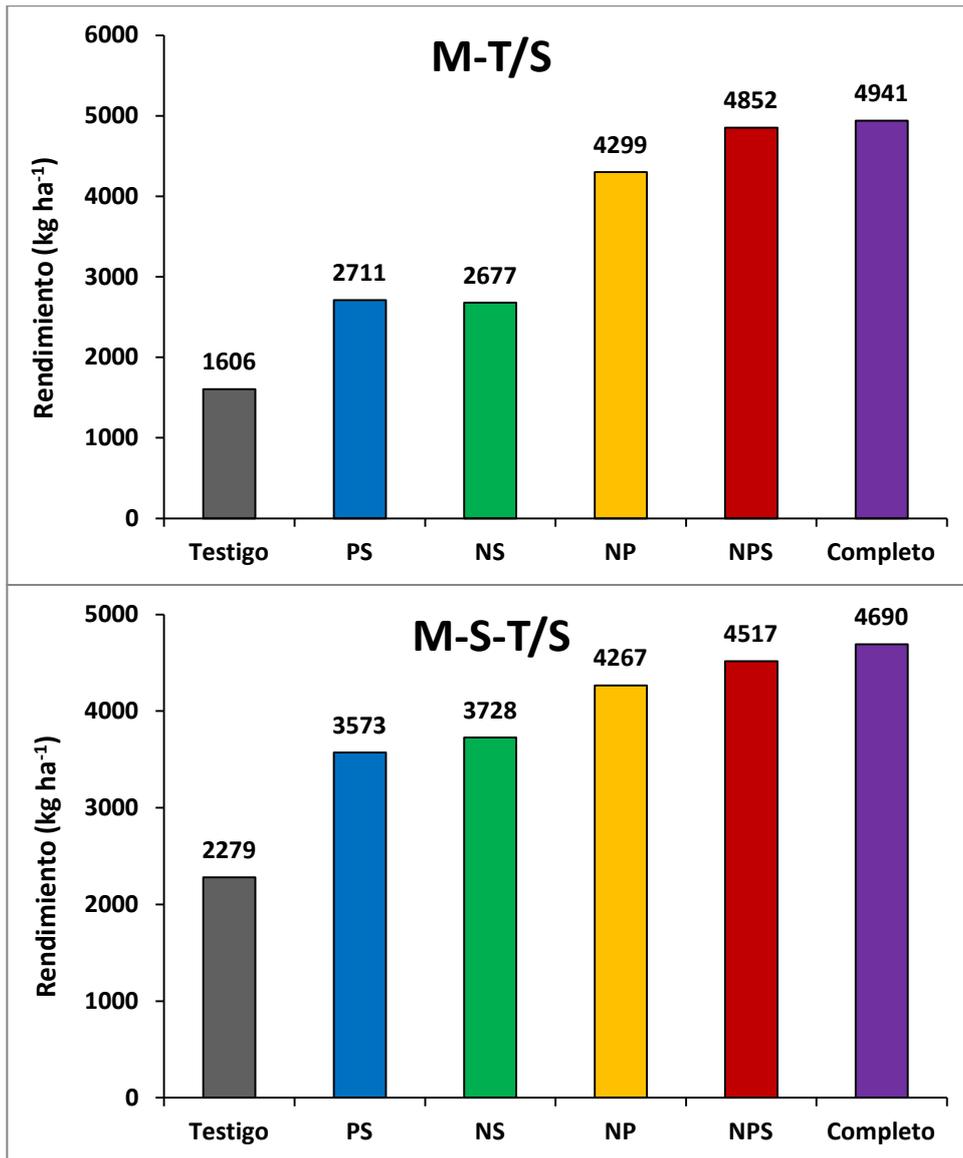
**Fig. 1b.** Distribución de la concentración de P Bray a 0-100 cm en el muestreo de pre-siembra para tratamientos selectos. Rotaciones M-T/S (Balducci y San Alfredo), y M-S-T/S (La Blanca, La Hansa, y Lambaré). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.



