

Revista MDA

CONOCIMIENTO PARA PRODUCIR MEJOR

ISSN edición impresa 2718- 6652
ISSN en línea 2718- 6660
julio 2021
La Plata, Argentina

Vol. 2 Nro. 2

TEMA DE DEBATE EN ESTE NÚMERO

SUELOS. EL PRINCIPIO DE TODO

ARTÍCULOS TÉCNICOS Y CIENTÍFICOS

Balance de nutrientes en la agricultura extensiva bonaerense para la campaña 2019/20

Efecto de la enmienda orgánica y flora acompañante sobre el suelo y el rendimiento del tomate

Evaluación física y económica de la fertilización con fósforo en experimentos de largo plazo. Resultados de los tres primeros años en maíz, trigo y soja



Revista MDA

Publicación del Ministerio
de Desarrollo Agrario
Provincia de Buenos Aires

ISSN edición impresa 2718- 6652
ISSN en línea 2718- 6660
Vol. 2, N.º 2, julio 2021
La Plata, Argentina

INSTITUCIÓN EDITORA

Ministerio de Desarrollo Agrario (MDA)
del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.

Impreso en Imprentas del Estado Bonaerense.

Periodicidad trimestral

SEDE EDITORIAL

Av. 51, esquina 12. Torre Gubernamental 1, piso 5to.
Ciudad de La Plata. Provincia de Buenos Aires.
Tel. (0221) 429 – 5341
ediciones.mda@gmail.com
https://www.gba.gob.ar/desarrollo_agrario

Autoridades

GOBERNADOR
Dr. Axel KICILLOF

MINISTRO
Dr. Javier RODRÍGUEZ

Jefe de Gabinete
Lic. Jonatan SÁNCHEZ SOSA
**Subsecretaria de Agricultura,
Ganadería y Pesca**
Lic. Carla SEAIN
**Subsecretario de Desarrollo Agrario
y Calidad Alimentaria**
Lic. Cristian AMARILLA
Subsecretario Técnico, Administrativo y Legal
Abg. Leonardo LAGUNA

Staff Revista

Comité Editorial

PRESIDENTE
Javier Rodríguez
VOCALES
Cristian Amarilla
Carla Seain
Jonatan Sánchez Sosa
Merino Soto Sainz
Javier Cernadas
Pablo Menéndez Portela

Comité Asesor Científico - Técnico

Juan Andrés De Beistegui
Paula Pérez Maté
Carolina Estelrich
Alejandro Giaquinta
Julio Hollmann
Ariel Melín
Matías Bailleres
Maximiliano Pérez
Orlando Boragno
Leandro Pontaroli
Juan Manuel Zeberio
Osvaldo Atela

Equipo Editorial

DIRECTOR
Germán Linzer
EDITOR GENERAL
Ayelen Perrone
EDITORES ASOCIADOS
Merino Soto Sainz
Cristian Amarilla
SECRETARIA EDITORIAL
Rocío Godoy
ASISTENTES EDITORIALES
Mario Migliorati
Gustavo Ciuffo
DISEÑO Y COMUNICACIÓN VISUAL
Jessica Agudo

La Revista MDA es una publicación electrónica trimestral perteneciente al Ministerio de Desarrollo Agrario del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Presenta una sección destinada a propiciar debates de temas de interés para el desarrollo agrario, con foco en sus aspectos sociales, económicos, políticos y culturales. Publica artículos técnicos y científicos de profesionales que integran las Chacras Experimentales y de otras instituciones que conforman el sistema científico y tecnológico provincial y nacional.

Lo expresado por autores, corresponsales o columnistas no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial, de la revista o de su institución editora.

TEMAS EN DEBATE

EDITORIAL

- 4
Suelos. El principio de todo
 POR DR. JAVIER RODRÍGUEZ

NOTAS

- 7
Los suelos bonaerenses y su cuidado: una política provincial
 POR MANUEL MARTÍN

- 11
La agricultura en tiempos de los microbiomas
 POR LUIS GABRIEL WALL

- 17
La salud del suelo como aspecto central de la sustentabilidad de agroecosistemas
 POR GERVASIO PIÑEIRO, PRISCILA PINTO, PAULA BERENSTECHER, TOMAS DELLA CHIESA Y SEBASTIAN VILLARINO

- 23
Suelos sanos, alimentos sanos
 POR MÓNICA BEATRIZ BARRIOS

- 30
La agricultura se hermana con el manejo del suelo para ser sustentable
 POR ADRIÁN ENRIQUE ANDRIULO

- 38
Suelo y seguridad alimentaria
 POR VIRGINIA APARICIO

ARTÍCULOS TÉCNICOS Y CIENTÍFICOS

- 43
Balance de nutrientes en la agricultura extensiva bonaerense para la campaña 2019/20
 PRESUTTI, M.

