

Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe

Resultados de la Campaña 2019/20: Trigo y Soja de primera y segunda

Preparado por:

Franco Permingeat (CREA Teodelina), Guillermo Marcassini (CREA Sur de Santa Fe), Santiago Gallo (Coordinador Zonal), Ricardo Pozzi (Asesor CREA San Jorge-Las Rosas), Guido Crisci (Nutrien Ag Solutions), Nahuel Reussi Calvo (CONICET-Laboratorio Fertilab) y Fernando O. García (Consultor-FCA Balcarce)

En la campaña 2019/20, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con el auspicio de Nutrien Ag Solutions, 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/soja de segunda bajo rotación maíz-trigo/soja de segunda (M-T/Sj) y dos ensayos de soja de primera bajo rotación maíz-soja-trigo/soja de segunda (M-S-T/Sj). 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, e índice de verdor (SPAD).
2. Evaluar la respuesta a la fertilización fosfatada (residual) y el análisis de P Bray-1 en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
3. Evaluar la respuesta a la fertilización azufrada (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 la evolución de parámetros de suelo: PBray-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 cuatro 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**). La **Tabla 2** muestra las precipitaciones mensuales en los cuatro ensayos entre Mayo 2019 y Mayo 2020.

Desde 2000/01, la rotación establecida es maíz-trigo/soja (M-T/S), para los sitios Balducchi (Teodelina) y San Alfredo (Santa Emilia), y maíz-soja-trigo/soja (M-S-T/S), para los sitios La Blanca (Alejo Ledesma) y Lambaré (El Trébol). Los seis tratamientos establecidos son similares en los cuatro sitios y se disponen en un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Los mismos se repiten anualmente siempre sobre las mismas parcelas.

En los sitios de trigo/soja de segunda (T/S), los tratamientos fueron aplicados a la siembra del cultivo de trigo (**Tabla 3a**). En los ensayos de soja de primera (SI), los tratamientos se aplicaron a la siembra del cultivo (**Tabla 3b**). En los ensayos de soja de primera, no se aplica N, en los tratamientos que se indica N corresponde a N aplicado en gramíneas (maíz y trigo) en esas parcelas.

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 ambos sitios.

En pre-siembra del cultivo de trigo o soja de primera, se muestrearon tratamientos selectos en dos bloques para determinar: P 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-nitrato 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.

Al estado de antesis de trigo y R3 del cultivo de soja se determinó el índice de verdor utilizando un Minolta SPAD 502. A cosecha se determinó el rendimiento a humedad comercial. En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (datos no mostrados).

El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) y/o regresión, según corresponda, mediante diferentes paquetes estadísticos.

RESULTADOS

Análisis de suelos

Los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra se muestran en la **Tabla 4**. En todos los sitios, se observaron efectos residuales de fertilizaciones fosfatadas anteriores en los niveles de P Bray-1, especialmente en la capa superficial (0-20 cm) (**Fig. 1**). Los efectos residuales se verificaron en capas inferiores, por debajo de 20 cm, principalmente en La Blanca.

Para N-nitrato se observó residualidad debida la historia de fertilización nitrogenada en Balducchi y San Alfredo. En San Alfredo, la residualidad de N se observó aun por debajo de los 20 cm (**Fig. 1, Tabla 4**).

También se observó residualidad de aplicaciones anteriores de S en San Alfredo y, en menor medida, en Balducchi y La Blanca (**Tabla 4**).

Las diferencias en P 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 en grano para ambos tratamientos. A partir de la campaña 2016/17 se suspendió la aplicación de P en los tratamientos NPS ya que los niveles de P Bray eran elevados. Estos niveles fueron bajando lentamente entre 2016/17 y 2019/20, cayendo en promedio entre 12 y 20 mg kg⁻¹ en los sitios de rotación M-S-T/S y entre 6 y 12 mg kg⁻¹ en los sitios de la rotación M-T/S (**Fig. 3**). En esta campaña 2019/20 se decidió aplicar una dosis de 10 kg/ha de P solo para mantener un aporte balanceado de arranque a la siembra, pero no para satisfacer la remoción por los cultivos. Es de esperar que los niveles sigan bajando en los próximos años.

Los niveles de N-nitrato (0-60 cm) fueron bajos en el tratamiento PS de San Alfredo y medios en San Alfredo NPS y Balducchi. Para S-sulfato, en todos los sitios, los niveles de S-sulfato (0-20 cm) se ubicaron por debajo de los 7-8 mg kg⁻¹, umbral crítico estimado en esta misma red de ensayos.

Rendimientos y respuestas a la fertilización

Los rendimientos de trigo, soja de segunda y soja de primera fueron altos en todos los ensayos, dadas las buenas condiciones climáticas de la campaña (**Tabla 2**). En Balducchi, los excesos de agua en Marzo 2020 resultaron en la inundación del ensayo e impidieron cosechar la soja de segunda (el lote de soja de segunda rindió aproximadamente 3400 kg/ha donde se pudo cosechar).

En *Balducchi*, los rendimientos de trigo mas elevados se observaron en los tratamientos NPS y Completo que se diferenciaron en 4120 (+266%) y 4362 (+282%) kg/ha

del Testigo, respectivamente (**Tabla 5**). Se observó respuesta significativa a N, P y S y a las interacciones PS, NS, NP y NPS, pero la respuesta a Otros nutrientes no fue significativa. Estos resultados demuestran las fuertes deficiencias de NPS que se han ido generando entre tratamientos. En los 20 años de evolución, las diferencias en este sitio, que a la instalación de la Red de Nutrición mostraba la menor fertilidad inicial, han ido creciendo marcadamente.

En *San Alfredo*, los rendimientos de trigo fueron menores que en Balducchi y más variables entre repeticiones para un mismo tratamiento (CV=21%). El análisis estadístico muestra diferencias significativas entre los tratamientos Completo, NPS y NP respecto de los tratamientos NS, PS y Testigo. La respuesta a N fue significativa, pero las respuestas a P, S y Otros nutrientes no fueron significativas por la alta variabilidad.

La soja de segunda de *San Alfredo* alcanzó rendimientos muy altos, con diferencias entre los tratamientos Completo, NPS y PS respecto de los tratamientos NS, NP y Testigo (**Tabla 6**). Es de destacar que los tratamientos NP y Testigo muestran rendimientos similares, indicando la fuerte deficiencia de S en soja de segunda, mucho mayor que en trigo. Las respuestas fueron significativas a S (+53%) y a P (+25%), mientras que se observó una tendencia al efecto residual de N.

