

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

Resultados de la Campaña 2013/14: 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), Francisco Bauschen
(Agroservicios Pampeanos), Nahuel Reussi Calvo y Angel Berardo (Laboratorio
Fertilab)*

En la campaña 2013/14, 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 dos ensayos de trigo 2013/14 bajo rotación maíz-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-nitratos en pre-siembra, concentración de N-nitratos 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-sulfatos 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-nitratos y S-sulfatos 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 dos 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 es maíz-trigo/soja (M-T/S), para ambos sitios: Balducchi (Teodelina) y San Alfredo (Santa Emilia). Los seis tratamientos establecidos son similares en los dos 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 2013/14 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 Bray, N-nitratos y S-sulfatos a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm de profundidad, y N mineralizable como N-nitratos 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 nitratos 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^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 ambos sitios en los niveles de $P_{\text{Bray-1}}$. Para N-nitratos se observó residualidad debida la historia de fertilización nitrogenada en Balducchi pero no en San Alfredo. No se observó residualidad de aplicaciones anteriores de S en ninguno de los dos sitios.

La residualidad de N en Balducchi se observó debajo de los 20 cm. Esta residualidad de N en forma de nitratos, no es positiva ya que implica potenciales pérdidas de N por lixiviación y/o desnitrificación. La cantidad de N-nitratos 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. En esta campaña (2013/14), el nivel de disponibilidad de N-nitratos (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 ambos sitios.

Por otra parte, no se observó efecto de tratamiento (PS vs. NPS) sobre el N_{min} (como indicador del N mineralizable). Sin embargo, se registraron niveles menores en Balducchi respecto de San Alfredo tanto en 0-20 como en 20-40 cm de profundidad (**Tabla 3**). Este comportamiento puede asociarse a que Balducchi posee una más prolongada historia agrícola y un estado general más degradado de la fertilidad del suelo respecto de San Alfredo.

En el caso de $P_{\text{Bray-1}}$, en ambos sitios la residualidad se observa principalmente en superficie, con diferencias (NPS vs NS) de 586%, 200%, 86% y 36% en Balducchi, y de 529%, 219%, 161% y 241% en San Alfredo a 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 13 años (**Fig. 2**), a partir del aporte que se hace con dosis de P que cubren la extracción en grano más el 5-10%. En contraste, en el tratamiento NS, el $P_{\text{Bray-1}}$ disminuyó alrededor de 5 mg kg⁻¹ en Balducchi (47%) y San Alfredo (44%). En esta campaña (2013/14), los niveles de $P_{\text{Bray-1}}$ de los tratamientos NS fueron

menores que los considerados críticos para trigo en ambos sitios, mientras que en los tratamientos NPS, 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 Bray 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-sulfatos, la residualidad se expresó de forma distinta en cada sitio. En Balducchi, la residualidad se observa principalmente debajo de los primeros 20 cm, mientras que en San Alfredo, las mayores diferencias se observaron en superficie. Las diferencias (NPS vs NP) fueron de -12%, 37%, 74% y 95% en Balducchi y de 91%, 38%, 21% y 22% en San Alfredo a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm, respectivamente. En los dos sitios, los niveles de S-sulfatos (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.

Rendimientos y respuestas a la fertilización

Las precipitaciones fueron escasas 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 ambos sitios. Los contenidos de agua a macollaje y madurez fisiológica reflejan esta mayor disponibilidad de agua hacia los estados reproductivos del ciclo del cultivo (**Fig. 3**).

En Balducchi, se alcanzaron muy buenos rendimientos con los tratamientos NPS y Completo, superiores a los 5000 kg ha⁻¹, similar a los alcanzados en las campañas 2003/04, 2005/06, y 2007/08 (**Tabla 4, Fig. 3 y 4**). Con los mismos tratamientos, en San Alfredo, también se lograron rendimientos superiores a los 5000 kg ha⁻¹, alcanzando niveles similares a las campañas 2003/04, 2007/08 y 2011/12.

En ambos sitios se observaron respuestas significativas a N y P; y en Balducchi también se registró respuesta a S y otros nutrientes (**Tabla 4**). Estas respuestas directas y residuales, se explican parcialmente por los bajos niveles de N-nitratos, P-Bray y S-sulfatos en los tratamientos sin aplicación de los

mismos. La respuesta a micronutrientes observada en Balducchi se asocia a la más prolongada historia agrícola y consecuente degradación química del suelo. En Balducchi, la respuesta la interacción NPS superó significativamente a las respuestas individuales y a las interacción dobles de N, P y S.

Las eficiencias de uso de agua (EUA) variaron entre 5.2-13.3 y 21-25 kg trigo ha⁻¹ mm⁻¹, para los tratamientos Testigo y NPS, respectivamente (**Fig. 5**). Estas eficiencias son bajas para el Testigo en Balducchi, mostrando la deficiencia nutricional, pero adecuadas a altas para los tratamientos NP, NPS y Completo. En el caso de San Alfredo, la EUA lograda con el Testigo es alta pero significativamente menor los tratamientos NPS y Completo que duplicaron el nivel de eficiencia.

