



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

Resultados de la Campaña 2014/15: Soja de Segunda

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 soja de segunda (La Blanca, La Hansa y Lambaré), en la campaña 2014/15. Los tres bajo una rotación maíz-soja de primera-trigo/soja de segunda (M-Sj-T/Sj). Los objetivos específicos para esta campaña fueron:

1. 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.
2. Evaluar la respuesta a la fertilización azufrada (directa y residual) y el análisis de $S-SO_4^{-2}$ en pre-siembra como método de diagnóstico.
3. Evaluar los rendimientos sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.
4. Evaluar parámetros de suelo: P_{Bray-1} , y $S-SO_4^{-2}$ 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 estos ensayos es M-Sj-T/Sj en La Blanca (Alejo Ledesma), La Hansa (Cañada de Gómez) y Lambaré (El Trébol). Los seis tratamientos establecidos son similares en todos los 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 del trigo previo a la soja de segunda, se muestrearon tratamientos selectos en los tres bloques para determinar: $P_{\text{Bray-1}}$, y $S\text{-SO}_4^{-2}$ a 0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm de profundidad. Se tomaron veinte “piques” por muestra superficial y 10 “piques” por muestra sub-superficial.

Se determinó el contenido de agua útil del suelo, de ser posible a 0-100 cm de profundidad, a la siembra, R1 y madurez fisiológica en los tratamientos PS, NS, NP y NPS. En los estados de 5-6 hojas y R3 se determinó el índice de verdor mediante el Minolta SPAD 502. A cosecha se determinó el rendimiento, y el peso de mil granos. Los rendimientos reportados se han corregido al 13.5% 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). Adicionalmente, se realizó un análisis de calidad de los granos, determinando contenidos de proteína y de aceite mediante técnicas no destructivas.

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 Diciembre de 2014 y Marzo de 2015 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 del doble cultivo (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 (como indicador del N mineralizable). 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.

Rendimientos y respuestas a la fertilización

Las precipitaciones fueron abundantes durante el mes previo a la siembra (Noviembre) en todos los sitios. En La Hansa se registraron altos niveles de precipitaciones durante todo el ciclo lo que derivó en suelo saturado prácticamente durante todo el cultivo. Por su parte, en La Blanca y Lambaré, los meses de Diciembre y Enero fueron más secos pero con excesos de agua a partir de Febrero por las lluvias registradas desde fines de Enero hasta mediados de Marzo (**Tabla 1**). Los contenidos de agua en el suelo a R1 y madurez fisiológica reflejan esta condición de exceso hídrico (**Fig. 3**).

En esta campaña se alcanzaron los rendimientos históricos más altos de soja de segunda en los tres sitios (**Fig. 4**). En La Blanca y Lambaré se alcanzaron mediante el tratamiento NPS (N en el trigo previo) con 4932 y 5244 kg ha⁻¹, respectivamente, este último marcando un nuevo récord de rendimiento de soja de segunda. En la Hansa, el rendimiento más alto se alcanzó con el tratamiento PS (4081 kg ha⁻¹).

Estos rendimientos elevados de soja de segunda se suman a los muy buenos rendimientos del antecesor trigo, la adecuada condición climática del año permitió alcanzar altos rendimientos en los dos cultivos. Se alcanzaron rendimientos acumulados de hasta 9700 kg/ha como promedio de los tres sitios en el tratamiento NPS (**Fig. 5**).

En cuanto a la respuesta a nutrientes aplicados a la siembra del trigo previo, en La Blanca se observaron respuestas a N (+448 kg ha⁻¹) y P (+522 kg ha⁻¹), y a la aplicación conjunta de NPS (+937 kg ha⁻¹). En La Hansa, se observó respuesta a S (+765 kg ha⁻¹) y a las combinaciones PS (+2028 kg ha⁻¹), NS (+1969 kg ha⁻¹) y NP (+1189 kg ha⁻¹). En Lambaré, se observó respuesta a S (+1038 kg ha⁻¹) y a las combinaciones PS (+1649 kg ha⁻¹) y NS (+1619 kg ha⁻¹). En ninguno de los casos se observó respuesta significativa a otros nutrientes (Completo vs NPS) (**Tabla 4**).

Las eficiencias de uso de agua (EUA, kg mm consumo aparente⁻¹), solo se estimaron en La Blanca y Lambaré, dado que el sitio La Hansa se encontraba con suelo saturado al momento de madurez fisiológica y no se pudo muestrear para humedad. Para este último se estimó la productividad del agua de lluvia (PA, kg mm⁻¹) como el cociente entre el rendimiento de los tratamientos y las

precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo. En La Blanca y La Hansa la EUA varió entre 4.8-10.4 kg soja ha⁻¹ mm⁻¹, para los tratamientos Testigo y Completo, respectivamente (**Fig. 6**). En La Hansa, la PA (kg soja mm lluvia⁻¹) varió entre 4.3 y 7.0 para los tratamientos Testigo y Completo, respectivamente. En todos los casos los tratamientos más eficientes en el uso del agua fueron NPS y Completo, superiores al resto de los tratamientos pero sin diferencias entre sí.

Teniendo en cuenta el doble cultivo T/Sj de la campaña, La PPF de los nutrientes (expresada como la suma de los kg de trigo más los kg de soja por cada kg de N, P o S aplicado) indica la superioridad en producción de los tratamientos NPS y Completo respecto del resto. Asimismo, los BPN indican balances negativos del doble cultivo para el caso de N, especialmente en el sitio Lambaré. Para el caso de P, los balances fueron levemente positivos en La Hansa para todos los tratamientos, mientras que en La Blanca y Lambaré, los tratamientos PS y NP registraron balance neutro y, en contraste, los tratamientos NPS y Completo indicaron un desbalance aproximado de entre 8-18%. Finalmente los balances de S, fueron positivos en La Hansa para todos los tratamientos, en La Blanca para PS y NS, y en Lambaré para PS. Solo resultaron negativos en Lambaré para los tratamientos NPS y Completo, en 5% y 9%, respectivamente (**Tabla 5**).

