



Nutrición en la Rotación Ensayos de la Región CREA Córdoba Norte

Resultados 2021/22

Preparado por:

*María Lourdes Cornavaca (Responsable Técnico Zonal Región CREA Córdoba Norte),
Sofía Pedraza (CREA Córdoba Norte), Lucas Feroli (Nutrien Ag Solutions), Guido Crisci
(Nutrien Ag Solutions) y Fernando O. García (Consultor-FCA Balcarce)*

La región Córdoba Norte del movimiento CREA, con el auspicio de Nutrien Ag Solutions, continuó su red de ensayos de nutrición de cultivos en la campaña 2021/22. Estos ensayos se realizan en los mismos sitios y parcelas iniciados en la campaña 2008/09 y reformulados en la campaña 2014/15. Los objetivos generales de esta red de ensayos 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 micronutrientes: boro (B) 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 de la campaña 2021/22 en los sitios Colonia Almada, Piquillín y Totoral, y se sintetiza la información acumulada en los últimos ocho años de ensayos (campaña 2014/15 a 2021/22 inclusive).

MATERIALES Y MÉTODOS

La red de ensayos en campos de productores de la Región CREA Córdoba Norte etapa comenzó en la campaña 2008/09 con la evaluación de nueve tratamientos hasta la campaña 2013/14. A partir de la campaña 2014/15 se reformularon los tratamientos en los mismos sitios reduciéndolos a seis por ensayo. En la campaña 2021/22 se

continuaron las evaluaciones sobre tres ensayos: Colonia Almada, Piquillín y Totoral (Tablas 1 y 2, Fig. 1).

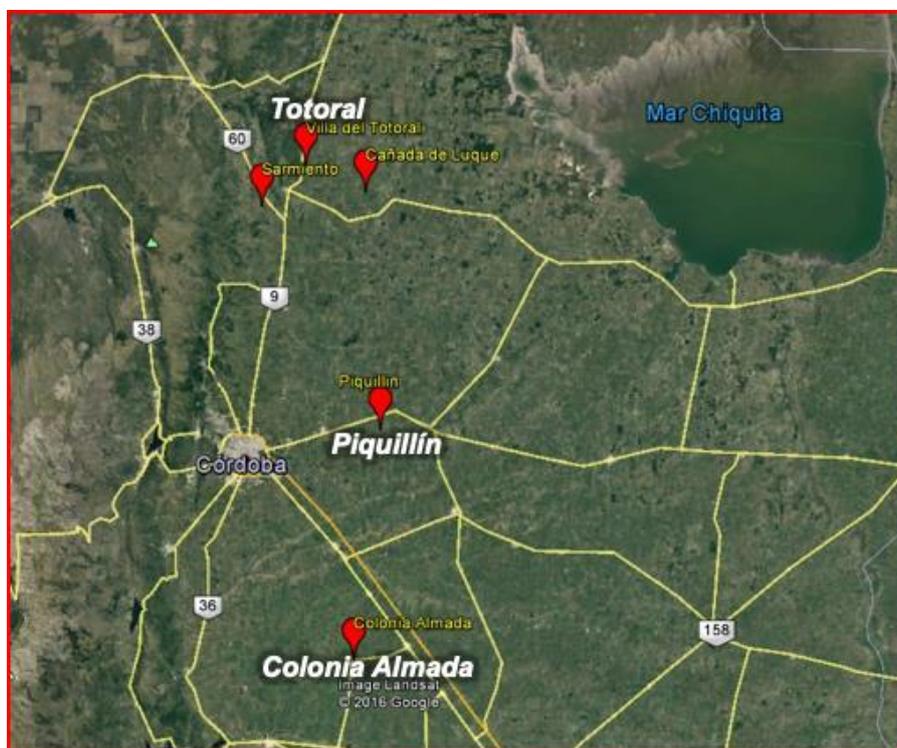


Figura 1. Ubicación geográfica de los tres ensayos de nutrición de cultivos de la Región CREA Córdoba Norte. Campaña 2021/22.

Tabla 1. Información de los sitios de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campaña 2021/22.

Sitio	Colonia Almada	Piquillín	Totoral
CREA	Laguna Larga	Río I	Totoral
Zona Agroecológica	Zona 2	Zona 1	Zona 1
Serie Suelos	Oncativo	MNtc-7	MNen-57
Tipo suelo	Haplustol éntico	Haplustol típico	Haplustol éntico y típico
Textura	Franco limoso	Limoso fino	Limoso fino
Años de Agricultura a 2021	22	27	22
Rotación propuesta	S-T/M-T/S	M-S-T/S	M-S
Antecesor 2020/21	Maíz	Maíz	Soja

Tabla 2. Cultivos evaluados en los tres sitios de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campaña 2021/22.

Sitio	C. Almada	Piquillín	Totoral
-------	-----------	-----------	---------

Cultivo	Soja	Soja	Maíz
Variedad/Híbrido	N5028	5009	DK7320 VT3P
Densidad (pl/ha)	288400	307700	61000
Espaciamiento (m)	0.52	0.52	0.52
Fecha siembra	17/11/21	17/11/21	5/1/21
Fecha cosecha	19/4/22	8/4/22	10/7/22

Los tratamientos evaluados se indican en la **Tabla 3**, y siempre se establecen siempre sobre las mismas parcelas. Las dosis de N en maíz se definen según información zonal. Los cultivos de soja no se fertilizan con N. Las dosis de P y S se determinan para reponer el equivalente a la extracción en grano más un 5-10% extra en concepto de construcción de fertilidad. Las dosis de B y Zn en el tratamiento Completo son de suficiencia.

Las fuentes utilizadas son urea (fuente de N), fosfato monoamónico (fuente de P), yeso granulado (fuente de S), y distintos fertilizantes sólidos como fuente de micronutrientes. En todos los casos se utiliza un diseño en bloques completos al azar con dos repeticiones. El tamaño de las parcelas es de aproximadamente 20 m de ancho x 250 m de largo. Todas las prácticas de manejo del cultivo (siembra, fertilización, manejo de adversidades, etc.) se realizan con maquinaria de los productores. La cosecha de granos se realizó con maquinaria del productor y se estandarizó a humedad de recibo.

A la siembra de los cultivos, se tomaron muestras compuestas de suelo en parcelas selectas para el análisis de materia orgánica (MO), N mineralizable (N_{an}), P Bray, S-SO₄²⁻, boro (B) y zinc (Zn) en los primeros 20 cm, y N-NO₃⁻ en los primeros 60 cm del perfil. En cada establecimiento se registraron las precipitaciones mensuales durante el ciclo de los cultivos (**Tabla 4**).

Tabla 3. Tratamientos de fertilización de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campaña 2021/22. Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron urea (46-0-0), fosfato monoamónico (11-22-0), yeso azufertil (0-0-0-19S), B10 y Zn 40.

Tratamiento	N	P	S	Zn	B
	Dosis de Nutrientes (kg/ha)				
Soja					
Testigo	0	0	0	0	0
PS	0	25	15	0	0
NS	0	0	15	0	0
NP	0	25	0	0	0
NPS	0	25	15	0	0
NPSZnB	0	25	15	0.5	1
Maíz					
Testigo	0	0	0	0	0
PS	0	25	15	0	0
NS	100	0	15	0	0
NP	100	25	0	0	0
NPS	100	25	15	0	0
NPSZnB	100	25	15	1	0.5

Tabla 4. Precipitaciones mensuales (mm) registradas en los cinco sitios de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. 2014/15 a 2018/19 inclusive.

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Colonia Almada												
2021	95	67	110	sd	18	sd	3	1	25	100	122	50
2022	65	35	125	25	15	4						
Piquillín												
2021	150	52	98	25	9	10	0	0	16	48	157	38
2022	97	42	90	13	5							
Totoral												
2021	150	52	98	25	9	10	0	0	2	25	112	35
2022	117	34	114	5	0	0						
<i>Histórico</i> <i>Jesús</i> <i>María</i>	127	106	110	56	26	11	9	11	31	69	103	121

sd, sin datos.

