

EVALUACION PRELIMINAR DE LA INFLUENCIA DE LA MATERIA ORGANICA SOBRE LA ADSORCION DE FOSFORO EN ALGUNOS SUELOS ARGENTINOS

Lidia G. de López Camelo, Olga S. Heredia, Zulema M. M. de Sesé

Cátedra de Edafología - Facultad de Agronomía U.B.A.
Av. San Martín 4453 - (1417) Buenos Aires

RESUMEN

Como un aporte preliminar al estudio de la acción de la materia orgánica en los procesos de adsorción de fósforo en suelos argentinos se realizó el presente trabajo, que consiste en la incorporación y eliminación de la misma y el estudio de su influencia en las isotermas de adsorción de fósforo.

La tendencia general fue una disminución de la adsorción de este nutrimento en el caso del agregado de una suspensión de ácidos húmicos, encontrándose un efecto opuesto al eliminar parte de la materia orgánica del suelo.

Palabras clave: isotermas de adsorción de fósforo, materia orgánica y adsorción de fósforo.

Preliminary evaluation of organic matter's influence on phosphate adsorption in some argentine soils.

PRELIMINARY EVALUATION OF ORGANIC MATTER'S INFLUENCE ON PHOSPHATE ADSORPTION IN SOME ARGENTINE SOILS

ABSTRACT

A first approach to the study of the action of organic matter in phosphorus adsorption in argentine soils was achieved by means of the addition and elimination of organic matter and its influence on phosphorus adsorption isotherms.

The general trend was a lower adsorption with the incorporation of a humic acid suspension and an opposite effect with a descent of soil organic matter content. Key words phosphate adsorption isotherms, organic matter and phosphorus adsorption.

INTRODUCCION

En el proceso de adsorción de fósforo, son factores conocidos el contenido y tipo de arcillas, los coloides amorfos, el aluminio intercambiable, el carbonato de calcio, cuya acción depende fundamentalmente de las características de los distintos suelos. A ellos debe añadirse la participación en dicho fenómeno de la materia orgánica, sobre la cual existen evidencias contradictorias en cuanto a su papel en los procesos de fijación de este macronutriente.

Wild (1950) especificó que la materia orgánica puede retener cantidades significativas de fósforo cuando está asociada con cationes Fe^{3+} , Al^{3+} y Ca^{2+} . Otros autores, como Fassbender (1969,a,b), Harter (1969) y Bloom (1981) encontraron correlaciones positivas entre el contenido de materia orgánica y la fijación de fósforo.

En suelos derivados de cenizas volcánicas, Appelt *et al* (1975) estudiaron la formación de complejos entre los ácidos húmicos y el aluminio, que serían activos en la adsorción de fósforo.

Por otra parte Fox y Kamprath (1971) observaron que el fosfato está débilmente adsorbido en suelos con predominio de coloides orgánicos y Holford y Mattingly (1975) especificaron que puede haber una competencia entre la materia orgánica y el fósforo por los sitios de adsorción.

En suelos no fertilizados de áreas tropicales, Sánchez (1981) cita como efecto beneficioso de la materia orgánica un bloqueo de las cargas de fijación que produce disminución en la adsorción de fosfatos; he-

cho también observado por López Hernández y Burnham (1982) que detectaron una menor fijación de fósforo en horizontes superficiales de Oxisoles y Ultisoles.

Considerando la diversidad de opiniones a nivel mundial y la carencia de antecedentes en nuestro país se llevó a cabo esta primera aproximación al tema. En ella se estudian, mediante las isotermas de adsorción, los procesos de adsorción de fosfatos frente al agregado o eliminación de sustancias orgánicas, en suelos de diversas características.

MATERIALES Y METODOS

Suelos

Se trabajó con muestras superficiales de siete suelos cuyas características figuran en la Tabla 1.

Isotermas de adsorción

Se realizaron según la técnica de Ozanne y Shaw, siguiendo las especificaciones de un trabajo anterior (López Camelo *et al*, 1984).

Se calcularon los parámetros X_m (capacidad máxima de adsorción) y K (índice de afinidad) usando la transformación lineal de la ecuación de Langmuir (Olsen y Watanabe, 1957).

Incorporación de materia orgánica

Para la obtención del extracto de ácidos húmicos se utilizó un Argiudol típico serie Rojas, con un contenido de 2.23% de Ct.

Tabla 1. Características de los suelos

Suelo N°	Localidad	Clasificación taxonómica	Textura	pH (1)	P extr. (2) (ppm)	%Ct (3)
1	Anguinan, La Rioja	Entisol	arenoso	8.3	12.6	0.28
2	Concordia, Entre Ríos	Entisol	arenoso franco	6.1	8.7	0.20
3	Gral. Belgrano, Buenos Aires	Molisol	franco limoso	5.2	3.8	1.75
4	San Eusebio, Buenos Aires	Molisol	fr. arcillo limoso	6.2	10.6	1.85
5	La Paz, Entre Ríos	Vertisol	fr. arcillo limoso	7.4	5.6	2.44
6	Santo Tomé, Corrientes	Ultisol	fr. arcilloso	5.3	6.0	2.20
7	Carlos Navaja, Misiones	Ultisol	fr. arenoso	4.8	3.5	0.50

(1) pH en agua 1:2,5
 (2) Bray Kurtz N° 1
 (3) Walkley-Black

Tabla 2. Variación del %Ct y diferencias en la adsorción de P

Muestra	Incorporación MO			Eliminación MO		
	%Ct (1)	%	*	%Ct (2)	%	*
Anguinan	0,86	+ 207	xx	0.14	- 50	xx
Concordia	0,52	+ 160	xx	0.06	- 70	xx
Gral. Belgrano	2,67	+ 52,60	x	1.12	- 36	x
San Eusebio	1,95	+ 5,40	xx	0.89	- 51.9	x
La Paz	2,66	+ 9	x	1.20	- 50.8	o
Santo Tomé	2,64	+ 20	o	1.16	- 47.3	o
Carlos Navaja	1 08	+ 116	o	0.30	- 40	o

(1) % Ct de la muestra luego de la incorporación de AH. Se determina en el residuo del centrifugado. Incluye el promedio de los 5 tratamientos (AH + 0 - 125 - 250 - 375 y 500 μg de P).

