

## Nutrición en la Rotación Ensayos de la Región CREA Córdoba Norte

### Resultados 2019/20 y 2020/21

Preparado por:

*Maria 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)*

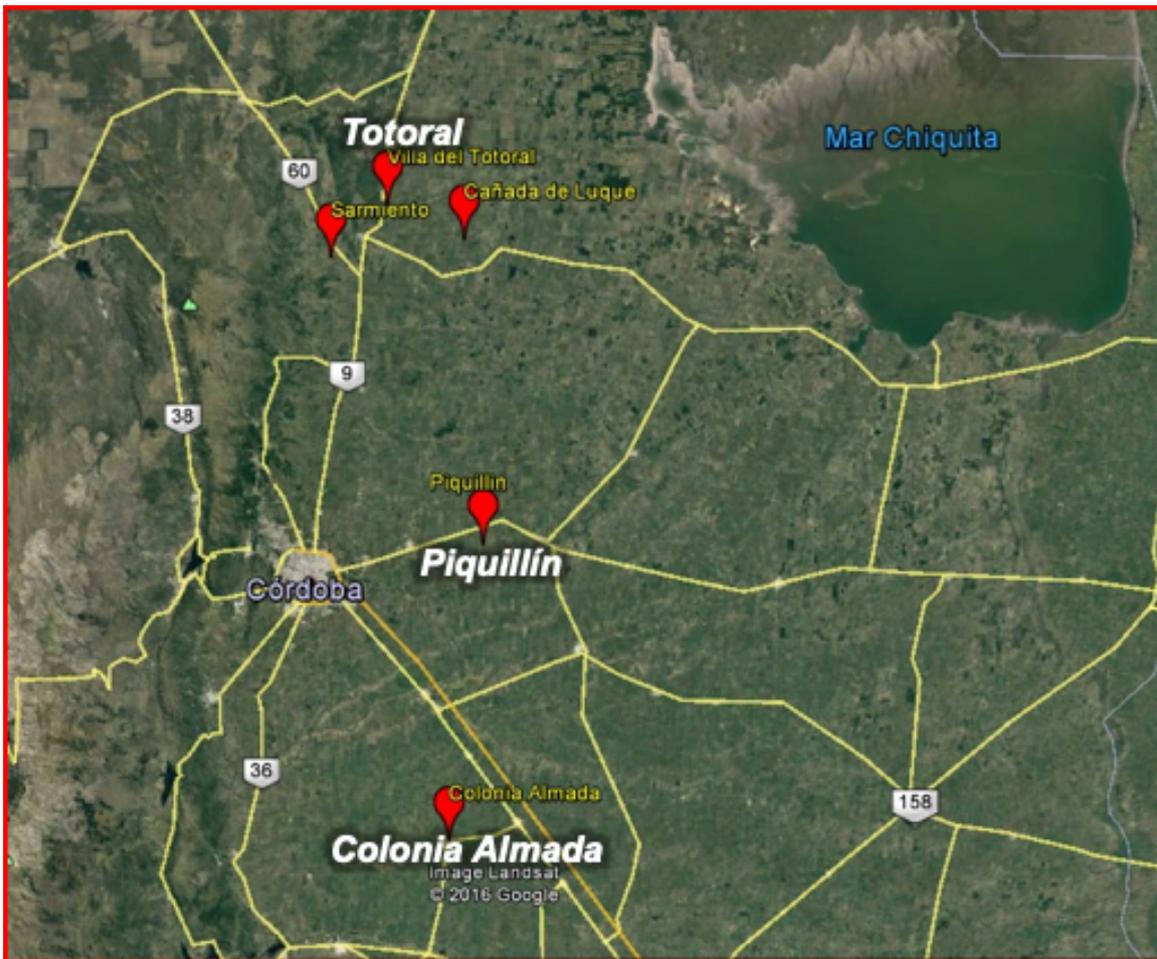
La región Córdoba Norte del movimiento CREA, con el auspicio de Nutrien Ag Solutions, continuó su red de ensayos de nutrición de cultivos en las campañas 2019/20 y 2020/21. Estos ensayos se realizan en los mismos sitios y parcelas iniciados en la campaña 2008/09 y reformulados en la campaña 2014/15. 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 las campañas 2019/20 y 2020/21 en los sitios Colonia Almada, Piquillín y Totoral, y se sintetiza la información acumulada en los últimos siete años de ensayos (campaña 2014/15 a 2020/21 inclusive).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Esta red de ensayos en campos de productores de la Región CREA Córdoba Norte etapa comenzó en la campaña 2008/09. Una primera etapa con la evaluación de nueve tratamientos se extendió hasta la campaña 2013/14. A partir de la campaña 2014/15 se reformularon los tratamientos en los mismos ensayos reduciéndolos a seis por ensayo. En las campañas 2019/20 y 2020/21 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. Campañas 2019/20 y 2020/21.

**Tabla 1.** Información de los sitios de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campañas 2019/20 y 2020/21.

Sitio	Colonia Almada	Piquillín	Totoral
<b>CREA</b>	Laguna Larga	Rio I	Totoral
<b>Zona Agroecológica</b>	Zona 2	Zona 1	Zona 1
<b>Serie Suelos</b>	Oncativo	MNtc-7	MNen-57
<b>Tipo suelo</b>	Haplustol éntico	Haplustol típico	Haplustol éntico y típico
<b>Textura</b>	Franco limoso	Limoso fino	Limoso fino
<b>Años de Agricultura a 2019</b>	20	25	20
<b>Rotación propuesta</b>	S-T/M-T/S	M-S-T/S	M-S
<b>Antecesor 2018/19</b>	Maíz	Garbanzo/Maíz	Soja

**Tabla 2.** Cultivos evaluados en los tres sitios de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campañas 2019/20 y 2020/21.