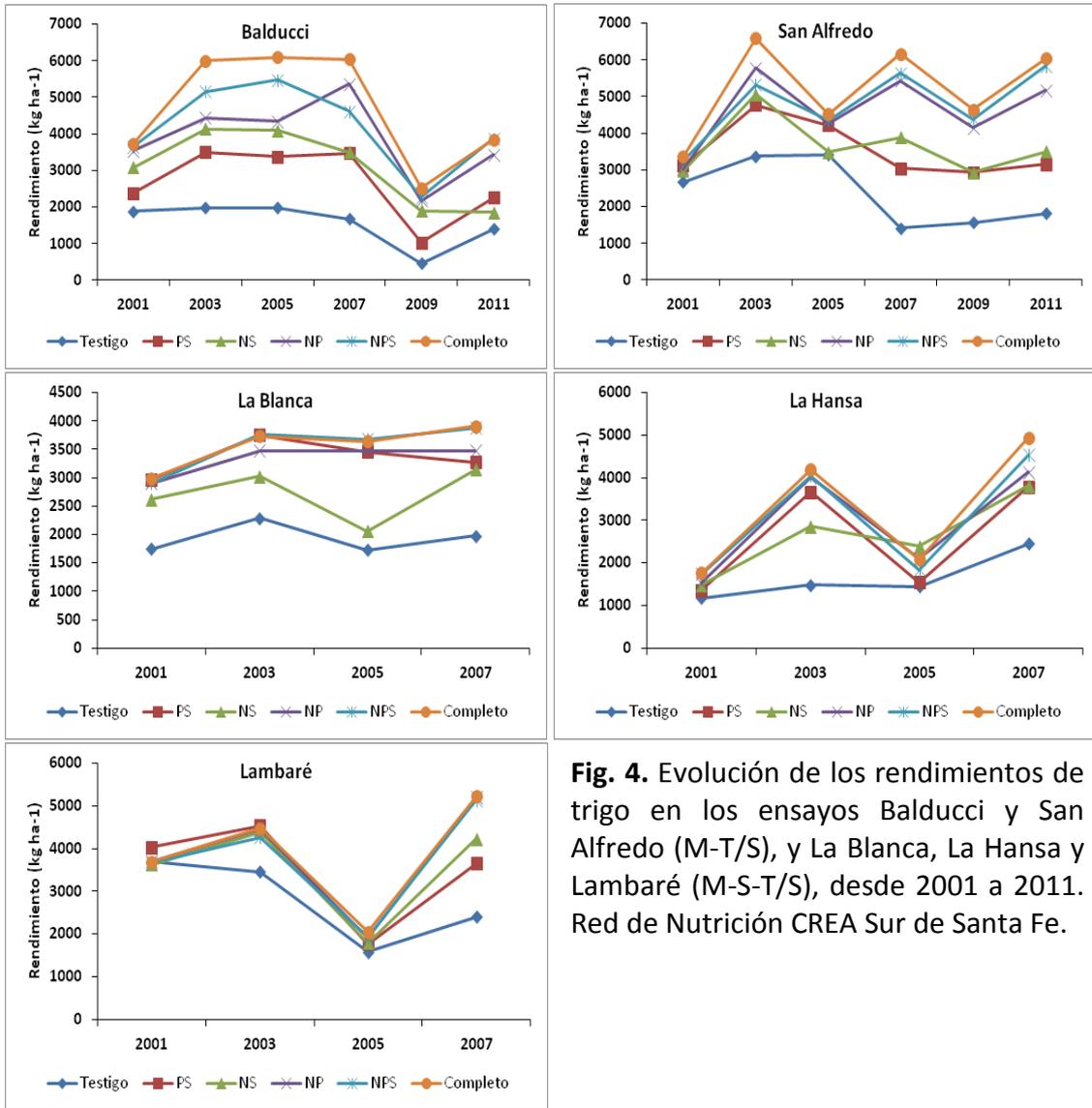
**Fig. 1c.** Distribución de la concentración de S de sulfato ( $S-SO_4$ ) a 0-100 cm en el muestreo de pre-siembra para tratamientos selectos. Rotaciones M-T/S (Balducci y San Alfredo), y M-S-T/S (La Blanca, La Hansa, y Lambaré). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.