- 51
Aportes de carbono en diferentes rotaciones agrícolas en el centro oeste de Buenos Aires
 PEREZ, G.; ESTELRRICH, C.

- 56
Efecto de la enmienda orgánica y flora acompañante sobre el suelo y el rendimiento del tomate*
 CAP, G.; PALADINO, I. R.; SÁNCHEZ, E.; SOKOLOWSKI, A. C.; STRASSERA, M. E.

- 61
Evaluación física y económica de la fertilización con fósforo en experimentos de largo plazo. Resultados de los tres primeros años en maíz, trigo y soja*
 PAGANI, A.; ESTELRRICH, C.

- 69
Balance de P en el cultivo de soja: ¿fertilizar o no fertilizar? esa no es la cuestión
 ANTONIETTA, M.; GIRÓN, P.; MARTINI, G.; MAYDUP, M. L.; MICHELOUD, J.; PAOLINI, M.; GUIAMET, J. J.; SATORRE E.

INFORME TÉCNICO

- 76
La importancia del monitoreo de plagas y enfermedades, y el registro fenológico en horticultura
 GUAYMASÍ, D. V.; D'AMICO, M.

Balance de P en el cultivo de soja: ¿fertilizar o no fertilizar? esa no es la cuestión

ANTONIETTA, M.¹; GIRÓN, P.²; MARTINI, G.³; MAYDUP, M. L.¹; MICHELOUD, J. ^{3,4}; PAOLINI, M. ³; GUIAMET, J. J.¹; SATORRE, E.^{3,5}

RESUMEN

En la zona núcleo sojera los niveles de P disponible han caído por debajo del valor crítico para soja (14.3 ppm) entre 1980 y la actualidad como consecuencia de un balance de P negativo. Realizamos un análisis con datos obtenidos en lotes de productores asociados a CREA en soja de primera durante 3 campañas (2017-19) y en 3 regiones: oeste, oeste arenoso y sudeste (n=2302). Más de un 80% de los lotes presentaron valores de P Bray1 menores a 15 ppm. La fertilización con P tendió a ser mayor en lotes propios que en arrendados. Se detectaron diferencias en rendimiento de hasta un 25% entre lotes fertilizados con P y no fertilizados. El balance de P más negativo se detectó en el Oeste Arenoso (-17 Kg P ha⁻¹) y el menos negativo en la región sudeste (-6 Kg P ha⁻¹) en línea con los menores niveles de P disponible. La respuesta del rendimiento al P podría promover la práctica de fertilización dependiendo de la relación costo-beneficio. Una agricultura sustentable no puede alcanzarse sin repensar el flujo lineal de P desde las minas hacia los océanos pasando por los campos.

Palabras Clave: soja, balance de P negativo, fertilización.

ABSTRACT

In the soybean core zone, available P soil levels have decreased below critical values for soybean (14.3 ppm) between 1980 and present due to negative P balances. We analyzed soybean data obtained in farmer fields associated to CREA during 3 years (2017-19) in 3 regions: West, Sandy West and Southeast (n=2302). Above 80% of the lots had P Bray1 values below 15 ppm. Higher P doses were observed in owned compared with rented fields. Yield differences of up to 25% were detected between P- fertilized and non-fertilized plots. Most negative P balances were detected in Sandy West zone (-17 Kg P ha⁻¹) whereas the least negative were detected in the Southeast (-6 Kg P ha⁻¹) in line with its lower levels of available P. Yield response to P may promote fertilization practices depending on the cost-benefit relationship. In any case, sustainable agriculture cannot be achieved without rethinking the linear flux of P from mines to oceans passing through the fields.

Keywords: soybean, negative P balances, fertilization.

¹ Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE), Universidad Nacional de La Plata – CONICET. cc 327, (CP 1900) La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina.

² Estación Experimental Agropecuaria (EEA) General Villegas del INTA. San Martín Nro. 26, (6230) General Villegas, Argentina.

³ Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). Sarmiento 1236, (C1041AAZ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

⁴ Cátedra de Cerealicultura, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, (C1417DSE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

⁵ Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA), Universidad de Buenos Aires – CONICET. Av. San Martín 4453, (C1417DSE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

En el debate hacia una agricultura sustentable, el ciclado y la reposición de los nutrientes extraídos por los cultivos es un aspecto que aún no parece abordarse con la atención que merece. El uso de fertilizantes ha sido cuestionado por sus impactos negativos en el ambiente debido fundamentalmente a la liberación de gases de efecto invernadero o pérdidas por lixiviado y escorrentía que luego contaminan cuerpos de agua. Sin embargo, esto aparece generalmente como un problema asociado a las altas dosis de fertilizantes utilizadas en países desarrollados. En cambio, en países como la Argentina, en general las dosis de fertilizante son bajas y lejos están de reponer los nutrientes extraídos por los cultivos. Por otro lado, en el caso del P, dada su fuerte interacción con las partículas del suelo, las pérdidas por lavado suelen ser mínimas. Por eso una fertilización sostenida en el tiempo se refleja en aumentos en los valores de P del suelo (García et al., 2009).

Cruzate y Casas (2009) estimaron el balance de algunos nutrientes en los principales cultivos de grano en Argentina (soja, girasol, maíz, trigo, arroz, sorgo) y reportaron que, por ejemplo, en promedio se repuso a través de la fertilización un 40% del nitrógeno (N), un 60% del fósforo (P) y solo un 6% del potasio (K) extraído por los granos. Así, aún estamos viviendo una época de “suelos gordos” en la cual los rendimientos alcanzados están siendo subsidiados por el capital mineral del suelo. Desde el punto de vista ambiental, esto implica un deterioro del suelo que afecta no solo sus propiedades químicas, algo que podría subsanarse si llegado el caso fuera posible reconstruir el suelo a partir de la suma de sus partes, pero nada más lejos de la realidad. Desde una perspectiva económica, cabe preguntarse qué tan rentable será producir cuando haya que pagar los nutrientes extraídos para sostener los rendimientos.

Si bien distintas alternativas de manejo pueden mejorar la retención de nutrientes en el sistema, su biodisponibilidad o la capacidad de absorción por las plantas, ninguna de ellas sustituye la necesidad de una adecuada reposición de nutrientes. Se trata de flujos de materia: todos los nutrientes que del sistema se exportan en forma de granos, animales o productos derivados deberían reingresar para preservar el stock de nutrientes del suelo. Bajo esta premisa, las

alternativas a los fertilizantes convencionales parecen impracticables en los sistemas de producción extensivos. Por ejemplo, serían necesarias 10.8 tn ha⁻¹ de estiércol ovino (aprox. 0.2% de P) para reponer el P extraído en los granos de un cultivo de soja con un rendimiento de 4 tn ha⁻¹.

La solución tampoco descansa en los fertilizantes convencionales. Se ha estimado que las reservas mundiales de roca fosfórica durarían unos 200 años a las tasas actuales de extracción. Sin embargo, estos cálculos no consideran una creciente demanda de P producto del agotamiento progresivo de los suelos. El escenario plantea aún más incertidumbre, ya que el 75% de las reservas mundiales que se comercializan se encuentran concentradas en Marruecos y no existe un sistema unificado que provea un monitoreo independiente sobre el estado de las reservas de P ni que regule la forma en que se utilizan (Rosemarin y Ekane, 2016). El impulso para el desarrollo de tecnologías más sustentables, que incluyan, por ejemplo, el reciclaje del P a partir de desechos cloacales, empieza por valorar y cuantificar los recursos minerales del suelo.

El consumo de P en Argentina ha pasado de 25 mil t en 1993 a más de 340 mil t en 2019². La soja, así como otras leguminosas, es capaz de fijar N₂ atmosférico a partir de la simbiosis con bacterias fijadoras de N₂; los iones H⁺ liberados durante la fijación del N₂ acidifican la rizósfera aumentando la disponibilidad de P (Pineda et al., 2014) y desalentando el uso de fertilizantes fosforados. En consecuencia, la soja presenta balances mucho más negativos que otros cultivos, removiendo 5.46 Kg P por Kg P aplicado comparado con maíz, donde por cada kg aplicado el cultivo remueve 0.78 Kg (García et al., 2009). Sin embargo, a medida que los niveles de P disponible se van reduciendo, es esperable encontrar mayor respuesta del cultivo de soja al P aplicado. En este contexto nos proponemos describir el “estado de situación” para algunas regiones de la zona núcleo sojera utilizando datos obtenidos en lotes de productores de soja durante tres campañas pertenecientes a la base de datos CREA (Consortios Regionales de Experimentación Agrícola³). Los objetivos fueron:

- (i) Describir cómo varían los niveles de P disponible en suelo en lotes de diferentes regiones.