En los dos ensayos de soja de primera se observaron altos rendimientos y respuestas a la fertilización (**Tabla 6**). En *La Blanca*, los mayores rendimientos se observaron en los tratamientos Completo, NPS y PS. Las respuestas fueron significativas a P y S, con incrementos de 15% y 11%, respectivamente. En *Lambaré*, los rendimientos de soja fueron elevados, con máximos para los tratamientos con S (respuesta del 13%): Completo, NPS, NS y PS. Este sitio siempre mostró alta respuesta a S en soja de primera y, por otra parte, el nivel de P Bray en el tratamiento NS aun sigue siendo adecuado para soja (27 mg kg⁻¹).

Relación entre variables de suelo-planta y rendimientos

Los índices de verdor medidos con SPAD Minolta 502 en el trigo de San Alfredo muestran diferencias significativas entre tratamientos con los mayores valores en tratamientos que incluyen N y/o S: Completo, NPS y NS (**Tabla 7**). En el caso de soja, solamente la soja de primera de *Lambaré* mostró diferencias significativas en índice de verdor entre tratamientos: los tratamientos con S (Completo, NPS, NS y PS) superaron a NP y testigo (**Tabla 8**). Las sojas de *La Blanca* y *San Alfredo* mostraron tendencias similares de mayores valores con S, pero las mismas no fueron significativas.

Considerando todos los ensayos de **trigo** realizados en la Red de Nutrición desde 2001/02 a 2019/20, la relación entre los rendimientos y la disponibilidad de N a la siembra más el N aplicado (Ns+f) se ajustó para tres niveles de rendimiento: < 3000 kg ha⁻¹, entre 3000 y 4500 kg ha⁻¹ y > 4500 kg ha⁻¹ (**Fig. 4**). Los trigos de rendimiento potencial alto indican un nivel crítico de Ns+f de unos 160-170 kg ha⁻¹ Ns+f para 5000 kg ha⁻¹ de rendimiento. Los

sitios de rendimiento potencial medio (3000 a 4500 kg ha⁻¹) muestran un nivel crítico de Ns+f similar de 160-170 kg/ha para alcanzar 3750 kg ha⁻¹ de rendimiento. Esto indicaría que el aporte de N por mineralización es menor en estos ambientes respecto a los de mayor potencial de rendimiento, lo cual se refleja en diferencias en el rendimiento de los testigos (**Fig. 4**). Para rendimientos potenciales altos y medios, disponibilidades iniciales de 60 kg/ha NS resultarían en rendimientos de 3500 y 2350 kg/ha, la aplicación de 100 kg/ha de Nf llevaría esos rendimientos a 5000 y 3750 kg/ha, respectivamente. Las respuestas de 1500 y 1400 kg/ha para alto y medio potencial resultarían en eficiencias de uso del N de 15 y 14 kg trigo por kg Nf, respectivamente. Estas respuestas son altamente rentables si se consideran costos de 5-6 kg de trigo por kg N (10-12 kg trigo por kg urea). Por último, los sitios de bajo rendimiento (< 3000 kg ha⁻¹) presentan baja asociación con Ns+f, probablemente otros factores (clima, enfermedades, otros), y no la disponibilidad de N, hayan limitado el rendimiento en estos casos.

Para el caso de P, si consideramos los 52 sitios-año de las trece campañas de trigo, la relación entre el rendimiento relativo sin aplicación de P (rendimiento tratamiento NS:rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de P Bray-1 (**Fig. 5**) indica un nivel crítico de 18 mg kg⁻¹ para obtener el 90% del rendimiento relativo, con un intervalo de confianza (95%) entre 15 y 21 mg kg⁻¹. Para obtener el 95% del rendimiento relativo, el nivel crítico sería de 23 mg kg⁻¹ con un intervalo de confianza (95%) entre 19 y 28 mg kg⁻¹.

Por otra parte, la respuesta a S se correlacionó con la concentración de S-sulfato a 0-20 cm (**Fig. 6**), no así con la disponibilidad a 0-60 cm (datos no mostrados). En función de dicha relación se estimó un nivel crítico entre 6 y 8 mg S kg⁻¹ para obtener el 95% del rendimiento relativo. Cabe destacar que, en general, los niveles de S-sulfato en superficie (0-20 cm) a la siembra son consistentemente bajos, menores de 10 mg kg⁻¹. Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar metodologías complementarias basadas en el análisis de planta o grano con el fin de poder diagnosticar mejor la deficiencia de S en el cultivo de trigo.

En cuanto a *soja*, se evaluaron las relaciones de análisis de P Bray-1 y S-sulfato para soja de primera y de segunda en conjunto para los ensayos de 2011/02 a 2019/20. Para el caso de P, el rendimiento relativo de los tratamientos NS (sin aplicación de P) se correlacionó significativamente ($r=0.50$, $p<0.0001$) con la concentración de P Bray-1 en capa superficial (**Fig. 7**). En base a dicho modelo, se indican niveles críticos de 11 mg kg⁻¹ ($IC_{95\%}=10$ a 13 mg kg⁻¹) y 15 mg kg⁻¹ ($IC_{95\%}=13$ a 17 mg kg⁻¹) de P Bray-1 para obtener el 90% y el 95% del rendimiento relativo al máximo rendimiento, respectivamente.

Por otra parte, la respuesta a S no se correlacionó significativamente con la concentración de S-sulfato a 0-20 cm de manera de poder ajustar una curva de respuesta con el método arcoseno-logaritmo modificado (Correndo et al., 2016). Sin embargo, utilizando el modelo de cuadrantes de Cate-Nelson, se podría estimar un nivel crítico de 10 mg S kg⁻¹ para obtener el 95% del rendimiento relativo (**Fig. 8**). Cabe destacar que, en

la gran mayoría de los casos evaluados, los niveles de S-sulfato en superficie (0-20 cm) a la siembra son bajos, menores de 10 mg kg⁻¹. Del total de 74 casos evaluados en 15 campañas, 41 de los 66 sitios con nivel menor de 10 mg S kg⁻¹ presentaron respuesta significativa (62%), y 6 de los 8 casos con nivel mayor de 10 mg S kg⁻¹ no presentaron respuesta (75%). Es decir que la predictibilidad correcta del análisis sería de un 63%. Por lo tanto, al igual que para trigo, surge la necesidad de evaluar metodologías complementarias para poder diagnosticar mejor la deficiencia de S en el cultivo de soja.

