

Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe

Resultados de la Campaña 2014/15: Trigo

Preparado por:

*Miguel Boxler (Coordinador Ensayos), Fernando O. García (IPNI Cono Sur),
Adrián A. Correndo (IPNI Cono Sur), Santiago Gallo (Coordinador Zonal),
Ricardo Pozzi (Asesor CREA San Jorge-Las Rosas), Matías Salinas
(Agroservicios Pampeanos), Nahuel Reussi Calvo y Angel Berardo (Laboratorio
Fertilab)*

En la campaña 2014/15, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con la colaboración de IPNI Cono Sur y el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), continuó 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 tres ensayos de trigo 2014/15 bajo rotación maíz-soja-trigo/soja. Los objetivos específicos para esta campaña fueron:

1. Evaluar la respuesta a la fertilización nitrogenada (directa y residual) y los siguientes métodos de diagnóstico: 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. Evaluar la respuesta a la fertilización fosfatada (directa y residual) y el análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
3. Evaluar la respuesta a la fertilización azufrada (directa y residual) y el análisis de S-sulfato en pre-siembra como método de diagnóstico.
4. Evaluar los rendimientos sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.

5. Evaluar parámetros de suelo: $P_{\text{Bray-1}}$, 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 tres 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 la provincia de Santa Fe, en la campaña 2000/01 (**Tabla 1**). Desde 2000/01, la rotación establecida en los tres sitios es maíz - soja de primera - trigo/soja de segunda (M-Sj-T/Sj). Los seis tratamientos establecidos son similares en los tres sitios y se disponen en un diseño en bloques completos con tres repeticiones. Los mismos se repiten anualmente siempre sobre las mismas parcelas. La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados a la siembra del trigo en la campaña 2014/15 se indican en la **Tabla 2**. 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: $P_{\text{Bray-1}}$, N-nitrato y S-sulfato a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm de profundidad, y N mineralizable como N-amonio producido por incubación anaeróbica en 7 días (Nan) a 0-20 y 20-40 cm. Se tomaron veinte “piques” por muestra superficial y 10 “piques” por muestra subsuperficial.

Se determinó el contenido de agua útil del suelo, de ser posible a 0-100 cm de profundidad, a la siembra, macollaje 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 anthesis.

En madurez fisiológica se determinó el número de espigas por m^2 . 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^2 . En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (información no presentada).

A partir de la información de rendimientos se analizaron respuestas a la fertilización y se realizaron estimaciones de eficiencia de uso de recursos para los diferentes tratamientos. 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).

Como indicadores de eficiencia de uso de nutrientes se realizaron estimaciones de la productividad parcial del factor (PPF, kg de grano producido por kg de nutriente aplicado) y el balance parcial del nutriente (BPN kg de nutriente exportado por kg de nutriente aplicado).

El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) y/o regresión, según corresponda, mediante el paquete estadístico Infostat v2013.

RESULTADOS

Análisis de suelos

Los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra se muestran en la **Tabla 3** y la **Fig. 1**. Se observaron efectos residuales de fertilizaciones fosfatadas anteriores en los tres sitios sobre el nivel de $P_{\text{Bray-1}}$, principalmente en el estrato superficial (0-20 cm). Para N-nitrato y S-sulfato no se observó residualidad, excepto para éste último en La Hansa y Lambaré.

En esta campaña (2014/15), el nivel de disponibilidad de N-nitrato en pre-siembra (0-60 cm) se ubicó por debajo de los niveles críticos para trigo en la región tanto en los tratamientos PS como en los NPS, en los tres sitios (**Tabla 3**). Por otra parte, no se observó efecto de tratamiento con N sobre el Nan. Sin embargo, se registraron niveles menores en La Blanca respecto de La Hansa y Lambaré tanto en 0-20 como en 20-40 cm de profundidad (**Tabla 3**). Esta diferencia puede asociarse parcialmente a que La Blanca posee una textura más gruesa que los otros dos sitios.

En el caso de $P_{\text{Bray-1}}$, en todos los sitios la residualidad se observa principalmente en superficie, con diferencias (NPS vs NS) de +502%, +230%, +70% y +37% en Balducchi; de +333%, -48%, +124% y +146% en La Hansa; y de +191%, +72%, +13% y -13% en Lambaré para los estratos 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm, respectivamente. En cuanto a la evolución de P en el suelo, el $P_{\text{Bray-1}}$ (0-20 cm) en el tratamiento NPS aumentó a lo largo de los 15 campañas (**Fig. 2**), principalmente en La Blanca mientras que en La Hansa y Lambaré (con niveles iniciales más altos de P) el $P_{\text{Bray-1}}$ se mantuvo o incrementó levemente. En contraste, en el tratamiento NS, el $P_{\text{Bray-1}}$ disminuyó más pronunciadamente en La Hansa y Lambaré. En esta campaña (2014/15), los niveles de $P_{\text{Bray-1}}$ de los tratamientos NS fueron menores que los considerados críticos para trigo en La Blanca y La Hansa, mientras que en los tratamientos NS en Lambaré y NPS en los tres sitios, los niveles de $P_{\text{Bray-1}}$ superaron a los considerados críticos.

Las diferencias en $P_{\text{Bray-1}}$ 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 diferencial de P del perfil de suelo para ambos tratamientos. 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 $P_{\text{Bray-1}}$ en los suelos, y demuestran la posibilidad de manejar estrategias de fertilización de subir y mantener el $P_{\text{Bray-1}}$ 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. Este efecto probablemente se deba a la movilización de P por las raíces de las plantas a través de los años de ensayos.

Para S-sulfato, la residualidad se observó principalmente en el sitio La Hansa, con diferencias a favor del tratamiento con aplicación de S (NPS vs NP) de +26%, +36%, +25% y +22% para los estratos 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm, respectivamente. En todos los sitios, los niveles de S-sulfato (0-20 cm) se ubicaron por debajo de los 10 mg kg^{-1} , umbral crítico mencionado en la literatura, en los tratamientos NP y NPS en ambos sitios.

Rendimiento y respuesta a la fertilización

En términos climáticos, la campaña se destacó por comenzar en todos los sitios con muy buena reserva de agua en el suelo a la siembra (todos los sitios en capacidad de campo). Las precipitaciones fueron escasas a nulas durante las etapas iniciales del cultivo (Junio-Septiembre), pero hacia las etapas críticas de definición de rendimiento se registraron buenos niveles y adecuada distribución de las precipitaciones (**Tabla 1**). Esto permitió alcanzar altos rendimientos de trigo en todos los sitios. Los contenidos de agua útil en el suelo a hasta 100 cm en macollaje y madurez fisiológica se muestran en la **Fig. 3**.