Referido a la eficiencia de uso de los nutrientes (**Tabla 5**), a modo de referencia, la PPF de trigo a nivel nacional se ha estimado 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). En general, excepto el tratamiento NS, el resto registró PPN similares a este promedio. Para P, en todos los casos se registraron valores inferiores a la media nacional. Respecto de los BPN, estos muestran valores inferiores a los promedios nacionales de 0.86 kg de N extraído por kg de N aplicado para los tratamientos NS y mayores y cercanos a 1 para NPS y Completo. En el caso de P, en todos los casos los valores fueron inferiores al promedio nacional de 0.61 kg de P extraído por kg de P aplicado. Estos bajos valores de PPP y BPP se explican por las altas dosis de P aplicadas, y sugieren que las mismas podrían reducirse en las próximas campañas. Debe recordarse que las dosis de P utilizadas buscan cubrir la remoción del cultivo más un 5-10%.

El rendimiento se relacionó estrechamente con número de granos por m² ($R^2 = 0.99$) y, en menor medida, con el número de espigas por m² ($R^2 = 0.49$) y el peso de mil granos ($R^2=0.34$) (**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 nitratos 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 9 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, y dos sitios en 2013/14 (n=40).

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-nitratos en el suelo a la siembra, 0-60 cm de profundidad, + N fertilizante) y los rendimientos (**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. En los sitios de menor rendimiento, excluidos de esta relación, disponibilidades de N a la siembra de 100 kg N ha⁻¹ permitirían alcanzar rendimientos de aproximadamente 2000-2200 kg ha⁻¹.

La concentración de nitratos 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 40 casos (sitios-años) de las nueve campañas de trigo, la relación entre el rendimiento relativo (rendimiento tratamiento NS/rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de P Bray (**Fig. 8**) indica que:

- Según el método gráfico de Cate y Nelson:
 - el 90% de los casos con $P_{\text{Bray-1}}$ menor de 19 mg kg⁻¹ presentó rendimientos relativos menores del 90%;
 - el 62% de los casos con $P_{\text{Bray-1}}$ superior a 19 mg kg⁻¹ presentó rendimientos relativos mayores del 90%.
- Según el método estadístico de Cate y Nelson:
 - El nivel crítico de respuesta a P resultó de 8.7 mg kg⁻¹, para lograr el 68% del rendimiento relativo.
- Ajustando una función matemática de respuesta con la restricción de que tienda a un máximo = 1 (100 % de rendimiento relativo):
 - Se requieren niveles entre 19 y 25 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-sulfatos a 0-20 cm (**Fig. 9**), o la disponibilidad a 0-60 cm (datos no mostrados). En general, los niveles de S-sulfatos 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 el 70% de los casos debajo de 10 mg kg^{-1} , el rendimiento relativo (NP:NPS) fue mayor al 90%. 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 $P_{\text{Bray-1}}$ y, en menor medida, para los contenidos de N-nitratos y S-sulfatos.
2. Luego de catorce años en la rotación M-T/S (19 cultivos), los niveles de rendimiento de trigo de los tratamientos Testigo muestran el agotamiento de las reservas de N, P y S de estos suelos, alcanzando un 163% de respuesta a la aplicación del tratamiento NPS.
3. La buena disponibilidad de agua a la siembra y las precipitaciones durante el ciclo de cultivo permitieron alcanzar altos rendimientos de trigo en ambos sitios.
4. En los dos sitios se observaron respuestas significativas a N, y P, y a S solo en Balducchi. La interacción NPS fue significativa en Balducchi.
5. La eficiencia de uso de agua (EUA) se incrementó cuando se eliminaron las deficiencias de N, P y/o S, registrando $5.2-13.3 \text{ kg trigo mm}^{-1}$ para el Testigo y $21-25 \text{ kg mm}^{-1}$ para el tratamiento NPS.
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 sitios-años con niveles de P_{Bray} menores de 19 mg kg^{-1} presentan respuestas altamente probables a la aplicación de P, mientras que por arriba de 25 mg kg^{-1} de P_{Bray} , la probabilidad de respuesta disminuye a menos del 5%.
8. Las respuestas a la fertilización azufrada no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos 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 2013/14.

<i>Establecimiento</i>	<i>Balducchi</i>	<i>San Alfredo</i>
CREA	Teodelina	Santa Isabel
Serie Suelo	Santa Isabel	Hughes
Labranza	Siembra directa	
Años agricultura	+ 60	15
Rotación	M-T/S	
Antecesor	Maíz	
Variedad	Don Mario Cronox	
Fecha de siembra	15/06/13	30/06/14
Densidad lograda (pl m⁻²)	284	321
Distancia entre surcos (cm)	21	21
Fecha de Cosecha	04/12/13	05/12/13
Lámina de agua útil a la siembra (mm) (0-100 cm)	102	142
<i>Precipitaciones (mm)</i>		
Abril	56	28
Mayo	123	67
Junio	32	11
Julio	0	7
Agosto	3	4
Septiembre	17	13
Octubre	96	77
Noviembre	108	80
<i>Junio-Noviembre</i>	<i>256</i>	<i>192</i>