CONCLUSIONES

1. Los análisis de suelos realizados en pre-siembra mostraron efectos residuales significativos de fertilizaciones de campañas anteriores para P Bray-1 y, en menor medida, para los contenidos de N-nitrato y S-sulfato.
2. Los rendimientos de los cultivos en la campaña 2019/20 fueron altos por las buenas condiciones climáticas. Se registraron excesos hídricos en marzo 2020 que impidieron cosechar el ensayo de soja de segunda de Balducchi.
3. Se observaron respuestas significativas en todos los ensayos evaluados, con respuestas significativas a N, P y S en trigo y a P y S en soja de primera y de segunda.
4. La respuesta a otros nutrientes no fue significativa en ningún caso, aunque se observaron algunas tendencias en trigo.
5. Las respuestas a N en trigo se relacionaron con la disponibilidad inicial de N-nitrato a 0-60 cm + N fertilizante según el nivel de rendimiento. Los umbrales críticos son de 160-170 kg ha⁻¹ Ns+f para 5000 kg ha⁻¹ de rendimiento en ambientes de alto potencial de rendimiento y para 3750 kg ha⁻¹ de rendimiento en ambientes de potencial de rendimiento medio.
6. Las respuestas a P y S se relacionaron con la concentración de P Bray-1 y S-sulfato, tanto en trigo como en soja.
7. Los niveles críticos de P Bray-1 (0-20 cm) son de 18 (rango 15-21) y 11 (rango 10-13) mg kg⁻¹ para trigo y soja, respectivamente.
8. Las calibraciones de S-sulfato y los rendimientos relativos de trigo y soja son de menor ajuste que las de N o P, pero indicarían niveles críticos de 8 a 10 mg kg⁻¹ de S-sulfato (0-20 cm).

Agradecimientos

- A todos los asesores, productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.

- A *Nutrien Ag Solutions* por su continuo apoyo para la realización de esta Red.

Referencias

Correndo, A.A., F.H. Gutiérrez Boem, F. Salvagiotti, y F.O. García. 2016. Método alternativo para estimar niveles críticos de nutrientes. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Ordenamiento territorial: un desafío para la ciencia del suelo. 27 de Junio al 1ro. de Julio de 2016. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. AACCS.

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.

Tabla 1. Información de manejo y de sitio, y 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/Soja de segunda y Soja de primera. Campaña 2019/20.

Establecimiento	Balducchi		San Alfredo		La Blanca	Lambaré
CREA	Teodelina		Santa Isabel		Gral. Baldissera	Las Rosas
Serie Suelo	Santa Isabel		Hughes		La Bélgica	El Trébol
Años agricultura	+ 80		24		23	21
Antecesor	Maíz	Trigo	Maíz	Trigo	Maíz	Maíz
Cultivo	Trigo	Soja II	Trigo	Soja II	Soja I	Soja I
Variedad	DM Algarrobo		Klein Rayo	DM3312	DM46R18	DM4612
Fecha de siembra	4/6/19		5/7/19	10/12/19	9/11/19	15/11/19
Fecha de Cosecha	8/12/19		7/12/19	2/5/20	6/4/20	30/3/20

Tabla 2. Precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo/Soja de segunda y Soja de primera. Campaña 2019/20.-

Establecimiento	Balducchi	San Alfredo	La Blanca	Lambaré
Mayo 2019	125	82	25	25
Junio	47	52	14	22
Julio	16	10	0	0
Agosto	30	0	0	0
Septiembre	4	11	17	23
Octubre	0	45	47	50
Noviembre	15	68	75	73
Diciembre	144	117	147	34
Enero 2020	126	181	72	66
Febrero	81	86	238	87
Marzo	267	154	129	11
Abril	83	52	26	99
Mayo	0	11	0	0
<i>Ciclo Trigo (Jun-Nov)</i>	112	186	-	-
<i>Ciclo Soja II (Dic-Abr)</i>	701	590	-	-
<i>Ciclo Soja I (Nov-Mar)</i>	-	-	661	271

Tabla 3a. Tratamientos de fertilización establecidos a la siembra de trigo en Balducchi y San Alfredo.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK Micros
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		44		44	44	44
Urea			261	251	251	251
Azufertil (19%)		110	110		110	110
Oxido de magnesio (36%)						40
Cloruro de potasio						50
B10						10
Zn 40						5
Cu25						8
Fertilizante total	0	154	371	295	405	518
	Nutrientes (kg/ha)					
N		4	120	124	124	124
P		10		10	10	10
K						25
Mg						14
S		21	21		21	21
B						1
Zn						2
Cu						2
Cl						23

Tabla 3b. Tratamientos de fertilización establecidos a la siembra de soja de primera en La Blanca y Lambaré.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		67		67	67	67
Azufertil (19%)		95	95		95	95
Oxido de magnesio (36%)						39
Cloruro de potasio						50
B10						10
Zn 40						5
Cu25						8
Fertilizante total	0	161	95	67	161	273
	Nutrientes (kg/ha)					
P		15		15	15	15
K						25
Mg						14
S		18	18	18	18	18
B						1
Zn						2
Cu						2

Tabla 4. Análisis de suelo previo a la siembra del trigo en Balducchi y San Alfredo y previo a la siembra de soja de primera en La Blanca y Lambaré. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Trigo. Campaña 2019/20.

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	-	17	84	-	-	35/13
	NS	5	-	-	-	-	-
	NP	-	-	-	4	30	-
	NPS	28	21	96	6	37	35/10
San Alfredo	PS	-	12	49	-	-	-
	NS	7	-	-	-	-	-
	NP	-	-	-	6	14	-
	NPS	42	15	78	6	37	-
La Blanca	PS	-	11	51	-	-	43/21
	NS	8	-	-	-	-	-
	NP	-	-	-	4	31	-
	NPS	42	11	52	7	39	46/29
Lambaré	PS	-	17	67	-	-	57/32
	NS	27	-	-	-	-	-
	NP	-	-	-	6	38	-
	NPS	70	13	53	5	33	46/29

Tabla 5. Rendimientos de trigo para los seis tratamientos evaluados y respuestas a diferentes combinaciones de N, P, S y otros nutrientes en los ensayos de Balducchi y San Alfredo (Rotación M-T/S). Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2019/20.