Sitio	C. Almada	Piquillín	Totoral
<b>2019/20</b>			
<b>Cultivo</b>	Soja	Soja	Maíz
<b>Variedad</b>	DM5251	5009	2089PWU
<b>Densidad (pl/ha)</b>	290000	325000	65400
<b>Espaciamento (m)</b>	0.52	0.52	0.52
<b>Fecha siembra</b>	20/11/19	11/11/19	2/12/19
<b>Fecha cosecha</b>	17/4/20	3/4/20	15/5/20
<b>2020/21</b>			
<b>Cultivo</b>	Maíz	Maíz	Soja
<b>Variedad</b>	DK 7210 VTT	LT 722 VT3 PRO	DM 53i53 IPRO
<b>Densidad</b>	63462	61540	307662
<b>Espaciamento</b>	0.52	0.52	0.52
<b>Fecha siembra</b>	23/12/20	2/1/21	22/11/19
<b>Fecha cosecha</b>	7/8/21	24/7/21	15/4/21

Los tratamientos evaluados se indican en la **Tabla 3**, y siempre se establecen 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 P Bray y  $S-SO_4^{-2}$  en los primeros 20 cm, y  $N-NO_3^-$  en los primeros 60 cm del perfil. En cada establecimiento se registraron las precipitaciones 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. Campañas 2019/20 y 2020/21. 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
<b>Dosis de Nutrientes (kg/ha)</b>					
<b>Soja 2019/20</b>					
Testigo	0	0	0	0	0
PS	0	20	12	0	0
NS	0	0	12	0	0
NP	0	20	0	0	0
NPS	0	20	12	0	0
NPSZnB	0	20	12	0.5	1
<b>Maíz 2019/20</b>					
Testigo	0	0	0	0	0
PS	0	25	15	0	0
NS	50	0	15	0	0
NP	50	25	0	0	0
NPS	50	25	15	0	0
NPSZnB	50	25	15	1	0.5
<b>Soja 2020/21</b>					
Testigo	0	0	0	0	0
PS	10	25	15	0	0
NS	0	0	36	0	0
NP	22	50	0	0	0
NPS	17	39	24	0	0
NPSZnB	18	40	24	1	0.5
<b>Maíz 2020/21</b>					
Testigo	0	0	0	0	0
PS	11	25	15	0	0
NS	27	0	4	0	0
NP	38	8	0	0	0
NPS	52	12	7	0	0
NPSZnB	54	12	7	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
<b>Colonia Almada</b>												
2019	81	57	101	122	19	3	2			47	20	118
2020	32	53	93	27					15	12	36	46
2021	95	67	110		18				5			
<b>Piquillín</b>												
2019	210	51	45	0	0	0	0	0	0	46	167	118
2020	47	274	17	10	0	0	0	0	10	32	53	109
2021	150	52	98	25	9	10	0					
<b>Totoral</b>												
2019	210	51	45	0	0	0	0	0	0	46	167	118
2020	47	274	17	10	0	0	0	0	10	32	53	109
2021	150	52	98	25	9	10	0					
<b>Histórico Jesús María</b>	127	106	110	56	26	11	9	11	31	69	103	121

sd, sin datos.

## RESULTADOS

### *Campañas 2019/20 y 2020/21*

#### **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 (tratamiento NPS) a través de los años permite mantener niveles mas altos (comparación con tratamiento NS), en los tres sitios (C. Almada, Piquillín y Totoral).

Los niveles de N-nitrato (0-60 cm) a la siembra de los cultivos de maíz fueron bajos en Totoral y Colonia Almada, pero altos en Piquillín. Los valores de S-sulfato son elevados respecto a los observados en otras zonas y ensayos, en general se considera un nivel crítico de 8-10 ppm a 0-20 cm.

En cuanto a los niveles de B y Zn, considerando niveles críticos de 0.5-1 ppm de B y 1 ppm de Zn, son adecuados para B en los sitios de Colonia Almada y Totoral y medios en Piquillín. Para Zn, 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. Campañas 2019/20 y 2020/21.

Ensayo	Tratamiento	P	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	B	Zn
		ppm 0-20 cm	kg ha <sup>-1</sup> 0-60 cm		ppm 0-20 cm	
<b>2019/20</b>						
C. Almada	PS	-	-	-	-	-
	NS	10	-	-	-	-
	NP	-	-	20	-	-
	NPS	62	-	19	-	-
Piquillín	PS	-	-	-	-	-
	NS	29	-	-	-	-
	NP	-	-	24	-	-
	NPS	41	-	24	-	-
Totoral	PS	-	40	-	-	-
	NS	38	-	-	-	-
	NP	-	-	34	-	-
	NPS	55	40	35	-	-
<b>2020/21</b>						
C. Almada	PS	-	41	-	-	-
	NS	10	-	-	-	-
	NP	-	-	9	-	-
	NPS	47	22	9	2.4	0.2
	NPSBZn	-	-	-	1.6	0.5
Piquillín	PS	-	120	-	-	-
	NS	37	-	-	-	-
	NP	-	-	10	-	-
	NPS	43	121	11	0.9	0.8
	NPSBZn	-	-	-	0.9	1.3
Totoral	PS	-	-	-	-	-
	NS	41	-	-	-	-
	NP	-	-	12	-	-
	NPS	53	-	16	1.3	0.9
	NPSBZn	-	-	-	1.0	2.0

### **Rendimientos y respuestas a la fertilización**

Los rendimientos por cultivo y sitio se muestran en la **Tabla 6**. En 2019/20, los rendimientos fueron altos para maíz y soja en Piquillín, pero medios en C. Almada donde las precipitaciones fueron mas bajas. En la campaña 2020/21, los rendimientos fueron menores a los esperados debido a la limitación de agua durante el ciclo de los cultivos.

No se observaron respuestas en los ensayos de Colonia Almada y Piquillín en ninguna de las dos campañas. La soja 2019/20 de Piquillín muestra una tendencia de respuesta a PS, y el maíz 2020/21 de C. Almada muestra tendencia de respuesta a PS y NPSBZn.

En los dos ensayos de Totoral se observaron respuestas significativas. En maíz, la respuesta es principalmente a NS y NP. En soja, los tratamientos de fertilización resultaron en rendimientos menores al Testigo.

**Tabla 6.** Rendimientos por cultivo y sitio de los seis tratamientos evaluados en los tres ensayos en las campañas 2019/20 y 2020/21 inclusive.