Tabla 2. Tratamientos de fertilización establecidos en los sitios Balducchi y San Alfredo. Rotación M-T/S. Región CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	Completo
Fertilizante (kg ha⁻¹)						
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
Fertilizante total (kg ha⁻¹)	0	305	330	375	485	598
Nutrientes (kg ha⁻¹)						
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 previo a la siembra del trigo en los sitios Balducchi y San Alfredo. Rotación M-T/S. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

Ensayo	Tratamiento	P	N-NO ₃	N-NO ₃	S-SO ₄	S-SO ₄	Nan
		ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
		0-20 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20/20-40 cm
Balducchi	PS	-	8	50	-	-	23/18
	NS	6	-	-	-	-	-
	NP	-	-	-	6.7	40	
	NPS	39	10	65	5.9	51	23/16
San Alfredo	PS	-	15	82	-	-	44/26
	NS	7	-	-	-	-	-
	NP	-	-	-	4.4	34	-
	NPS	41	13	102	8.5	50	44/30

Tabla 4. Rendimientos de trigo para los seis tratamientos evaluados y respuestas a diferentes combinaciones de N, P, S y otros nutrientes en los dos ensayos. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

TRATAMIENTO	M-T/S		
	Balducchi	San Alfredo	Promedio
	<i>Rendimientos[#] (kg ha⁻¹)</i>		
Testigo	1350 e	2632 c	1991
PS	2656 d	3989 b	3322
NS	2773 d	2510 c	2641
NP	3762 c	5020 a	4391
NPS	5150 b	5311 a	5230
Completo	5537 a	5368 a	5452
DMS (5%)	314	537	-
NUTRIENTE	<i>Respuestas (kg ha⁻¹)</i>		
N	2493	1322	1908
P	2377	2801	2589
S	1388	291	839
PS	1306	1357	1332
NS	1423	-122	651
NP	2412	2389	2400
NPS	3800	2679	3239
Otros ^{##}	387	57	222

[#]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 dos sitios. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

Ensayo	Tratamiento	Productividad parcial del factor (PPF)			Balance parcial de nutrientes (BPN) [#]		
		N	P	S	N	P	S
		<i>kg trigo kg nutriente aplicado⁻¹</i>			<i>kg extraído kg aplicado⁻¹</i>		
Balducchi	PS	-	60	126	-	0.21	0.19
	NS	27	-	132	0.49	-	0.20
	NP	37	85	-	0.67	0.30	-
	NPS	50	117	245	0.91	0.41	0.37
	Completo	54	126	264	0.98	0.44	0.40
San Alfredo	PS	-	91	190	-	0.32	0.29
	NS	25	-	120	0.45	-	0.18
	NP	49	114	-	0.89	0.40	-
	NPS	52	121	253	0.94	0.42	0.38
	Completo	53	122	256	0.95	0.43	0.39

[#] 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 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 2013/14.

Ensayo	Tratamiento	Espigas m ⁻²	Granos m ⁻²	Peso mil granos (g)
Balducchi	Testigo	313 c	4487 d	30.5 b
	PS	355 b	7723 c	33.5 a
	NS	281 d	8315 c	32.5 a
	NP	423 a	10924 b	34.0 a
	NPS	438 a	15782 a	32.5 a
	Completo	449 a	16274 a	33.5 a
San Alfredo	Testigo	374 b	8773 c	30.0 d
	PS	535 a	12664 b	31.5 cd
	NS	499 a	7845 c	32.0 bc
	NP	559 a	15215 a	33.0 abc
	NPS	541 a	15852 a	33.5 ab
	Completo	544 a	15787 a	34.0 a

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

Tabla 7. Valores de nitratos en jugo base de tallos (macollaje), SPAD de última hoja expandida en macollaje y SPAD de hoja bandera en antesis. Rotación M-T/S. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

Ensayo	Tratamiento	Nitratos JBT (ppm)	SPAD Macollaje	SPAD Antesis
M-T/S				
Balducchi	PS	210 b	38	41 b
	NS		38	42 b
	NP		40	45 ab
	NPS	5560 a	47	48 a
San Alfredo	PS	810 b	44 c	45 b
	NS		45 c	44 b
	NP		47 b	49 a
	NPS	2900 a	49 a	49 a
----- DMS (5%) -----				
Balducchi		4700	14.2	4.8
San Alfredo		1905	0.4	2