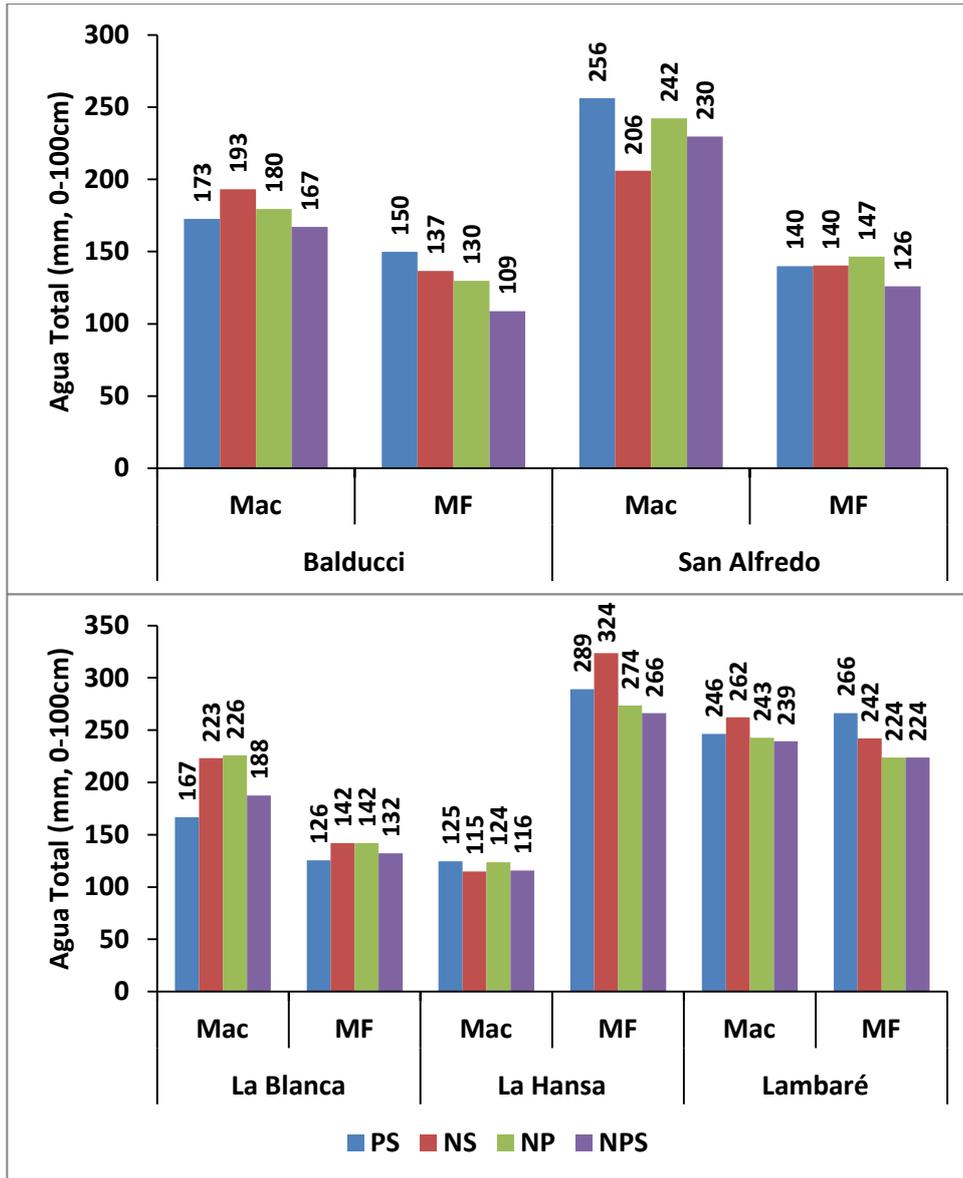
**Fig. 2.** Evolución de P Bray (0-20 cm) desde el establecimiento de los ensayos en la rotación M-S-T/S (figura superior) y la rotación M-T/S (figura inferior), en los tratamientos NS y NPS. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2000 a 2011.