² www.fertilizar.org.ar

³ www.crea.org.ar

- (ii) Describir cómo varían las prácticas de fertilización con P.
- (iii) Analizar la respuesta del rendimiento a la fertilización con P.
- (iv) Calcular el balance de P por regiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una base de Datos Agrícolas Trazados (DAT) correspondiente a lotes de soja cultivados durante tres campañas (2017, 2018 y 2019). Excepto en lo que refiere a la fecha de siembra y al aporte o no de fertilización con P, la variabilidad en el manejo del cultivo (genotipo, fertilización con otros nutrientes, etc.) se consideró como propia del manejo frecuente por ambientes en este análisis preliminar.

Esta base de datos se procesó de la siguiente manera:

- i. Se eliminaron todos aquellos casos que reportaron adversidades relevantes debidas a estrés abiótico o biótico (anegamiento, granizo, sequía, heladas, plagas, malezas, enfermedades, fuego, pájaros, y vuelco). Se eliminaron también casos con rendimientos extremadamente bajos ($<500 \text{ Kg ha}^{-1}$) o altos ($>8000 \text{ Kg ha}^{-1}$).
- ii. Sobre la base de datos resultante se seleccionaron aquellos casos que reportaran los niveles de P extractable (según metodología P Bray1). La fracción de P extractable para las plantas se encuentra

en equilibrio con las formas lábiles de P inorgánico y orgánico y tiende a mantenerse a través de la desorción, disolución química o mineralización de la materia orgánica (García et al., 2009). De esta forma, el P extractable refleja en algún punto, el pool de P disponible del suelo para el crecimiento vegetal y, esa denominación será utilizada en este trabajo. Para aquellos lotes que no reportaran el P disponible, pero que sí lo hicieran para el cultivo antecesor de verano, se completó el nivel de P con este dato.

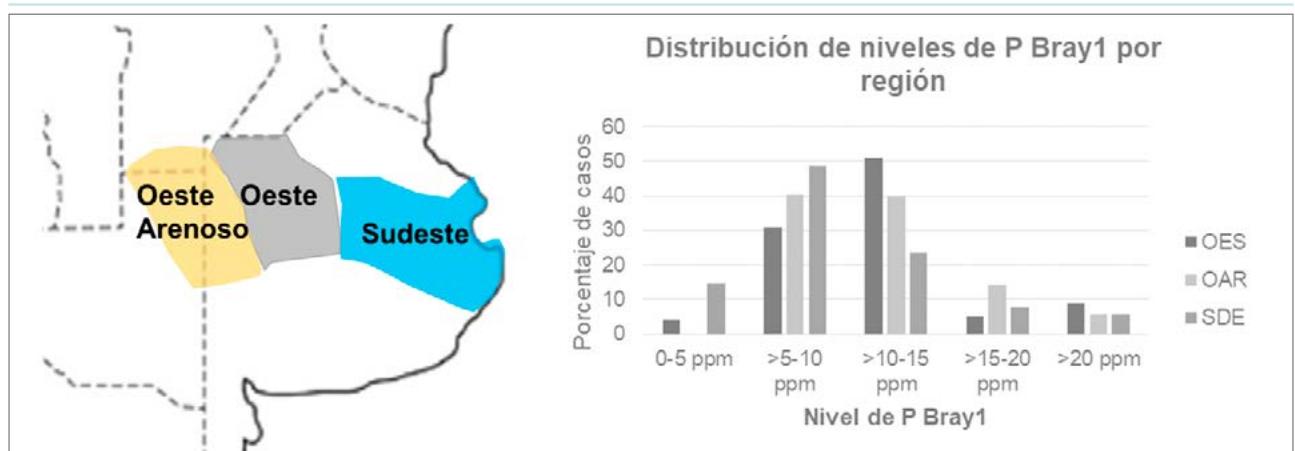
iii. Se seleccionaron las tres regiones con el mayor número de datos. Se decidió a priori trabajar solo con siembras de primera, resultando en un total de 2302 casos distribuidos en tres regiones: oeste (OES, 967 casos), oeste arenoso (OAR, 587 casos) y sudeste (SDE, 333 casos) (Fig. 1).

iv. Dentro de cada región se clasificaron los datos por terciles según el nivel de P disponible. Para cada tercil, los datos se clasificaron como no fertilizados (NF) aquellos con un aporte menor a 5 kg P ha^{-1} y fertilizados (F) aquellos con un aporte igual o mayor a 5 kg P ha^{-1} .