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

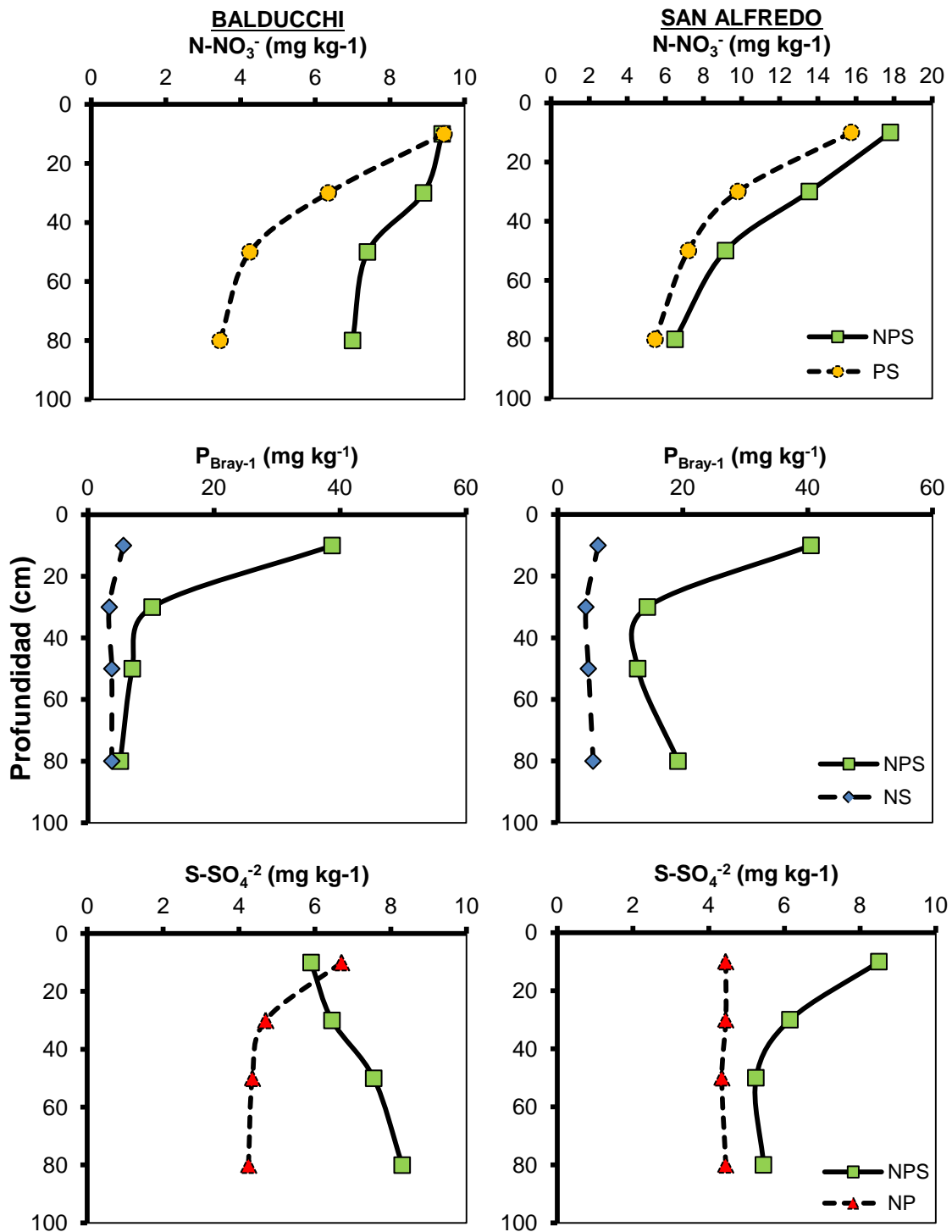


Fig. 1. Distribución de la concentración de N-NO₃⁻, P_{Bray-1} y S-SO₄⁻² a 0-100 cm en pre-siembra para tratamientos selectos en los sitios Balducchi y San Alfredo. Rotación M-T/S. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

Balducchi

San Alfredo

P Bray (mg kg⁻¹)

Fig. 2. Evolución de P Bray (0-20 cm), desde el establecimiento de los ensayos bajo rotación M-T/S, en los tratamientos NS y NPS. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campañas 1 (200/01) a 14 (2013/14).

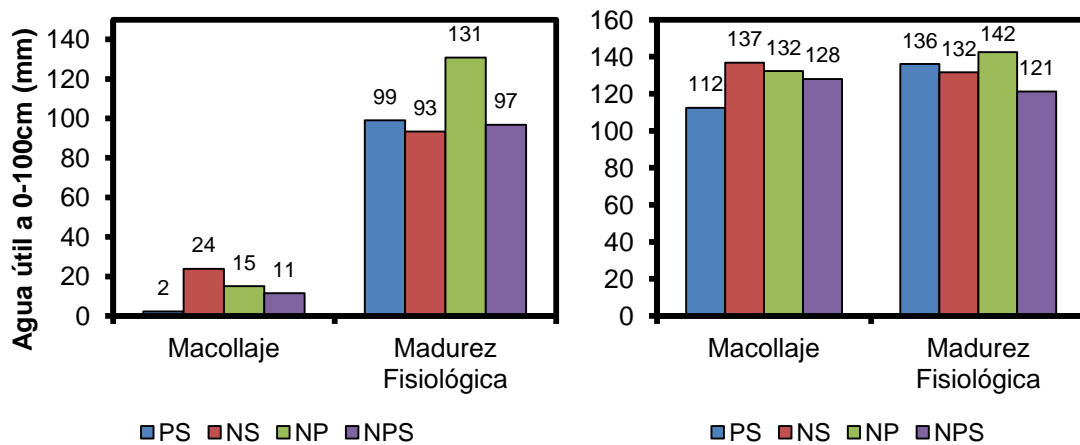


Fig. 3. Agua útil (AU), en mm, hasta el metro de profundidad en macollaje y madurez fisiológica para los tratamientos PS, NS, NP y NPS, en los ensayos bajo rotación M-T/S (Balducchi y San Alfredo). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