En La Blanca se alcanzaron los mejores rendimientos de trigo de la rotación, especialmente con los tratamientos NPS y Completo superiores a los 5000 kg ha^{-1} (**Tabla 4, Fig. 4**). En La Hansa también se alcanzaron, con los mismos tratamientos (4355 y 4409 kg ha^{-1}), rendimientos muy similares a los más altos alcanzados en el sitio en la campaña 2011/12. En Lambaré, el tratamiento Completo registró el rendimiento de trigo más alto durante la rotación (5441 kg ha^{-1}).

En La Hansa se registraron respuestas significativas a N y P, mientras que en La Blanca y Lambaré se observaron respuestas significativas a N, P y S; y en Lambaré también se registró respuesta a otros nutrientes (**Tabla 4**). Estas respuestas directas y residuales, en general se explican por los bajos niveles de N-nitrato (La Blanca), P-Bray (La Blanca y La Hansa) y S-sulfato (en todos los sitios), en los tratamientos sin aplicación de los mismos. En todos los sitios, la respuesta a los tres nutrientes (NPS vs Testigo) superó ampliamente a las respuestas individuales y dobles combinaciones de N, P y S.

Las eficiencias de uso de agua (EUA) fueron más altas que otras campañas, dada la baja cantidad pero buena distribución de las lluvias, y variaron entre 9 - 11.4 y 21.2 - $22.4 \text{ kg trigo ha}^{-1} \text{ mm consumido}^{-1}$, para los tratamientos Testigo y Completo, respectivamente (**Fig. 5**). En todos los sitios las

eficiencias más altas se registraron en los tratamientos NPS y Completo. La menores diferencias entre tratamientos se registraron en La Hansa, donde PS, NS y NP fueron superiores al Testigo pero menores respecto de NPS y Completo que no se diferenciaron entre sí.

Respecto a la eficiencia de uso de los nutrientes, a modo de referencia, en la **Tabla 5** se presenta la productividad parcial y el balance parcial de N (PPN y BPN, respectivamente). La PPN de trigo a nivel nacional se ha estimado en 48 kg de grano por kg de N aplicado (García, 2009), registrándose niveles similares y algo menores a las estimaciones promedio mencionadas. Las mejores PPN se registraron para los tratamientos NPS y Completo, indicando la interacción positiva entre nutrientes. Respecto de los balances parciales de N (BPN), estos muestran valores similares e inferiores a la media nacional (0.86 kg de N extraído por kg de N aplicado), excepto los tratamientos NPS y Completo en La Blanca y Lambaré que presentaron valores de 0.9 a 1 kg de N extraído por kg de N aplicado. Solo en estos últimos tratamientos y sitios se estará cerca de un balance neutro de N, en los otros casos, la aplicación de N excede la remoción por el cultivo. Las estimaciones de eficiencia de uso de P y S se realizarán considerando trigo y soja de segunda en conjunto, ya que las dosis aplicadas de estos nutrientes están destinadas a ambos cultivos.

El rendimiento se relacionó estrechamente con número de granos por m² ($R^2 = 0.98$). No así con el número de espigas por m² ($R^2 = 0.49$) ni el peso de mil granos (**Fig. 6**). Las respuestas en rendimiento a la fertilización se explican fundamentalmente por efectos sobre el número de granos por m² y, dentro de los componentes de este, más probablemente por los efectos sobre el número de granos por espiga que sobre el número de espigas por m² (**Tabla 6**).

Por otra parte, la fertilización nitrogenada incrementó la concentración de nitrato en jugo de base de tallos al macollaje en ambos ensayos (**Tabla 7**). El índice de verdor (SPAD Minolta 502) mostró las deficiencias de N tanto al macollaje como en antesis.

Relación entre variables de suelo y rendimientos

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 10 campañas con 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, cinco sitios 2011/12, dos sitios en 2013/14, y tres en 2014/15 (n=43).

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 Balducchi

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 el rendimiento (**Fig. 7**). Si bien la variabilidad de la relación es alta, permitiría estimar necesidades de alrededor de 140 kg ha^{-1} de N (suelo + fertilizante) para alcanzar rendimientos de 4000 kg ha^{-1} .

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

Considerando los 43 casos (sitios-años) de las diez campañas de trigo, la relación entre el rendimiento relativo (rendimiento tratamiento NS/rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de P Bray en la capa superficial (**Fig. 8**) indica que:

- Según el método gráfico de Cate y Nelson:
 - el 97% de los casos con $P_{\text{Bray-1}}$ menor de 19 mg kg^{-1} presentó rendimientos relativos $< 90\%$;
 - el 63% de los casos con $P_{\text{Bray-1}}$ superior a 19 mg kg^{-1} presentó rendimientos relativos $\geq 90\%$.
- Ajustando una función matemática de respuesta con la restricción de que tienda a un máximo = 1 (100 % de rendimiento relativo):
 - Se requieren niveles entre 17.4 y 22.3 mg kg^{-1} de $P_{\text{Bray-1}}$ para lograr entre 90 y 95% del rendimiento relativo, respectivamente.

Los rendimientos y las respuestas a S no se pudieron relacionar con la concentración de S-sulfato a 0-20 cm (**Fig. 9**), o la disponibilidad a 0-60 cm (datos no mostrados). En general, los niveles de S-sulfato en superficie (0-20 cm) a la siembra son muy bajos, menores de 10 mg kg^{-1} , por lo que no se puede manejar un rango adecuado para explorar este tipo de relaciones. Por otra parte, en solo el 28% y el 42% de los casos debajo de 10 mg kg^{-1} , el rendimiento relativo (NP:NPS) fue menor al 90% y al 95%, respectivamente. 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 $P_{\text{Bray-1}}$, principalmente en el estrato 0-20 cm. No así el caso para S-sulfato y N-nitrato.