RESULTADOS

Análisis de suelo

Los análisis de suelos, realizados a la siembra, se muestran en la **Tabla 5**. Los niveles de P Bray son elevados en todos los sitios, excepto en el tratamiento NS de Colonia Almada que presenta niveles por debajo de los considerados críticos (15-20 ppm). La fertilización con P a través de los años permite mantener niveles mas altos (comparación tratamiento NPS vs NS), en los tres sitios (C. Almada, Piquillín y Totoral).

En Totoral, los niveles de N-nitrato (0-60 cm) a la siembra de maíz fueron altos.

Los valores de S-sulfato son medios a altos respecto a los observados en otras zonas y ensayos, en general se considera un nivel critico de 8-10 ppm a 0-20 cm.

En cuanto a los niveles de B, considerando niveles críticos de 0.5-1 ppm de B, son adecuados. Para Zn, considerando un nivel crítico de 1 ppm, los valores son bajos en los tratamientos NPS de los tres sitios, pero se evidencia un posible efecto residual de aplicaciones anteriores en el tratamiento NPSBZn.

Tabla 5. Análisis de suelo previo a la siembra. Ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campaña 2021/22.

Ensayo	Tratamiento	MO	P	Nan	S-SO ₄	B	Zn	N-NO ₃
		% 0-20 cm	ppm 0-20 cm					kg ha ⁻¹ 0-60 cm
C. Almada	PS	2.0						
	NS		10					
	NP				9			
	NPS	2.2	67		18	0.6	0.8	
	NPSBZn					0.9	1.1	
Piquillín	PS	3.6		80				
	NS		22	67				
	NP			66	9			
	NPS	3.3	53	86	12	0.6	0.7	
	NPSBZn			84		1.4	1.0	
Totoral	PS	3.0						165
	NS		26					
	NP				9			
	NPS		49		19	0.6	0.8	161
	NPSBZn	2.6				0.9	1.1	

Rendimientos y respuestas a la fertilización

Los rendimientos por cultivo y sitio se muestran en la **Tabla 6**. La campaña 2021/22 se caracterizó por precipitaciones menores a las normales. Considerando precipitaciones

normales de 567 mm y 399 mm en Jesús María por los periodos noviembre-marzo y enero-abril, respectivamente, las precipitaciones 2021/22 alcanzaron un 70-75% y 68% para los ciclos de soja y maíz, respectivamente. Estos bajos registros pluviométricos se registraron principalmente en diciembre, enero y febrero, especialmente en C. Almada donde se observaron los menores rendimientos de soja. Los rendimientos de soja en Piquillín y de maíz en Ttotal fueron menos afectados por las restricciones hídricas.

En los ensayos de soja, no se observaron respuestas en Colonia Almada, mientras que en Piquillín el rendimiento del tratamiento NS fue significativamente menor que el de los otros tratamientos.

El maíz de Ttotal no mostró respuestas significativas, pero los tratamientos con combinaciones NPS tendieron a presentar mayores rendimientos que el Testigo (+663 a +1057 kg/ha). La disponibilidad de N a la siembra era elevada y permitió alcanzar 9521 kg/ha de rendimiento en el tratamiento PS. Si se consideran 30 kg de N en el suelo para producir 1 ton de maíz, el cultivo requirió unos 278 kg N en suelo para producir 9521 kg/ha. Descontado los 165 kg N/ha en suelo a la siembra, el N aportado por mineralización podría estimarse en 113 kg N/ha.

Tabla 6. Rendimientos por cultivo y sitio de los seis tratamientos evaluados en los tres ensayos en la campaña 2021/22.

Ensayo	C. Almada	Piquillín	Ttotal
Cultivo	Soja	Soja	Maíz
Testigo	4078	3318 a	8588
PS	4039	3318 a	9251
NS	3793	3002 b	9465
NP	3861	3289 ab	9645
NPS	3612	3171 ab	9521
NPSZnB	3967	3255 ab	9239
Valor p	0.75	0.03	0.14
DMS (5%)	-	314	-
CV (%)	6	5	6

Letras distintas para un mismo año/cultivo (fila) indican diferencias significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad.

Análisis compilado 2014/15 a 2021/22

Rendimientos y respuestas a la fertilización

Los rendimientos promedio de maíz y soja entre 2014/15 y 2021/22 en los sitios de C. Almada, Piquillín y Ttotal muestran respuestas a la fertilización en maíz, pero muy

reducidas en soja (Fig. 2). Las mayores respuestas fueron de 30%, 9% y 16% a NPS en C. Almada y a NP en Piquillín y Totoral, respectivamente. En soja, las respuestas fueron de 4% a NS y PS en C. Almada y Piquillín, respectivamente.

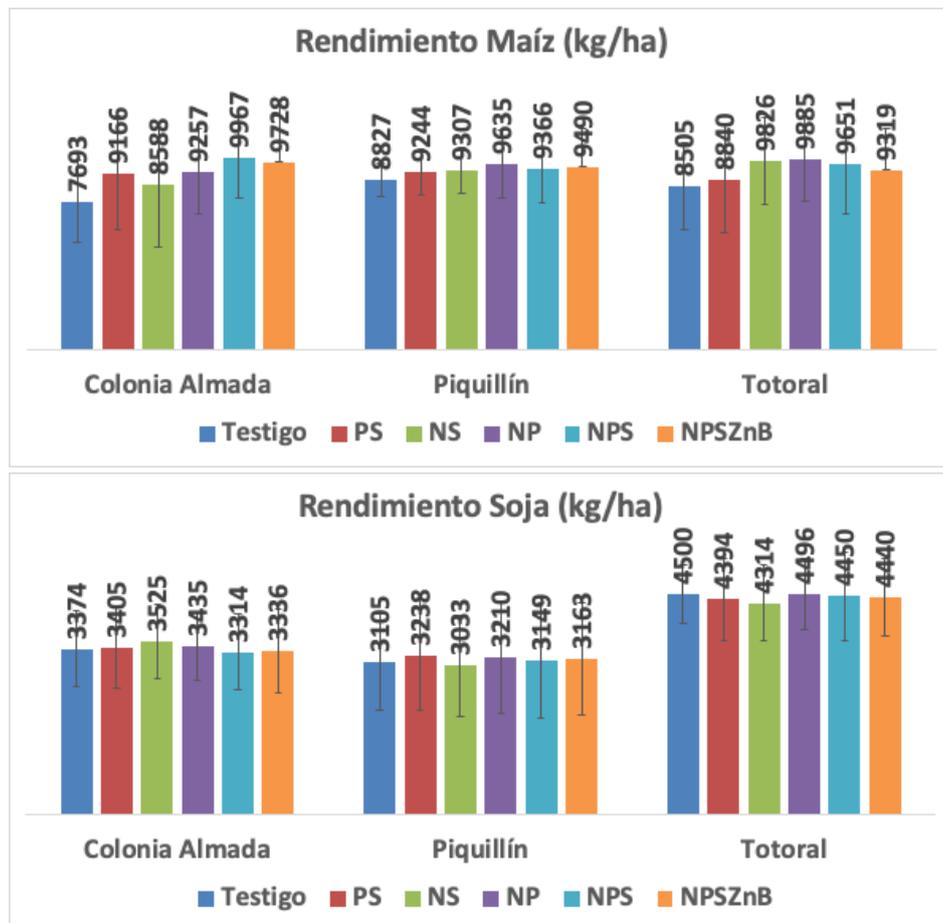


Figura 2. Rendimientos promedio de maíz y soja para los seis tratamientos en los tres sitios experimentales evaluados entre 2014/15 y 2021/22. En maíz se evaluaron 3, 3 y 4 campañas para C. Almada, Piquillín y Totoral, respectivamente, y en soja 4 campañas en cada sitio. Las barras verticales muestran los desvíos estándar de los promedios. Ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte.

