

RETENCION DE FOSFORO EN SUELOS DE ZONAS SEMIARIDAS¹

Phosphorus retention in soils of arid lands

María Adriana Carrasco R.², José Opazo A.², Inés Peralta V.² y Luisa Vera Q.²

SUMMARY

Adsorption of phosphorus through dilute solutions of KH_2PO_4 and $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ was studied in arid an alluvial origin soil (Metropolitan and VI Regions). The phosphorus concentration ranged from 0.64 to 3.23×10^{-3} M.

The phosphorus adsorption isotherms obtained were adjusted to the Langmuir equation ($R^2 = 94.1$ and 94.3% for KH_2PO_4 and $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ solutions, respectively).

The accompanying cation of phosphate poorly affected the values of maximum adsorption of P (b). Greater variations were found for the k constant in some soils.

The phosphorus adsorption maximum was closely correlated with the contents of organic matter and silt for the soils from arid lands, and it was correlated with the organic matter, clay and free iron oxides for the alluvial soils.

Key words: phosphorus, adsorption, arid lands, alluvial soil.

INTRODUCCION

La retención de fósforo por los suelos, es un fenómeno conocido desde hace más de cien años, pero aún así, sigue siendo un tema estudiado en el ámbito de la relación suelo-fertilizante-planta.

A mediados del presente siglo, Wild (1950) hizo una revisión sobre la retención de fosfatos, concluyendo que el carbonato de calcio y los óxidos hidratados de Fe y Al tienen un rol clave en este proceso. Además, se conocía que el P era precipitado como fosfatos de Ca, Fe o Al y, que el P era retenido químicamente por estos cationes en la superficie de los minerales de los suelos. Por lo tanto, ya se sabía que la retención de P involucra reacciones de precipitación y adsorción.

Las investigaciones en los últimos años, han estado orientadas al estudio de los mecanismos que participan en la retención de P, en diferentes tipos de suelo, y a buscar relaciones que permitan

manejar la fertilización de P de acuerdo con determinados índices o parámetros.

La retención del P desde soluciones diluidas ha sido representada por diferentes ecuaciones, entre ellas las de Freundlich y Langmuir (Olsen y Watanabe, 1957; Kardos, 1964; Gunary, 1979).

El uso de la ecuación de Langmuir para medir la adsorción de fósforo fue sugerido por Olsen y Watanabe (1957), ya que posibilita el cálculo del máximo de adsorción de fósforo. Estos autores señalan que las constantes calculadas y su interpretación permiten acceder teóricamente a la explicación de algunos de los problemas relacionados con la retención de P en los suelos. No obstante, Olsen y Khasawneh (1980) discuten estas interpretaciones, ya que el fenómeno de retención de P es mucho más complejo.

En una primera aproximación, la isoterma de Langmuir parece ser un buen elemento de estudio para diferenciar suelos dentro de una agrupación en función de su capacidad de retención de P y permite, además, buscar algunas relaciones paramétricas. Al respecto, Kuo (1988 y 1990) caracteriza algunos parámetros de sorción de P a partir de una ecuación de Langmuir modificada, obteniendo una buena relación con rendimiento y absorción de P por las plantas.

¹Recepción de originales: 24 de abril de 1991.

Trabajo presentado en el VI Congreso Nacional de las Ciencias del Suelo, Temuco, Chile, 14 al 16 de noviembre de 1990.

²Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

El objetivo del presente trabajo fue analizar, en una primera etapa, la retención de P en suelos del secano árido y de origen aluvial mediante la isoterma de adsorción de Langmuir.

MATERIALES Y METODOS

Se muestrearon cinco suelos del secano árido de la IV Región y cinco de las regiones Metropolitana y VI, a una profundidad de 0-15 cm y 0-20 cm, respectivamente. La ubicación y clasificación de los suelos se indica en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Identificación y clasificación de los suelos

TABLE 1. Location and classification of soils

Nº suelo	Localidad	Serie	Clasificación ¹
Suelos secano árido			
449	Pachingo	-	Typic Paleorthid
454	Canela Baja	-	Xerollic Paleargid
457	Huentelauquén	-	Xeric Torripsamment
458	Tongoy	-	Typic Torripsamment
464	Canela Baja	-	Lithic Torriorthent
Suelos de origen aluvial			
784	Viluco	Paine	Typic Haplaquoll
809	La Compañía	O'Higgins	Mollisol
811	Codegua	Codegua	No clasificado
813	Los Lirios	Cachapoal	Typic Xerochrept
815	San Fernando	Antivero	Mollic Haploxeralf

¹Walter Luzio L., Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile (comunicación personal).

