



EVALUACIÓN DE FACTORES ASOCIADOS AL NIVEL DE FÓSFORO BRAY1 EN LOTES DE LA REGIÓN PAMPEANA

Antonietta, M.¹, J.R. Micheloud^{2,3}, G. Martini², M. Paolini², M.B. Alonso², J.J. Guiamet¹, E. Satorre^{2,4,*}

¹ Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE), Universidad Nacional de La Plata – CONICET;

² Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA);

³ Cátedra de Cerealicultura, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

⁴ Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA), Universidad de Buenos Aires – CONICET;

* satorre@agro.uba.ar

RESUMEN

En los cultivos extensivos de la Región Pampeana el uso de dosis reducidas de fósforo (P) determina balances negativos que reducen progresivamente el nivel disponible en el suelo. En esto, la soja es un protagonista principal debido a la importante superficie sembrada y a sus altos requerimientos de P. Utilizando una base de datos de manejo y rendimiento de soja en lotes de productores CREA (www.crea.org.ar) registrados entre 2017-2020 en el Oeste Arenoso (OAR), Oeste (OES) y Sudeste (SDE) de la Región Pampeana analizamos la variación en el P Bray1 del suelo y posibles factores asociados. Los menores niveles de P Bray1 se registraron en SDE (9,75 ppm) respecto de OES y OAR (11,4-11,6 ppm, respectivamente). Comparando localidades cercanas en OES, los suelos con mayores niveles de P Bray1 (+58%) correspondieron a cultivos con más del doble de dosis de P aplicado. El nivel de P Bray1 no varió según el cultivo antecesor en OES, mientras que en OAR y SDE fue un 25% mayor en lotes con antecesor maíz que en lotes con antecesor soja. Tampoco varió según el tipo de ambiente en el SDE mientras que en OES fue un 58% mayor en lomas arenosas comparado con ambientes de mayor potencial. En las 3 regiones analizadas el balance promedio de P fue positivo para trigo (4,3 Kg P ha⁻¹) y negativo para maíz (-4,1 Kg P ha⁻¹), girasol (-5,2 Kg P ha⁻¹) y especialmente, soja (-11,5 Kg P ha⁻¹). Estos resultados permiten estimar la importancia relativa según la región de algunos factores asociados a la reducción del nivel de P Bray1 en los suelos pampeanos.

Palabras clave: fósforo Bray1, soja, extracción.

INTRODUCCIÓN

En Argentina, varios autores han estimado que las tasas de extracción de nutrientes por parte de los cultivos exceden las tasas de reposición a través de la fertilización. Para el caso del fósforo (P) se calcula que sólo se repone un 60% del P extraído por año (Cruzate y Casas, 2009), resultando en una caída progresiva del nivel de P del suelo que se refleja en los niveles de P disponible para los cultivos. En la Región Pampeana, los registros indican que el nivel de P extractable por el método de Bray N°1 ha disminuido entre 1980 y 2006 hasta alcanzar niveles próximos a los considerados críticos para la mayoría de los cultivos (Sainz-Rozas et al., 2012). En este contexto, la soja adquiere un protagonismo principal debido a la cantidad de hectáreas sembradas, sus altos requerimientos de P y sus bajos niveles de P crítico (alrededor de 14,3 ppm en molisoles, Sucunza et al., 2018) que desalientan la fertilización. En este trabajo, a partir de datos relevados en lotes productivos pertenecientes a productores miembros de la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA) situados en diferentes zonas de la Región Pampeana, se analizan (i) las variaciones encontradas en los niveles de P Bray1; (ii) algunos factores que podrían explicar parte de la variabilidad observada y (iii) los balances netos de P en los principales cultivos de la región.



MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron resultados obtenidos por productores CREA (www.crea.org.ar) y almacenados en una base (AA-CREA – Datos Agrícolas Trazados; DAT) durante los años 2017-2020 en 3 regiones de la Región Pampeana: Oeste Arenoso (OAR), Sudeste (SDE) y Oeste (OES) (Fig. 1a). Para el OES, se contó además con información por subregiones (delimitadas por líneas punteadas en la Fig. 1a) y localidades.