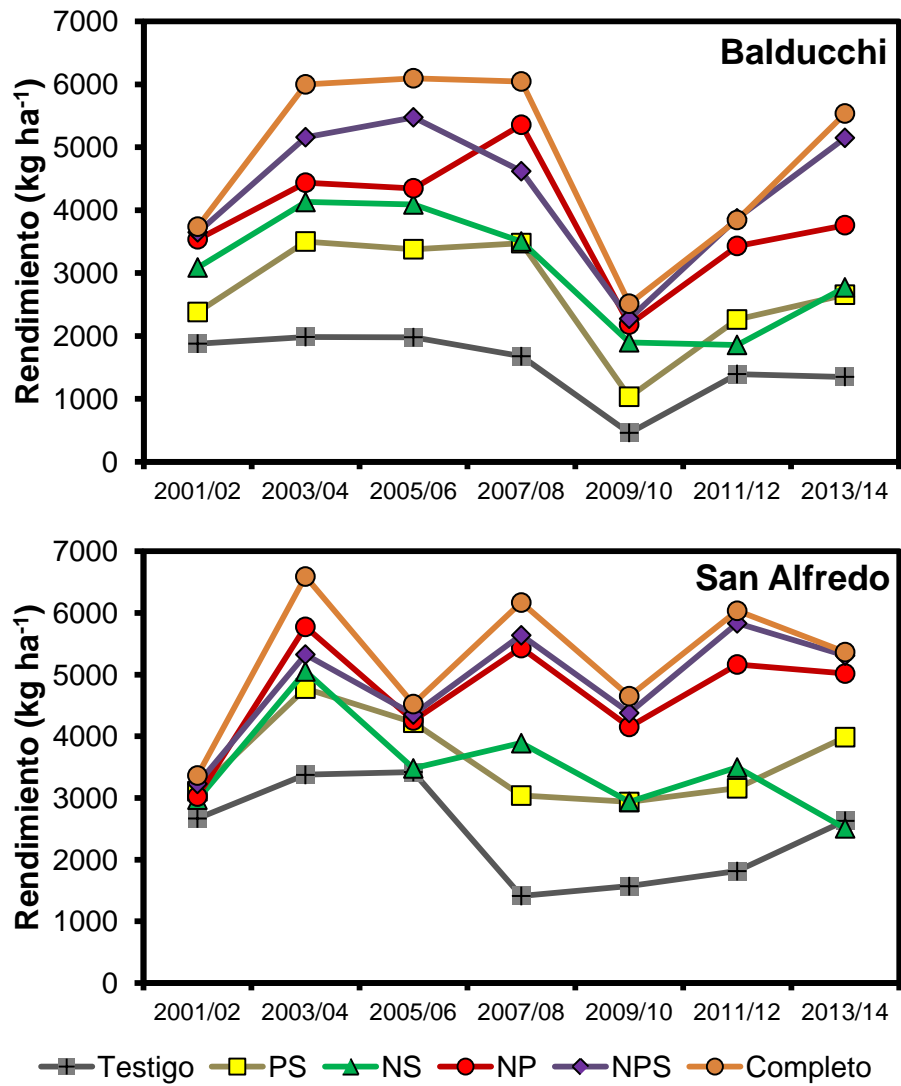


Fig. 4. Evolución de los rendimientos promedio de trigo para los seis tratamientos en los sitios bajo rotación M-T/S (Balducchi y San Alfredo). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campañas 2001/02 a 2013/14.