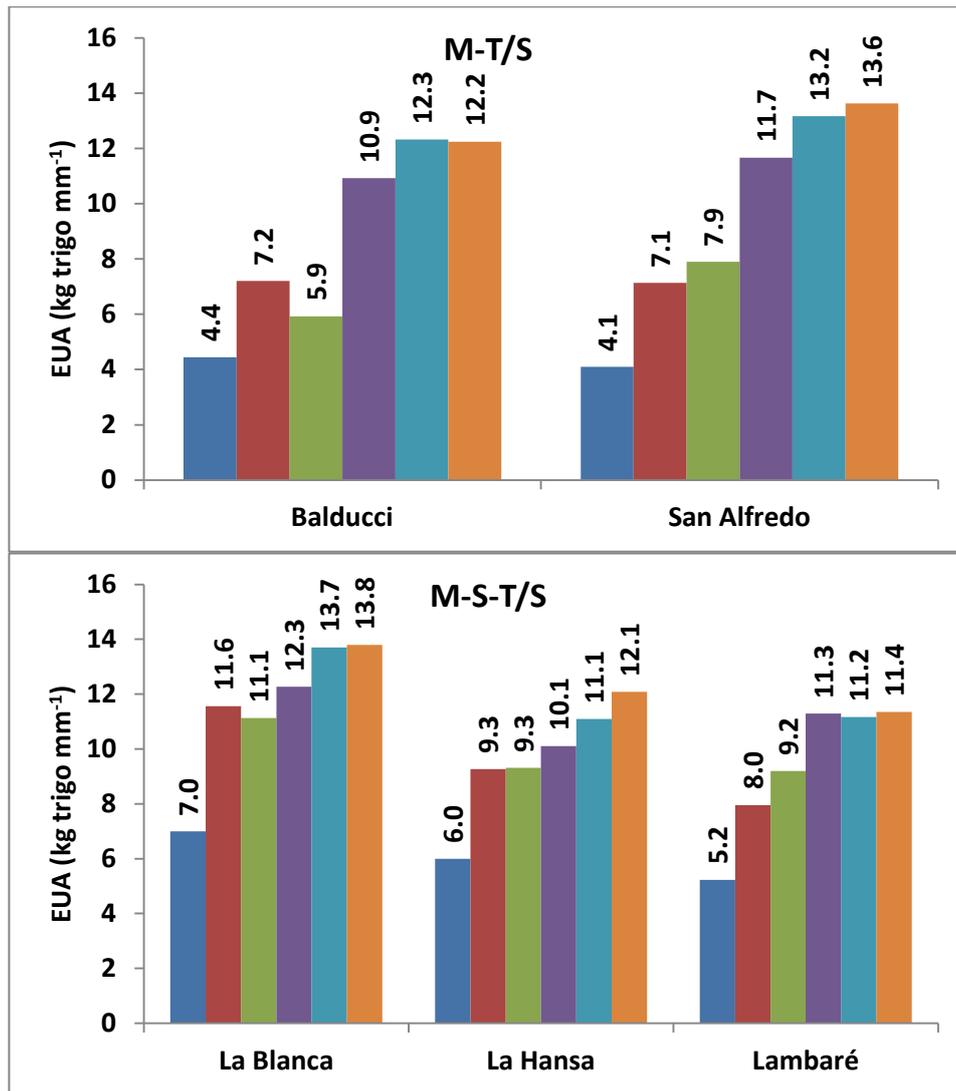
**Fig. 3.** Rendimientos promedios de trigo para los seis tratamientos en las dos rotaciones evaluadas: M-T/S (Balducci y San Alfredo), y M-S-T/S (La Blanca, La Hansa y Lambaré). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.



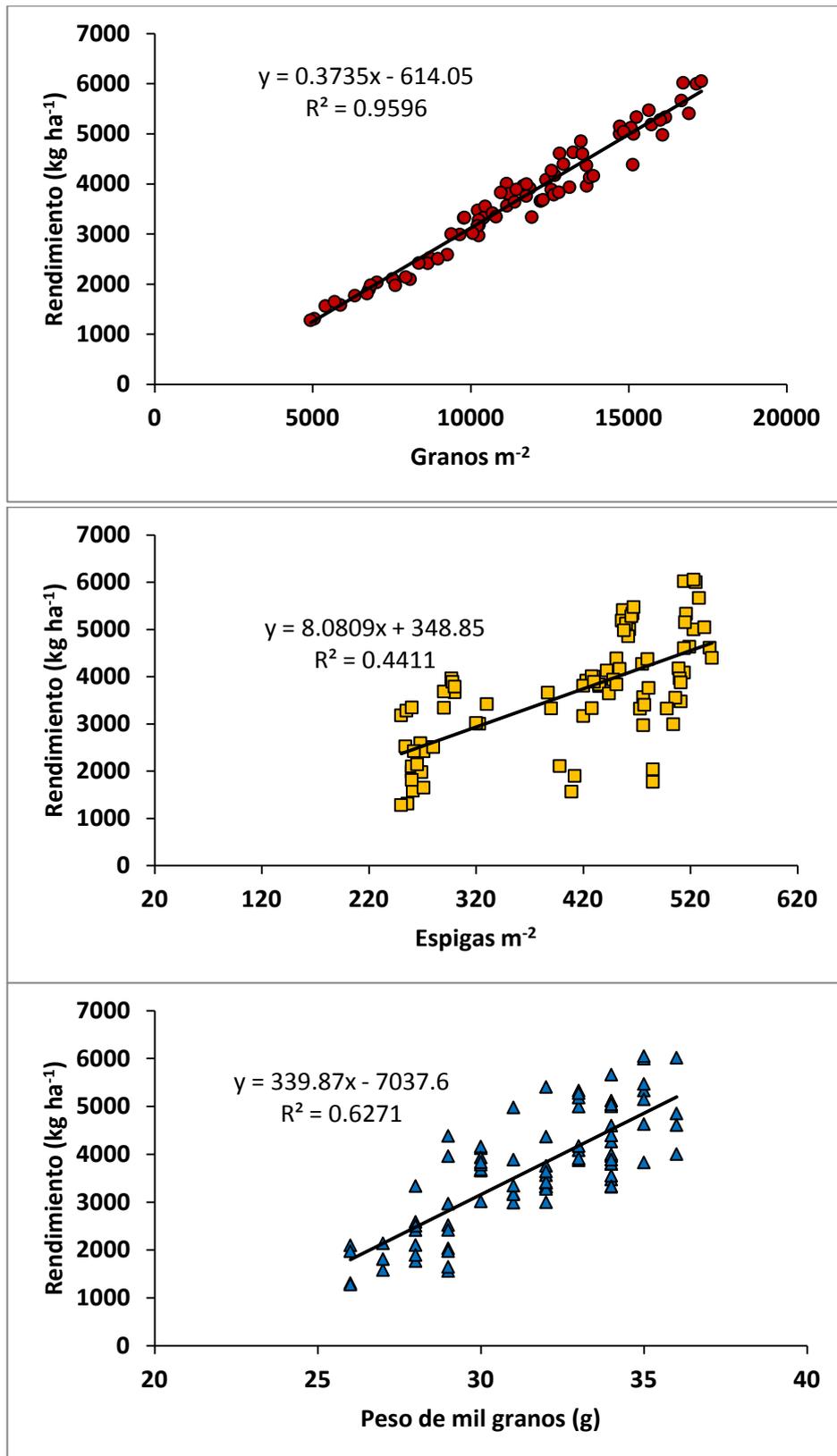
**Fig. 4.** Evolución de los rendimientos de trigo en los ensayos Balducci y San