2. Luego de quince campañas en la rotación M-Sj-T/Sj (18 cultivos previos), los niveles de rendimiento de trigo de los tratamientos Testigo muestran el agotamiento de las reservas de N, P y S de estos suelos, con disminuciones de entre -38% a -51% en los rendimientos respecto del tratamiento NPS.
3. En los tres sitios, la buena disponibilidad de agua a la siembra y las precipitaciones alrededor del período crítico del cultivo permitieron alcanzar altos rendimientos de trigo en los tratamientos fertilizados.
4. Se observaron respuestas significativas a N y P en La Hansa; a N, P y S en La Blanca y Lambaré. En este último también se observó respuesta a otros nutrientes (Completo – NPS) de 523 kg ha⁻¹.
5. La eficiencia de uso de agua (EUA) fue alta en esta campaña en particular, dada la poca cantidad de precipitaciones registradas y buena distribución. La EUA se incrementó cuando se eliminaron las deficiencias de N, P y/o S, registrando 9-11.4 kg trigo mm⁻¹ para el Testigo y 21.2-22.4 kg mm⁻¹ para el tratamiento Completo.
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 alrededor de 140 kg ha⁻¹ permitirían alcanzar rendimientos de unos 4000 kg ha⁻¹.
7. Los casos con niveles de P Bray menores de 19 mg kg⁻¹ presentan alta probabilidad de respuesta a la aplicación de P, mientras que por arriba de dicho valor la probabilidad de respuesta disminuye considerablemente.
8. La respuesta 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. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15. *cc=capacidad de campo.

<i>Establecimiento</i>	<i>La Blanca</i>	<i>La Hansa</i>	<i>Lambaré</i>
CREA	Gral. Baldissera	Armstrong - Montes de Oca	San Jorge – Las Rosas
Serie Suelo	La Bélgica	Cañada de Gómez	El Trébol
Labranza	Siembra directa		
Años agricultura	6	+20	12
Rotación	M-Sj-T/Sj		
Antecesor	Soja de primera		
Variedad	Nidera Baguette 601		
Fecha de siembra	9/6/2014	16//6/2014	7/6/2014
Densidad lograda (pl m⁻²)	-	-	-
Distancia entre surcos (cm)	-	-	-
Fecha de Cosecha	2/12/2014	26/11/2014	22/11/2014
Lámina de agua útil a la siembra (mm) (0-100 cm)	102 (*cc)	151 (cc)	142 (cc)
<i>Precipitaciones (mm)</i>			
Mayo	107	96	32
Junio	14	30	13
Julio	0	22	10
Agosto	0	0	0
Septiembre	42	27	51
Octubre	70	39	96
Noviembre	138	195	155
Junio-Noviembre	264	313	325

Tabla 2. Tratamientos de fertilización establecidos en los sitios bajo rotación M-Sj-T/Sj. Región CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	Completo
Fertilizante (kg ha⁻¹)						
FMA (11-23-0)		176		176	176	176
Urea (46-0-0)			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
Fertilizante total (kg/ha)	0	305	330	375	485	598
Nutrientes (kg ha⁻¹)						
N		18	101	101	101	101
P		40	0	40	40	40
K						25
Mg						14
S		21	21		21	21
B						1
Zn						2
Cu						2
Cl						23

Tabla 3. Análisis de suelo previo a la siembra del trigo en los sitios bajo rotación M-Sj-T/Sj. Región CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15.

Ensayo	Tratamiento	P_{Bray-1}	N-NO₃⁻	S-SO₄⁻²	S-SO₄⁻²	Nan
		<i>ppm</i>	<i>kg ha⁻¹</i>	<i>ppm</i>	<i>kg ha⁻¹</i>	<i>ppm</i>
		0-20 cm	0-60 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20/20-40 cm
La Blanca	PS	-	45	-	-	40/25
	NS	11	-	-	-	-
	NP	-	-	5.6	16	-
	NPS	65	52	5.0	13	40/21
La Hansa	PS	-	78	-	-	50/24
	NS	10	-	-	-	-
	NP	-	-	6.4	34	-
	NPS	45	82	8.0	50	55/30
Lambaré	PS	-	78	-	-	50/21
	NS	28	-	-	-	-
	NP	-	-	5.6	34	-
	NPS	83	73	6.0	50	46/20

Tabla 4. Rendimientos de trigo para los seis tratamientos y respuestas a diferentes combinaciones de N, P, S y otros nutrientes en los tres ensayos. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15. [#]Rendimientos seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%. ^{##}Otros incluye K, Mg y Zn.

TRATAMIENTO	M-Sj-T/Sj			
	La Blanca	La Hansa	Lambaré	Promedio
	Rendimiento (kg ha⁻¹)			
Testigo	2825 d	2701 d	2431 e	2652
PS	4097 c	3743 c	3735 d	3858
NS	4141 c	3916 c	4358 c	4139
NP	4998 b	4188 ab	4188 cd	4458
NPS	5553 a	4355 a	4918 b	4942
Completo	5587 a	4409 a	5441 a	5146
DMS (5%)	531	434	459	-
	Respuesta (kg ha⁻¹)			
NUTRIENTE				
N	1456	612	1183	1084
P	1412	438	560	804
S	556	167	730	484
PS	1272	1042	1304	1206
NS	1317	1215	1927	1486
NP	2173	1487	1757	1806
NPS	2729	1654	2487	2290
Otros ##	34	54	522	203

Tabla 5. Estimaciones de indicadores de eficiencia de uso de nitrógeno (N) para los tratamientos de fertilización en los dos sitios. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15. [#] Para la estimación del balance de nutrientes se consideraron concentraciones de N en grano de 1.81%.

Ensayo	Tratamiento	Productividad parcial del factor (PPF) N	Balance parcial de nutrientes (BPN) N [#]
		kg trigo kg N aplicado ⁻¹	kg N extraído kg N aplicado ⁻¹
La Blanca	NS	41	0.74
	NP	49	0.90
	NPS	55	1.00
	Completo	55	1.00
La Hansa	NS	39	0.70
	NP	41	0.75
	NPS	43	0.78
	Completo	44	0.79
Lambaré	NS	39	0.78
	NP	41	0.75
	NPS	43	0.88
	Completo	44	0.98

Tabla 6. Componentes de rendimiento de trigo (Espigas por m², Granos por espiga, Granos por m² y Peso mil granos) para los seis tratamientos evaluados en los dos ensayos. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15. # Valores seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%.

Ensayo	Tratamiento	Espigas m ⁻²	Granos m ⁻²	Peso mil granos (g)
La Blanca	Testigo	152	10712 e	28.0
	PS	199	13386 d	30.0
	NS	210	14911 cd	29.0
	NP	206	16498 bc	30.0
	NPS	245	19140 a	30.0
	Completo	258	18679 ab	30.0
La Hansa	Testigo	423	8682 d	30.0 c
	PS	476	11723 c	31.0 b
	NS	537	11879 bc	32.0 a
	NP	513	13124 abc	31.5 ab
	NPS	477	13928 ab	31.5 ab
	Completo	539	14312 a	31.5 ab
Lambaré	Testigo	324	8539 e	29.5 b
	PS	429	12015 d	30.0 b
	NS	410	15135 bc	30.0 b
	NP	423	13648 cd	30.0 b
	NPS	413	16181 ab	31.0 a
	Completo	423	17780 a	31.0 a

Tabla 7. Valores de nitrato en jugo base de tallos (macollaje), SPAD de última hoja expandida en macollaje y SPAD de hoja bandera en antesis. Rotación M-Sj-T/Sj. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15. # Valores seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%.