Las muestras fueron secadas al aire, tamizadas a 2 mm y analizadas, según las metodologías dadas por Black (1965), para: pH, materia orgánica (MO), carbonato de calcio, P-resina y granulometría. Los óxidos libre de Fe y Al se extrajeron por el método de Mehra y Jackson (1960). La capacidad de fijación de P se hizo por el método indicado por TARC (1973).

Las isotermas de adsorción de P se obtuvieron agitando 5 g de suelo con 50 mL de soluciones de KH_2PO_4 o $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,64 a $3,23 \times 10^{-3}$ M en KCl o CaCl_2 0,01 M a pH 4,67, respectivamente, durante 18 horas. Luego, se centrifugó a 2.500 rpm por 10 min, y se analizó el P en el sobrenadante mediante el método colorimétrico de Murphy y Riley (1962). El P adsorbido se calculó con respecto a la diferencia entre el P agregado y el P en equilibrio. Además, en cuatro suelos, el P adsorbido usando

KH_2PO_4 se corrigió por el P inicialmente adsorbido, el que se asumió equivalente al P extraído por resina.

La capacidad máxima de adsorción de P (b) y la constante relacionada a la energía de enlace del P (k), se calcularon usando la ecuación de Langmuir:

$$c/(x/m) = 1/kb + c/b$$

donde:

c = concentración de P en equilibrio, moles $\times 10^4$;
x/m = P adsorbido, mg/100 g de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados.

En los suelos del secano árido la menor fijación de P (230 ppm) se obtuvo en el suelo 457, que tiene los contenidos de MO y arcilla más bajos. Sin embargo, la capacidad de fijación de P no queda determinada sólo por estas propiedades, ya que el suelo 449, con contenidos de MO, arcilla y óxidos de Fe y Al, también bajos, presentó una fijación cinco veces superior a la del suelo 457, lo cual se podría atribuir a un efecto relacionado con el pH del suelo.

En los suelos de origen aluvial se observa que, en general, los suelos con contenidos más altos de arcilla presentan una mayor fijación de P. Sin embargo, el suelo 784, con contenidos de arcilla y limo muy similares a los del suelo 815, pero con un pH más alcalino (Cuadro 2), presentó una fijación de P mayor en un 21%. Esto indica que el pH también influye en la fijación de P en estos suelos.

En relación a las isotermas de adsorción de P, los valores obtenidos para el rango de concentraciones de 0,64 a $3,23 \times 10^{-3}$ M se ajustaron bien a la ecuación de Langmuir [$R^2 = 94,1\%$, para KH_2PO_4 y $R^2 = 94,3\%$ para $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$], lo cual permitió calcular los parámetros de Langmuir (Cuadro 3), para ambos tipos de fosfatos.

En los suelos del secano árido los valores de b fueron, en general, menores cuando se usó solución de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. En los suelos de origen aluvial las diferencias entre ambas soluciones de fosfato no mostraron una tendencia definida.

En los suelos del secano árido, con ambas soluciones de fosfato, el máximo de adsorción de P se correlacionó significativamente con los contenidos de limo ($r = 0,969$; $P \leq 0,01$) y MO ($r = 0,899$; $P \leq 0,05$).