Ensayos	C. Almada	Piquillín	Totoral
<b>2019/20</b>	<b>Soja</b>	<b>Soja</b>	<b>Maíz</b>
<b>Testigo</b>	3323	4259	8333 b
<b>PS</b>	3183	4805	8811 ab
<b>NS</b>	3789	4333	9833 a
<b>NP</b>	3354	4768	9833 a
<b>NPS</b>	3432	4731	10000 a
<b>NPSZnB</b>	2935	4703	9256 ab
<i>Valor p</i>	0.85	0.17	0.01
<i>DMS (5%)</i>	-	-	1343
<i>CV (%)</i>	12	7	10
<b>2020/21</b>	<b>Maíz</b>	<b>Maíz</b>	<b>Soja</b>
<b>Testigo</b>	8469	8366	4026 a
<b>PS</b>	9473	8227	3359 b
<b>NS</b>	8350	8383	3604 ab
<b>NP</b>	9096	8097	3917 ab
<b>NPS</b>	9252	7830	3738 ab
<b>NPSZnB</b>	9880	7751	3671 ab
<i>Valor p</i>	0.59	0.72	0.02
<i>DMS (5%)</i>	-	-	607
<i>CV (%)</i>	9	5	9

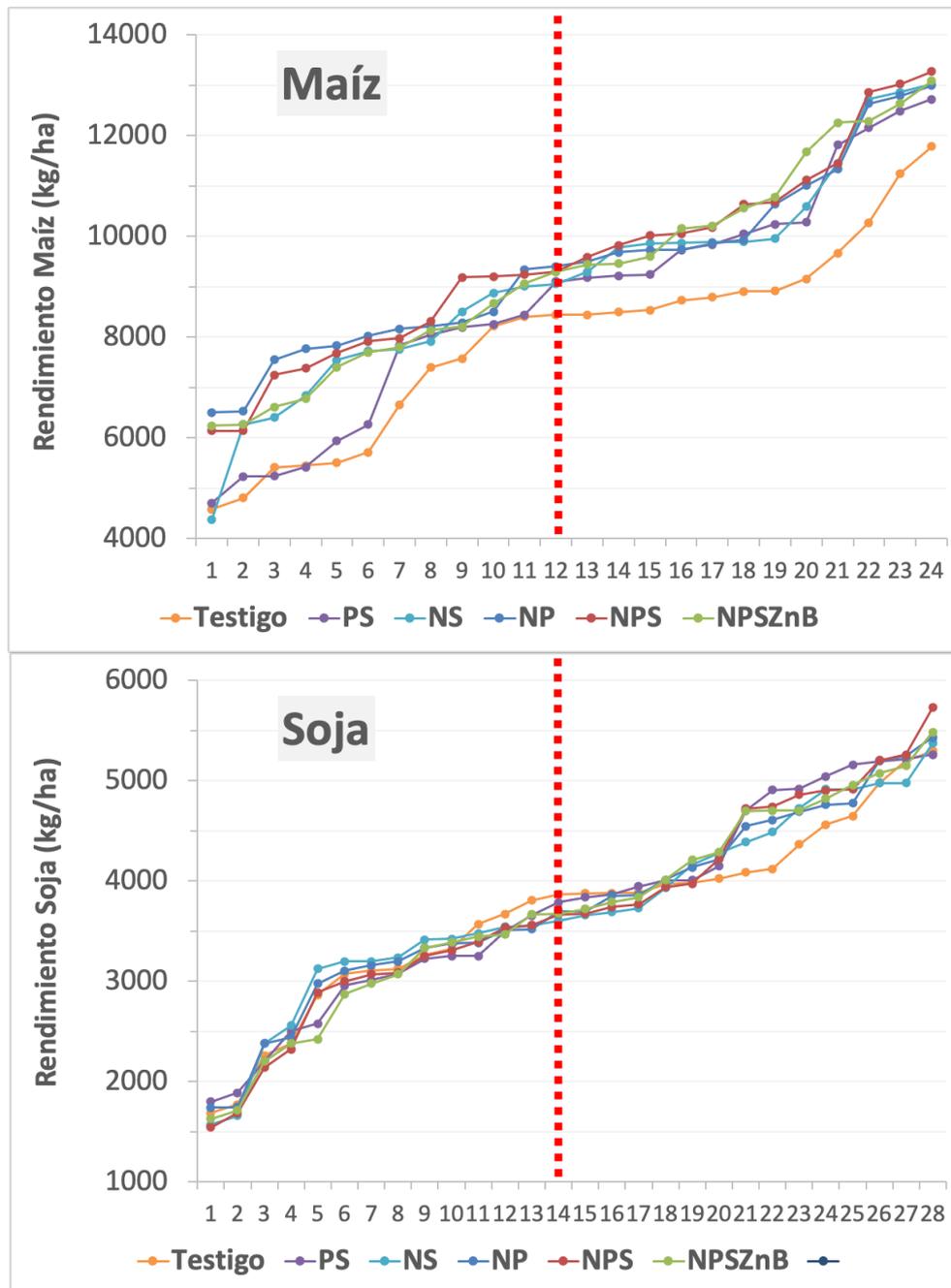
# Letras distintas para un mismo año/cultivo (fila) indican diferencias significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad.

### Análisis compilado 2014/15 a 2020/21

#### Rendimientos y respuestas a la fertilización

La Fig. 2 muestra los rendimientos observados entre 2014/15 y 2020/21 por sitio y tratamiento (dos repeticiones) para maíz y soja. El incremento de rendimiento de maíz con tratamientos que incluyen N es evidente, el 50% de los sitios con NPS rinden

mas de 9300-9400 kg/ha, mientras que el 50% de los sitios sin N se encuentra por debajo de 8500 kg/ha. En el caso de soja, las diferencias entre tratamientos son muy bajas y solo se observan en niveles altos de rendimiento.