Ensayo	Tratamiento	Nitrato JBT (ppm)	SPAD Macollaje	SPAD Antesis
La Blanca	PS	1460 b	39.1 c	39.3 b
	NS	-	48.3 a	42.2 b
	NP	-	44.3 b	43.3 b
	NPS	5390 a	47.5 a	48.4 a
La Hansa	PS	1350 b	39.1	39.6
	NS	-	39.5	40.2
	NP	-	42.1	42.1
	NPS	5560 a	46.7	47.0
Lambaré	PS	470 b	39.7	40.0
	NS	-	39.2	41.2
	NP	-	36.4	42.1
	NPS	5080 a	46.5	47.4

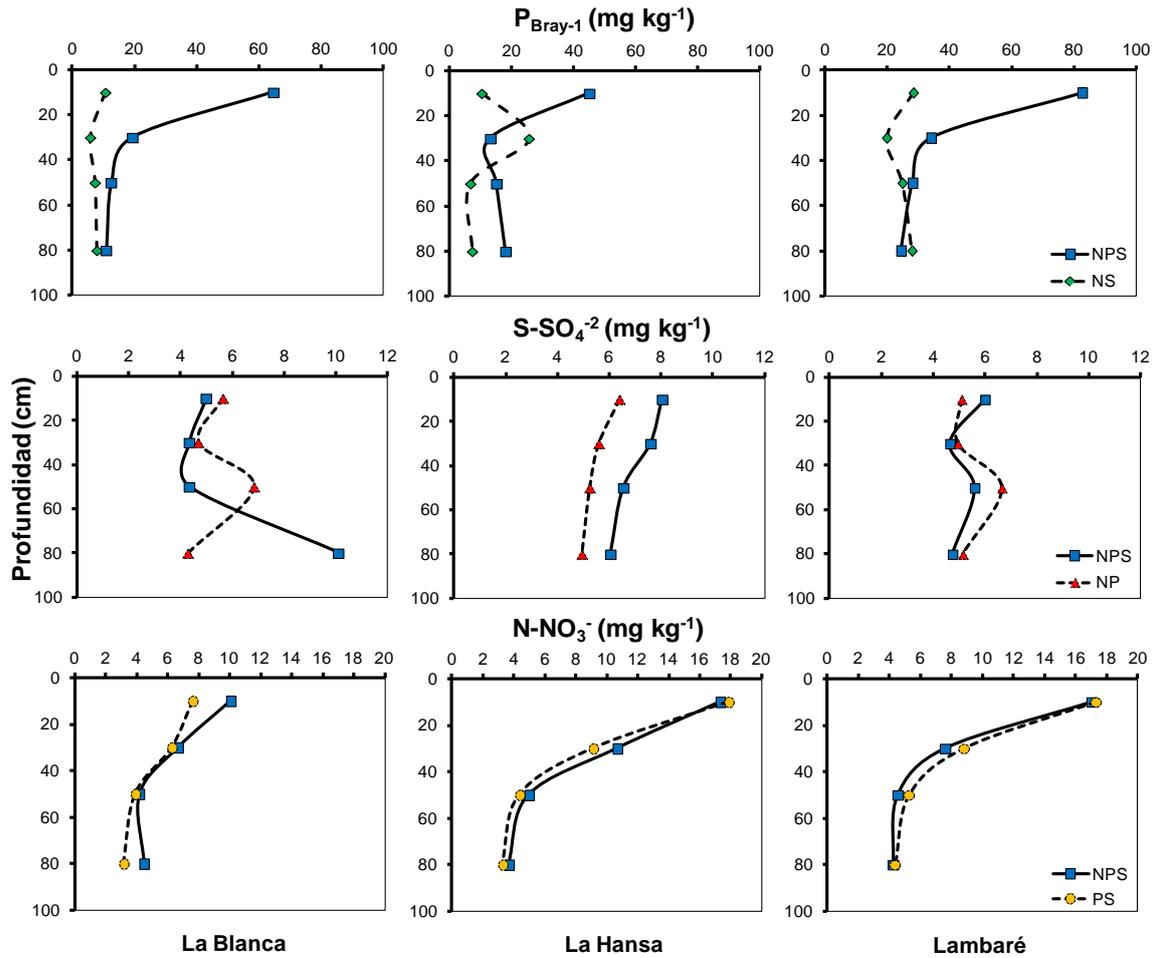


Fig. 1. Distribución de la concentración de P Bray-1, S-SO₄⁻², N-NO₃⁻, hasta 100 cm de profundidad en pre-siembrá para tratamientos selectos en los sitios bajo rotación M-Sj-T/Sj. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15.