A partir de esta base de datos se realizaron gráficos de probabilidad acumulada de rendimientos para cada región, tercil de P disponible y manejo de la fertilización con P.

El balance de P se calculó como: $\text{kg P}_g - \text{kg P}_f$ donde P_g es P en grano (P exportado en la cosecha) y P_f es P aportado vía fertilización en la campaña de soja. El contenido de P en grano se calculó considerando una concentración de $5,4 \text{ kg P t}^{-1}$ (García et al., 2009).

Figura 1. (Izq.) Regiones analizadas. (Der.) Porcentaje de lotes según el nivel de P extractable (según Bray1) para las regiones Oeste (OES), Oeste Arenoso (OAR) y Sudeste (SDE).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

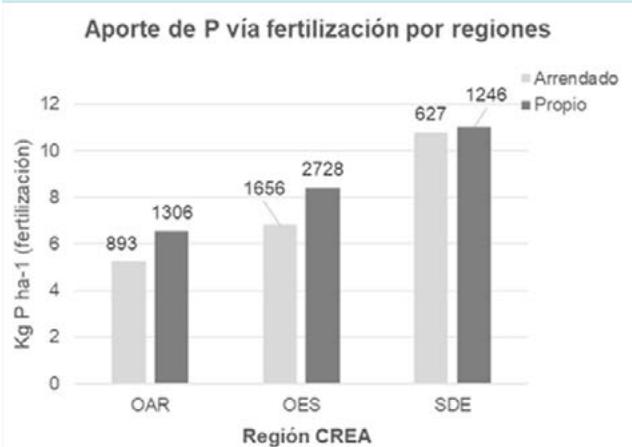
Distribución de los niveles de P disponible entre regiones

El nivel de P disponible crítico por debajo del cual sería esperable encontrar una respuesta del cultivo de soja se ubica en aproximadamente 14,3 ppm (Sucunza et al., 2018) si bien puede variar según el tipo de suelo y otras características del ambiente (Correndo, 2018). En las tres regiones analizadas se observó que entre un 80% (OAR) y un 86% (OES, SDE) de los lotes presentaron niveles de P disponible inferiores a 15 ppm (Fig. 1). Los valores más bajos se registraron en SDE con un 63% de los lotes con menos de 10 ppm, mientras que en OAR y OES el 41% y el 35% de los lotes se encontraron en esta situación, respectivamente. Esta tendencia coincide con el rango de valores reportados por Sainz Rozas et al. (2011) sugiriendo que el cultivo respondería a la fertilización con P. Respecto al menor valor registrado en SDE, los suelos del sudeste pampeano tienen una mayor capacidad de adsorción del P en forma no extractable por Bray1 (Rubio et al., 2008) que estaría relacionada con las características mineralógicas del material andino volcánico que conforma el loess en el sur de Buenos Aires (Cabello et al., 2016).

Variación de las prácticas de fertilización entre regiones

Respecto a las prácticas de fertilización con P se observó en general una variación importante entre regiones, con dosis promedio máximas superiores a los 10 kg P ha⁻¹ en la región SDE, en línea con los menores valores de P disponible, pero inferiores a 6 kg P ha⁻¹ en lotes arrendados del OAR (Fig. 2). Se observó una tendencia hacia mayores aportes de fertilización fosfatada en lotes propios que en arrendados, especialmente en OAR y OES. Cabe destacar que solo entre un 10 y un 30% del P aplicado es recuperado en el cultivo, mientras que la mayor parte del nutriente permanece en el sistema generando un "efecto residual" sobre algunos cultivos de la rotación (García et al., 2009). Esta característica del P posiblemente exacerbe las diferencias entre lotes propios y arrendados, en comparación con otros nutrientes. Al mismo tiempo, es posible que el criterio de "fertilizar la rotación" prevalezca sobre el criterio de "fertilizar el cultivo" para el caso de un nutriente con alta capacidad de retención en el suelo, como el P, complejizando en parte las comparaciones.