Alfredo (M-T/S), y La Blanca, La Hansa y Lambaré (M-S-T/S), desde 2001 a 2011. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.



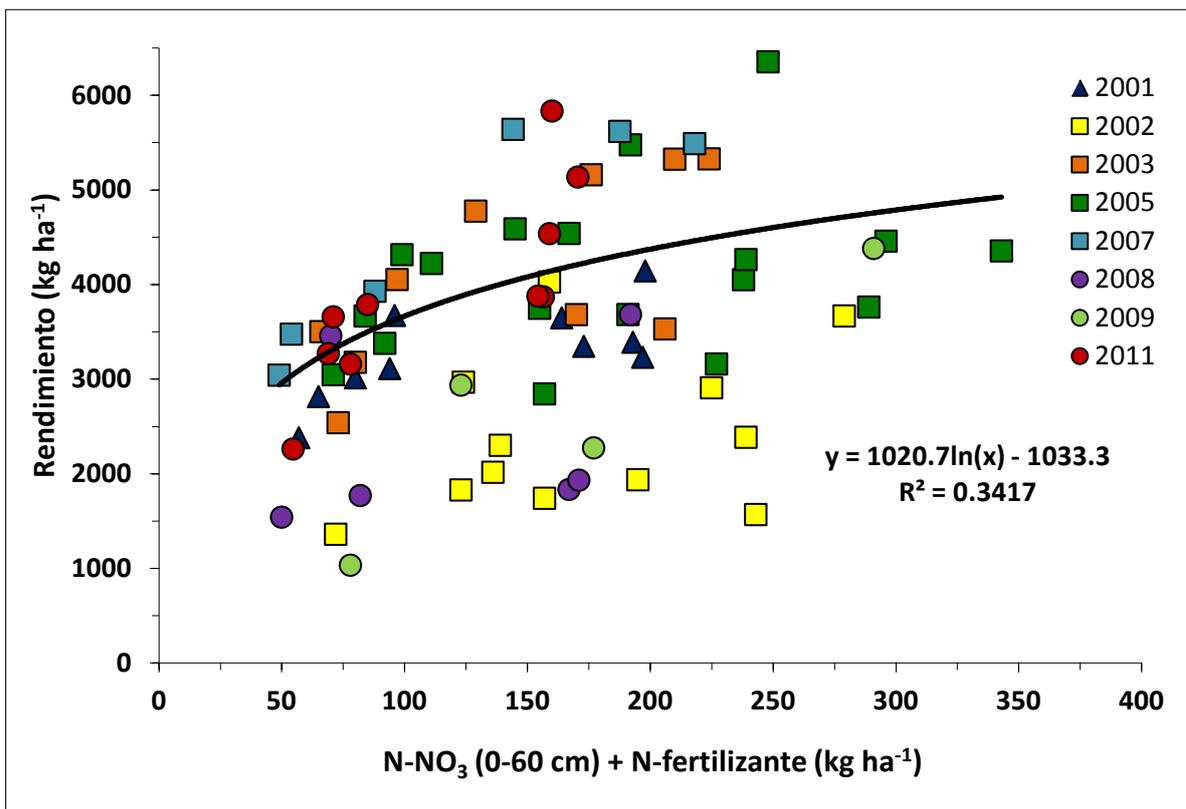
**Fig. 5.** Agua total, en mm, hasta el metro de profundidad en macollaje y madurez fisiológica para los tratamientos PS, NS, NP y NPS, en los ensayos bajo rotación M-T/S (arriba) y M-S-T/S (abajo). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.