La Fig. 3 muestra los rendimientos observados entre 2014/15 y 2020/21 por sitio y tratamiento (promedios de dos repeticiones) para maíz (13 sitios) y soja (18 sitios). En maíz, para rendimientos menores de 8000 kg/ha, la respuesta más destacada es a N con diferencias de aproximadamente 1300-1700 kg/ha entre tratamientos sin y con aplicación de N. Para los rendimientos superiores a 8000 kg/ha, las respuestas son generales a todos los tratamientos de fertilización, con diferencias de aproximadamente

1200-1400 kg/ha sobre el tratamiento Testigo. En el caso de soja, las diferencias entre tratamientos son muy bajas y solo se observan diferencias de aproximadamente 200 kg/ha en niveles de rendimiento superiores a 4000 kg/ha.

Las **respuestas a N** en maíz se relacionaron con los análisis de N-nitrato a la siembra + fertilizante o Ns+f (N suelo 0-60 cm + N aplicado como fertilizante), pero esta relación presenta una correlación baja ($R^2=0.22$) (**Fig. 4 superior**). Recientemente, Correndo et al. (2021) mostraron que el umbral crítico de Ns+f depende del nivel de rendimiento del cultivo de maíz. La **Fig. 4 inferior** muestra la relación observada por Correndo et al. (2021) y en la misma figura se han incluido las observaciones de los trece ensayos de esta red. Los datos de CREA Córdoba Norte se ajustan parcialmente a las distintas curvas ajustadas a nivel de región pampeana, por lo cual en principio podrían usarse los umbrales críticos propuestos por Correndo et al. (2021) para los distintos niveles de rendimiento objetivo. Sin embargo, hay varios casos de esta red que muestran niveles mayores de rendimiento a los esperados según el nivel de Ns+f. Esta situación estaría indicando un mayor aporte de N por mineralización durante el ciclo del cultivo, la cual podría ser estimada por indicadores como, por ejemplo, el N anaeróbico o N_{an} (N mineralizado en una incubación anaeróbica a temperatura óptima durante 7 días).

La mineralización de N promedio estimada a partir del rendimiento de los tratamientos PS es de 153 kg N/ha (DS 69 kg N/ha) (**Fig. 5**). Sumando el promedio de 105 kg Ns a la siembra, la oferta del sistema de 258 kg N/ha podría cubrir los requerimientos de N para 8500-9000 kg/ha de maíz. Debe considerarse que estos valores son promedios y que se observó una gran variabilidad entre sitios y campañas.

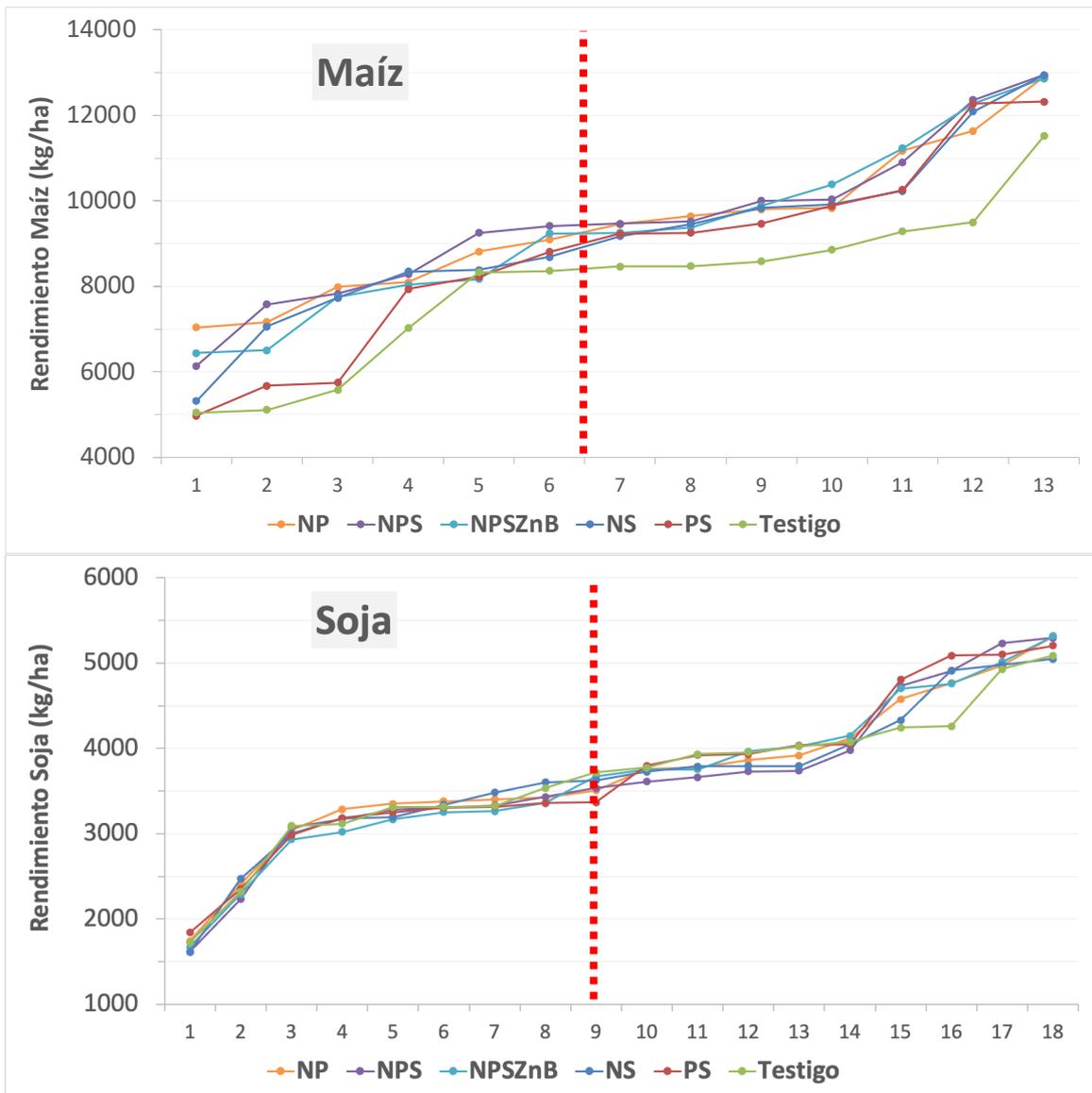


Figura 3. Rendimientos por sitio y tratamiento para maíz y soja (promedios de 2 repeticiones por tratamiento). La línea roja punteada vertical indica el 50% de los sitios (mediana): rendimientos de 8469 y 9473 kg/ha para Testigo y NPS en maíz, respectivamente; y 3748 y 3573 kg/ha para Testigo y NPS en soja, respectivamente. Ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campañas 2014/15 a 2021/22. Incluye 2 sitios de maíz 2ª y 2 sitios de soja 2ª.

Las eficiencias de uso de N ($EUN = (\text{Rendimiento NPS} - \text{Rendimiento PS}) / \text{Dosis de N aplicada}$) fueron muy variables con rango de -7 a 76 kg maíz por kg de N aplicado (Fig. 5). La productividad parcial de N aplicado ($PPFN = \text{Rendimiento NPS} / \text{dosis de N aplicado}$) también fue variable, rango de 95 a 259 kg maíz por kg N, y muy superior a los valores de referencia de literatura de 60-80 kg maíz por kg N aplicado (Fig. 5). La

variabilidad de EUN y PPFN y los altos valores de PPFN reflejan la variabilidad en oferta de N del sistema y la necesidad de mejorar los modelos de N, probablemente utilizando herramientas de diagnóstico que permitan evaluar el aporte de N por mineralización como se indicó en párrafos anteriores.