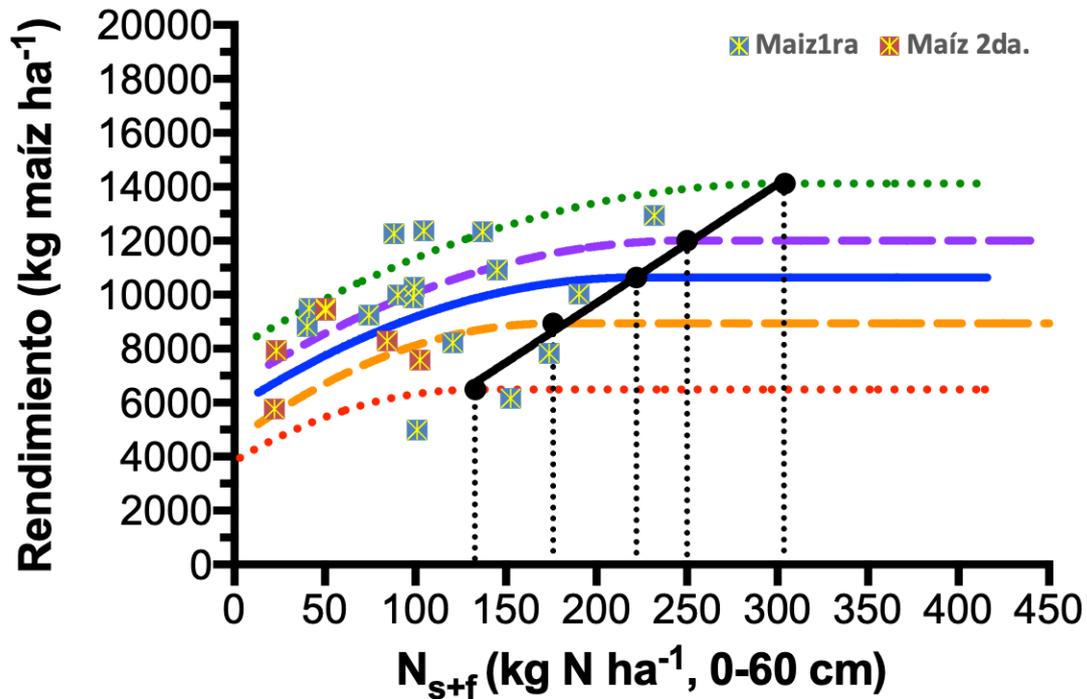


**Figura 2.** Rendimientos por sitio y tratamiento para maíz y soja (2 repeticiones por tratamiento). La línea roja punteada vertical indica el 50% de los sitios (mediana): rendimientos de 8440 y 9305 kg/ha para Testigo y NPS en maíz, respectivamente; y 3870 y 3666 kg/ha para Testigo y NPS en soja, respectivamente. Ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. Campañas 2014/15 a 2020/21.

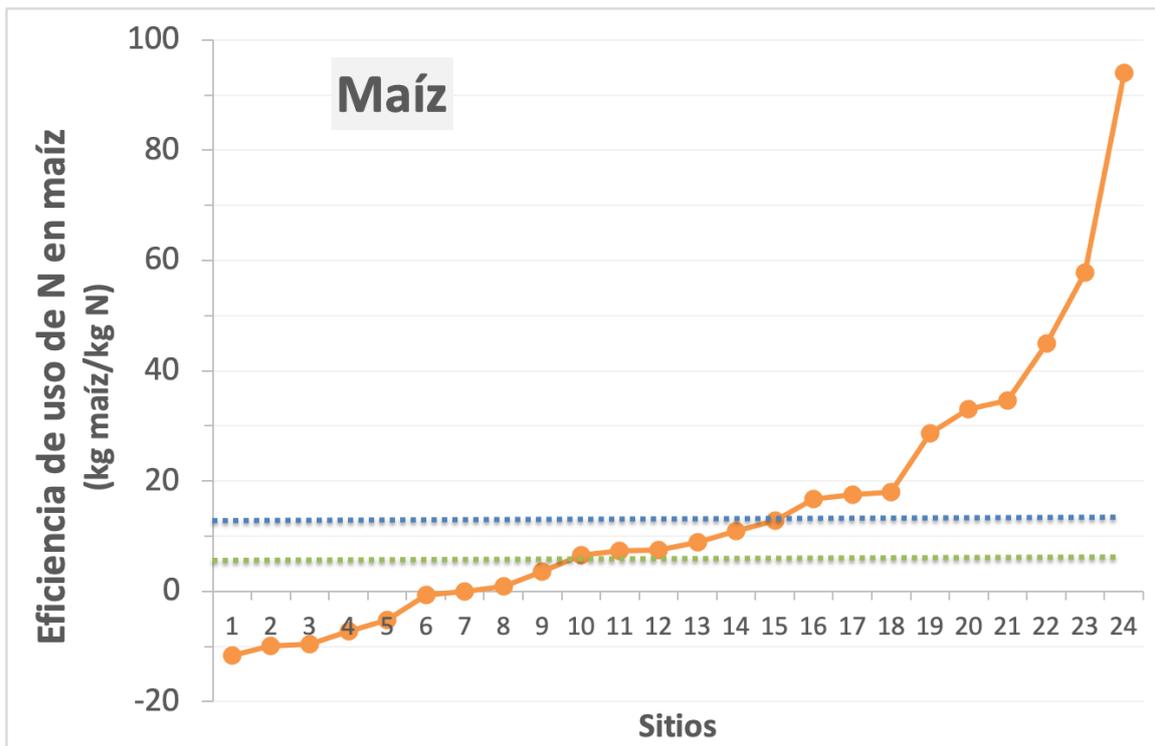
Las **respuestas a N** en maíz se relacionaron con los análisis de N-nitrato a la siembra + fertilizante o Ns+f (N suelo 0-60 cm + N aplicado como fertilizante) (**Fig. 3**). Recientemente, Correndo et al. (2021) mostraron que el umbral crítico de Ns+f depende del nivel de rendimiento del cultivo de maíz. La **Fig. 3** muestra la relación observada por Correndo et al. (2021) y en la misma figura se han incluido las observaciones de los doce 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 que podría ser estimada por indicadores como, por ejemplo, el N anaeróbico o Nan (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 179 kg N/ha (DS 70 kg N/ha). Sumando el promedio de 84 kg Ns a la siembra, la oferta del sistema de 263 kg N/ha podría cubrir los requerimientos de N para 8200-8800 kg/ha de maíz. Debe considerarse que estos valores son promedios y que se observó una gran variabilidad entre sitios y campañas.