Tratamiento	Balducchi	San Alfredo	Promedios
Rendimientos[#] (kg ha⁻¹)			
Testigo	1549 d	1532 d	1540
PS	2637 c	1988 cd	2313
NS	2894 c	2741 bcd	2818
NP	3309 b	3328 abc	3318
NPS	5669 a	4108 ab	4888
Completo	5911 a	4777 a	5344
Valor p	0.001	0.023	-
CV (%)	7	21	-
DMS (5%)	382	1647	-
Respuestas (kg ha⁻¹)			
N	3032	2119	2575
P	2775	1367	2071
S	2360	780	1570
PS	1088	457	773
NS	1345	1209	1277
NP	1760	1797	1778
NPS	4120	2576	3348
Otros ##	242	670	456

[#]Rendimientos seguidos por letras diferentes, en cada sitio, no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%. ^{##}Otros incluye K, Mg, B, Zn, Cu y Cl.

Tabla 6. Rendimientos de soja de primera y de segunda para los seis tratamientos evaluados y respuestas a diferentes combinaciones de N, P, S y otros nutrientes en los ensayos de las rotaciones M-T/S y M-S-T/S. Promedios de tres repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2019/20.

Tratamiento	Soja de primera			Soja de segunda
	La Blanca	Lambaré	Promedio	San Alfredo
Rendimientos[#] (kg ha⁻¹)				
Testigo	4142 d	4614 c	4378	2984 c
PS	4946 ab	5352 ab	5149	4156 ab
NS	4407 cd	5665 a	5036	3641 bc
NP	4562 bcd	4957 bc	4759	2991 c
NPS	5057 a	5618 a	5337	4567 a
Completo	4830 abc	5608 a	5219	4684 a
Valor p	0.0033	0.0003	-	0.0052
DMS (5%)	486	434	-	714
Respuestas (kg ha⁻¹)				
N	111	265	188	411
P	650	-48	301	926
S	496	661	578	1576
PS	804	738	771	1172
NS	265	1051	658	657
NP	420	343	381	7
NPS	916	1003	959	1583
Otros ##	-228	-10	-119	117

[#]Rendimientos seguidos por letras diferentes, en cada sitio, no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%. ^{##}Otros incluye K, Mg, B, Zn, Cu y Cl.

Tabla 7. Lecturas de SPAD (Minolta SAD 502) de trigo en antesis para los seis tratamientos evaluados y respuestas a diferentes combinaciones de N, P, S y otros nutrientes en San Alfredo (Rotación M-T/S). Promedios de dos repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2019/20.

Tratamiento	San Alfredo
Valor SPAD	
Testigo	44.7 b c
PS	42.2 c
NS	50.0 a
NP	46.7 ab
NPS	50.5 a
Completo	50.2 a
Valor p	0.014
DMS (5%)	4.1
Diferencias Valor SPAD	
N	8.3
P	0.5
S	3.8
PS	-2.5
NS	5.3
NP	2.0
NPS	5.8
Otros ##	-0.3

#Lecturas seguidas por letras diferentes, en cada sitio, no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%. ##Otros incluye K, Mg, B, Zn, Cu y Cl.

Tabla 8. Lecturas de SPAD (Minolta SAD 502) de soja de primera y de segunda al estado R2 para los seis tratamientos evaluados y respuestas a diferentes combinaciones de N, P, S y otros nutrientes en los ensayos de las rotaciones M-T/S y M-S-T/S. Promedios de dos repeticiones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2019/20.

Tratamiento	Soja de primera			Soja de segunda
	La Blanca	Lambaré	Promedio	San Alfredo
Valor SPAD				
Testigo	41.8	35.4 c	38.6	32.3
PS	45.6	37.9 a	41.8	32.4
NS	44.7	37.6 ab	41.2	33.2
NP	44.0	36.2 bc	40.1	29.3
NPS	47.1	38.6 a	42.9	31.7
Completo	46.4	38.3 a	42.4	31.5
Valor p	0.186	0.002	-	0.350
DMS (5%)	-	1.6	-	-
Diferencias Valor SPAD				
N	1.5	0.7	1.1	-0.7
P	2.4	0.9	1.7	-1.5
S	3.1	2.3	2.7	2.4
PS	3.8	2.5	3.2	0.1
NS	2.9	2.2	2.6	1.0
NP	2.2	0.8	1.5	-3.0
NPS	5.3	3.2	4.3	-0.6
Otros ##	-0.7	-0.3	-0.5	-0.3

#Lecturas seguidas por letras diferentes, en cada sitio, no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%. ##Otros incluye K, Mg, B, Zn, Cu y Cl.