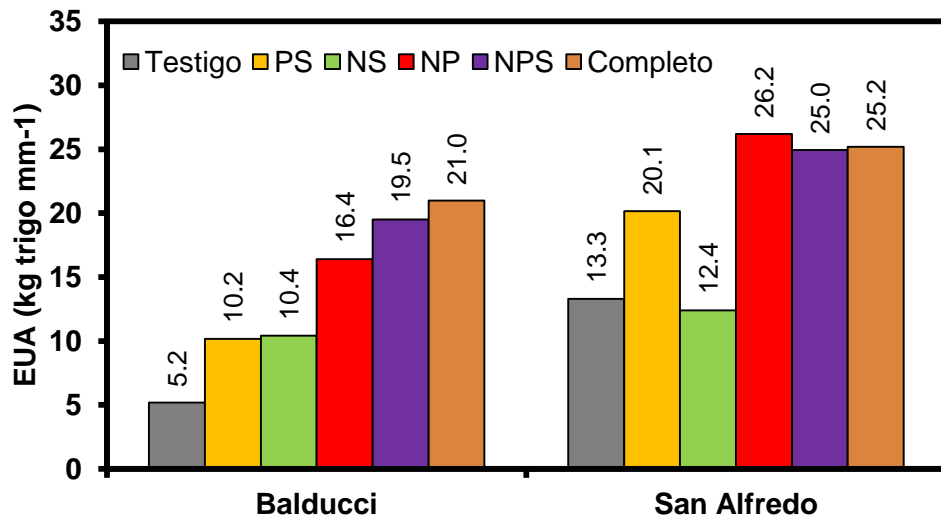


Fig. 5. Eficiencia de uso del agua (EUA) en trigo, calculada como cociente entre el rendimiento de trigo y la suma de las precipitaciones durante el ciclo más la diferencia de almacenaje de agua en el suelo entre la siembra y madurez fisiológica, para los sitios bajo rotación M-T/S. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

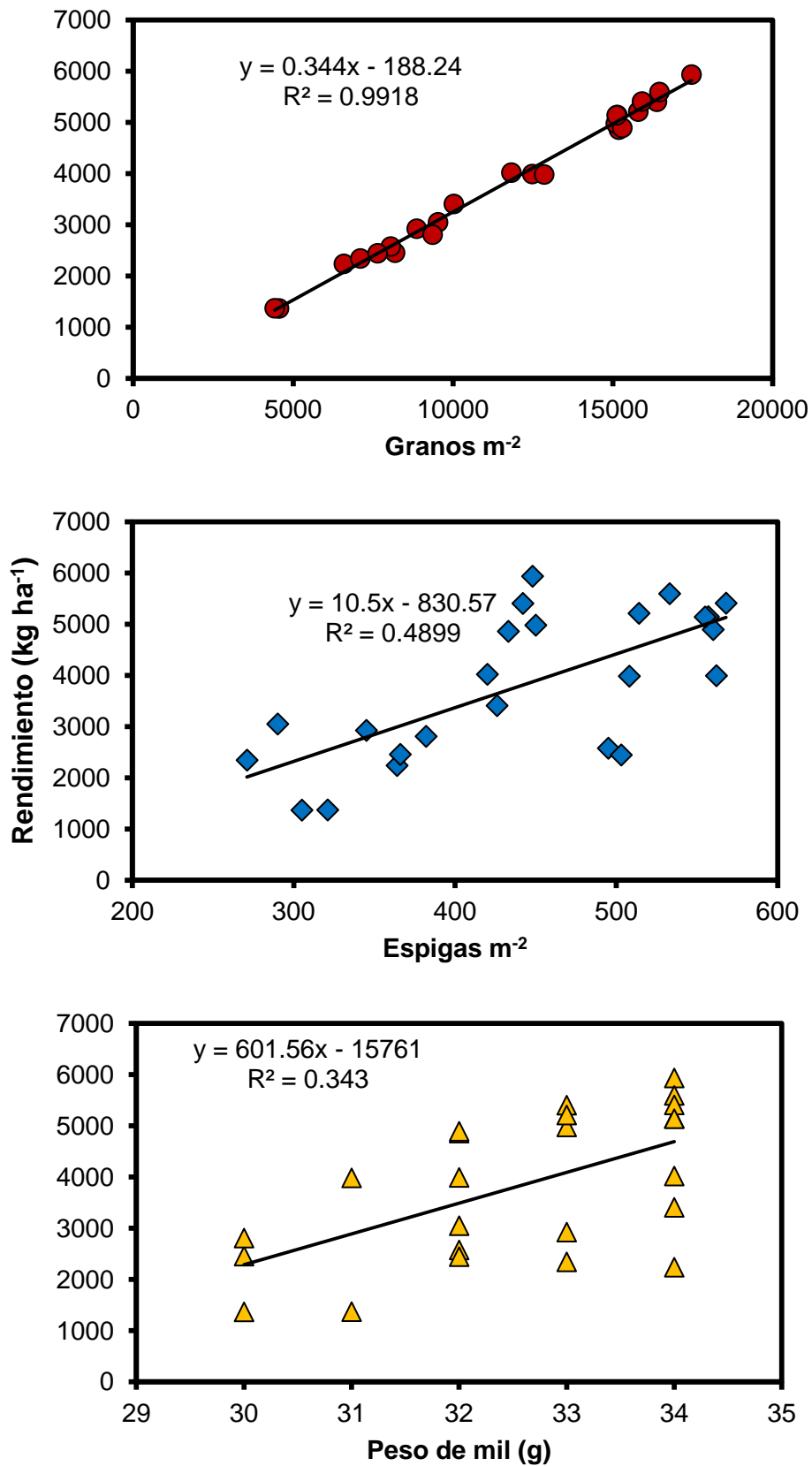


Fig. 6. Relaciones entre el rendimiento y: el número de granos por m² (arriba), el número de espigas por m² (medio) y el peso de mil granos (abajo). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2013/14.