El rendimiento se relacionó estrechamente con número de granos (NG) por m² ($p < 0.01$; $R^2 = 0.83$) y, en menor medida, con el peso de los granos ($p < 0.01$; $R^2 = 0.54$) (**Fig. 7**). Sin embargo, el componente NG solo fue afectado significativamente por los tratamientos en dos de los tres sitios, mientras que el componente PG fue más sensible y registró diferencias entre tratamientos en todos los sitios (**Tabla 6**).

El índice de verdor (IV) mostró diferencias entre tratamientos fertilizados en los sitios La Hansa y Lambaré al estado de 5-6 hojas, y solo en La Hansa al momento de R2 (**Tabla 7**). En todos los casos, los tratamientos PS y NPS registraron los menores y mayores valores de IV, respectivamente.

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 11 campañas con información de soja (de primera y de segunda) de la Red de Nutrición, incluyendo once sitios en el 2001/02, seis en 2002/03, cinco en 2003/04, cinco en 2004/05, ocho en 2005/06, siete 2007/08, cuatro sitios 2008/09, dos sitios 2009/10, cuatro en 2010/11, cinco en 2011/12, cinco sitios en 2013/14, y tres sitios en 2014/15 (n=65).

Considerando los 65 casos (sitios-años) de las campañas de soja de primera y de segunda, la relación entre el rendimiento relativo (rendimiento tratamiento NS/rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de $P_{\text{Bray-1}}$ (**Fig. 8**) indica que:

- Según el método gráfico de Cate y Nelson podríamos estimar un valor crítico de 11 mg kg^{-1} :
 - el 67% de los casos con $P_{\text{Bray-1}}$ menor de 11 mg kg^{-1} presentó rendimientos relativos $< 90\%$;
 - el 88% de los casos con $P_{\text{Bray-1}}$ superior a 14 mg kg^{-1} presentó rendimientos relativos $\geq 90\%$.
- Según el método estadístico de Cate y Nelson:
 - El nivel crítico de respuesta a P resultó de 10.7 mg kg^{-1} , para lograr el 89% 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 13.0 y 20.8 mg kg^{-1} de $P_{\text{Bray-1}}$ para lograr entre 90 y 95% del rendimiento relativo de soja, respectivamente.

Los rendimientos y las respuestas a S se pudieron relacionar con la concentración de $S\text{-SO}_4^{-2}$ a 0-20 cm (**Fig. 9**), no así con la disponibilidad a 0-60 cm (datos no mostrados). En general, los niveles de $S\text{-SO}_4^{-2}$ en superficie (0-20 cm) a la siembra son bajos, menores de 10 mg kg^{-1} , por lo que se maneja un rango reducido de niveles de S en el suelo. 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 soja.

Considerando los 65 casos (sitios-años) de las campañas de soja de primera y de segunda, la relación entre el rendimiento relativo (rendimiento tratamiento NP/rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de $S\text{-SO}_4^{-2}$ (**Fig. 8**) indica que, según el método gráfico de Cate y Nelson:

- el 66% de los casos con niveles de $S\text{-SO}_4^{-2}$ menores a 10 mg kg^{-1} presentaron rendimientos relativos de soja $< 95\%$;
- el 88% de los casos con $S\text{-SO}_4^{-2}$ superior a 10 mg kg^{-1} presentaron rendimientos relativos de soja $\geq 95\%$.

CONCLUSIONES

1. Los análisis de suelos realizados en pre-siembra mostraron efectos residuales significativos de fertilizaciones de campañas anteriores para $P_{\text{Bray-1}}$; no así para los contenidos de S-sulfato.

2. La buena disponibilidad de agua a la siembra y las precipitaciones durante el ciclo no limitaron los rendimientos, pero se registraron excesos de agua hacia el final del ciclo del cultivo en todos los sitios.
3. Luego de quince años en la rotación M-Sj-T/S (19 cultivos previos incluyendo el trigo 2014), en esta campaña, los niveles de rendimiento de soja de segunda de los tratamientos Testigo muestran el agotamiento de las reservas de N, P y S de estos suelos, con reducciones promedio de rendimiento entre 11-19% respecto de tratamientos con PS o NPS en la rotación.
4. Se observaron respuestas significativas a P en La Blanca, y a S en La Hansa y Lambaré. En La Blanca también se observó respuesta a la aplicación de N sobre el trigo previo. En todos los sitios se observaron respuestas a las combinaciones PS, NS, NP y/o NPS. La aplicación de otros nutrientes adicionales (Completo) registró respuestas de entre 1.7% y 3.2% que no alcanzaron a ser significativas respecto de NPS.
5. Las eficiencias de uso de agua (EUA) resultaron bajas y similares en La Hansa y La Blanca debido a las abundantes precipitaciones registradas, mientras que en Lambaré se observaron eficiencias superiores más cercanas a las óptimas. En los tres sitios, en general, los tratamientos fertilizados presentaron mayor EUA que los Testigos. En La Blanca, la EUA se incrementó cuando se realizó la aplicación conjunta de P+S, respecto de cuando se fertilizó solo con P o S.
6. Los sitios-años con niveles de $P_{\text{Bray-1}}$ menores de 11 mg kg^{-1} presentaron altas probabilidades de respuesta superior al 10% de rendimiento, mientras que por arriba de $20\text{-}21 \text{ mg kg}^{-1}$ de $P_{\text{Bray-1}}$, la probabilidad de respuesta es menor del 7% y la respuesta esperada menor del 5%.
7. Se estimó un nivel crítico de respuesta de soja a la fertilización azufrada de 10 mg kg^{-1} de S-SO_4^{2-} a la siembra para obtener el 95% del rendimiento relativo.

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 y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja de segunda. Campaña 2014/15.