CUADRO 2. Propiedades física y químicas de los suelos**TABLE 2. Some physical and chemical soil properties**

Nº suelo	pH	Materia orgánica (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fijación de P (TARC) mg/kg
Suelos secano árido							
449	7,6	1,00	12,6	7,5	0,53	0,09	1.140
454	6,8	2,57	20,2	24,5	2,61	0,44	490
457	6,8	0,22	2,8	6,3	1,00	0,11	230
458	7,0	0,48	2,4	10,2	0,88	0,08	410
464	6,9	3,22	29,7	20,7	2,87	0,33	470
Suelos de origen aluvial							
784 ¹	8,0	2,45	46,7	21,8	1,76	0,26	1.880
809	7,0	3,00	25,4	32,3	3,70	0,38	1.930
811	6,8	3,28	36,2	28,3	3,33	0,47	1.750
813	7,7	1,88	56,6	15,3	2,13	0,21	1.280
815	6,2	1,93	44,1	20,5	3,15	0,26	1.560

¹Suelo con CaCO₃ (1,4%).

En cambio, los valores de la constante k mostraron una tendencia inversa a la observada para los valores de b en relación al catión del fosfato y grupo de suelo. Sólo, en los suelos de origen aluvial, k tendió a valores más altos con Ca(H₂PO₄)₂, con la excepción del suelo 815, en el cual se obtuvo un valor más bajo.

La constante k se correlacionó significativamente con los contenidos de MO ($r = 0,964$; $P \leq 0,01$) y de Al₂O₃ ($r = 0,910$; $P \leq 0,05$) en los suelos de origen aluvial. En cambio, en presencia de Ca(H₂PO₄)₂, k se correlacionó con la MO ($r = 0,907$; $P \leq 0,05$) y el limo ($r = 0,959$; $P \leq 0,05$), en los suelos del secano árido.

La capacidad máxima de adsorción de P en el grupo de suelos estudiados, varió hasta en un 200%, siendo menor, en general, en los suelos del secano árido (Cuadro 3). Este comportamiento, según Olsen y Watanabe (1957), puede atribuirse a las diferencias en los contenidos de Fe₂O₃ y en la mineralogía de la fracción fina. Los suelos del secano árido tienen contenidos bajos de Fe₂O₃ y una mineralogía predominante de tipo 1:1 (Carrasco y otros, 1978). En cambio, los suelos de origen aluvial tienen contenidos más altos de Fe₂O₃ y una mineralogía predominante de tipo 2:1 (Carrasco, 1984). Al correlacionar los máximos de adsorción de P de los suelos analizados con el contenido de Fe₂O₃, se obtuvo un $r = 0,831$; $P \leq 0,01$ para los tratados con KH₂PO₄ y un $r = 0,717$; $P \leq 0,05$, para los tratados con Ca(H₂PO₄)₂.

CUADRO 3. Parámetros de Langmuir (b y k) calculados de las isotermas de adsorción de P obtenidas con soluciones de KH₂PO₄ y Ca(H₂PO₄)₂**TABLE 3. Langmuir parameters (b and k) calculated according to the phosphorus adsorption isotherms using KH₂PO₄ and Ca(H₂PO₄)₂ solutions**

Nº suelo	Máximos de adsorción (b), mg P/100 g suelo		Constantes de adsorción (k), 1/(mmol/L)	
	K ¹	Ca ²	K	Ca
Suelos secano árido				
449	18,2	15,3	7,3	6,2
454	18,6	15,8	8,6	9,9
457	12,7	11,0	12,4	9,2
458	11,4	10,0	4,9	4,1
464	25,1	17,0	7,1	15,2
Suelos de origen aluvial				
784	18,5	17,6	13,3	28,2
809	36,4	36,4	15,2	36,6
811	24,2	23,7	19,8	22,0
813	17,3	16,3	9,1	16,0
815	32,3	39,4	10,9	7,0

¹K = Con fosfato de potasio.

²Ca = Con fosfato de calcio.

La corrección de las isothermas de adsorción de P por el P inicialmente adsorbido en el suelo, estimado mediante el P extraíble con resina, tuvo un efecto en los valores de b sólo en el suelo 464 (Cuadro 4), cuyo b disminuyó en un 32,3%. Con respecto al valor de k, el efecto de la corrección fue mucho mayor en los suelos de origen aluvial.

Al agrupar todos los suelos en orden creciente de su máximo de adsorción de P, se observa que en los suelos del secano árido esta propiedad se relaciona con los contenidos de MO y limo, en cambio, en los suelos de origen aluvial el máximo de adsorción de P se relacionaría más con los contenidos de MO, arcilla y óxidos de Fe libre.