La **Fig. 4** muestra las **eficiencias de uso de N (EAN)**, es decir los kg de maíz obtenidos por kg de N aplicado como fertilizante. La EAN es útil para la evaluación económica de la respuesta a N. Considerando precios de urea de U\$500 por t y de maíz de U\$175 por t, la relación de indiferencia es de 6.2 kg de maíz por kg de N como urea, mientras que para precios de urea de U\$1000 por t y de maíz de U\$175 por t, la relación de indiferencia es de 12.4 kg de maíz por kg de N como urea. Las EAN promediaron 15 kg maíz por kg N aplicado, pero variaron entre -12 y 94 kg maíz por kg N aplicado. Los sitios con EAN mayor de 20 kg maíz por kg N aplicado (Totoral 2017/18 y C. Almada 2014/15 y 2016/17), fueron, en general, los de rendimientos de menos de 6000 kg/ha sin aplicación de N (tratamiento PS). La **Fig. 4** muestra que 62% de los sitios presentaron EAN superiores a 6 kg maíz/kg N, y 42% de los sitios respuestas superiores a 12 kg maíz/kg N.

La **productividad parcial de N (PPN)**, estimada como el cociente entre el rendimiento y la dosis de N aplicada, varió entre 91 y 266 kg maíz por kg de N aplicado, con un promedio de 180 kg maíz por kg N aplicado (DS 50 kg maíz/kg N). Este es un valor muy alto ya que los valores de sistema eficientes a nivel global se ubican en unos 60-80 kg maíz por kg N aplicado, y estaría indicando que mucho del N utilizado por los cultivos proviene de la mineralización del N orgánico y que, probablemente, la eficiencia fisiológica de uso del N sea elevada.



**Figura 3.** Relación entre rendimientos de maíz y disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos a 0-60 cm + N fertilizante) para distintos niveles de rendimiento según Correndo et al. (2021), y relaciones observadas en los ocho sitios de maíz 1ra. y cuatro de maíz 2da. (puntos según leyenda en la figura) de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte. La línea negra continua conecta los umbrales críticos sugeridos para los distintos niveles de rendimiento.

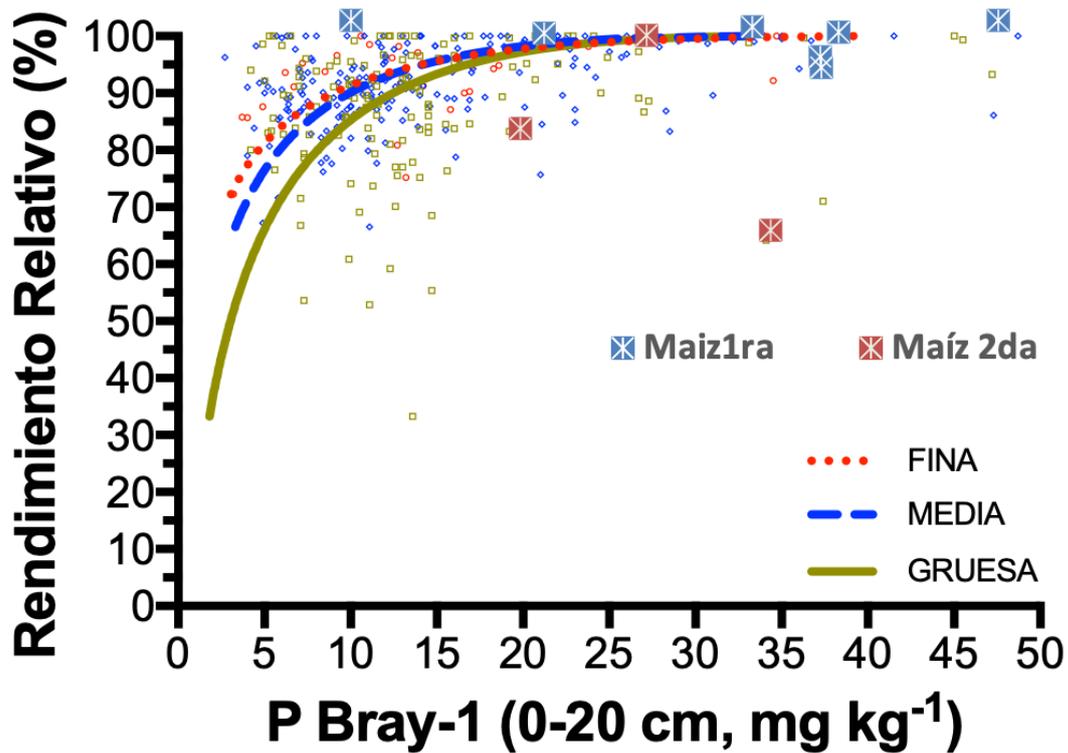


**Figura 4.** Eficiencia de uso de N, expresada como kg de maíz por kg de N aplicado, para distintos sitios de ensayo. Las lineales punteadas muestran la relación de precios de 12 kg maíz por kg N-urea (azul) y de 6 kg de maíz por kg N-urea (verde). Red Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte.