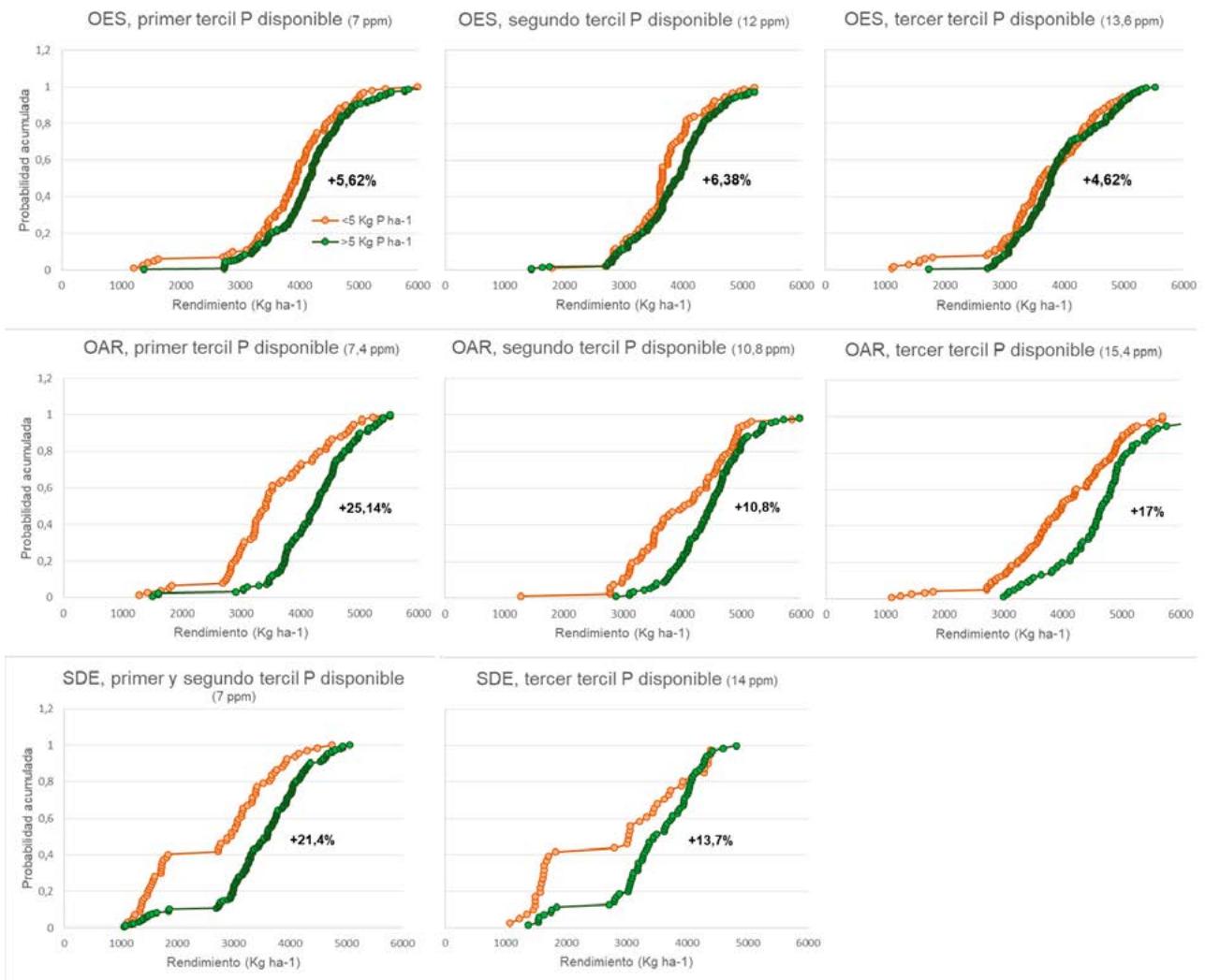
Figura 2. Dosis promedio de P aplicado en distintas regiones en el cultivo de soja durante las campañas 2017, 2018 y 2019. Las barras claras corresponden a lotes arrendados mientras que las oscuras corresponden a lotes propios. Los valores sobre las barras indican el número de lotes para cada categoría.