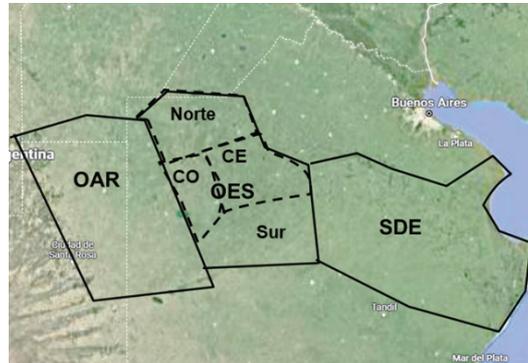


Fig. 1: Regiones analizadas en este estudio: Oeste Arenoso (OAR), Oeste (OES) y Sudeste (SDE) y subregiones dentro del Oeste delimitadas por líneas punteadas: Norte, Centro Este (CE), Centro Oeste (CO) y Sur.

La base de datos original incluyó sólo lotes de soja de 1° (n=587 para OAR, n=884 para OES, y n=334 para SDE), todos reportando valores de P Bray1 entre 0 y 20 cm de profundidad a la siembra del cultivo. El efecto del antecesor de soja se analizó incluyendo sólo cultivos de soja y maíz; otros antecesores no se incorporaron por presentar bajo número de casos (n). La clasificación del ambiente regional sólo se analizó en las regiones OES y SDE ya que no hubo reportes del tipo de ambiente para OAR. A fin de alcanzar un n aceptable, en OES se agruparon dentro de la misma categoría diferentes sub-ambientes; a saber: tupto (sub-ambientes con tupto a profundidad <60 cm); loma productiva (hapludoles típicos o énticos con acceso a napa); loma arenosa (>70% arena sin acceso a napa); bajo dulce (con acceso a napa e incluso anegamiento). Los cálculos de balances de P se realizaron sobre lotes en trigo, girasol, maíz y soja utilizando una base de datos más grande, con n= 4682 para OAR, n= 7777 para OES y n=5123 para SDE. El balance neto de P para cada cultivo se calculó como la diferencia entre los Kgs de P aportados por fertilización y la extracción estimada de P por el cultivo. La extracción se calculó sobre la base del rendimiento obtenido y la concentración de P estándar en grano según IPNI (García y Correndo, 2016) asumiendo valores de humedad de cosecha típicos de cada cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación regional en el P Bray1 y la dosis de fertilización con P en soja

El nivel de P Bray1 promedio fue menor en la región SDE (9,75 ppm) en comparación con OAR y OES (11,65-11,43 ppm; Fig. 2a). Estos valores de P en suelo se ubican por debajo de los umbrales críticos reportados para trigo (19 ppm), soja (14,3 ppm) y maíz (12,5 ppm) en molisoles (Sucunza et al., 2018). Los menores valores de P Bray1 registrados en el SDE coinciden con trabajos previos reportando una mayor retención de P en formas no disponibles en suelos del sudeste bonaerense asociada a la mayor presencia de Fe, Al y Ca formando complejos con P (Cabello et al., 2016; Sucunza et al., 2018).

En correspondencia con el menor nivel de P Bray1, en SDE se observó la máxima dosis promedio de P aplicada en soja (10,98 Kg P ha⁻¹) aunque también la máxima variabilidad en la dosis utilizada (Fig. 2b), indicando que aún existen amplias diferencias entre productores respecto a la adopción de esta práctica. Por otra parte, la dosis aplicada en OES fue un 40% mayor que en OAR a pesar de que ambas regiones presentaron similares valores de P Bray1 en suelos (Fig. 2b). En contraposición con nuestros resultados, sería esperable que en suelos de textura gruesa y menor nivel de materia orgánica, como los del OAR, haya un menor pool de P orgánico y por lo tanto menor capacidad de restablecer el pool de P disponible (e.g., Alvarez y Noellemeyer, 2022), favoreciendo las prácticas de fertilización. Estas observaciones ponen en evidencia la poca relación entre las prácticas de manejo y las características de los suelos, que pueden ser relevantes en el deterioro



del recurso.