Establecimiento	La Blanca	La Hansa	Lambaré
CREA	Gral. Baldissera	Amstrong-Montes de Oca	San Jorge-Las Rosas
Serie Suelo	La Bélgica	Bustinza	El Trébol
Labranza			
Años agricultura	12	+20	6
Rotación	M-Sj-T/Sj		
Antecesor	Trigo		
Variedad	SPS 4x4		
Fecha de siembra	6/12/2014	5/12/2014	28/11/2014
Densidad lograda (pl m⁻²)	36	33	37
Distancia entre surcos (cm)	26	42	42
Fecha de Cosecha	16/4/2015	23/4/2015	11/4/2015
Lámina de agua útil a MF trigo (mm) (0-100 cm)	91	123	105
Noviembre	128	189	171
Diciembre	90	139	73
Enero	36	214	76
Febrero	242	99	211
Marzo	144	177	189
Diciembre-Marzo	512	629	549

Tabla 2. Tratamientos de fertilización a la siembra del trigo en los sitios bajo rotación M-Sj-T/Sj. Región CREA Sur de Santa Fe. Trigo/Soja de segunda. 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-NO ₃ ⁻	S-SO ₄ ⁻²	S-SO ₄ ⁻²	Nan
		ppm	kg ha ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
		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	-	-	5.65	16.32	-
	NPS	65	52	5.00	12.96	40/21
La Hansa	PS	-	78	-	-	50/24
	NS	10	-	-	-	-
	NP	-	-	6.40	34	-
	NPS	45	82	8.05	50	55/30
Lambaré	PS	-	78	-	-	50/21
	NS	28	-	-	-	-
	NP	-	-	5.60	34	-
	NPS	83	73	6.00	50	46/20

Tabla 4. Rendimientos de trigo para los seis tratamientos evaluados 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. Soja de segunda. Campaña 2014/15.

TRATAMIENTO	M-Sj-T/Sj			
	La Blanca	La Hansa	Lambaré	Promedio
	<i>Rendimiento (kg ha⁻¹)</i>			
Testigo	3995 d	2053 c	3499 c	3183
PS	4484 bc	4081 a	5141 a	4569
NS	4410 c	4023 a	5118 a	4517
NP	4615 abc	3242 b	4206 b	4021
NPS	4932 a	4008 a	5244 a	4728
Completo	4797 ab	3971 a	5236 a	4668
<i>DMS (5%)</i>	354	417	407	-
NUTRIENTE	<i>Respuesta (kg ha⁻¹)</i>			
N	448	-74	102	159
P	522	-15	126	211
S	317	765	1038	707
PS	489	2028	1642	1387
NS	415	1969	1619	1334
NP	620	1189	707	839
NPS	937	1954	1745	1545
Otros ##	-135	-36	-8	-60

[#]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. Productividad parcial de factor (PPF) y balance parcial de nutrientes (BPN) del doble cultivo T/Sj para N, P, y S en los tratamientos fertilizados en los tres sitios. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2014/15. # Para la estimación del balance de nutrientes se consideraron concentraciones de 1.81% N, 0.35% P, y 0.15% S en grano de trigo; y para soja de segunda, concentraciones de 4.7% N, 0.53% P y 0.28% S. Adicionalmente se consideró que un 60% del N extraído en grano de soja fue provisto por fijación biológica.

Ensayo	Tratamiento	Productividad parcial del factor (PPF)			Balance parcial de nutrientes (BPN) [#]		
		N	P	S	N	P	S
		(kg trigo + kg soja) kg nutriente aplicado ⁻¹			kg extraído kg aplicado ⁻¹		
La Blanca	PS	-	102+94	195+178	-	0.95	0.89
	NS	41+31	-	197+147	1.44	-	0.84
	NP	49+31	125+78	-	1.74	1.04	-
	NPS	55+37	139+94	264+179	1.78	1.08	1.00
	Completo	55+38	140+97	266+185	1.80	1.08	1.00
La Hansa	PS	-	94+101	178+193	-	0.80	0.75
	NS	39+40	-	186+191	1.31	-	0.76
	NP	41+41	105+102	-	1.16	0.70	-
	NPS	43+41	109+102	207+195	1.32	0.81	0.76
	Completo	44+41	110+104	210+198	1.33	0.82	0.76
Lambaré	PS	-	93+149	178+284	-	1.01	0.95
	NS	39+59	-	208+286	2.22	-	1.00
	NP	41+61	105+149	-	1.93	0.93	-
	NPS	43+59	123+153	234+285	2.36	1.13	1.05
	Completo	44+61	136+153	259+291	2.45	1.18	1.09

Tabla 6. Componentes del rendimiento de soja (NG: granos por m² y PG: peso de mil granos) para los seis tratamientos evaluados en los tres ensayos con soja de segunda (La Blanca, La Hansa y Lambaré). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja de segunda. Campaña 2014/15.

Ensayo	Tratamiento	NG (granos m ⁻²)	PG (g 1000 granos ⁻¹)
La Blanca	Testigo	2294	179 bc
	PS	2392	186 bc
	NS	2563	176 c
	NP	2582	176 c
	NPS	2517	198 a
	Completo	2560	188 ab
La Hansa	Testigo	1566 b	135 e
	PS	2586 a	158 b
	NS	2591 a	154 c
	NP	2316 a	148 d
	NPS	2471 a	160 a
	Completo	2485 a	161 a
Lambaré	Testigo	2334 d	156 e
	PS	2940 ab	172 bc
	NS	3081 a	169 c
	NP	2632 c	162 d
	NPS	3095 a	173 ab
	Completo	3006 ab	175 a

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

Tabla 7a. Índice de verdor (Minolta SPAD 502) para cuatro tratamientos selectos en los tres ensayos con soja de segunda (La Blanca, La Hansa y Lambaré). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja. Campaña 2014/15.