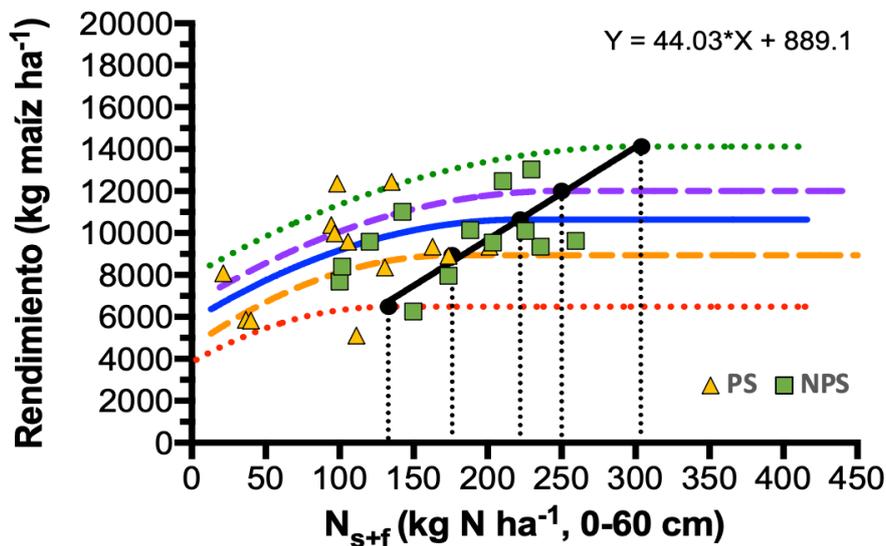
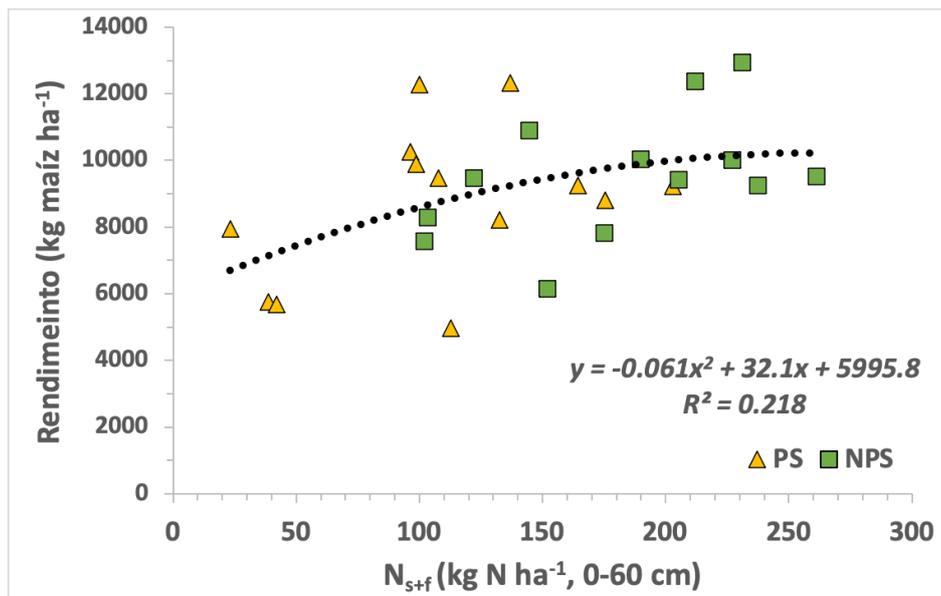


Figura 4. Relación entre rendimientos de maíz y disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos a 0-60 cm + N fertilizante) para los trece sitios de la red Nutrición en la Rotación CREA Córdoba Norte 2014-2021 (superior) y para distintos niveles de rendimiento según Correndo et al. (2021).

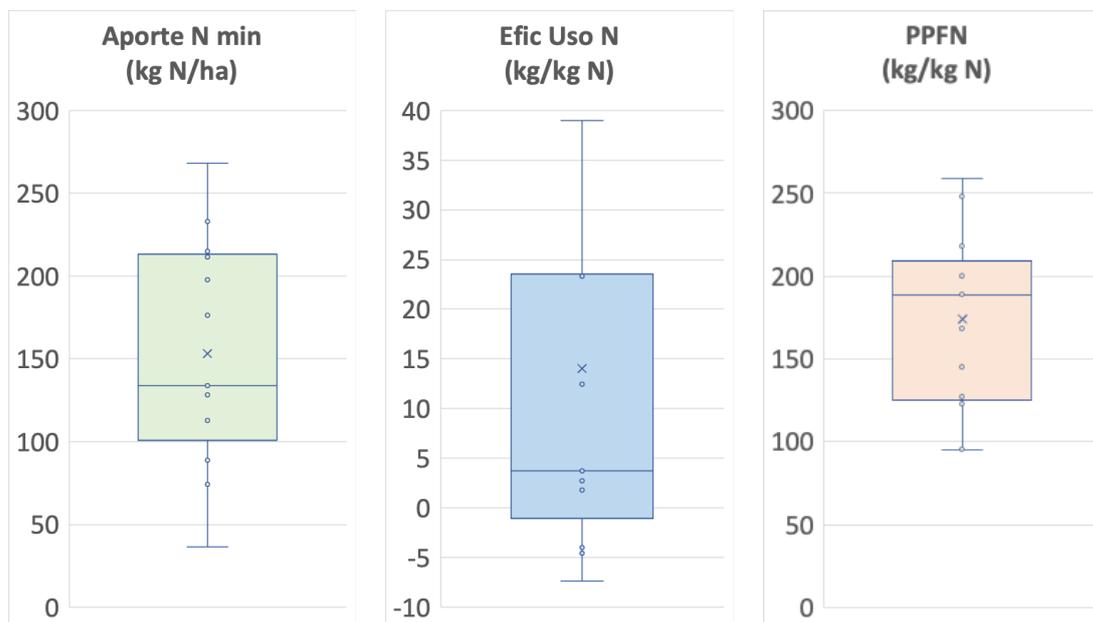


Figura 5. Estimaciones de aporte de N por mineralización (izquierda), de eficiencia de uso del N aplicado (centro) y de productividad parcial de N aplicado (derecha) en los trece ensayos de maíz de la red Nutrición en la Rotación CREA Córdoba Norte 2014-2021.

En el caso de **P**, la relación que se ha ajustado es la de rendimiento relativo (rendimiento sin P/rendimiento con P) con el nivel de P Bray (0-20 cm) (Correndo et al., 2018). Los datos de CREA Córdoba Norte se ajustan a las curvas regionales para maíz (**Fig. 6**) y para soja (**Fig. 7**). Las respuestas a P o interacciones de P con N o S se registraron mayormente en los sitios con menor nivel de P Bray de la red como C. Almada, o que cayeron a través de los años como Piquillín y Sarmiento. Con estas observaciones, debería buscarse mantener los niveles de P Bray por arriba de las 20 ppm o, en los suelos con niveles menores, aumentar el P Bray a valores de 20 - 25 ppm aplicando cantidades de P superiores a la remoción de P en grano (balances positivos de P, aplicación > remoción). Mas adelante se discute la evolución de P Bray en estos ensayos.

En el caso de **S**, los umbrales críticos de 8-10 ppm, mencionados en otras redes de ensayos en región pampeana, no son muy confiables y siempre se sugiere sumar criterios como los de cantidad y calidad de materia orgánica, presencia de napa, etc. En esta red, se observa una tendencia de mayor frecuencia de respuesta a S en sitios con rendimientos de maíz superiores a los 8000 kg/ha. La respuesta es moderada, de

aproximadamente 250 kg/ha, probablemente a partir del buen aporte por mineralización de S orgánico del suelo y, en general, en interacción con N y/o P.