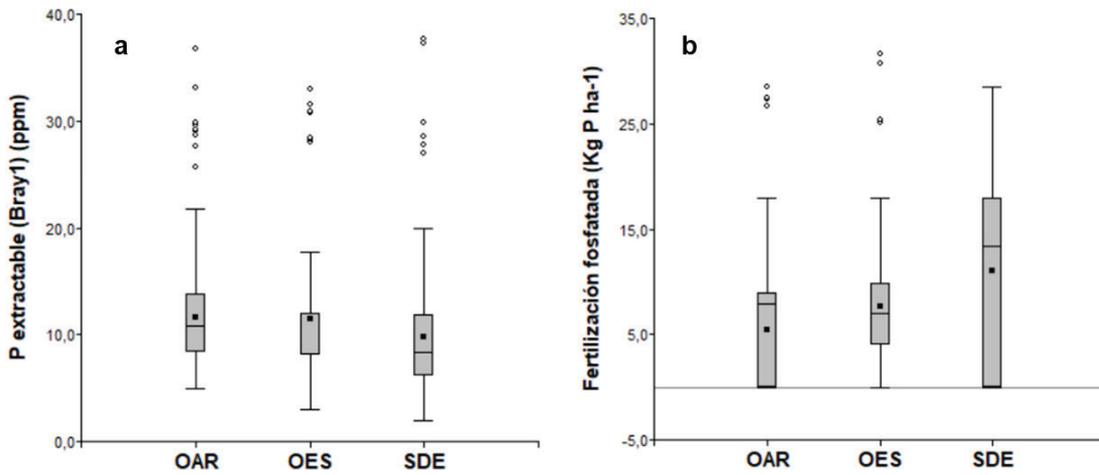


Fig. 2: Niveles de P Bray1 y dosis de fertilización fosfatada (kg P ha⁻¹) utilizada en el cultivo de soja en las 3 regiones analizadas durante 2017-20). Las cajas indican la distribución de datos (percentil 25, 50 y 75) y los promedios se muestran como puntos sobre las cajas (n=587 en OAR, n=884 en OES, n=333 en SDE). Las líneas por fuera de las barras indican el desvío estándar. Los valores extremos (círculos vacíos) no incluidos corresponden a aquellos que superan la media + 3 desvíos estándar.

Factores asociados al nivel de P Bray1

El nivel de P Bray1 en suelo puede variar por una multiplicidad de factores que interactúan entre sí. La información por localidad para el OES nos permitió analizar con mayor detalle la asociación entre el nivel de P y las prácticas de fertilización. Dentro de cada subregión, las localidades con mayor nivel de P Bray1 presentaron también mayor dosis de fertilización con P (Fig. 3). Por ejemplo, en Centro-Este de la zona OES, Magdala presentó niveles de P Bray1 58% mayores que Alvarino y, a su vez, más del doble de dosis de P aplicada. Estudios recientes de largo plazo muestran relaciones lineales entre el balance acumulado de P y el aumento en el nivel de P Bray1 si bien esto se acentúa en suelos ricos en P (Sucunza et al., 2018). En suelos pobres en P, el pool de P disponible tiende a restablecerse a través de otras fracciones y, por lo tanto, a variar menos como consecuencia de la extracción (Sucunza et al., 2018) de modo que el efecto relativo de la fertilización debe analizarse bajo estas consideraciones.

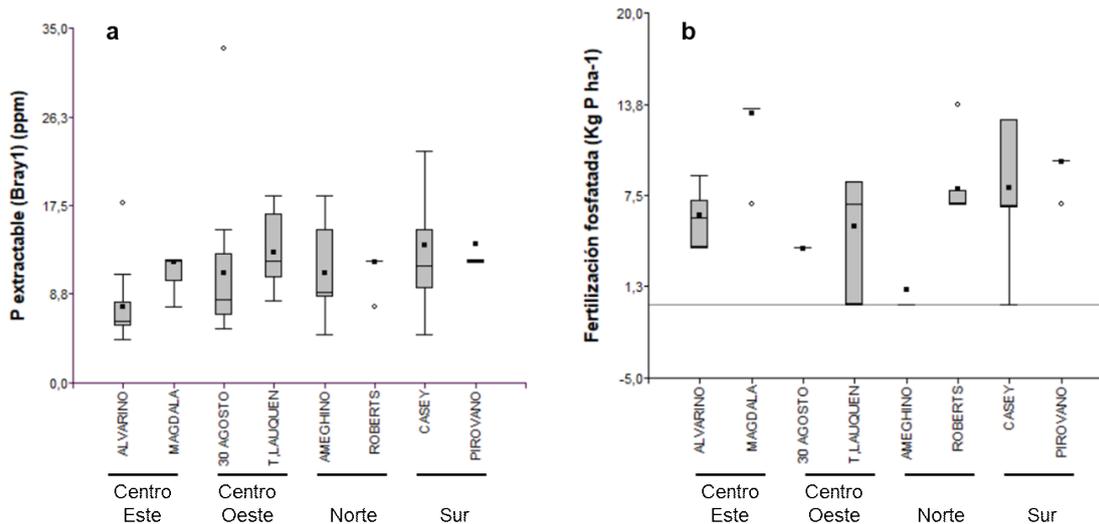


Fig. 3: Niveles de P Bray1 (Bray1) y dosis de fertilización fosfatada utilizada en el cultivo de soja en distintas localidades dentro de las 4 subregiones del Oeste (OES) a lo largo de 3 campañas (2017-20). Las cajas indican la distribución de datos (percentil 25, 50 y 75) y los promedios se muestran como puntos sobre las cajas. Las líneas por fuera de las barras indican el desvío estándar y los valores extremos no incluidos corresponden a aquellos que superan la media + 3 desvíos estándar. Para cada subregión se seleccionaron 2 localidades con similar número de casos: Alvarino n=49; Magdala n=42; 30 agosto n=14; Trenque Lauquen n=18; Ameghino n=14; Roberts n= 64; Casey n= 58; Pirovano n=51.