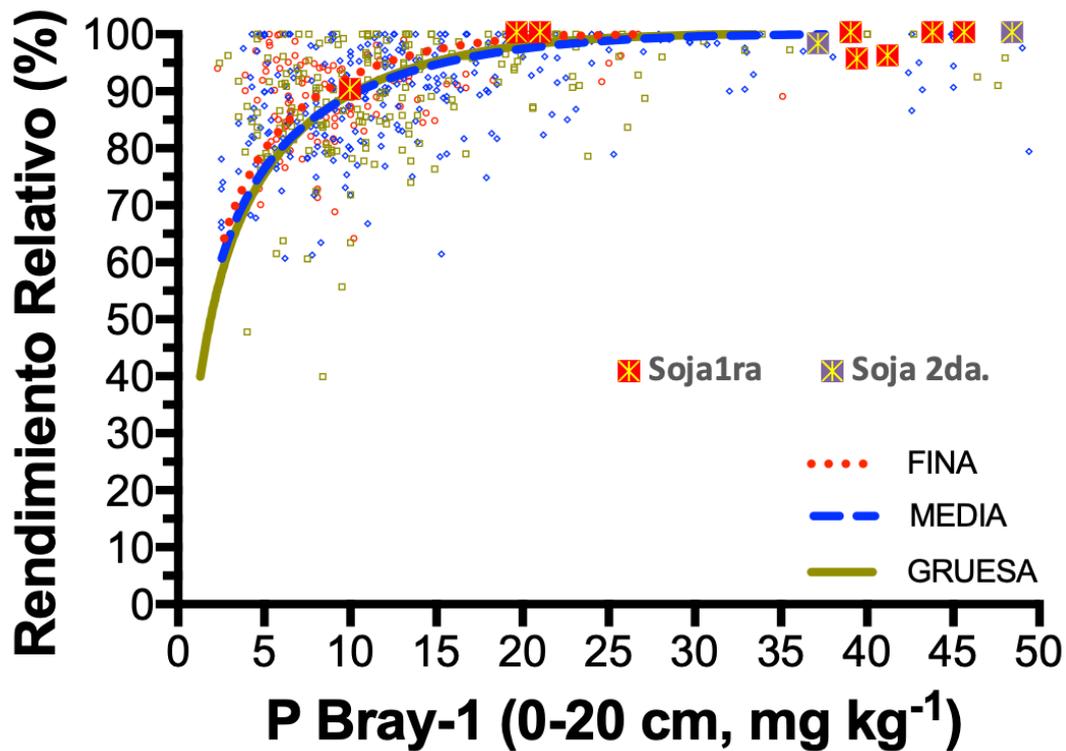
En el caso de **P**, la relación que se ha ajustado es la de rendimiento relativo (rendimiento sin P/rendimiento con P) con el nivel de P Bray (0-20 cm) (Correndo et al., 2018). Los datos de CREA Córdoba Norte se ajustan a las curvas regionales para maíz (**Fig. 5**) y para soja (**Fig. 6**). Las respuestas 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 niveles bajos de S-sulfatos en suelo indicarían posibilidad de respuesta. Sin embargo, vale aclarar que 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, las respuestas a S fueron moderadas y,

en general, en interacción con N y/o P, probablemente a partir del buen aporte por mineralización de S orgánico en suelos con corta historia agrícola.

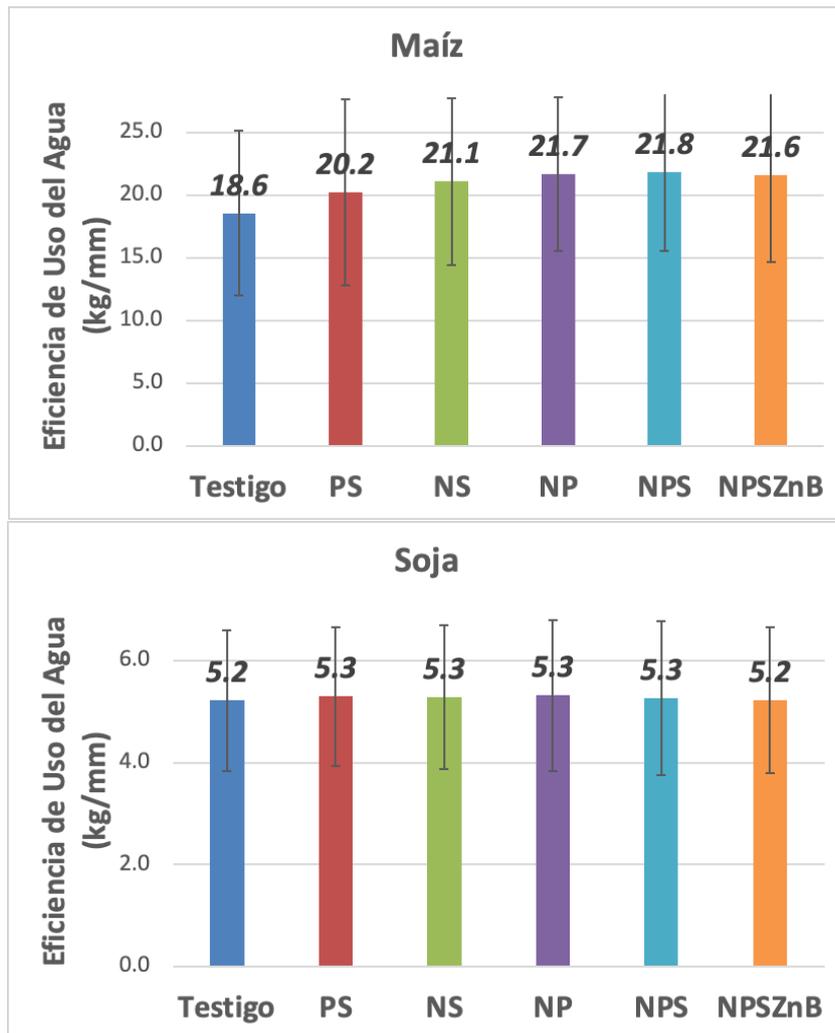


**Figura 5.** Relación entre rendimientos relativos de maíz (Rendimiento sin P/Rendimiento con P) y nivel de P Bray a 0-20 cm para suelos de distintas texturas según Correndo et al. (2018), y relaciones observadas en los ocho sitios de maíz 1ra. y cuatro de maíz 2da. (puntos según leyenda en la figura) de los ensayos Nutrición en la Rotación de la Región CREA Córdoba Norte.