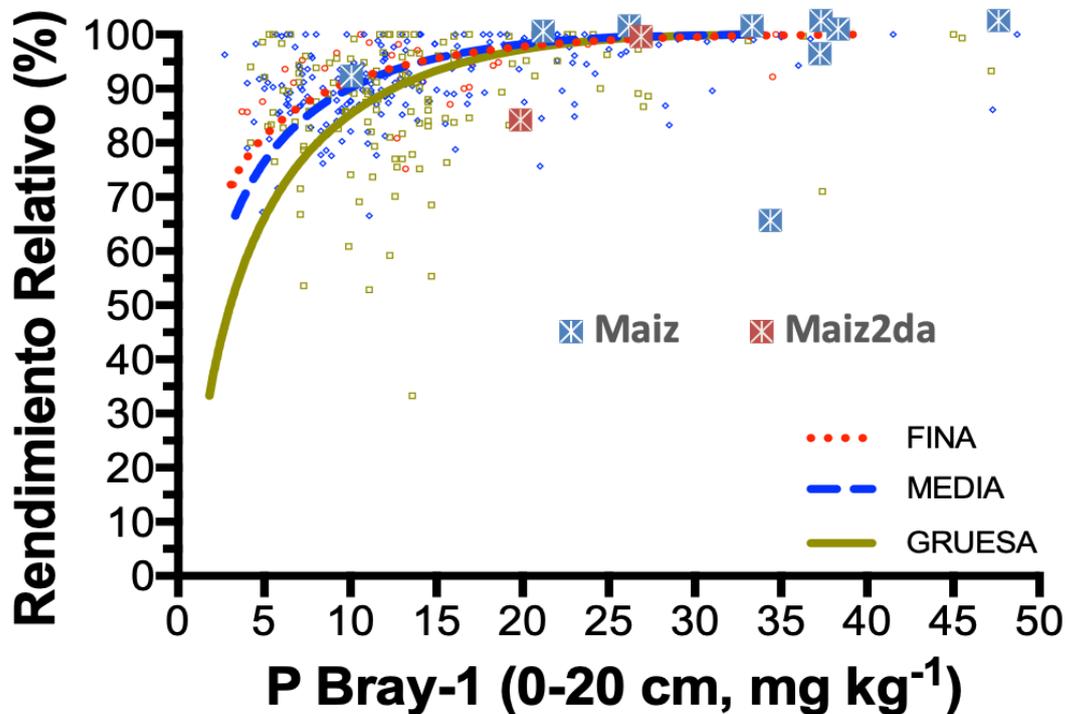


Figura 6. Relación entre rendimientos relativos de maíz (Rendimiento sin P/Rendimiento con P) y nivel de P Bray a 0-20 cm para suelos de distintas texturas según Correndo et al. (2018), y relaciones observadas en los once sitios de maíz 1ra. y dos de maíz 2da. (puntos según leyenda en la figura) de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte.

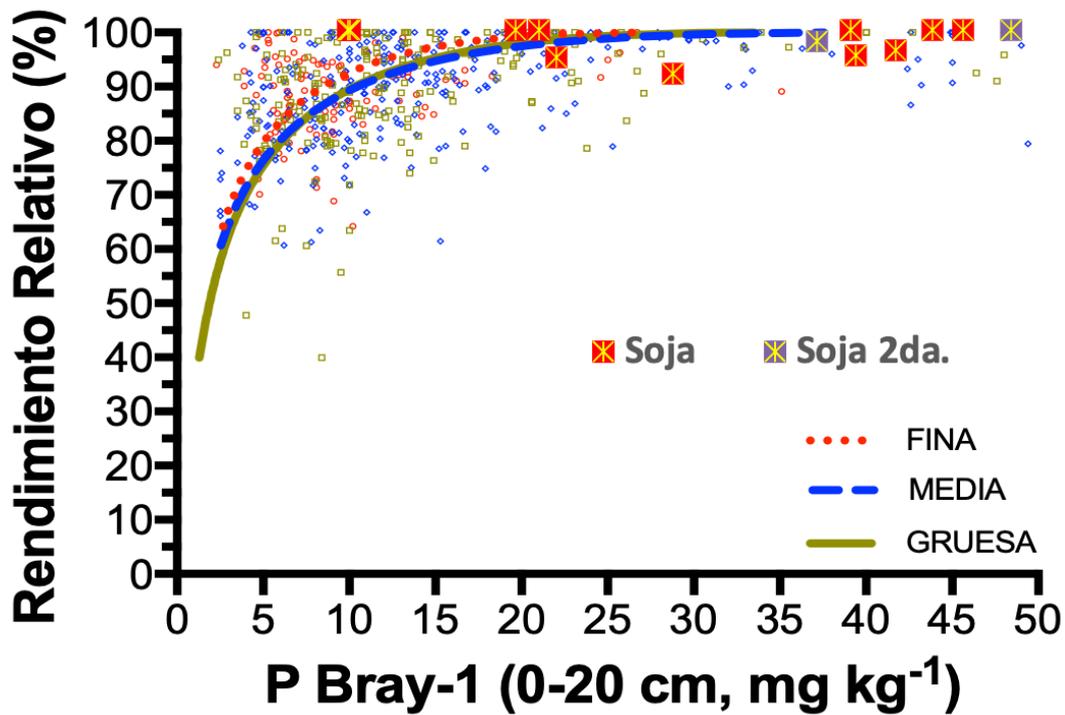


Figura 7. Relación entre rendimientos relativos de soja (Rendimiento sin P/Rendimiento con P) y nivel de P Bray a 0-20 cm para suelos de distintas texturas según Correndo et al. (2018), y relaciones observadas en los quince sitios de soja 1ra. y dos de soja 2da. (puntos según leyenda en la figura) de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte.

Fertilización y eficiencia de uso del agua

Las respuestas a la fertilización en maíz permitieron incrementar la **eficiencia de uso del agua (EUA)** (Fig. 8). La Fig. 9 muestra la relación entre los rendimientos de maíz de los tratamientos Testigo y NPS y el abastecimiento de agua (precipitaciones durante el ciclo mas 150/200 mm de agua almacenada en el suelo a la siembra, 150 mm para maíz 2da. y 200 mm para maíz 1ra.). La línea negra de la figura muestra la función de frontera propuesta por van Ittersum et al. (2013) para cereales, que indica una eficiencia de referencia de 22 kg/ha de maíz o trigo por mm de agua disponible. Muchos de los ensayos evaluados se ubican con EUA cercanas al óptimo. En promedio para todos los maíces (1ra. y 2da.), el Testigo alcanzó 19.6 kg/mm y el NPS 22.9 kg/mm, una diferencia del 17% en EUA. En el caso de soja, las EUA no se diferenciaron entre tratamientos y variaron entre 5.0 y 5.1 kg/mm (Fig. 7). En sistemas de alta EUA se han observado valores de 10-12 kg de soja por mm.