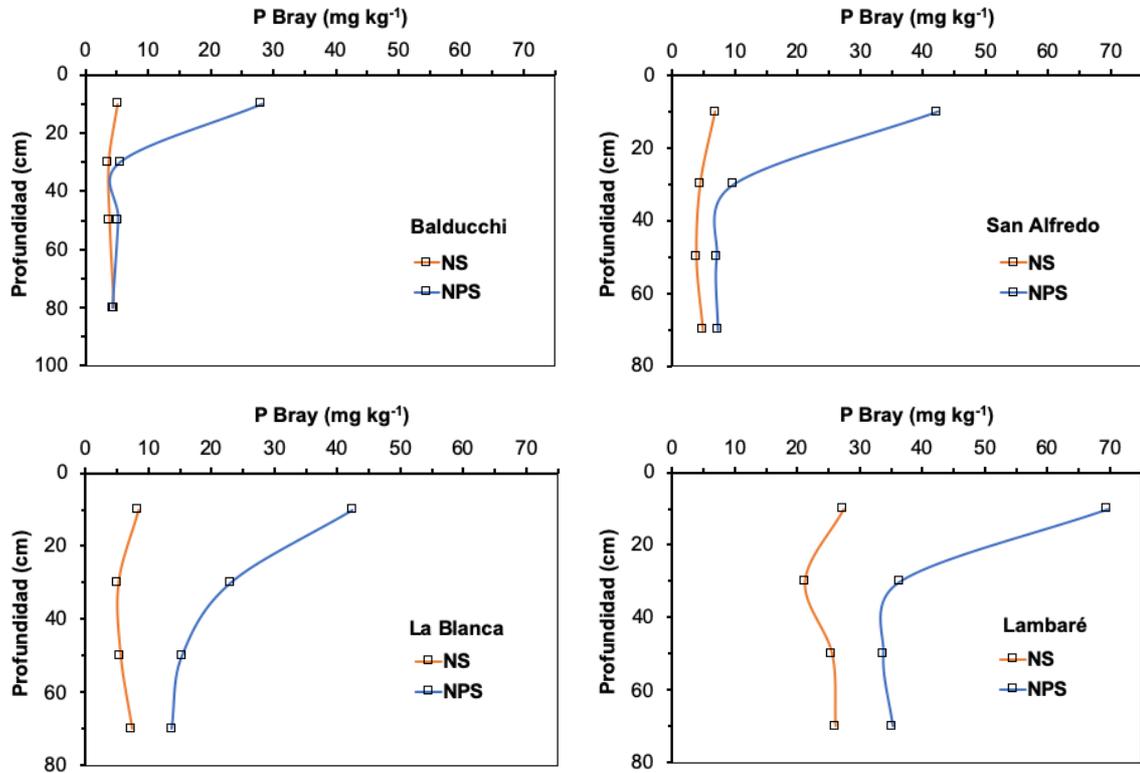


Figura 1. Concentración de P Bray-1 en profundidad en los muestreos a la siembra de los tratamientos NS y NPS de los ensayos de trigo/soja de segunda (Balducchi y San Alfredo) y soja de primera (La Blanca y Lambaré). Campaña 2019/20. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

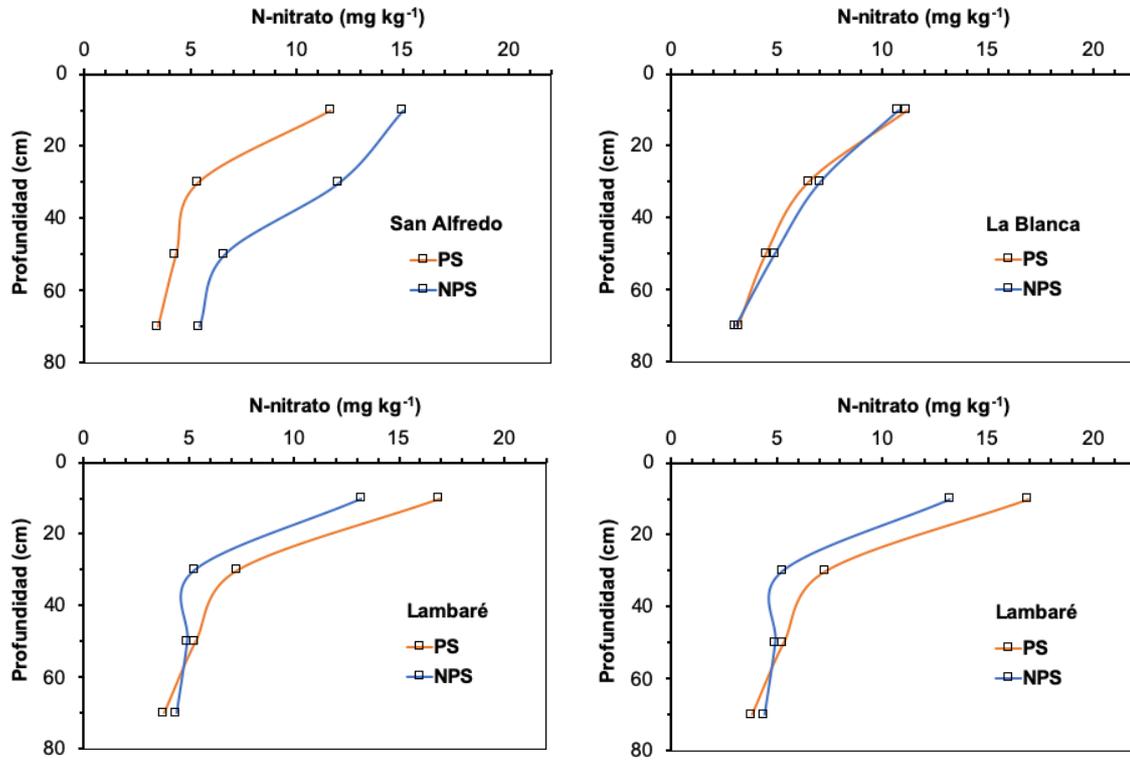


Figura 2. Concentración de N-nitrato en profundidad en los muestreos a la siembra de los tratamientos PS y NPS de los ensayos de trigo/soja de segunda (Balducchi y San Alfredo) y soja de primera (La Blanca y Lambaré). Campaña 2019/20. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