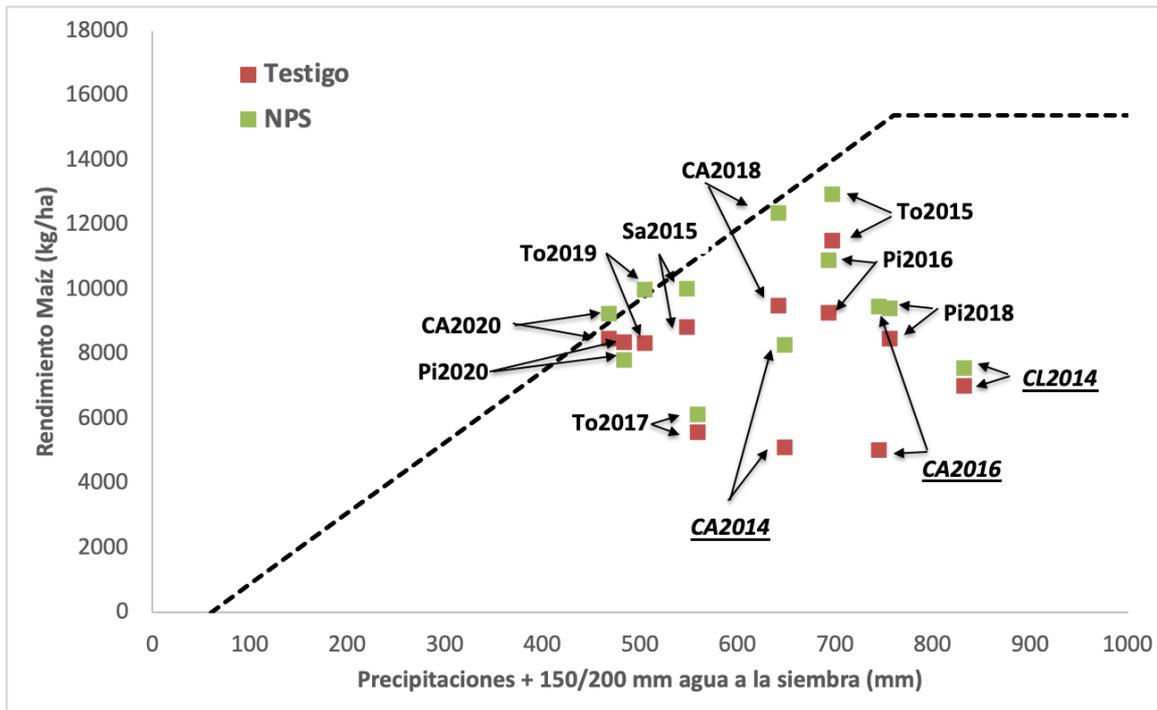


**Figura 6.** Relación entre rendimientos relativos de soja (Rendimiento sin P/Rendimiento con P) y nivel de P Bray a 0-20 cm para suelos de distintas texturas según Correndo et al. (2018), y relaciones observadas en los trece sitios de soja 1ra. y dos de soja 2da. (puntos según leyenda en la figura)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

Las respuestas a la fertilización en maíz permitieron incrementar la **eficiencia de uso del agua (EUA)** (Fig. 7). La Fig. 8 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 alcanza 13.1 kg/mm y el NPS 15.5 kg/mm, una diferencia del 18% en EUA. En el caso de soja, las EUA no se diferenciaron entre tratamientos y variaron entre 5.2 y 5.3 kg/mm (Fig. 7). En sistemas de alta EUA se han observado valores de 10-12 kg/mm en soja.



**Figura 7.** 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 2020/21.

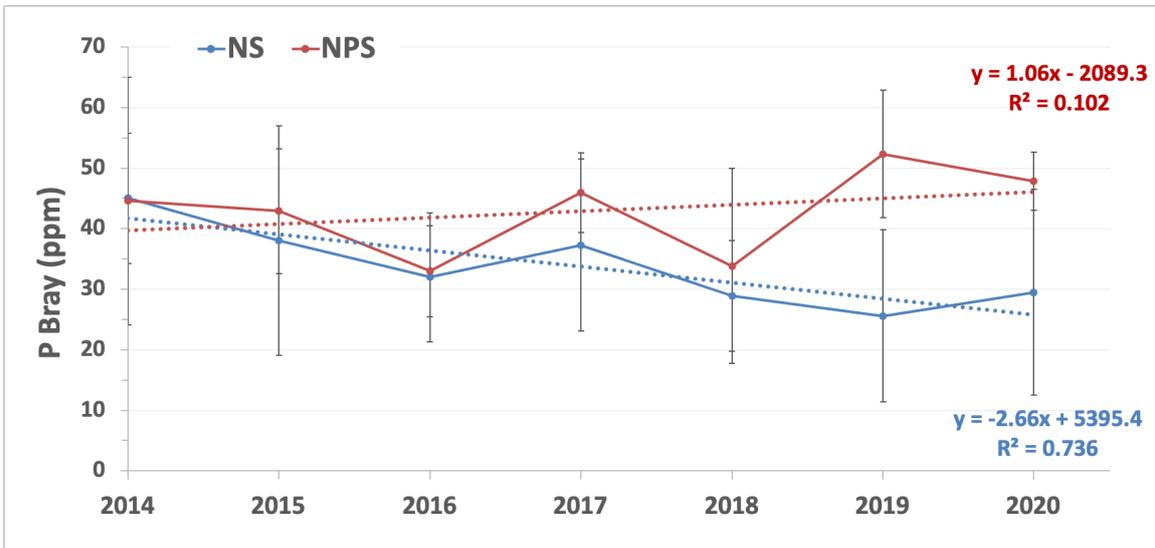


**Figura 8.** Relación entre rendimientos de maíz 1ra. (fuente normal) y 2da. (fuente *itálica y subrayado*) de tratamientos Testigo y NPS con el abastecimiento de agua (precipitaciones durante el ciclo mas 200 y 150 mm de agua almacenada en el suelo a la siembra de maíz 1ra y maíz 2da., respectivamente). 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.