Respecto al cultivo antecesor, en OAR y SDE el nivel de P Bray1 fue en promedio 25% mayor con antecesor maíz que con antecesor soja mientras que para el OES el antecesor no modificó el nivel de P Bray1 (Fig. 4). En contraste con estos resultados, Rubio et al. (2012) reportaron que maíz presenta mayor agotamiento del P Bray1 que soja en ensayos conducidos a campo en Alberti (región OES). Aquel autor señala que no habría diferencias entre ambos cultivos en la capacidad de acidificación del suelo. Posiblemente, las discrepancias estén relacionadas a las diferencias en los niveles de fertilización con P en cada cultivo y el balance de P de soja y maíz, como se muestra en la Tabla 1.

Respecto al tipo de ambiente productivo de los lotes en cada región, detectamos variación significativa en la región OES pero no en el SDE (Fig. 5). En el OES el nivel de P Bray1 se correspondió negativamente con los rendimientos alcanzados, siendo menor en lomas productivas y bajos dulces (Fig. 5a), que alcanzaron los máximos rendimientos (datos no mostrados), con niveles intermedios para suelos tapto a profundidad <60 cm y máximos en lomas arenosas. En cambio, en SDE no se detectaron diferencias en el nivel de P Bray1 entre ambientes (Fig. 5b) mientras que los rendimientos fueron hasta un 30% mayores en ambientes de suelo franco comparado con ambientes planos de suelo somero (datos no mostrados). Esto podría estar relacionado a balances mucho menos negativos en el SDE (Tabla 1) donde el rendimiento no impactaría directamente sobre el nivel de P extractable.

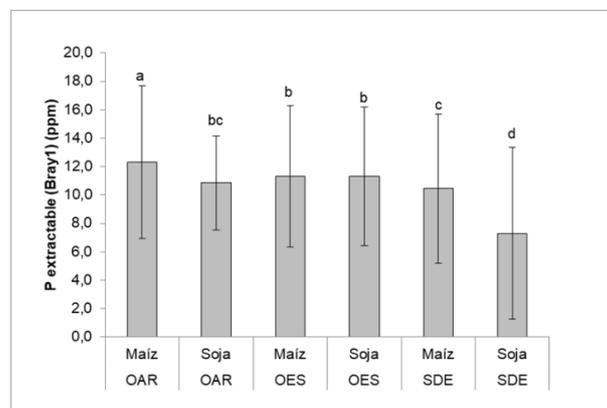


Fig. 4: Niveles de P Bray1 (Bray1) en cada una de las regiones analizadas según el cultivo antecesor a lo largo de 3 campañas (2017-20). Las líneas encima de las barras indican el desvío estándar y letras distintas indican diferencias mínimas significativas (LSD) al nivel de $P < 0,05$. El n varía para cada combinación de antecesor y región (OAR maíz= 302; OAR soja= 266; OES maíz= 562; OES soja= 244; SDE maíz= 265; SDE soja= 53).