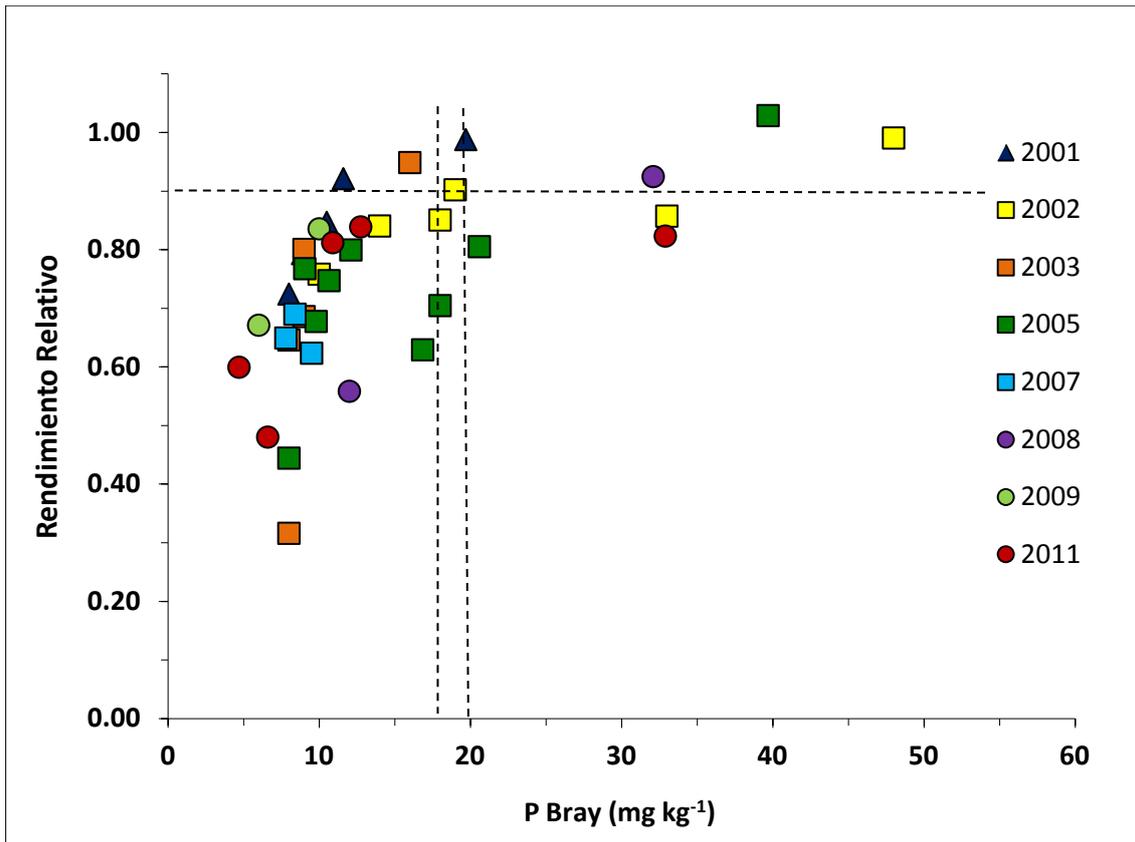
**Fig. 6.** Eficiencia de uso del agua (EUA) en trigo, calculada como cociente entre el rendimiento de trigo y la suma de las precipitaciones durante el ciclo más la diferencia entre agua total a la siembra y madurez fisiológica, para los sitios bajo rotacion M-T/S y rotacion M-S-T/S. Red de Nutricion CREA Sur de Santa Fe, 2011/12.