Ensayo	Tratamiento	V5	R2
La Blanca	PS	35.5	41.2
	NS	36.4	44.6
	NP	34.9	44.4
	NPS	36.8	44.8
La Hansa	PS	42.3 b	44.5 c
	NS	43.5 b	46.0 b
	NP	43.9 b	45.8 bc
	NPS	46.7 a	48.1 a
Lambaré	PS	43.3 c	45.0
	NS	45.1 b	45.7
	NP	44.9 b	45.7
	NPS	46.6 a	48.5

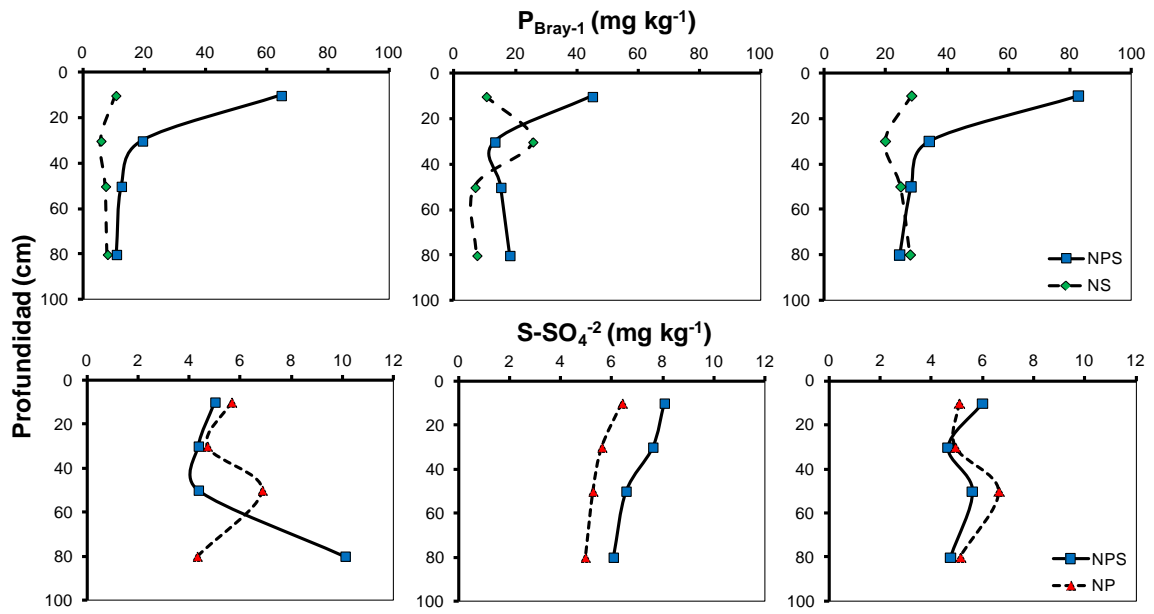


Fig. 1. Distribución de la concentración de P_{Bray-1} y $S-SO_4^{-2}$ a 0-100 cm en pre-siembra de Trigo/Soja de segunda para tratamientos selectos en los sitios La Blanca, La Hansa y Lambaré. Rotación M-Sj-T/Sj. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja de segunda. Campaña 2014/15.