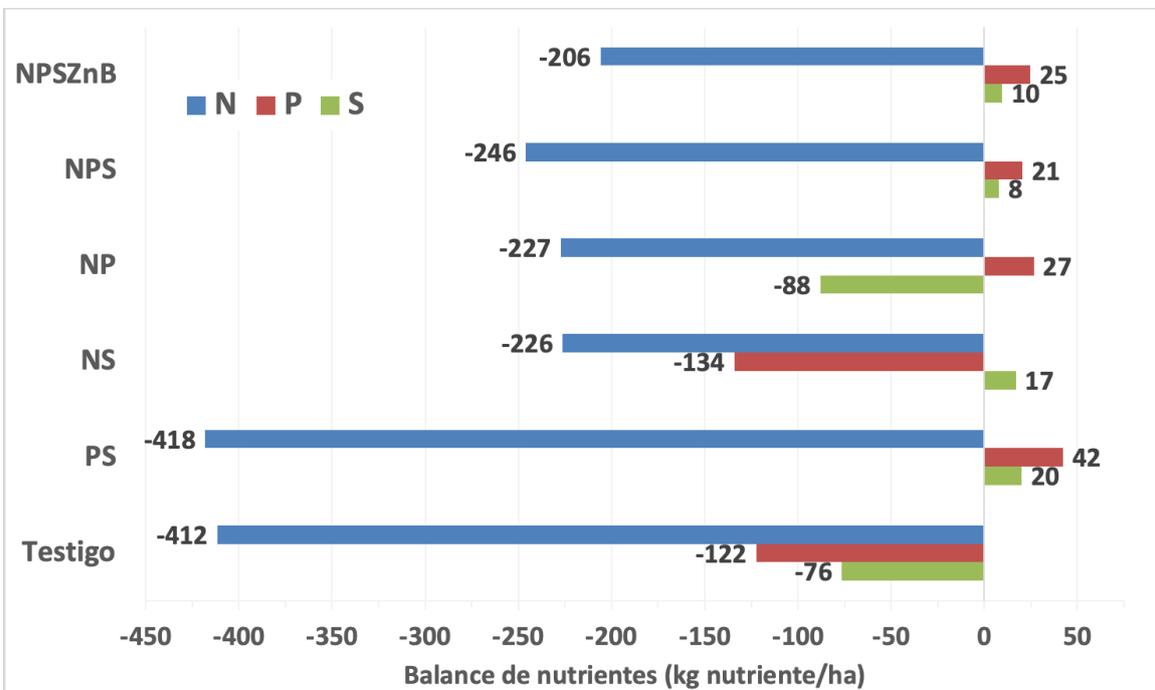
### ***Evolución de análisis de P del suelo y balances de nutrientes***

A través de siete años de evaluación, los niveles de P Bray fueron disminuyendo en el tratamiento NS y subiendo moderadamente en el tratamiento NPS (**Fig. 9**). Estas tendencias se deben a los balances de P negativos en el tratamiento NS y positivos en el tratamiento NPS (**Fig. 10**). La **Fig. 11**. 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 6.1 kg de balance negativo de P.

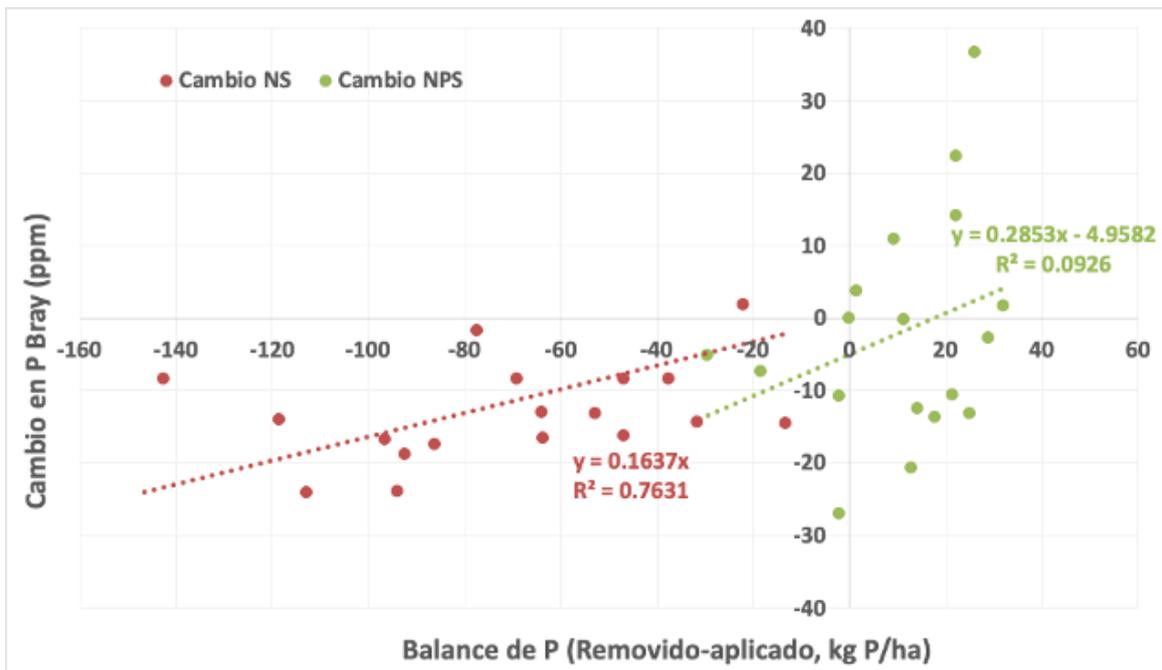
Los balances de N fueron negativos para todos los tratamientos ya que las dosis aplicadas buscaban optimizar rendimientos sin reponer el N removido en granos y el aporte de la fijación biológica de N en soja se considero del 60% del N absorbido por el cultivo (**Fig. 10**). En el caso de S, las dosis aplicadas, en los tratamientos correspondientes, permitieron mantener balances cercanos a la neutralidad.



**Figura 9.** 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, 2014/15 a 2020/21 inclusive.



**Figura 10.** Balance de nutrientes N, P y S, promedios de C. Almada, Piquillín y Totoral, para los seis tratamientos de fertilización. Periodo 2014/15 a 2020/21 inclusive.



**Figura 11.** Cambios de P Bray según balances de P. Datos de 2014/15 a 2020/21 para los sitios C. Almada, Piquillín y Totoral.

## CONCLUSIONES

- En las campañas 2019/20 y 2020/21, las condiciones climáticas limitaron los rendimientos y respuestas a la fertilización. Se observó respuesta significativa en un ensayo de maíz y tendencias en otro ensayo de maíz y uno de soja.
- El análisis de siete años (2014/15 a 2020/21) muestra respuestas generalizadas a N en maíz, con interacciones con P y S según el sitio, pero bajas respuestas en soja.
- Las respuestas a la fertilización en maíz permitieron incrementar la eficiencia de uso del agua en un 18%.
- Las respuestas a N en maíz y los índices de eficiencia de uso del N aplicado sugieren que buena parte del N para el cultivo fue suministrada por mineralización de N orgánico del suelo durante el ciclo del cultivo. Ambientes de rendimiento (sin N) del orden de los 6000 kg/ha presentan elevadas respuestas a la fertilización nitrogenada.
- 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.
- No se observaron respuestas a Zn y B, en la comparación NPSZnB vs. NPS, en ninguno de los ensayos.
- Hacia adelante:

- 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).
- 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.

### **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.