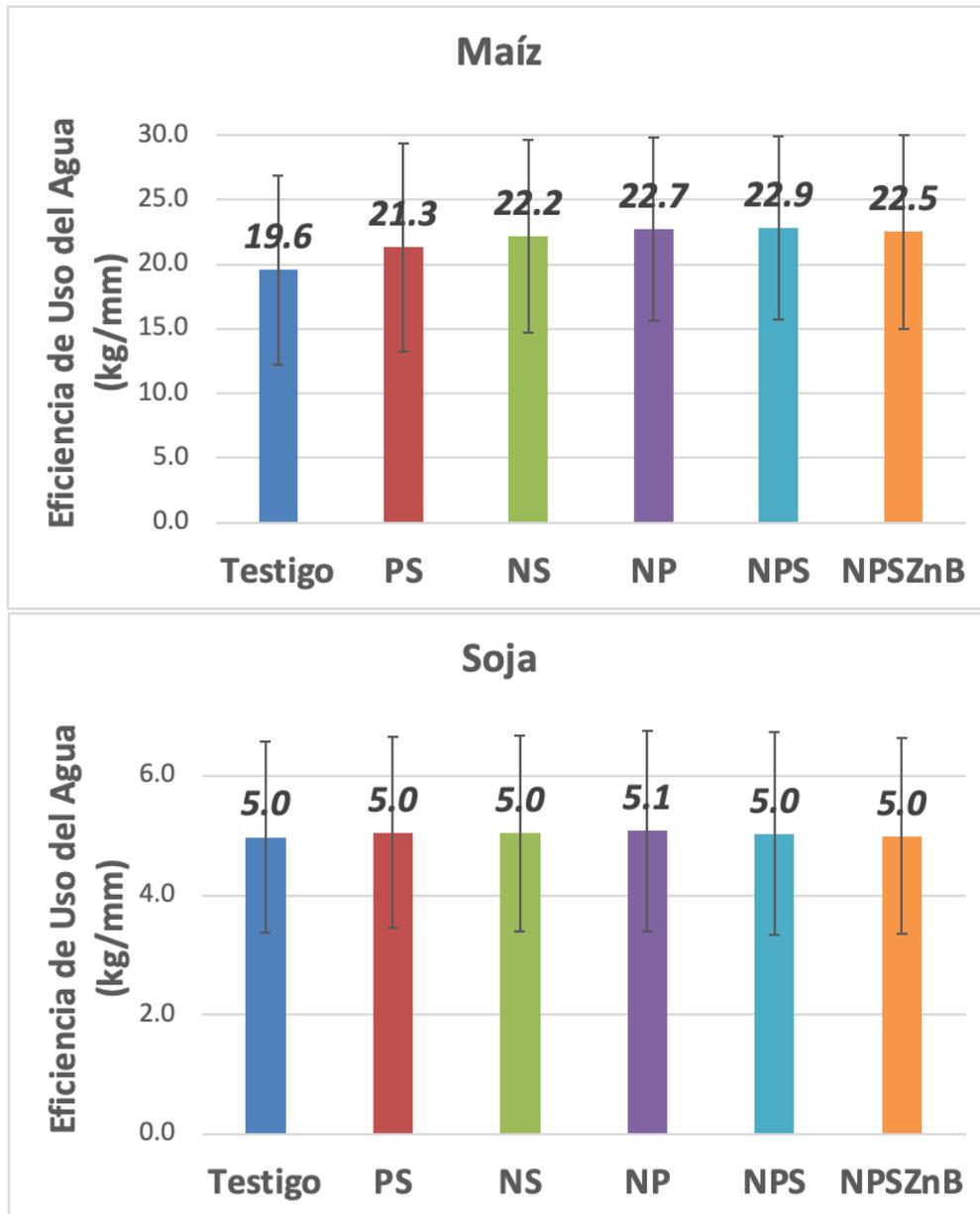


Figura 8. Eficiencia de uso de agua (EUA) promedio por tratamiento para maíz y soja. Ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campañas 2014/15 a 2021/22.

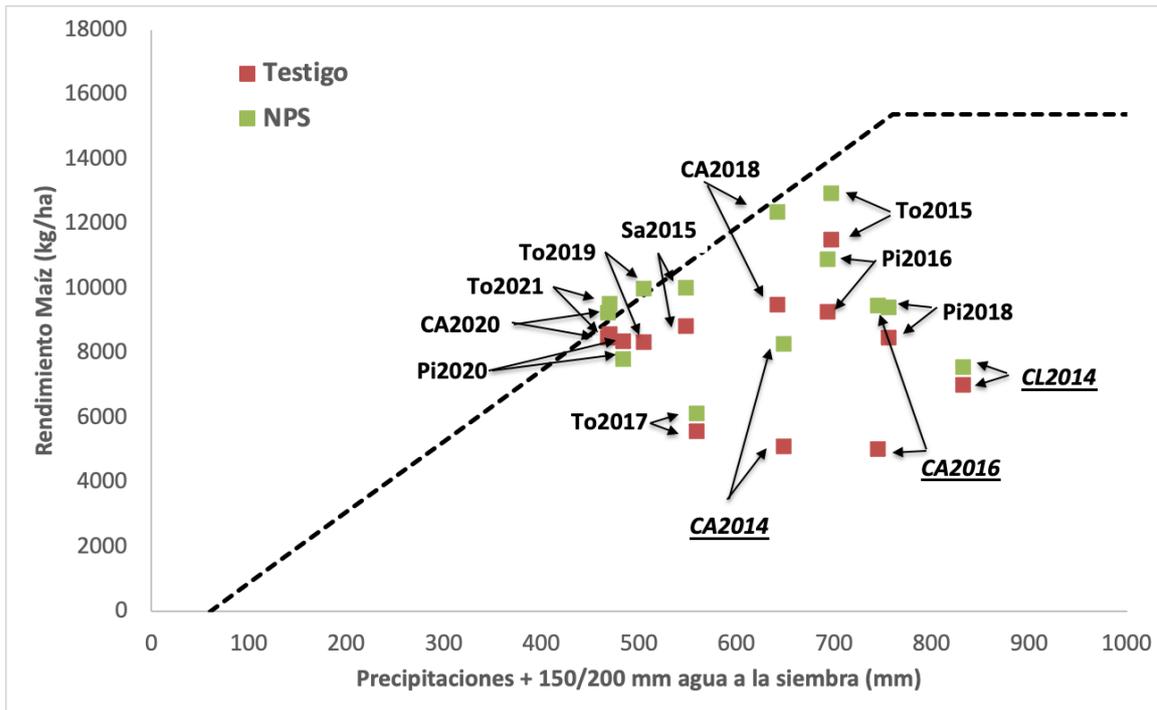


Figura 9. Relación entre rendimientos de maíz 1ra. (fuente normal) y 2da. (fuente itálica y subrayado) de tratamientos Testigo y NPS con el abastecimiento de agua (precipitaciones durante el ciclo mas 200 y 150 mm de agua almacenada en el suelo a la siembra de maíz 1ra y maíz 2da., respectivamente). La línea negra punteada muestra la función de frontera propuesta por van Ittersum et al. (2013) para cereales. CL es Cañada de Luque, CA es C. Almada, Pi es Piquillín, Sa es Sarmiento y To es Totoral.

Las respuestas a NPS no se relacionaron con las precipitaciones totales durante el ciclo de maíz y de soja (Fig. 10) y tampoco se observaron diferencias sustanciales en la respuesta a NPS en maíz según sean campañas de años Niña o Niño (Fig. 11).

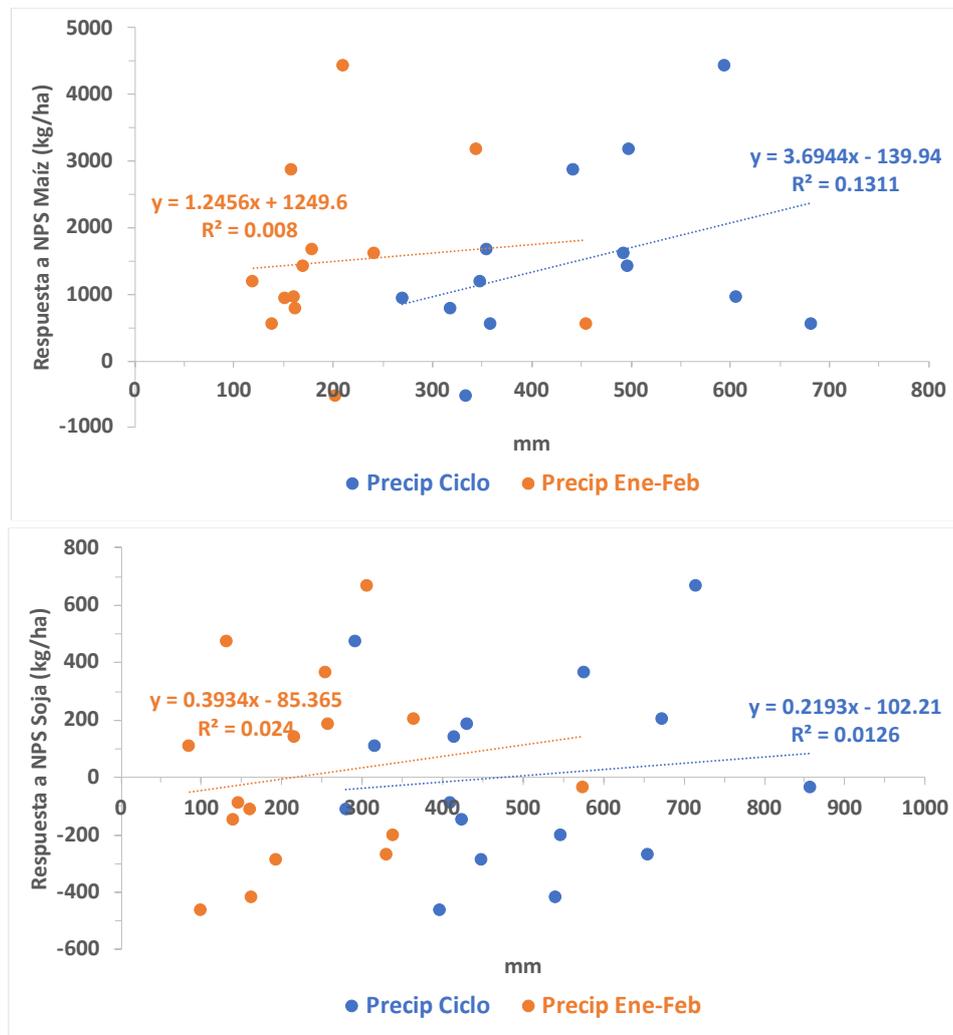


Figura 10. Relaciones de respuesta promedio a NPS con precipitaciones totales del ciclo y precipitaciones Enero-Febrero para maíz (superior) y para soja (inferior). Nutrición en la Rotación. CREA Córdoba Norte, 2014/15 a 2021/22 inclusive.