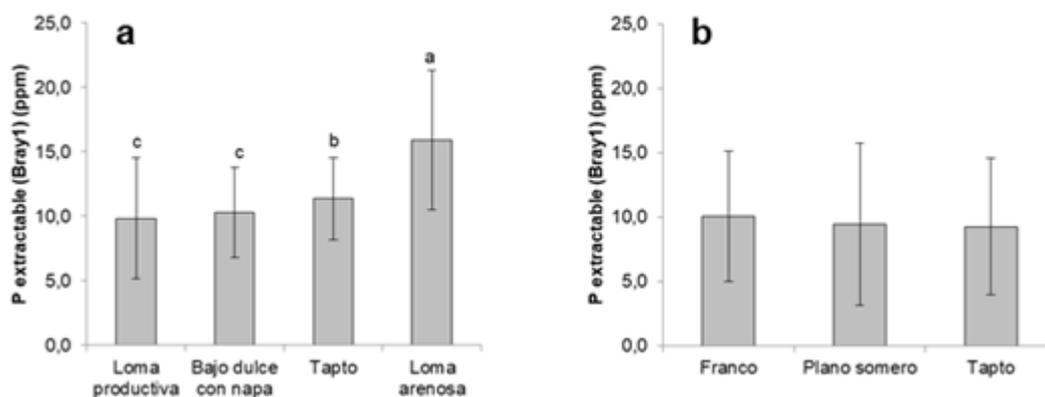


Fig. 5: Niveles de P Bray1 en dos de las regiones analizadas según la clasificación del ambiente productivo intra-regional a lo largo de 3 campañas (2017-20): OES (izq) y SDE (der). Las líneas encima de las barras indican el desvío estándar y letras distintas indican diferencias mínimas significativas (LSD) al nivel de $P < 0,05$. El n varía para cada combinación (en OES: loma n=347; bajo n=157; tapto n=142; loma arenosa n= 172; en SDE franco n=160; plano n= 46; tapto n=117).



Balances de P en distintos cultivos

En las 3 regiones analizadas el cultivo de soja presentó los balances de P más negativos (hasta -14 Kg P ha^{-1} en OAR) y el cultivo de trigo fue el único que presentó balances positivos (Tabla 1).

Tabla 1: Dosis de P (Fert P), Extracción por el cultivo (Extr), Balance por campaña (Bal) en Kg P ha^{-1} y número de casos (n) analizados durante 3 campañas (2017-20) en las 3 regiones estudiadas.

	OAR				OES				SDE			
	Fert P	Extr	Bal	N	Fert P	Extr	Bal	N	Fert P	Extr	Bal	N
Girasol	7,7	14,1	-6,4	560	10,1	15,1	-5,0	923	11,5	15,8	-4,3	813
Maíz	14,6	21,5	-6,9	1001	19,3	23,6	-4,2	1572	19,0	20,3	-1,3	1012
Soja	3,4	17,9	-14,5	2349	4,5	17,7	-13,3	4202	7,5	14,4	-6,9	2172
Trigo	19,0	13,8	5,2	512	17,3	15,3	2,0	637	21,6	15,9	5,7	914

CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas en el nivel de P Bray1 dentro de la Región Pampeana. Si bien parte de estas diferencias pueden ser atribuibles al material parental (ej., en SDE), nuestro análisis sugiere efectos asociados a las prácticas de fertilización (entre localidades cercanas), al cultivo antecesor (siendo mayor con antecesor maíz) y al tipo de ambiente (siendo menor en ambientes de mayor potencial). Estos resultados destacan la importancia de (i) el cultivo de soja y la rotación en la determinación de la marcha del P del suelo y (ii) las dificultades de extrapolar resultados entre regiones diferentes ya que la importancia relativa de estos efectos varía según la región, no sólo por las características agroecológicas propias sino también por los patrones de manejo.

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 los datos.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, L & E Noellemeyer. 2022. Landscape and topography effects on phosphorus fractions in Mollisols of the Argentinean Pampas. *Geoderma Regional*, 30: e00542.
- Cabello, MJ; FH Gutiérrez Boem; CE Quintero & G Rubio. 2016. Soil characteristics involved in phosphorus sorption in Mollisols. *Soil Sci. Soc. of America J.*, 80(6): 1585-1590.
- Cruzate, GA & R Casas. 2009. Extracción de nutrientes en la agricultura argentina. *Informaciones agronómicas del cono sur*, 44: 21-26.
- García, FO & A Correndo. 2016. Cálculo de requerimientos nutricionales. Planilla de cálculo para estimar la absorción y extracción de nutrientes de cereales, oleaginosas, industriales, forrajeras y hortalizas. IPNI, Programa Latinoamérica Cono Sur. Acassuso, Bs. As., Argentina. Disponible en: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>.
- Rozas, HS; H Echeverría & H Angelini. 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región Pampeana y Extra-Pampeana argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(1): 33-39.
- Rubio, G; V Faggioli; JD Scheiner & FH Gutiérrez-Boem. 2012. Rhizosphere phosphorus depletion by three crops differing in their phosphorus critical levels. *J. of Plant Nutrition and Soil Sc.*, 175(6): 810-871.
- Sucunza, FA; FHG Boem; FO Garcia; M Boxler & G Rubio. 2018. Long-term phosphorus fertilization of wheat, soybean and maize on Mollisols: Soil test trends, critical levels and balances. *Eur. J. Agr.* 96: 87-95.