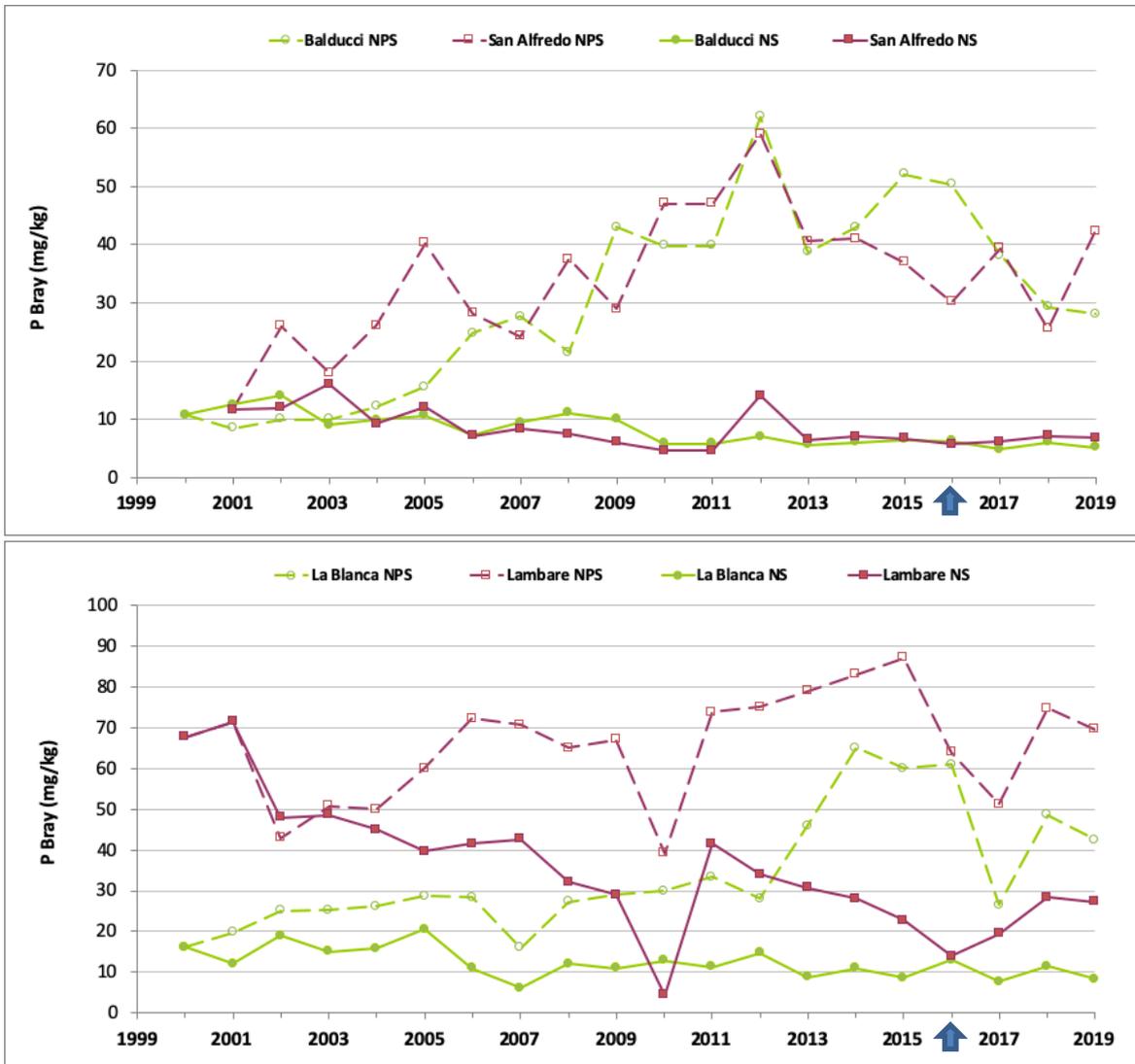


Figura 3. Evolución de los niveles de P Bray del suelo en los tratamientos NS y NPS de los sitios Balducchi y San Alfredo en rotación M-T/S (superior) y La Blanca y Lambaré en rotación M-S-T/S (inferior). La flecha azul en ambas figuras indica el año 2016 a partir del cual no se aplicó más P en el tratamiento NPS. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2000/01 a 2019/20.

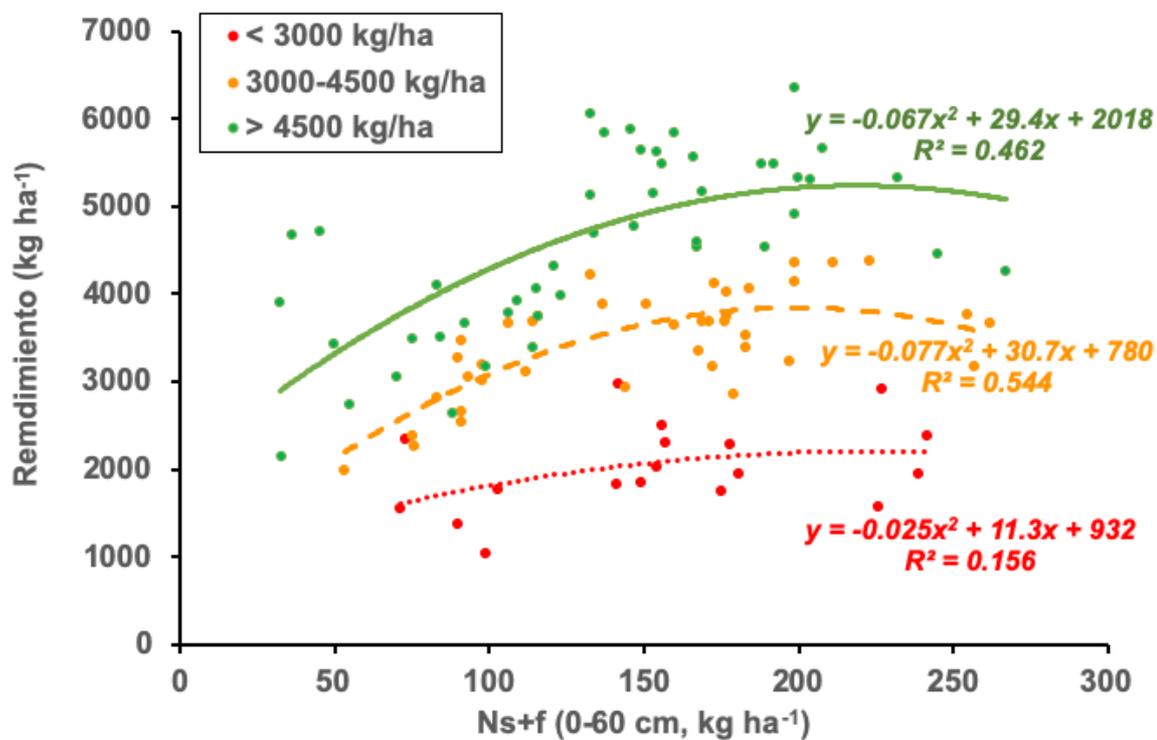


Figura 4. Rendimiento de trigo en función del nivel de N-nitrato (0-60 cm) a la siembra + N fertilizante. n=104. Las curvas de ajuste corresponden a rendimientos potenciales menores de 3000 kg/ha, de 3000 a 4500 kg/ha y de más de 4500 kg/ha. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02 a 2019/20.