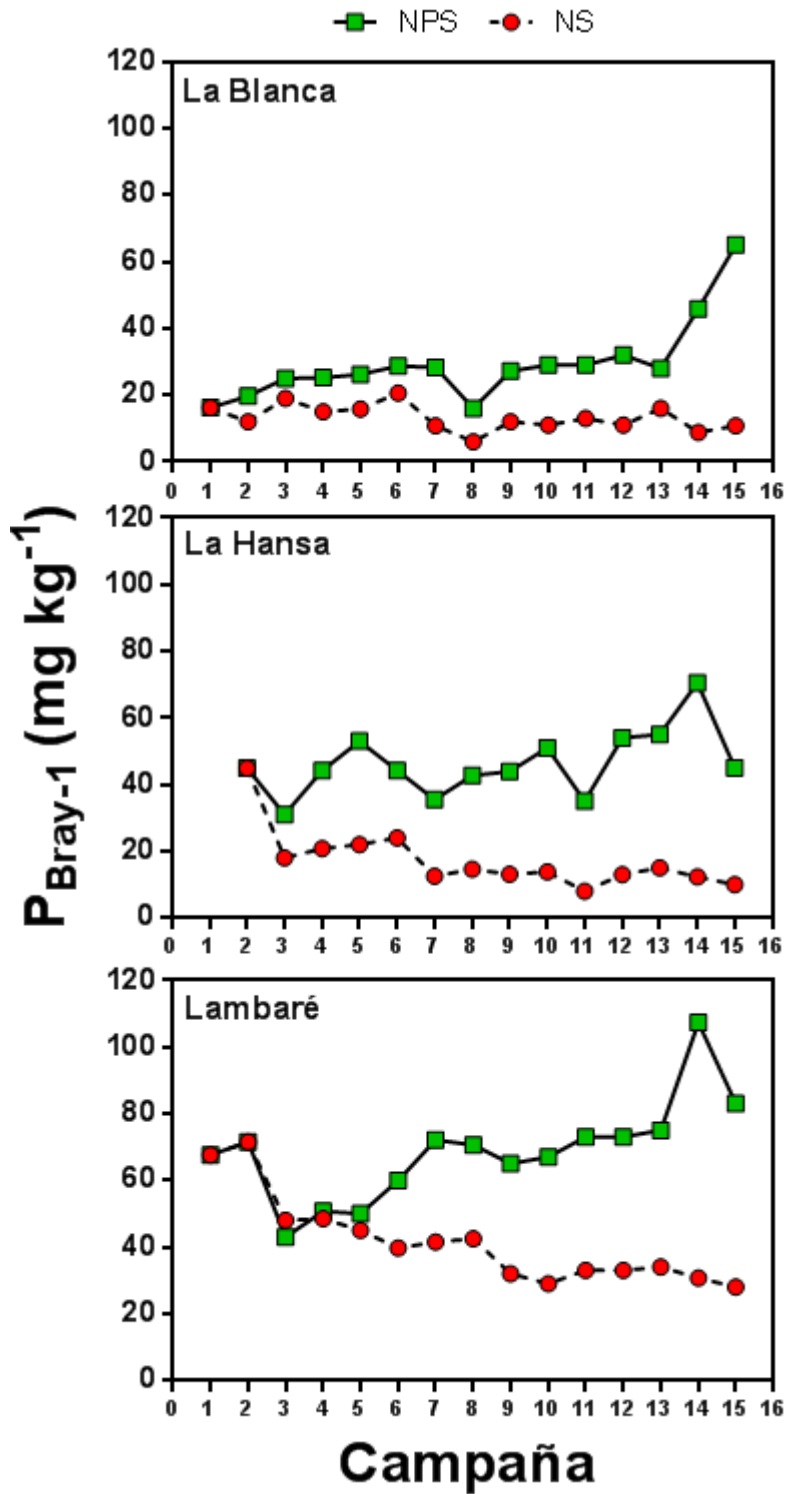


Fig. 2. Evolución de P Bray (0-20 cm), desde el establecimiento de los ensayos bajo rotación M-Sj-T/Sj, en los tratamientos sin fósforo (NS) y con fósforo (NPS). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campañas 1 (200/01) a 15 (2014/15).

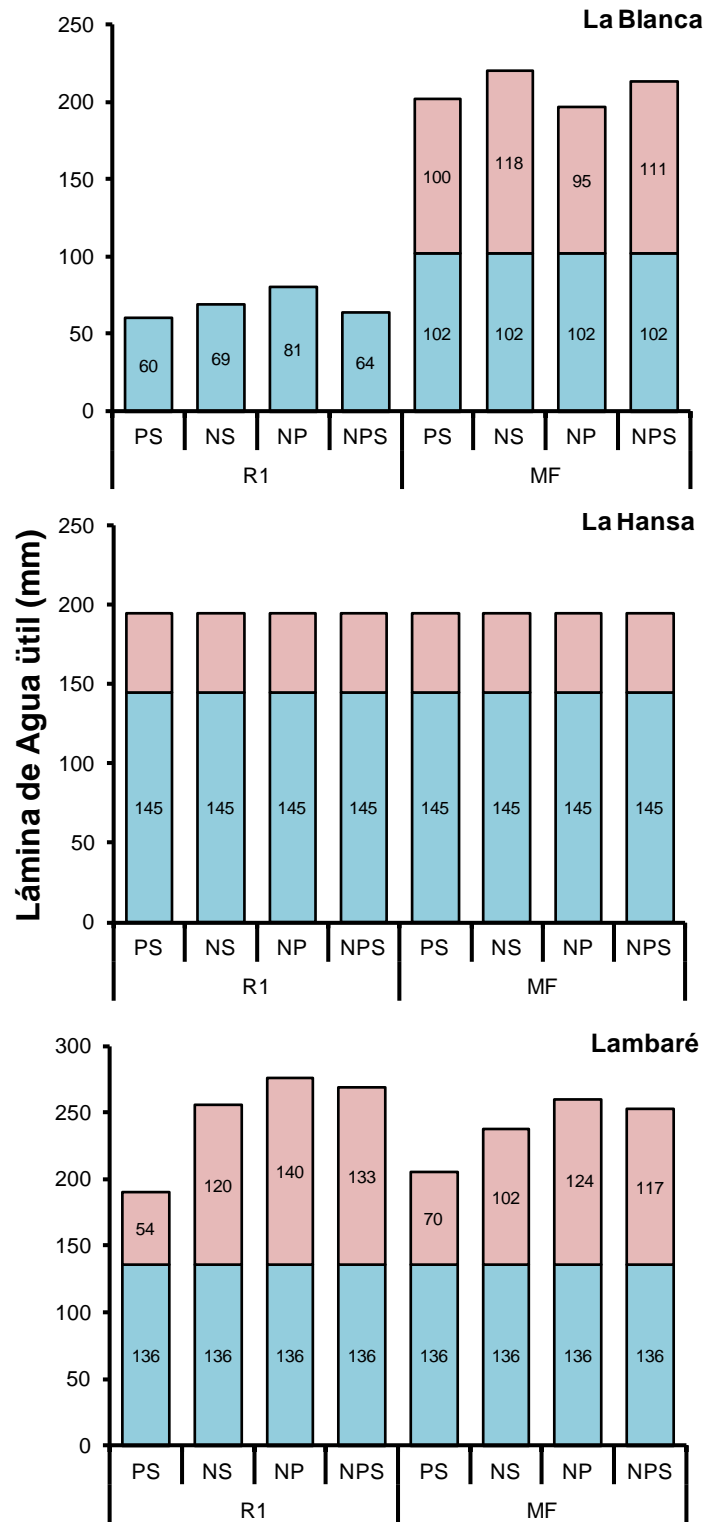


Fig. 3. Agua útil (AU, mm), hasta el metro de profundidad en inicios de floración (R1) y madurez fisiológica (MF) para los tratamientos PS, NS, NP y NPS, en los ensayos bajo M-Sj-T/Sj (La Blanca, La Hansa y Lambaré). Las barras rojas indican lámina en exceso por encima de capacidad de campo. En el sitio la Hansa se observó suelo saturado en ambos momentos. No se registraron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los casos. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja de primera. Campaña 2014/15.