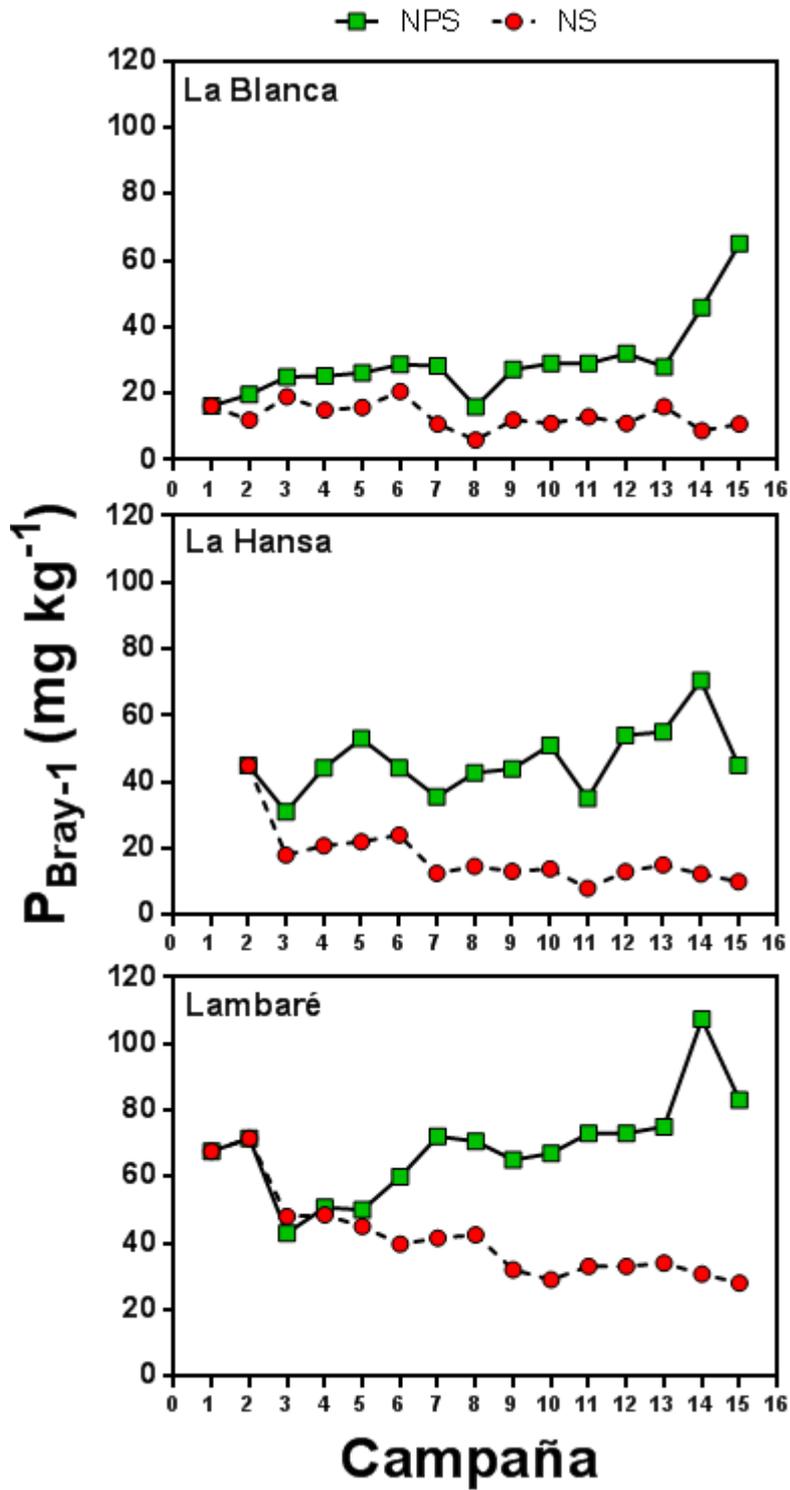


Fig. 2. Evolución de P Bray (0-20 cm), desde el establecimiento de los ensayos bajo rotación M-T/S, en los tratamientos sin fósforo (NS) y con fósforo (NPS). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campañas 1 (200/01) a 15 (2014/15).

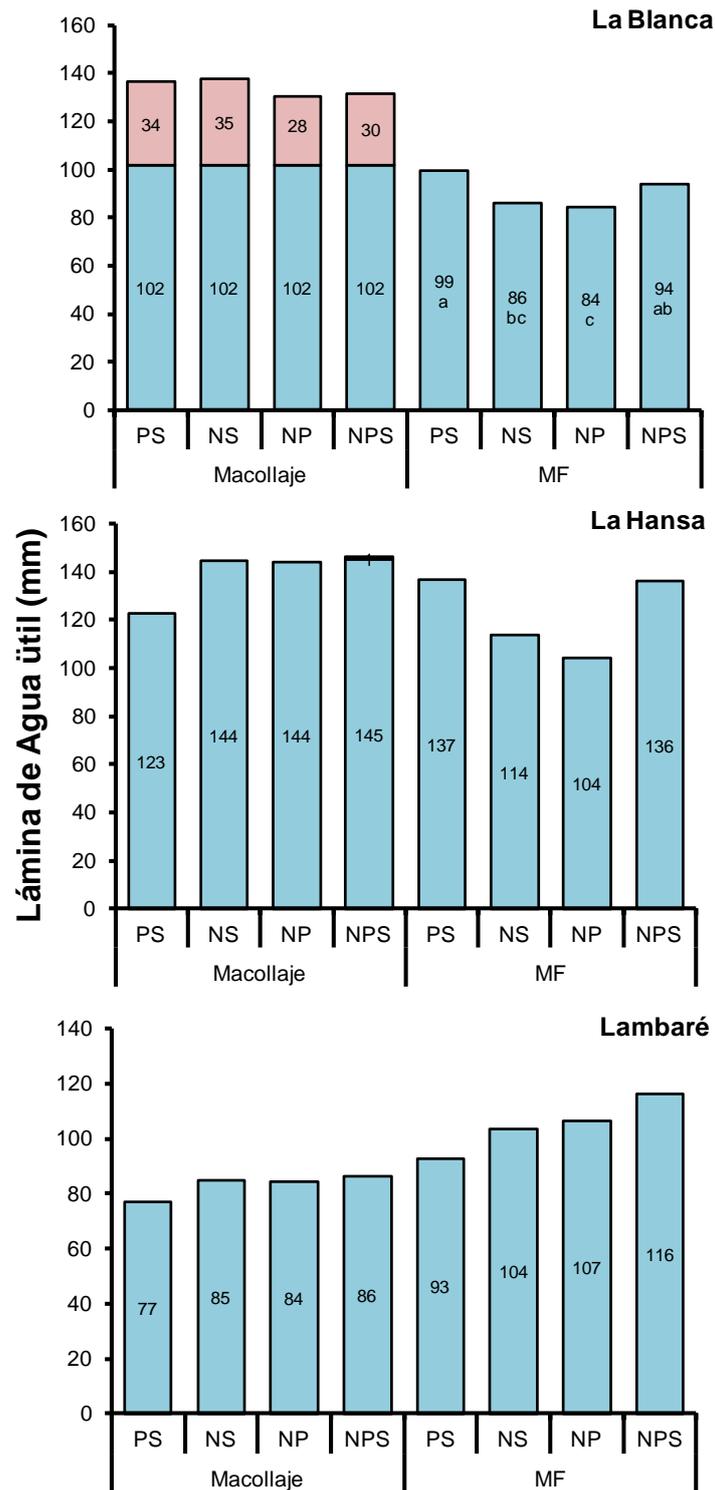


Fig. 3. Lámina de agua útil (AU, mm), hasta el metro de profundidad en macollaje y madurez fisiológica para los tratamientos PS, NS, NP y NPS, en los ensayos bajo rotación M-Sj-T/Sj. Las barras rojas indican excesos hídricos. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15.