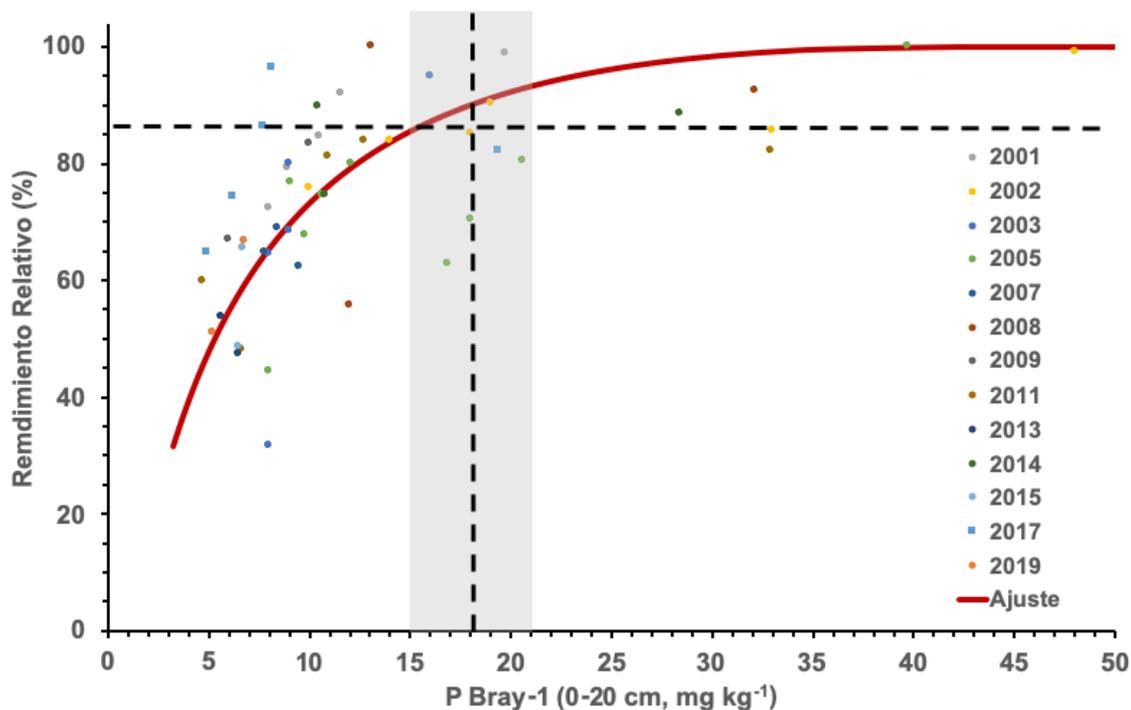


Figura 5. Rendimiento relativo (RR) de trigo (NS:NPS) en función del nivel de P Bray-1 (0-20 cm) a la siembra. n=52. La curva de ajuste ($r=0.66$, $p<0.0001$) y las estimaciones se obtuvieron mediante el método arcoseno-logaritmo modificado (Correndo et al., 2016). La línea punteada vertical indica el nivel crítico de 18 mg kg^{-1} de P Bray-1 para obtener el 90% del rendimiento relativo (línea punteada horizontal). La zona grisada indica los límites del intervalo de confianza al 95% de 15 y 21 mg kg^{-1} de P Bray-1. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02 a 2019/20.

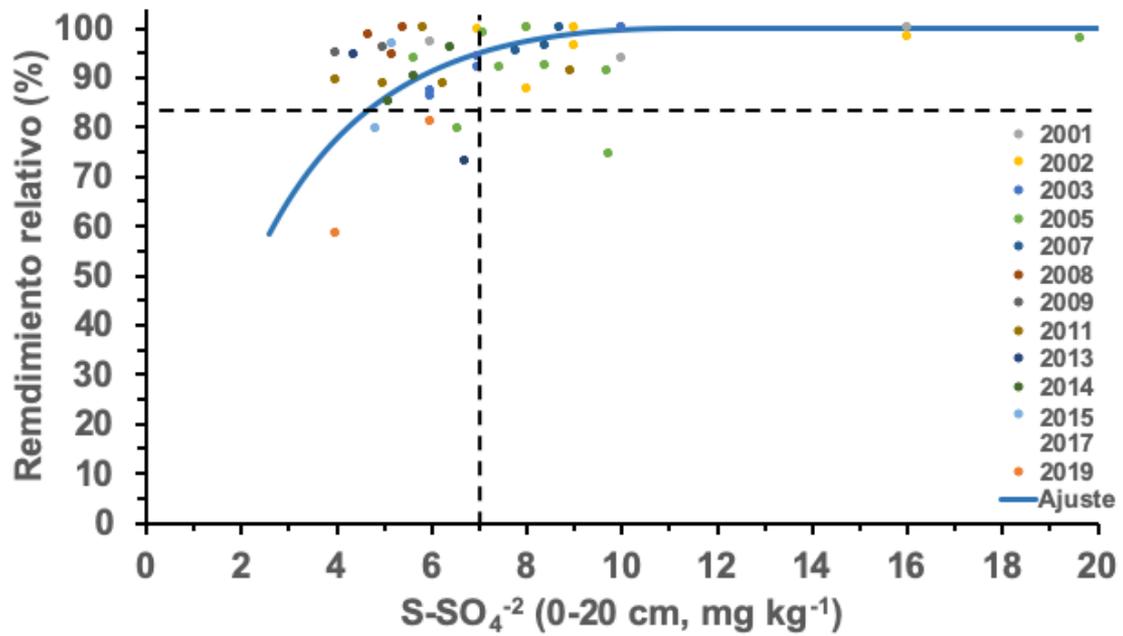


Figura 6. Rendimiento relativo (RR) de trigo (NP:NPS) en función del nivel de S-SO₄⁻² (0-20 cm) a la siembra. n=55. Las líneas punteadas indican un nivel crítico de 7 mg kg⁻¹ de S-SO₄⁻² para obtener 95% del rendimiento relativo según el método arcoseno-logaritmo modificado (Correndo et al., 2016). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02 a 2019/20.