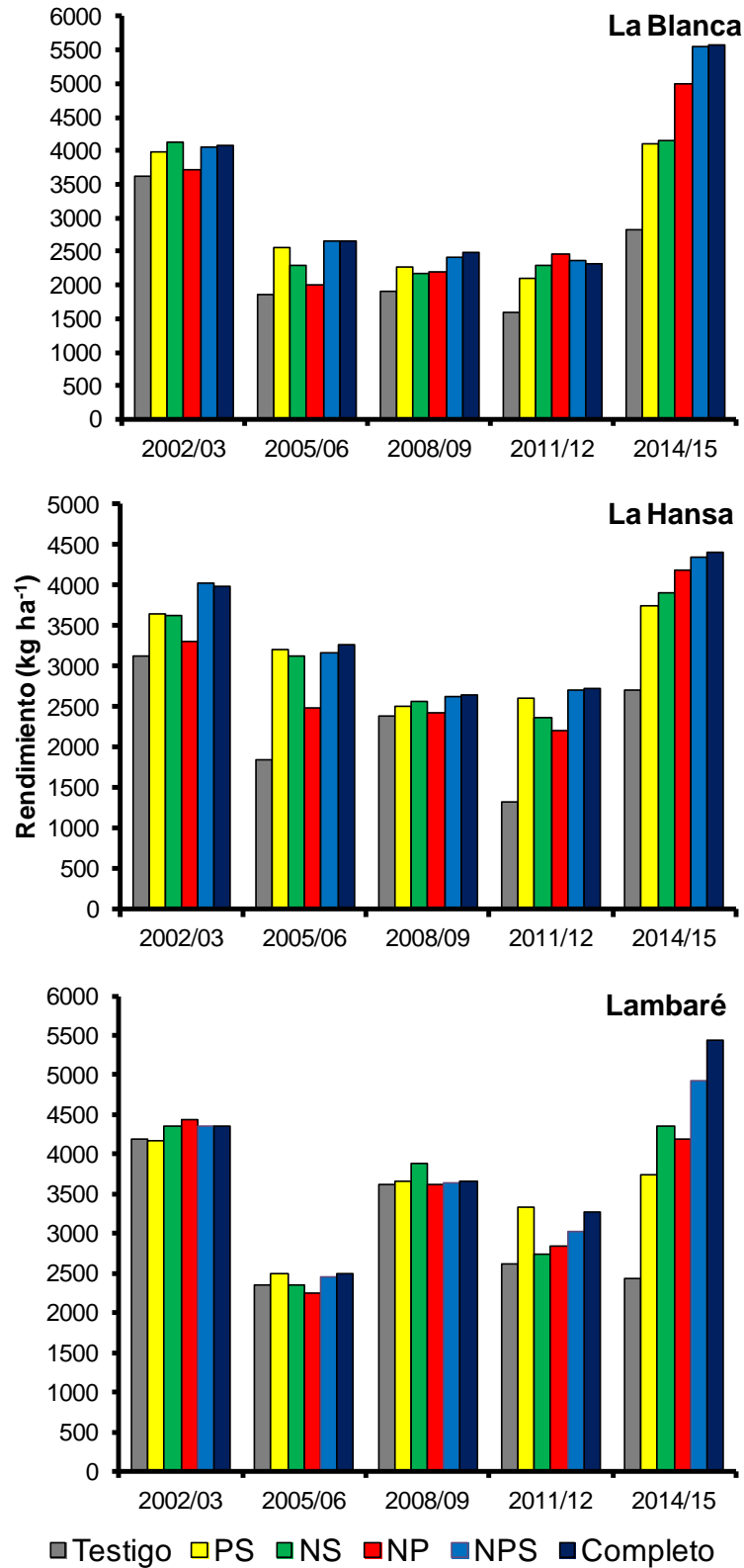


Fig. 4. Evolución de los rendimientos promedio de soja de segunda para los seis tratamientos en los sitios bajo rotación M-Sj-T/Sj. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja de primera. Campañas 2002/03 a 2014/15.

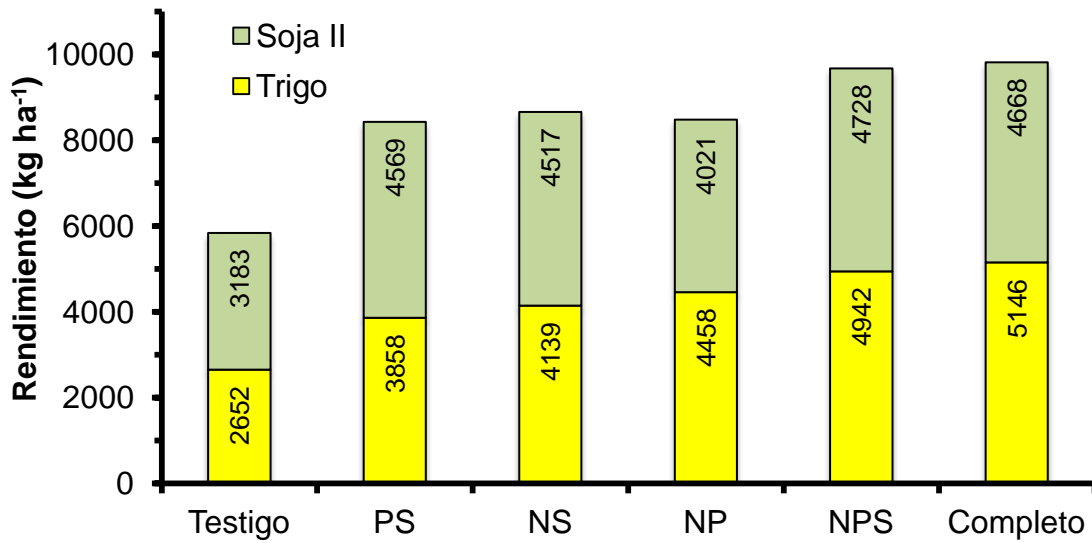


Fig. 5. Rendimientos acumulados de trigo y soja de segunda, promedios para cada tratamiento de los tres sitios evaluados. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2014/15.