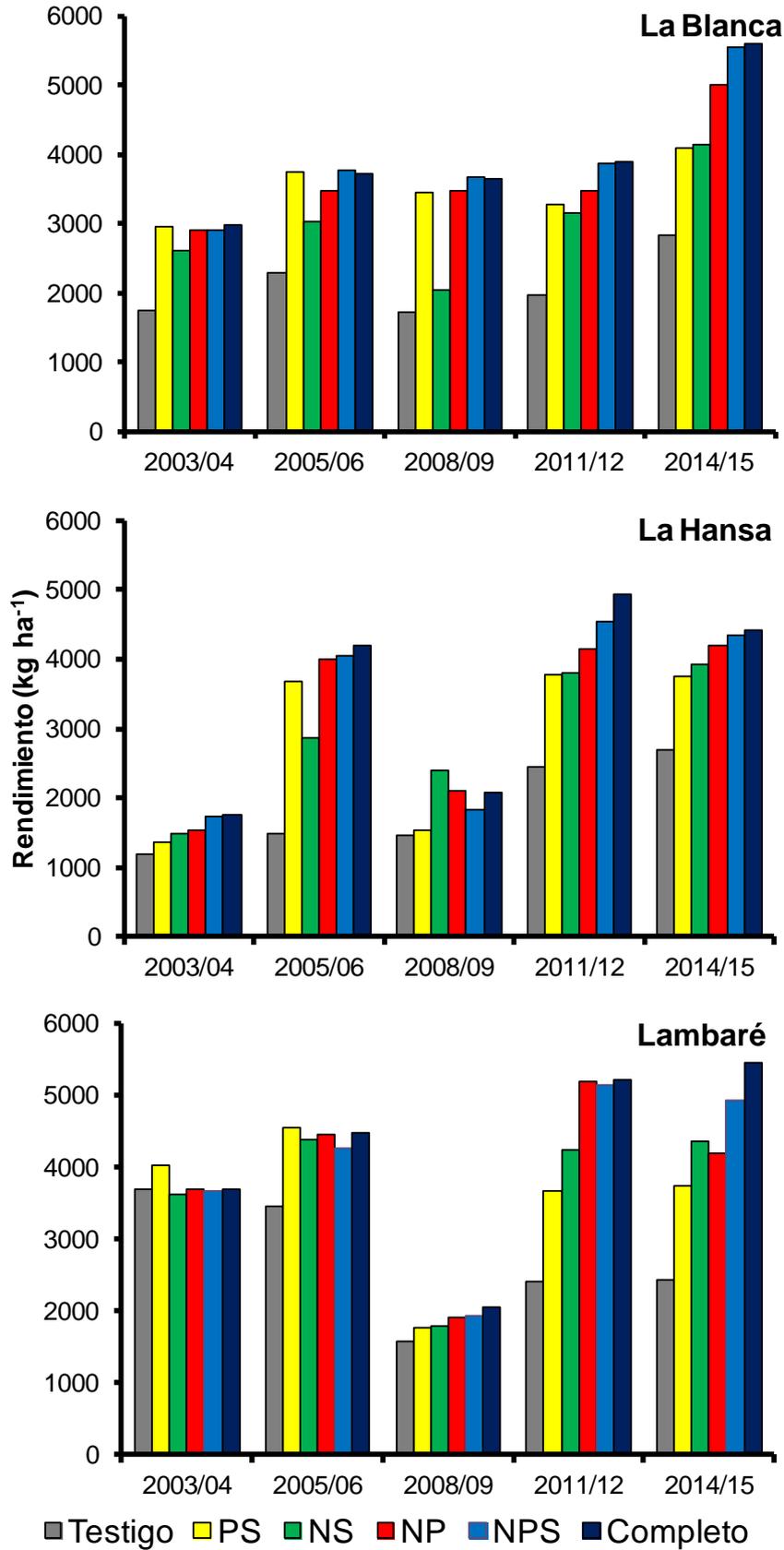


Fig. 4. Evolución de los rendimientos promedio de trigo para los seis tratamientos en los sitios bajo rotación M-Sj-T/Sj. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campañas 2001/02 a 2014/15.

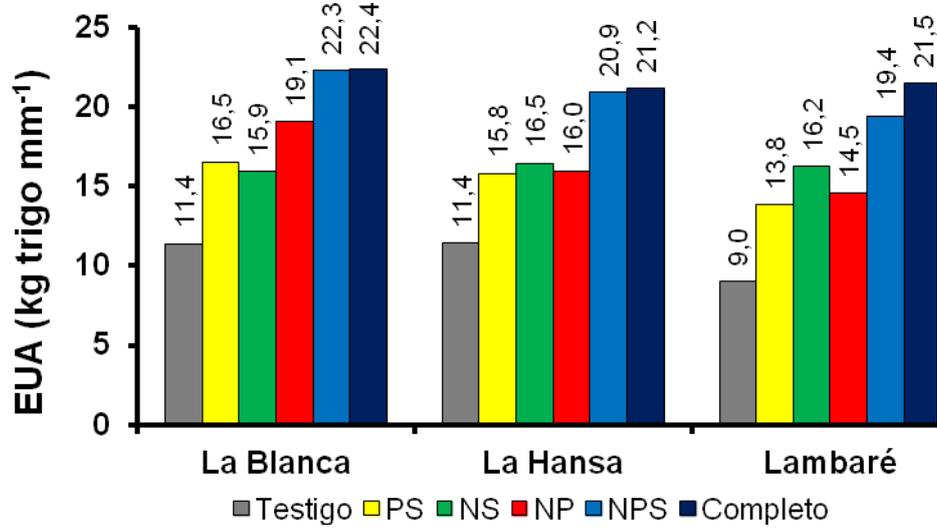


Fig. 5. Eficiencia de uso del agua (EUA) en trigo, calculada como cociente entre el rendimiento de trigo y la suma de las precipitaciones durante el ciclo más la diferencia de almacenaje de agua en el suelo entre la siembra y madurez fisiológica, para los sitios bajo rotación M-Sj-T/Sj. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15.