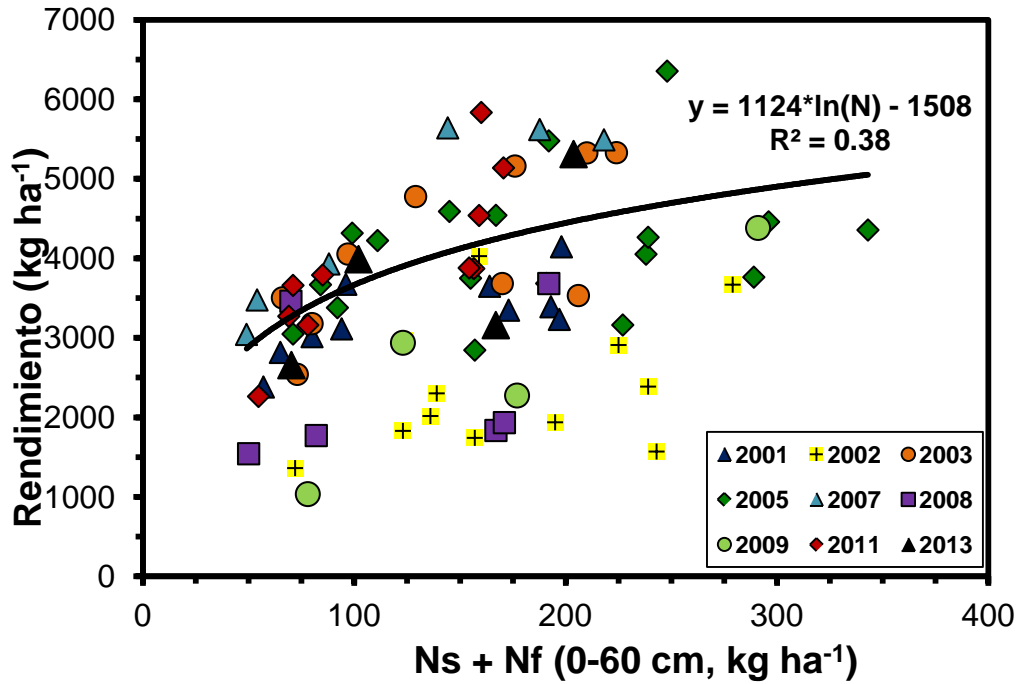


Fig. 7. Rendimiento de trigo en función de la disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra (0-60 cm) + N aplicado como fertilizante. El ajuste de la ecuación (n=60) no incluye los datos de la campaña 2002/03, Santo Domingo en 2005/06, La Hansa y Lambaré en 2008/09, y Balducchi en 2009/10. Red de Nutrición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