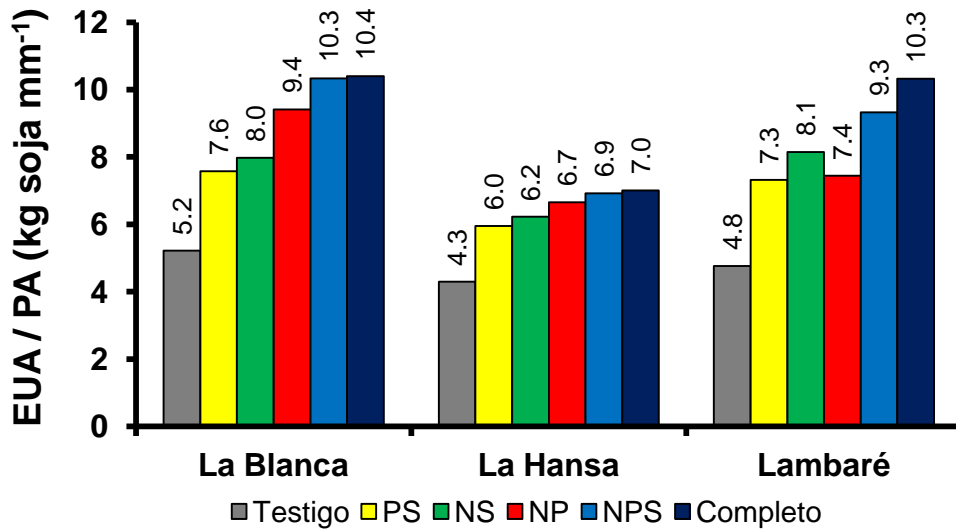


Fig. 6. Eficiencia de uso del agua (EUA), calculada como el cociente entre el rendimiento de soja y la suma de las precipitaciones durante el ciclo más la diferencia de almacenaje de agua en el suelo entre la siembra y madurez fisiológica, para los sitios bajo rotación La Blanca y Lambaré, y Productividad del agua de lluvia (PA), calculada como el cociente entre el rendimiento de soja y la suma de las precipitaciones durante el ciclo para el sitio La Hansa. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja de segunda. Campaña 2014/15.

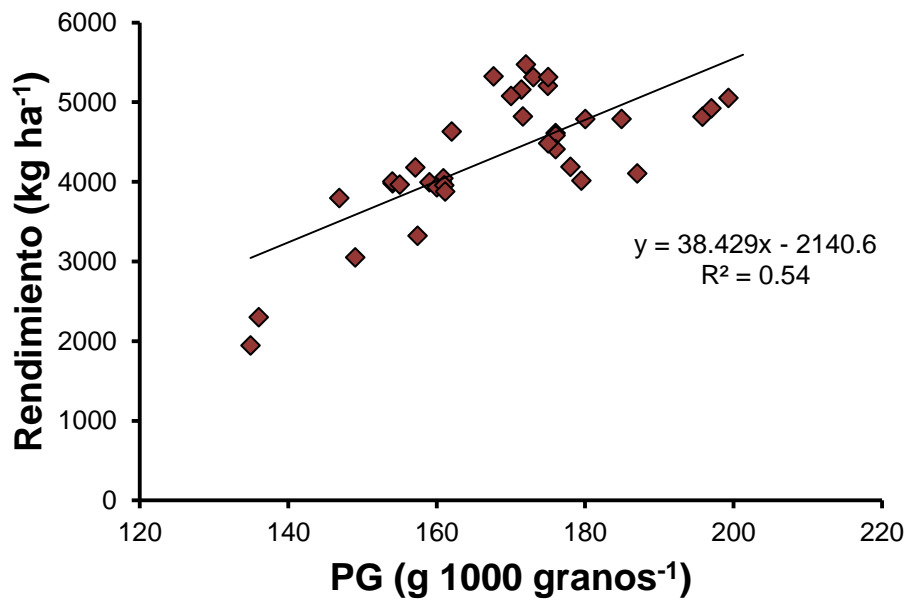
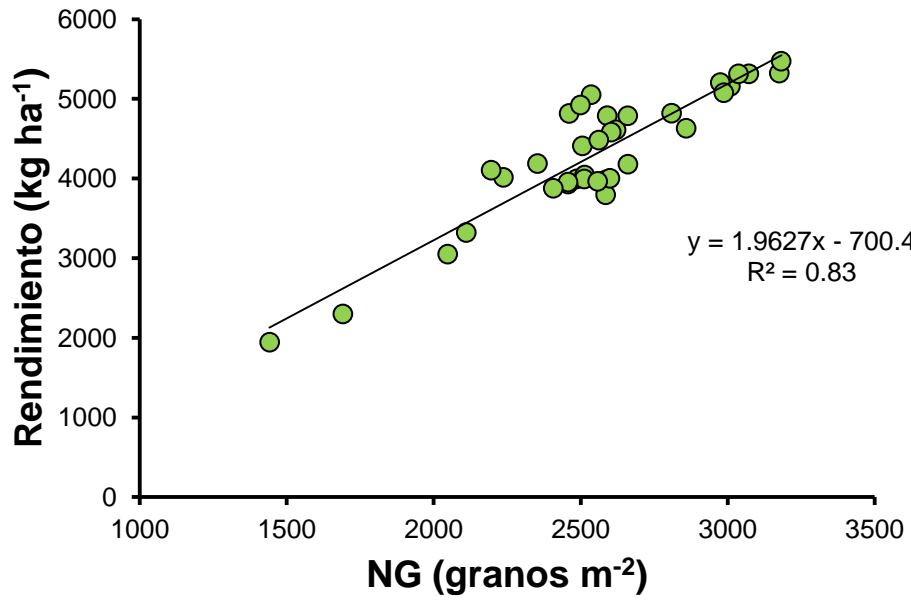


Fig. 7. Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m² (arriba) y el peso de mil granos (abajo). Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Soja. Campaña 2014/15.