Diferencias de rendimiento entre lotes fertilizados y no fertilizados por regiones

Las mayores diferencias de rendimiento entre lotes con y sin aporte de P se registraron en OAR y SDE, en coincidencia con los menores valores de P disponible (Fig. 3). Para OES, la máxima diferencia se registró en lotes del primer y segundo tercil de P disponible, y entre un rango acotado de rendimientos de aproximadamente 3.5-4.5 t ha⁻¹. En OES, el 50% de los lotes NF del primer tercil de P disponible presentó rendimientos menores a 3950 kg ha⁻¹ mientras que este valor fue de 4172 kg ha⁻¹ en lotes F (+5.62%). En cambio, tanto para OAR como para SDE, las diferencias fueron mayores y se registraron en todos los terciles de P disponible y a lo largo de todo el rango de rendimientos explorados. Para OAR, el 50% de los lotes del primer tercil de P disponible NF presentó rendimientos menores a 3420 kg ha⁻¹ mientras que en los lotes F este valor fue de 4280 kg ha⁻¹ (+25%). En SDE, el 50% de los lotes NF del primer y segundo tercil presentó rendimientos menores a 2965 kg ha⁻¹ mientras que en los lotes F este valor ascendió a 3600 Kg ha⁻¹ (+21%). Así, en términos generales, el cultivo de soja habría respondido marcadamente a la fertilización con P especialmente en las regiones con menores niveles de P disponible. Resta analizar otras variables de manejo posiblemente asociadas a la fertilización con P para evaluar en qué grado las diferencias de rendimiento son atribuibles específicamente al P.

Figura 3. Probabilidad acumulada sobre el rango de rendimientos de soja de primera obtenidos en la región Oeste (OES), Oeste Arenoso (OAR) y Sudeste (SDE) durante las campañas 2017, 2018 y 2019. En cada región, los datos se subdividieron en terciles según el valor de P disponible (extractable según Bray1) en suelo y según el manejo de la fertilización y el valor entre paréntesis indica la mediana de P Bray1 del conjunto de datos. Símbolos naranja indican lotes que recibieron <5 Kg P ha⁻¹, y símbolos verdes indican lotes con un aporte igual o $>$ a 5 Kg P ha⁻¹. Para SDE el primer y segundo tercil se unificaron dados los bajos valores generales de P en suelo.



Balance de P entre regiones

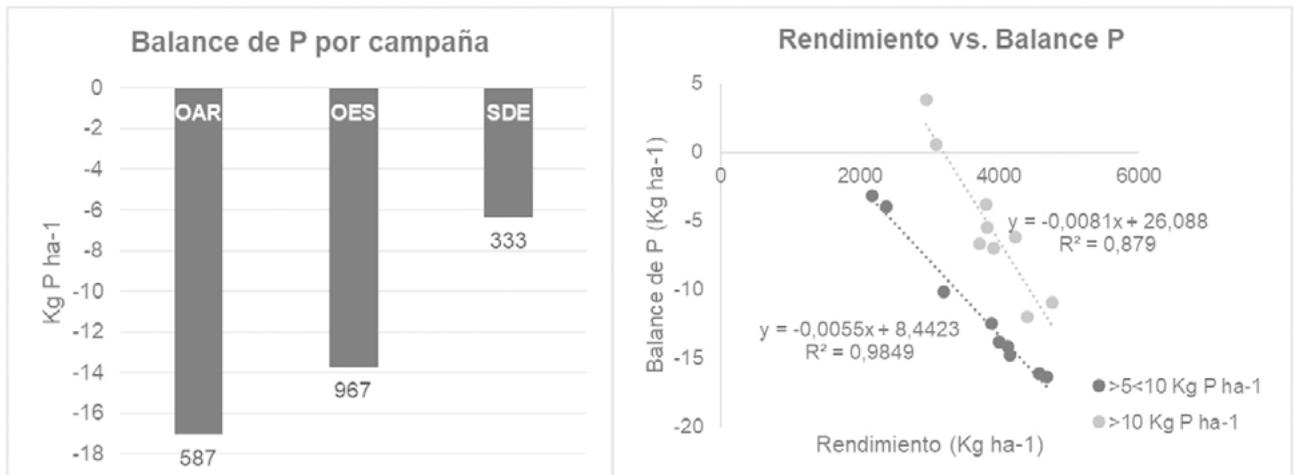
El balance entre la cantidad de P aportada por la fertilización y el estimado de P extraído en los granos fue negativo en las tres regiones estudiadas (Fig. 4, izq.). La región SDE, por combinar bajos niveles de P disponible, altas tasas de fertilización y bajos rendimientos es la que presentó balances menos negativos, de alrededor de -6 kg P ha⁻¹ en cada campaña de soja. Sainz Rozas et al. (2012) reportan que en los suelos del sudeste bonaerense la concentración de P Bray se ha mantenido en los últimos 30 años. En cambio, el OAR presentó los balances más negativos, en promedio -17 Kg P ha⁻¹.