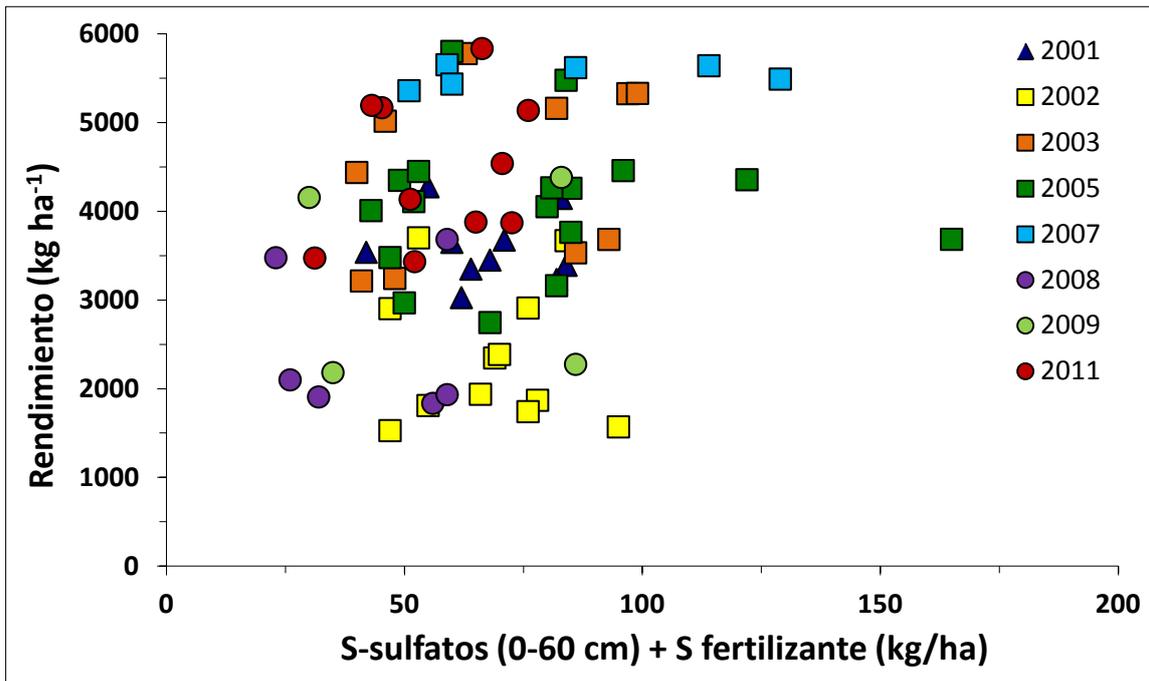
**Fig. 7.** Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m<sup>2</sup> (arriba), el número de espigas por m<sup>2</sup> (medio) y el peso de mil granos (abajo). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, Trigo 2011/12.



**Fig. 8.** Rendimiento de trigo en función de la disponibilidad de N-nitrato en pre-siembra (0-60 cm) + N aplicado como fertilizante. El ajuste de la ecuación exponencial no incluye los datos de la campaña 2002/03, Santo Domingo en 2005/06, y La Hansa y Lambaré en 2008/09 y Balducci en 2009/10. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10 y 2011/12.



**Fig. 9.** Rendimiento relativo de trigo (rendimiento NS/Rendimiento NPS) en función del nivel de P Bray (0-20 cm) a la siembra. La línea horizontal indica rendimiento relativo del 90% y las verticales la concentración de P Bray de 18 y 20 mg/kg. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, y 2011/12.



**Fig. 10.** Rendimiento de trigo en función de la disponibilidad de S-sulfato en pre-siembra (0-60 cm) + S aplicado como fertilizante. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, y 2011/12.