CUADRO 4. Efecto de la corrección del fósforo adsorbido inicialmente sobre los parámetros de adsorción de Langmuir obtenidos al usar KH_2PO_4

TABLE 4. Effect on the Langmuir adsorption parameters obtained using KH_2PO_4 , when the phosphorus initially adsorbed is corrected

Nº Suelo	P resina mg/kg	Máximos de adsorción (b), mg P/100 g suelo		Constantes de adsorción (k), 1/(mmol/L)	
		Sin corregir	Corregido	Sin corregir	Corregida
Suelos secano árido					
458	9,2	11,4	11,4	4,9	6,2
464	2,3	25,1	17,0	7,1	7,4
Suelos de origen aluvial					
784	1,8	18,5	17,5	13,3	28,2
809	5,2	36,4	36,4	15,2	36,6

RESUMEN

Se estudió la adsorción de fósforo por el método de agitación con soluciones de KH_2PO_4 y $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ en suelos del secano árido (IV Región), y de origen aluvial (regiones Metropolitana y VI). El rango de concentración del P agregado varió de 0,64 a $3,23 \times 10^{-3}$ M.

Las isothermas de adsorción de P obtenidas se ajustaron a la ecuación de Langmuir [$R^2 = 94,1\%$ al usar KH_2PO_4 y $R^2 = 94,3\%$ al usar $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$].

El efecto del catión acompañante del fosfato afectó muy poco los valores del máximo de adsorción de

P (b) y se encontró una variación mayor para la constante k en algunos suelos.

El máximo de adsorción de P en los suelos del secano árido se relacionó con los contenidos de materia orgánica y limo, y, en los suelos de origen aluvial, se relacionó con los de materia orgánica, arcilla y óxidos de Fe libre.

Palabras claves: fósforo, adsorción, suelo aluvial, zonas semiáridas.

LITERATURA CITADA

- BLACK, C.A. (ed.). 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. ASA, Mad. Wis. USA. p.: 771-1.572.
- CARRASCO, M.A. 1984. Caracterización y dinámica del fósforo en el suelo. Informe Final Proyecto del Departamento Técnico de Investigación de la Universidad de Chile. 30 p. (Documento interno).
- CARRASCO, M.A., LUZIO, W., VERA, W. y BADILLA, I. 1978. Relaciones entre algunas propiedades químicas y físico-químicas de suelos del secano costero de la IV Región. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, II Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo. Santiago, Chile, 17-20 de octubre de 1978. Tomo I. p.: 258-267.
- GUNARY, D. 1979. A new adsorption isotherm for phosphate in soil. J. Soil Sci. 21: 72-77.
- KARDOS, L.T. 1964. Soil fixation of plant nutrients. p.: 369-394. In: Bear, F.E. (ed.). Chemistry of the soil. ACS Monograph Nº 160, Van Nostrand Reinhold, N.Y. 515 p.
- KUO, S. 1988. Application of a modified Langmuir isotherm to phosphate sorption by some acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 97-102.
- KUO, S. 1990. Phosphate sorption implications on phosphate soil test and uptake by corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 131-135.

- MEHRA, O.P., and JACKSON, M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Proc. 7th Natl. Conf. Clays. 1959. 5: 317-327.
- MURPHY, J. and RILEY, J.P. 1962. A modified solution method for determination of phosphorus in natural waters. Anal. Chim. Acta 27: 31-36.
- OLSEN, S.R. and WATANABE, F.S. 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 144-149.
- OLSEN, S.R. and KHASAWNEH, F.E. 1980. Use and limitations of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorus in soils. In: F.E. Khasawneh *et al.* (ed). The role of phosphorus in agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Mad. Wis. USA. p.: 361-410.
- TARC-TROPICAL AGRICULTURE RESEARCH CENTER. TARC. 1973. Laboratory manual for soil chemical analysis. Japan. p.: 11-14.
- WILD, A. 1950. The retention of phosphate by soil. A review. J. Soil Sci. 1: 221-238.