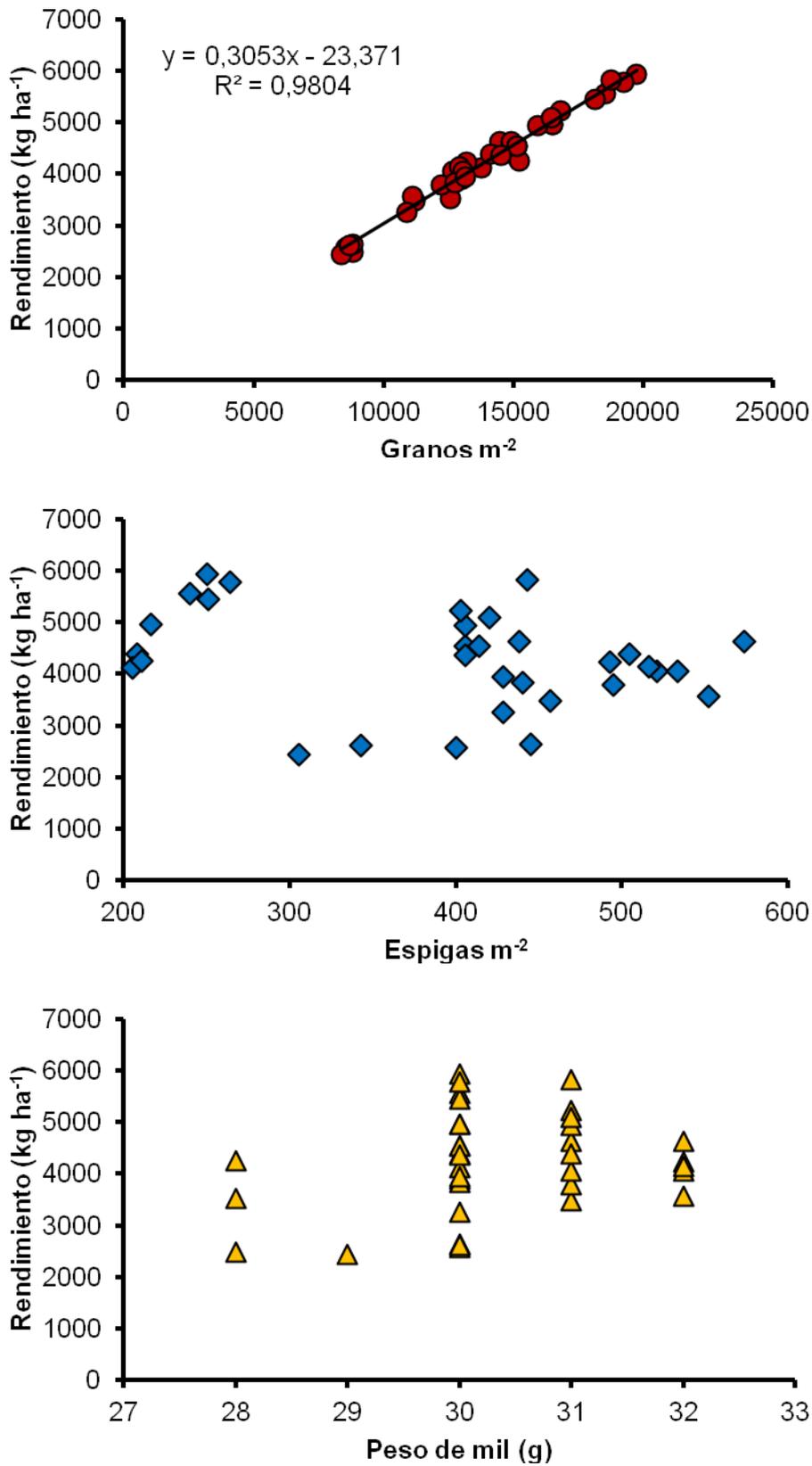


Fig. 6. Relaciones entre el rendimiento y: el número de granos por m² (arriba), el número de espigas por m² (medio) y el peso de mil granos (abajo). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2014/15.

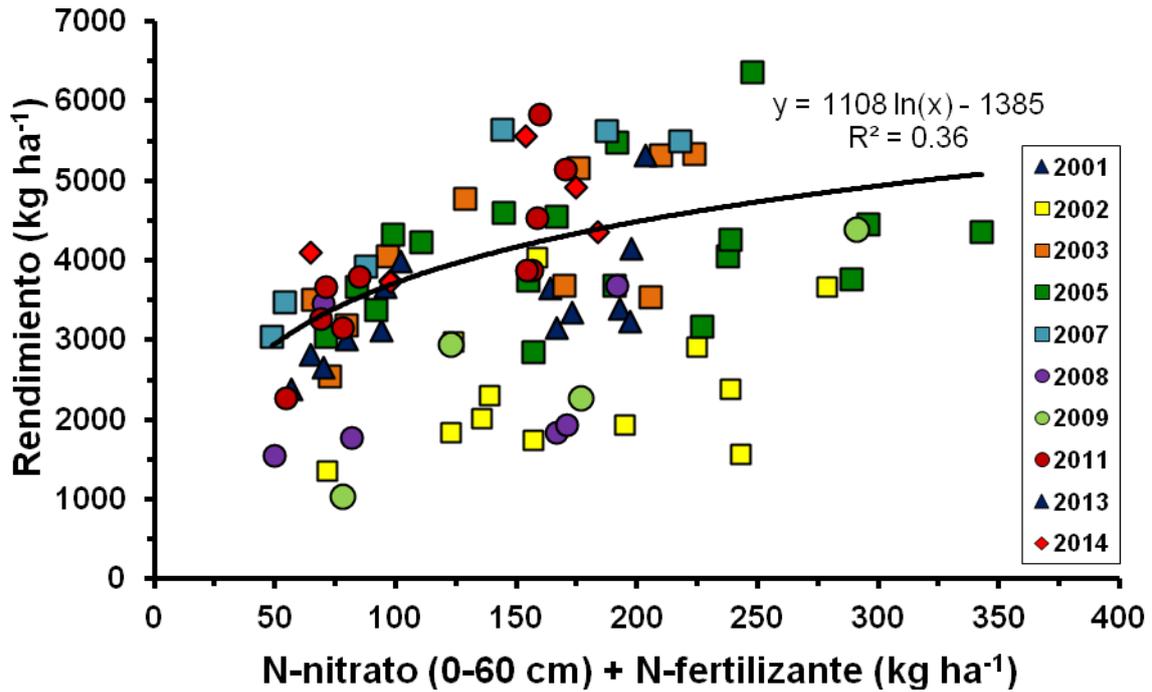


Fig. 7. Rendimiento de trigo en función de la disponibilidad de N-nitrato en pre-siembra (0-60 cm) + N aplicado como fertilizante. El ajuste de la ecuación (n=66) no incluye los datos de la campaña 2002/03, Santo Domingo en 2005/06, La Hansa y Lambaré en 2008/09, y Balducchi en 2009/10. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2011/12, 2013/14, y 2014/15.