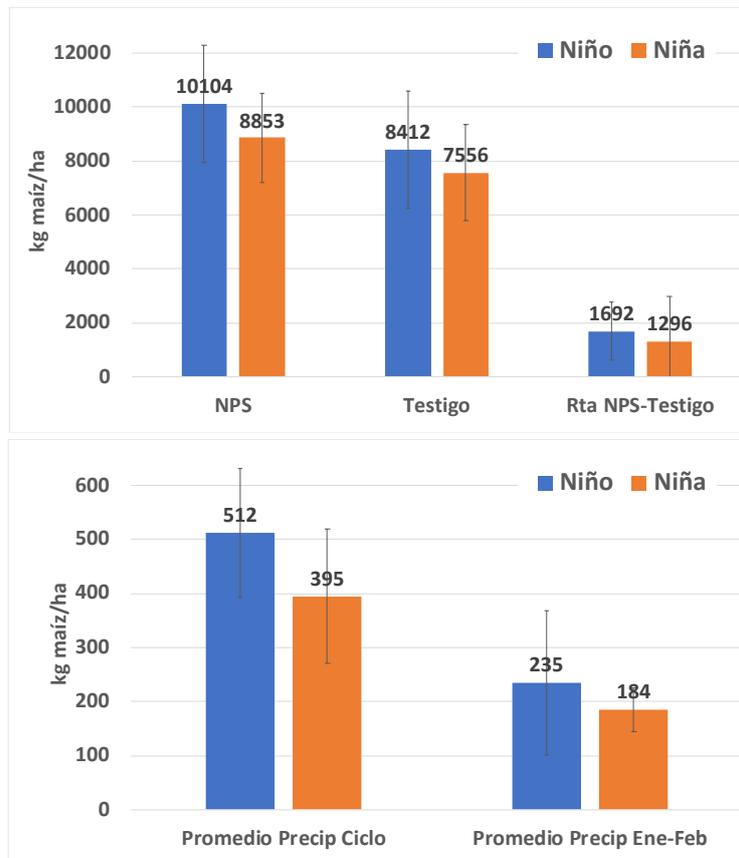


Figura 11. Rendimientos promedio de maíz en tratamientos Testigo y NPS (superior) y respuesta promedio a NPS (inferior) en años Niño y años Niña. Niño: 2014/15, 2015/16, 2018/19; Niña: 2016/17, 2017/18, 2020/21, 2021,22. Nutrición en la Rotación. CREA Córdoba Norte, 2014/15 a 2021/22 inclusive.

Evolución de análisis de P del suelo y balances de nutrientes

A través de ocho años de evaluación, los niveles de P Bray fueron disminuyendo en el tratamiento NS y subiendo moderadamente en el tratamiento NPS (Fig. 10). Estas tendencias se deben a los balances de P negativos en el tratamiento NS y positivos en el tratamiento NPS (Fig. 11). La Fig. 12. muestra la relación entre cambios en P Bray y balances de P. En los tratamientos NS (sin aplicación de P), el P Bray disminuye 0.16 ppm por cada kg de balance negativo de P o, en otras palabras, el P Bray cae 1 ppm cada 6.2 kg de balance negativo de P.

Los balances de N fueron negativos para todos los tratamientos ya que las dosis aplicadas buscaban optimizar rendimientos sin reponer el N removido en granos y el aporte de la fijación biológica de N en soja se considero del 60% del N absorbido por el cultivo (Fig. 11). En el caso de S, las dosis aplicadas, en los tratamientos correspondientes, permitieron mantener balances levemente positivos.

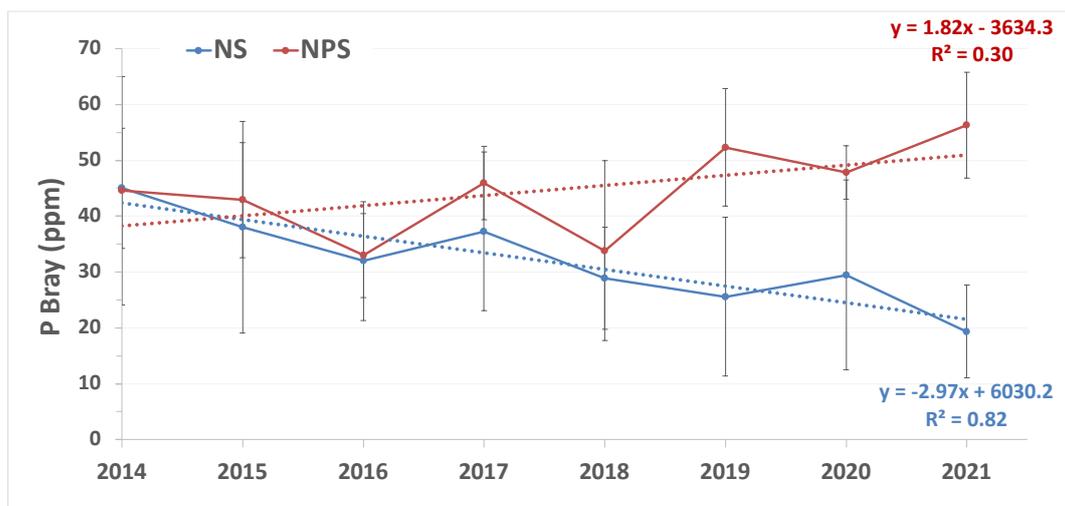


Figura 10. Evolución de los niveles de P Bray a través de los siete años de evaluación para los tratamientos NS y NPS. Promedios de los tres sitios experimentales de C. Almada, Piquillín y Totoral, 2014/15 a 2021/22 inclusive.

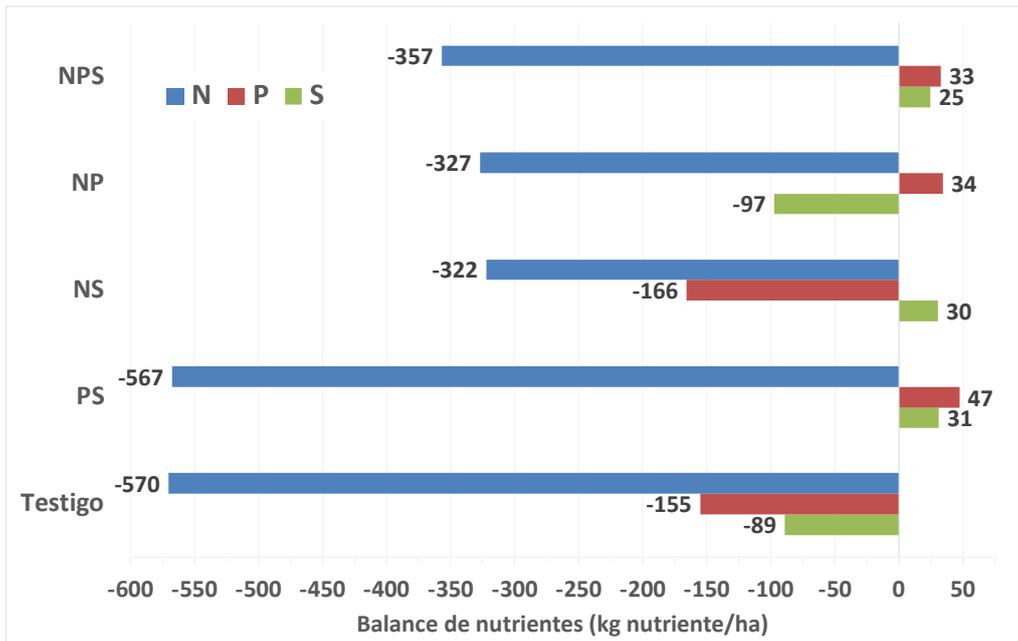


Figura 11. Balance de nutrientes N, P y S, promedios de C. Almada, Piquillín y Totoral, para los seis tratamientos de fertilización. Periodo 2014/15 a 2021/22 inclusive.