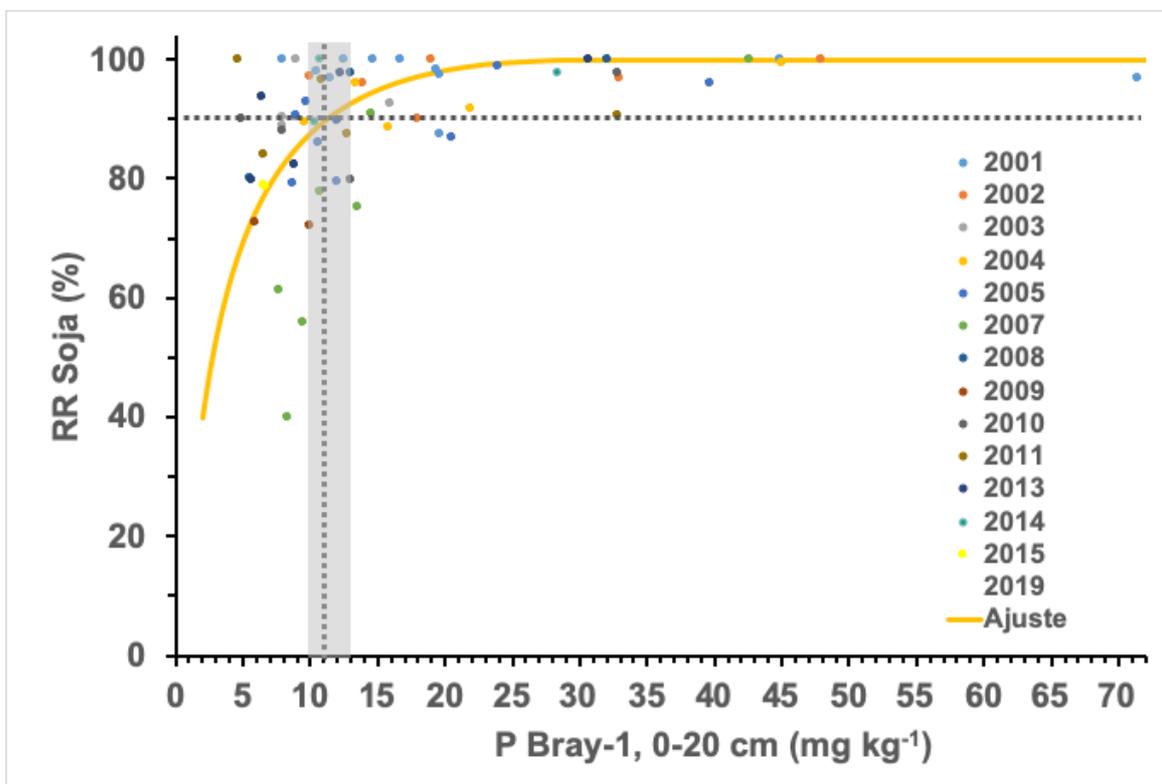


Figura 7. Rendimiento relativo (RR) de soja (NS:NPS) en función del nivel de P Bray-1 (0-20 cm) a la siembra. n=74. Las líneas punteadas indican un nivel crítico de 11 mg kg⁻¹ de P Bray-1 para obtener 90% del rendimiento relativo según el método arcoseno-logaritmo modificado (Correndo et al., 2016). La zona grisada indica los límites del intervalo de confianza al 95% de 10 y 13 mg kg⁻¹ de P Bray-1. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02 a 2019/20.

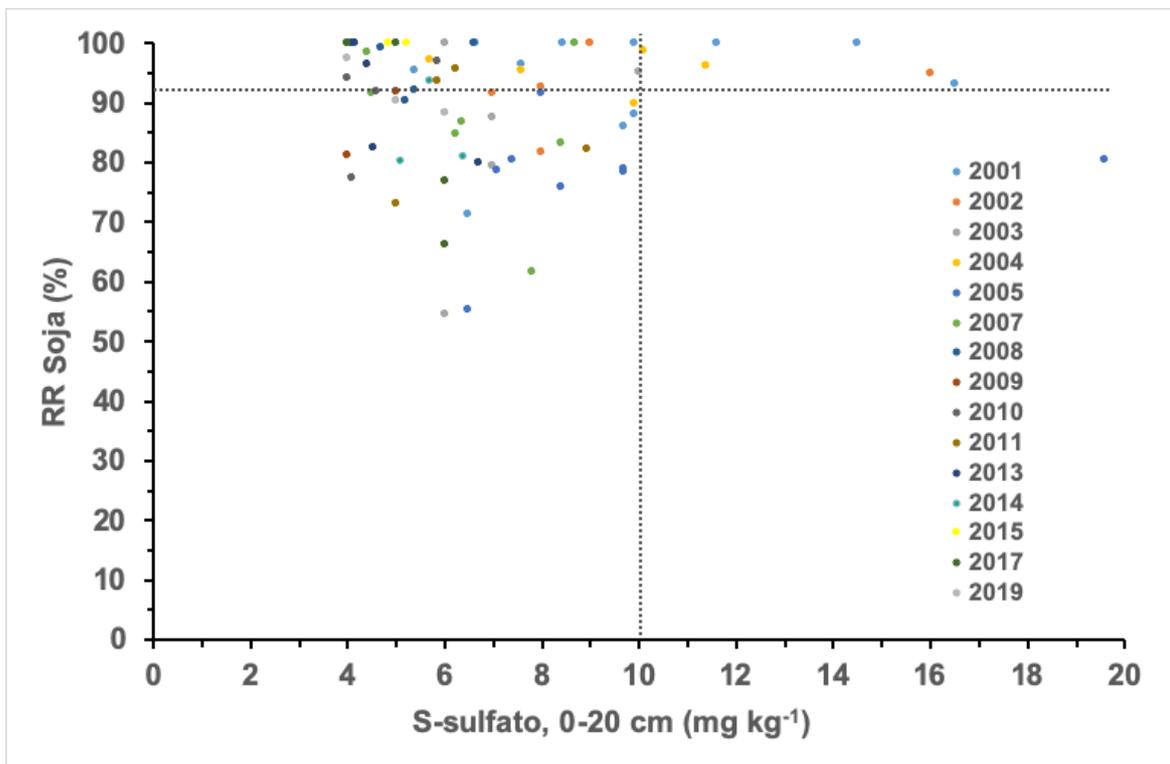


Figura 8. Rendimiento relativo (RR) de soja (NP:NPS) en función del nivel de $S-SO_4^{-2}$ (0-20 cm) a la siembra. $n=74$. Las líneas punteadas indican un nivel crítico de 10 mg kg^{-1} de $S-SO_4^{-2}$ para obtener 95% del rendimiento relativo según el método gráfico de Cate-Nelson (Cate & Nelson, 1965). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Campañas 2001/02 a 2019/20.