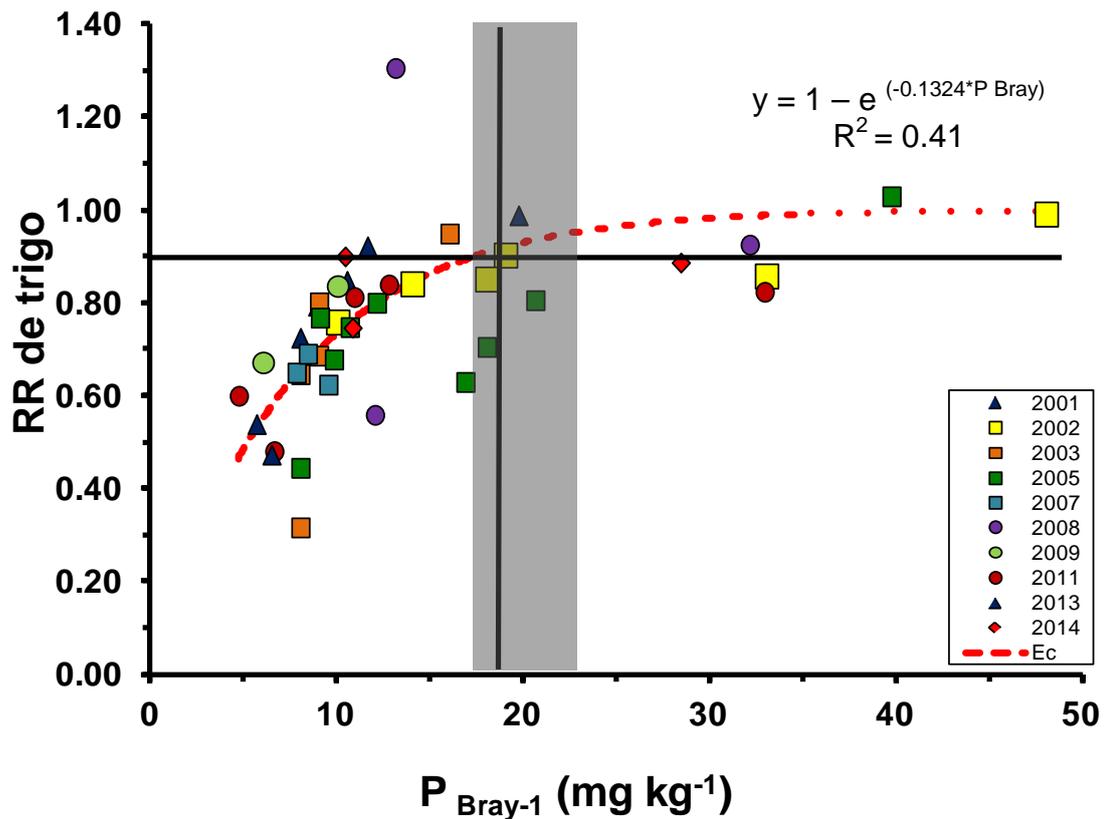


Fig. 8. Rendimiento relativo (RR) de trigo (NS:NPS) en función del nivel de P_{Bray-1} (0-20 cm) a la siembra. $n=43$. Las líneas llenas indican un nivel crítico de 19 mg kg^{-1} de P_{Bray-1} para obtener 90% del rendimiento relativo según el método gráfico de Cate & Nelson; la franja gris vertical indica niveles de 17.4 y 22.6 mg kg^{-1} de P_{Bray-1} , para alcanzar entre 90 y 95% del rendimiento relativo, según la función de respuesta ajustada (curva punteada roja). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2011/12, 2013/14, 2014/15.

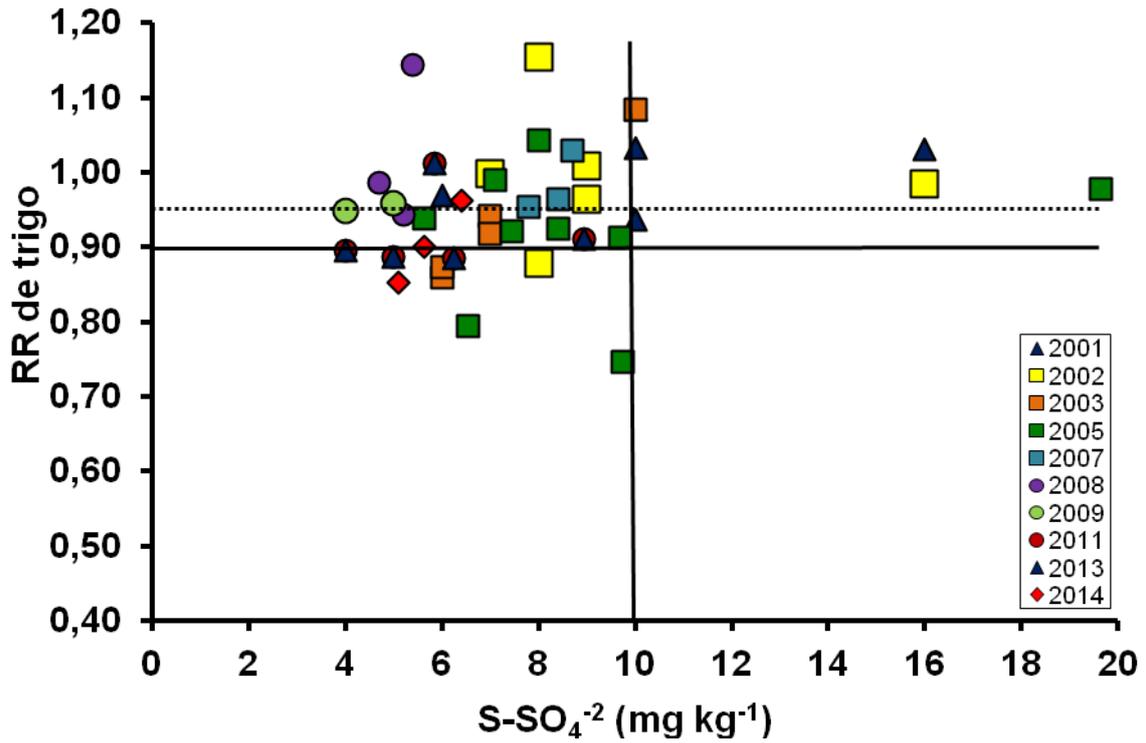


Fig. 9. Rendimiento relativo (RR) de trigo (NP/NPS) en función del nivel de S-SO₄⁻² (0-20 cm) a la siembra. Las líneas indican un nivel crítico de 10 mg kg⁻¹ de P_{Bray-1} para obtener 90-95% del rendimiento relativo según el método gráfico de Cate & Nelson. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2011/12, 2013/14, y 2014/15.