Esto también coincide con los datos reportados por Sainz Rozas et al. (2012) donde para el oeste y el oeste arenoso, se registró una caída en los niveles de P disponible desde niveles medios en 1980 (10-20 ppm) a niveles bajos (<10 ppm) en el 2006. El P orgánico contribuye significativamente al pool de P disponible especialmente en suelos de textura más gruesa como los del OAR (Zubillaga y López Camelo, 1998), que entonces estarían más expuestos a la mineralización y extracción por el cultivo. En este escenario, alternativas tendientes a mejorar la solubilidad del P (por ejemplo, *Pseudomonas*), o su absorción (micorrizas, por ejemplo) favorecerían balances aún más negativos. El balance de P se

relacionó positivamente con el rendimiento alcanzado (Fig. 4, der.). Esto sugiere que la mayor tasa de extracción de P en lotes de alto rendimiento, actuaría diluyendo en parte el efecto de “reposición” del fertilizante. Sin embargo, también se observa

que para los lotes fertilizados con más de 10 kg P ha⁻¹ sería posible obtener un balance neutro de P con mayores rendimientos que para los fertilizados con dosis menores.

Figura 4



CONCLUSIONES

Los niveles de P disponible en suelos del núcleo sojero han disminuido en los últimos 30 años y se encuentran por debajo del nivel crítico para soja en la mayor parte de los lotes de las regiones analizadas. Si bien la respuesta del rendimiento al P puede favorecer la incorporación de fertilización, las dosis actualmente utilizadas en general no alcanzan a reponer el P extraído. Mejores prácticas de uso del P incluyen conocer con mayor precisión la dosis, la fuente, el momento y la forma de aplicación correctos. En cualquier caso, no hay soluciones simples para problemas complejos, y un manejo sustentable de la nutrición de los cultivos exige repensar el ciclo de los nutrientes a escalas más amplias.

AGRADECIMIENTOS

Al movimiento CREA y al Proyecto DAT. Especial agradecimiento a la extensa red de productores y técnicos (miembros y asesores CREA) que contribuyen reportando datos de manejo de cultivos para conformar la base DAT.

BIBLIOGRAFÍA

- CABELLO, M. J.; GUTIÉRREZ BOEM, F. H.; QUINTERO, C. E.; RUBIO, G. 2016. Soil characteristics involved in phosphorus sorption in Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*, 80(6), 1585-1590.
- CORRENDO, A. A. 2018. Variables asociadas a la respuesta a la fertilización con nitrógeno y fósforo en maíz y soja en región pampeana (Disertación doctoral, Universidad de Buenos Aires).
- CRUZATE, G. A. y CASAS, R. 2009. Extracción de nutrientes en la agricultura argentina. *Informaciones agronómicas del cono sur*, 44, 21-26.
- GARCÍA, F. O.; CIAMPITTI, I. A.; RUBIO, G.; PICONE, L. I. 2009. Fertilización Fosfatada en Argentina Actualidad, Manejo y Perspectivas. Jornadas Nacionales “Sistemas Productivos Sustentables: Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura”. Bahía Blanca, Argentina.
- PINEDA, M. E. B. 2014. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113.

ROZAS, H. S.; ECHEVERRÍA, H. E.; ANGELINI, H. 2011. Fósforo extractable en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana de Argentina. Avances en manejo sitio-específico de suelos en el Paraguay, 14.

ROZAS, H. S.; ECHEVERRÍA, H.; ANGELINI, H. 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 38(1), 33-39.

RUBIO, G.; CABELLO, M. J.; GUTIÉRREZ BOEM, F. H.; MUNARO, E. 2008. Estimating available soil phosphorus increases after phosphorus additions in Mollisols. Soil Science Society of America Journal, 72(6), 1721-1727.

FERTILIZAR. Evolución del consumo de nutrientes en Argentina 1993-2019. Recuperado de <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2020/10/Evolucio%CC%81n-del-consumo-de-NUTRIENTES.pdf>

SUCUNZA, F. A.; BOEM, F. H. G.; GARCIA, F. O.; BOXLER, M.; RUBIO, G. 2018. Long-term phosphorus fertilization of wheat, soybean and maize on Mollisols: Soil test trends, critical levels and balances. European Journal of Agronomy, 96, 87-95.

ZUBILLAGA, M. S.; DE LÓPEZ CAMELO, L. G. 1998. Pathways of native and fertilizer phosphorus in Argentine soils. Nutrient cycling in Agroecosystems, 51(2), 101-105.