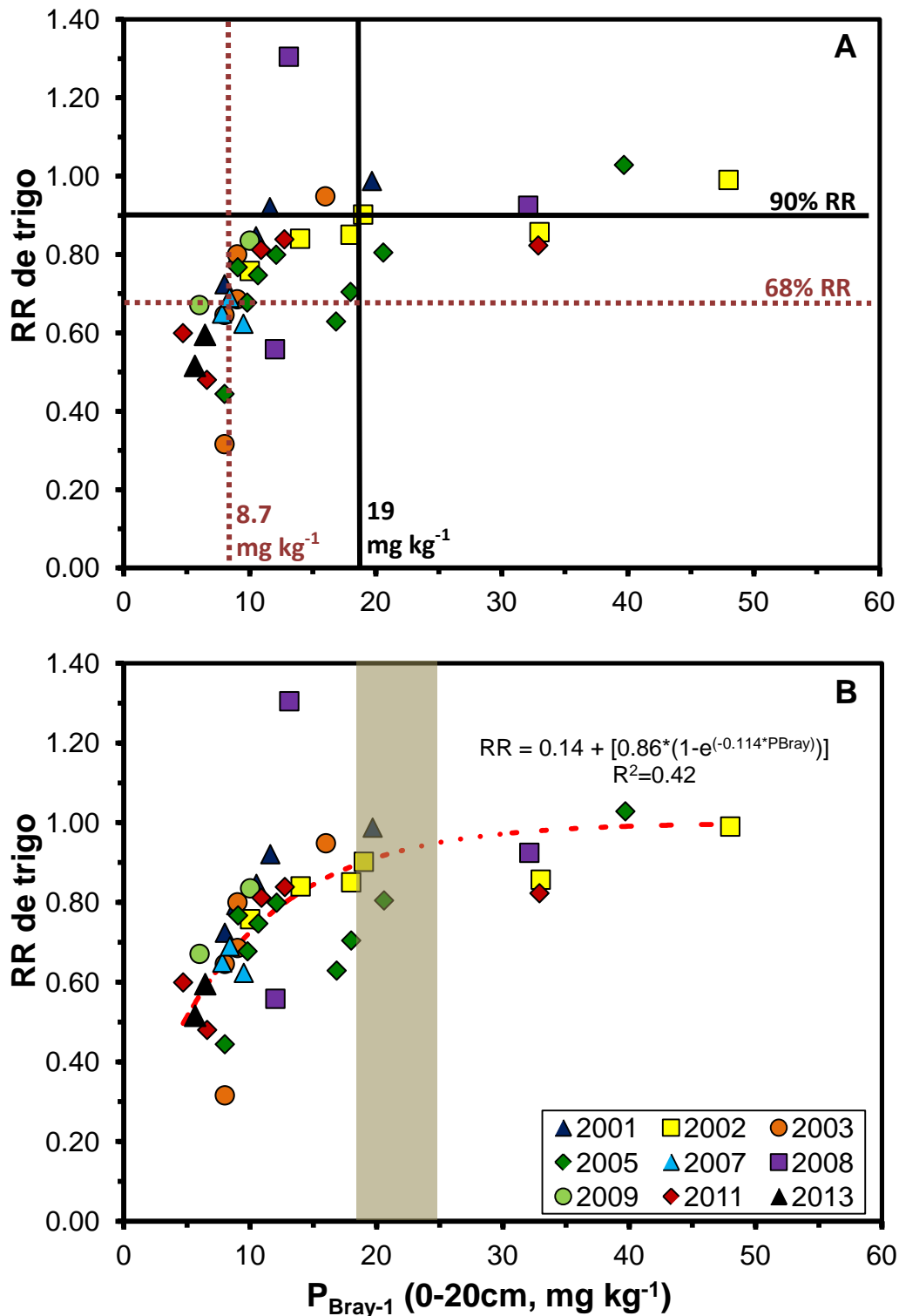


Fig. 8. Rendimiento relativo (RR) de trigo (NS:NPS) en función del nivel de P_{Bray-1} (0-20 cm) a la siembra. n=40. En A: las líneas llenas indican un nivel crítico de 19 mg kg⁻¹ de P_{Bray-1} para obtener 90% del rendimiento relativo según el método gráfico de Cate & Nelson; las líneas punteadas indican un nivel crítico de 8.7 mg kg⁻¹ de P_{Bray-1} para obtener el 68% del rendimiento relativo, según el método estadístico de Cate & Nelson. En B: la franja gris vertical indica niveles de 18.8 y 24.9 mg kg⁻¹ de P_{Bray-1}, para alcanzar entre 90 y 95% del rendimiento relativo, según la función de respuesta ajustada. 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, y 2013/14.

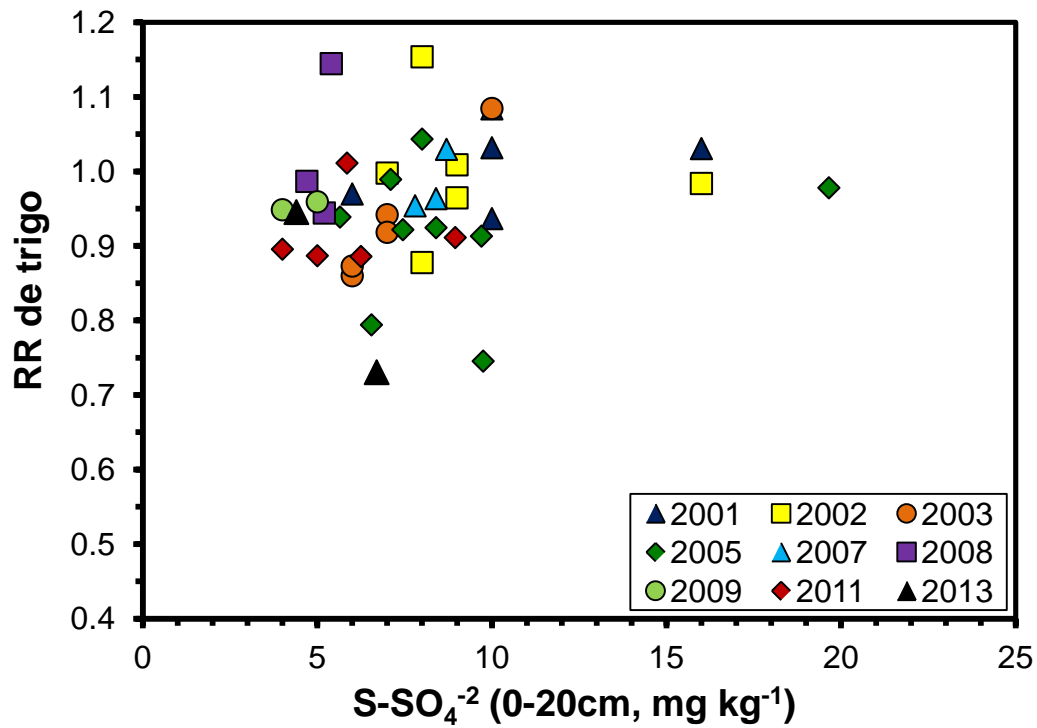


Fig. 9. Rendimiento relativo (RR) de trigo (NP/NPS) en función del nivel de S-SO₄⁻² (0-20 cm) a la siembra. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2011/12, y 2013/14.