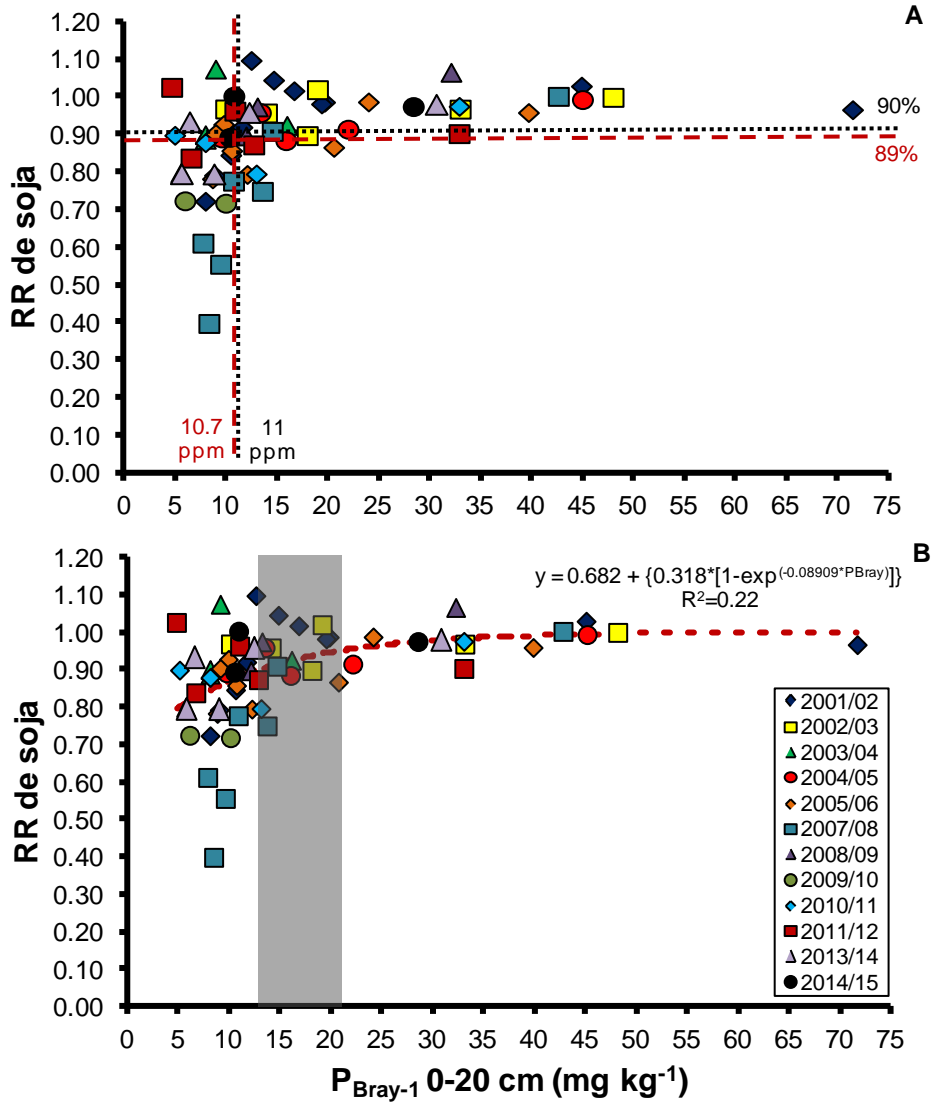


Fig. 8. Rendimiento relativo (RR) de soja (NS:NPS) en función del nivel de P_{Bray-1} (0-20 cm) a la siembra. En A: las líneas llenas indican un nivel crítico de $11\ mg\ kg^{-1}$ de P_{Bray-1} para obtener 90% del rendimiento relativo según el método gráfico de Cate & Nelson; y las líneas punteadas indican un nivel crítico de $10.7\ mg\ kg^{-1}$ de P_{Bray-1} para obtener el 89% del rendimiento relativo, según el método estadístico de Cate & Nelson. En B: la franja verde vertical indica niveles de 13.0 y $20.8\ mg\ kg^{-1}$ de P_{Bray-1} , para alcanzar entre 90 y 95% del rendimiento relativo, según la función de respuesta ajustada ($p < 0.001$). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2004/05, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14, y 2014/15 ($n=65$).

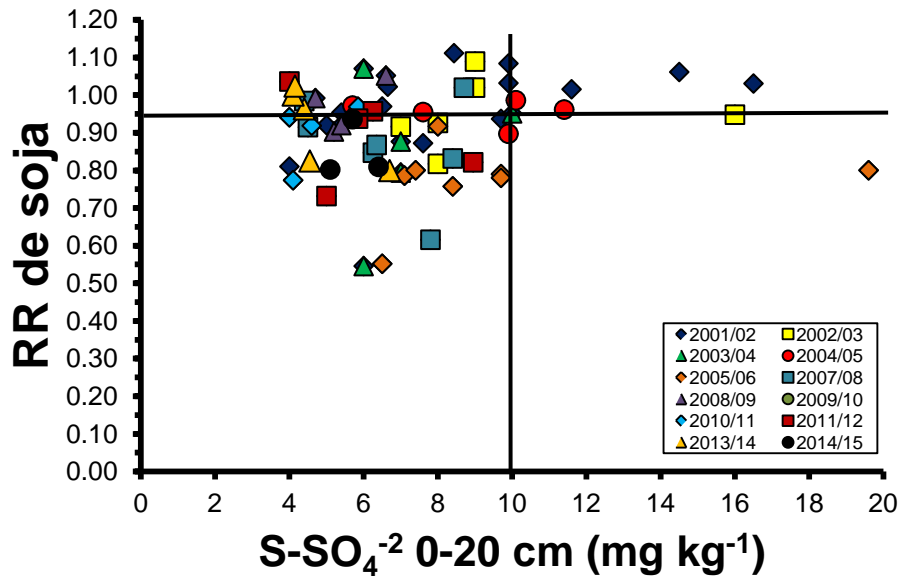


Fig. 9. Rendimiento relativo (RR) de soja (NP/NPS) en función del nivel de $S-SO_4^{2-}$ (0-20 cm) a la siembra. Las líneas llenas indican un nivel crítico de alrededor de 10 mg kg^{-1} de $S-SO_4^{2-}$ para obtener el 95% del rendimiento relativo, según el método gráfico de Cate & Nelson. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2004/5, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14, y 2014/15 (n=65).