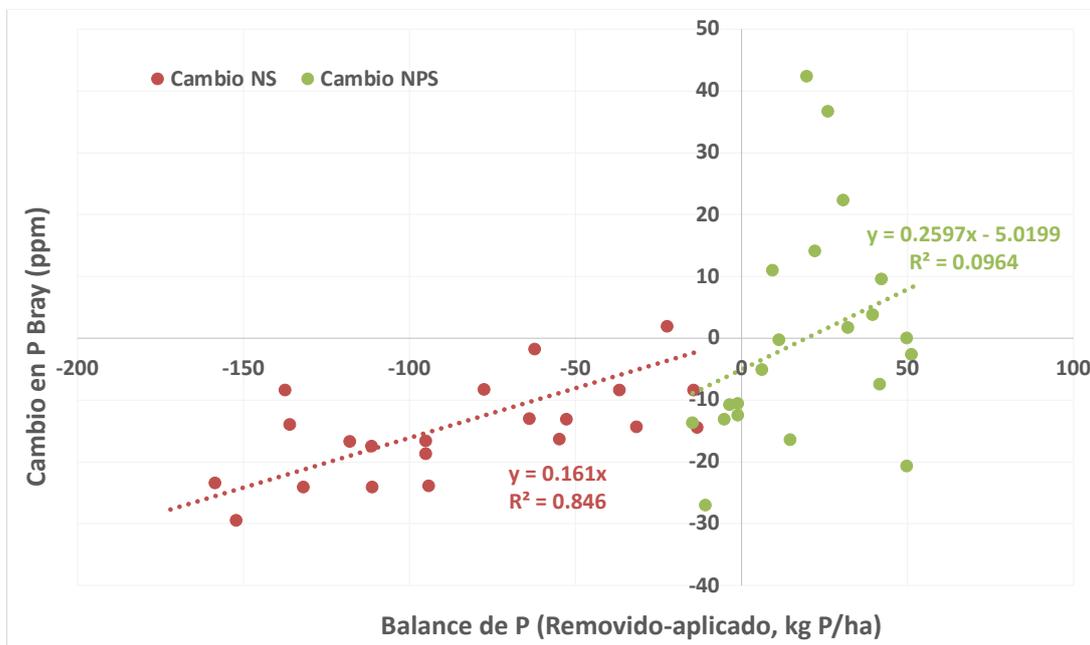


Figura 12. Cambios de P Bray según balances de P. Datos de 2014/15 a 2021/22 para los sitios C. Almada, Piquillín y Totoral.

CONCLUSIONES

- En la campaña 2021/22, las condiciones climáticas limitaron los rendimientos y respuestas a la fertilización. Se observó diferencia significativa solamente en un sitio de soja, mientras que en el sitio de maíz la tendencia de respuesta fue consistente con lo observado en campañas anteriores.
- El análisis de ocho años (2014/15 a 2021/22) muestra respuestas generalizadas a N en maíz, con interacciones con P y S según el sitio, pero bajas respuestas en soja. En maíz, para rendimientos menores de 8000 kg/ha, la respuesta más destacada es a N, mientras que para rendimientos superiores a 8000 kg/ha, las respuestas son generales a todos los tratamientos de fertilización. En el caso de soja, las diferencias entre tratamientos son muy bajas y solo se observan diferencias de aproximadamente 200 kg/ha en niveles de rendimiento superiores a 4000 kg/ha.
- Las respuestas a N en maíz se relacionaron con los análisis de N-nitrato a la siembra + fertilizante o Ns+f (N suelo 0-60 cm + N aplicado como fertilizante), pero esta relación presenta una correlación baja. Varios casos de esta red muestran niveles mayores de rendimiento a los esperados según el nivel de Ns+f. Esta situación estaría indicando un mayor aporte de N por mineralización durante el ciclo del cultivo.
- La mineralización de N promedio estimada a partir del rendimiento de los tratamientos PS es de 153 kg N/ha (DS 69 kg N/ha). Sumando el promedio de 105 kg Ns a la siembra, la oferta del sistema de 258 kg N/ha podría cubrir los requerimientos de N para 8500-9000 kg/ha de maíz. Debe considerarse que estos valores son promedios y que se observó una gran variabilidad entre sitios y campañas.
- Las calibraciones existentes de análisis de suelos de P Bray en maíz y soja funcionaron adecuadamente para los sitios evaluados en la región CREA Córdoba Norte. Las respuestas a P o interacciones de P con N o S se registraron mayormente en los sitios con menor nivel de P Bray de la red, o que cayeron a través de los años.
- En el caso de S, se observa una tendencia de mayor frecuencia de respuesta a S en sitios con rendimientos de maíz superiores a los 8000 kg/ha. La respuesta es moderada, de aproximadamente 250 kg/ha, probablemente a partir del buen aporte por mineralización de S orgánico del suelo y, en general, en interacción con N y/o P.
- No se observaron respuestas a Zn y B, en la comparación NPSZnB vs. NPS, en ninguno de los ensayos.
- La fertilización permitió incrementar la eficiencia de uso del agua en maíz, pero no en soja.
- Las respuestas a NPS no se relacionaron con las precipitaciones totales durante el ciclo de maíz y de soja, y tampoco se observaron diferencias sustanciales en la respuesta a NPS en maíz según sean campañas de años Niña o Niño

- A través de ocho años de evaluación, los niveles de P Bray fueron disminuyendo en el tratamiento NS y subiendo moderadamente en el tratamiento NPS. En los tratamientos sin aplicación de P, el P Bray disminuye 0.16 ppm por cada kg de balance negativo de P o, en otras palabras, el P Bray cae 1 ppm cada 6.2 kg de balance negativo de P.
- Hacia adelante, en cuanto a manejo general de lotes:
 - El N para maíz se podría manejar en función del potencial del ambiente y el análisis de suelo a la siembra. Habría que ir sumando herramientas para predecir mineralización, como el Nan, y fundamentalmente diagnósticos dinámicos comparando el lote con franjas sin restricción de N utilizando imágenes o sensores remotos o locales.
 - Aplicar P en lotes con niveles de P Bray por debajo de los umbrales críticos. En estos casos, se puede plantear reponer P en planteos de rotación privilegiando trigo o coberturas invernales y luego maíz/sorgo. Lotes con niveles de P Bray superiores a los umbrales críticos deben ser monitoreados periódicamente (por ej., cada 2-3 años). Tener muy en cuenta la elevada variabilidad intra-lote de los niveles de P Bray, pensar en muestreos georreferenciados (por ambientes o grillas) y en fertilización fosfatada variable.
 - Seguir chequeando S, la respuesta a N es un buen indicador de posible respuesta a S.
 - Monitorear posibles futuras deficiencias y respuestas de micronutrientes como B y Zn.
- En cuanto a experimentación complementaria a esta red de ensayos, debería implementarse la evaluación de dosis de N en franjas a escala comercial (nivel de lote/ambiente), en las cuales se incluyan muestreos de suelo para N-nitrato y Nan, de manera de sumar información a la ya generada por esta red.

Agradecimientos

- A todos los productores, asesores 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., F. Salvagiotti, F. O. García y F. Gutiérrez Boem. 2018. Recalibración de umbrales críticos de P-Bray para maíz y soja en Argentina. CLAP. Santiago, Chile.



Correndo A., F. Gutiérrez Boem, F. O. Garcia, et al. 2021. Attainable yield and soil texture as drivers of maize response to nitrogen: A synthesis analysis for Argentina. *Field Crops Research* 273. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108299>

van Ittersum M.K., K.G. Cassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittone, y Z. Hochman. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *Field Crops Research* 143: 4–17.