(2) %Ct de la muestra luego de ser sometida a un calentamiento en mufla a $226^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

* Valores del test t de Student para observaciones apareadas de adsorción de fósforo:

x: significativo al nivel del 5%
 xx: significativo al nivel del 1%
 o: no significativo

El pretratamiento de descalcificación se realizó percolando el suelo con HCl 0,1 N hasta que con oxalato de amonio se observara ausencia de calcio.

La extracción se efectuó con NaOH 0.5 N, con una relación suelo extractante 1:5. La separación de ácidos húmicos se realizó con HCl (c) (Black, 1965). Posteriormente se redisolvió los ácidos húmicos en NaOH 0.5 N, se ajustó el pH a 3.5 (Gessa *et al*, 1978) y se obtuvo una suspensión de ácidos húmicos con un contenido de 4.52 mg C ml^{-1} . Los ensayos en blanco y las recuperaciones de P incorporado realizados con dicho extracto evidenciaron que los ácidos húmicos no eliminaban ni adsorbían fosfatos en una solución de equilibrio con CaCl_2 0,01 M. A una suspensión de suelo en CaCl_2 0,01 M se le incorporaron 4 ml del extracto de ácidos húmicos y se agitó durante 18 horas. A continuación se lo dejó reposar durante 6 horas, al cabo de las cuales se incorporaron 0 - 125 - 250 - 375 y 500 μg de P en forma de HCaPO_4 y se continuó con la técnica de la obtención de las isothermas de adsorción.

Eliminación de materia orgánica

La remoción de materia orgánica del suelo se efectúa corrientemente mediante H_2O_2 , pero en este estudio de adsorción se encontró un obstáculo insalvable para su utilización, ya que el H_2O_2 que se encontró en plaza poseía un conservador con alto contenido de fósforo.

Con el objeto de eliminar dicha interferencia, se realizó un agregado de CaO al H_2O_2 y se destiló la misma a presión reducida, pero al realizarse la prueba con KMnO_4 se observó que el H_2O_2 redujo su fuerza y no era apta para la descomposición de la materia orgánica.

La utilización de otros oxidantes fuertes, como el KMnO_4 , tampoco es adecuada para este tipo de trabajo ya que se producen reacciones secundarias que provocan inconvenientes en las determinaciones.

La alternativa encontrada fue someter las muestras a un proceso de calentamiento, ensayándose distintas temperaturas y escogiendo un tratamiento de $226 \pm$

Tabla 3. Parámetros de la ecuación de Langmuir de los suelos en que se encontraron diferencias significativas en la adsorción de fosfatos

Muestra	Tratamiento	K	X _m
Anguinan	Testigo 1	0.32	0.10
	+ MO	0.08	0.13
	Testigo 2	0.06	0.11
	- MO	0.31	0.12
Concordia	Testigo 1	0.17	0.11
	+ MO	0.06	0.10
	Testigo 2	0.16	0.07
	- MO	0.35	0.08
General Belgrano	Testigo 1	0.28	0.18
	+ MO	0.19	0.18
	Testigo 2	0.80	0.15
	- MO	1.07	0.27
San Eusebio	Testigo 1	0.30	0.18
	+ MO	0.16	0.19
	Testigo 2	0.39	0.13
	- MO	1.29	0.23
La Paz	Testigo 1	0.60	0.20
	+ MO	0.32	0.20
	Testigo 2	0.41	0.23
	- MO	0.09	0.61

K: energía de adsorción
X_m: capacidad máxima de adsorción

10°C en mufla durante 24 horas para la eliminación de la materia orgánica. Temperaturas inferiores a ésta resultaban poco efectivas para este propósito.

Las isotermas de adsorción de fósforo se realizaron sobre los suelos así tratados.

Suelos testigos

Ya que el tiempo de agitación tiene una influencia notable en los resultados de las curvas de adsorción, fue necesaria la preparación de un testigo para la incorporación de materia orgánica y otro en la eliminación de la misma.

RESULTADOS Y DISCUSION

Incorporación de materia orgánica

El agregado de la suspensión de ácidos húmicos produjo variaciones del % de Ct que oscilaron entre 5,4 y 207%, correspondiendo los mayores aumentos a los Entisoles y el menor a un Molisol. Los resultados figuran en la tabla Nº 2.

El análisis estadístico utilizado para estudiar las diferencias en adsorción de P fue el test t de Student para datos apareados (Li, 1972) y sus resultados figuran en la misma tabla.

Para los suelos estudiados, considerados en su conjunto, las diferencias de adsorción de fósforo resultaron muy significativas tanto en los procesos de incorporación como de eliminación de la materia orgánica.

La adición de ácidos húmicos provocó una significativa disminución en la adsorción de fósforo en cinco de los siete suelos: dos Entisoles, dos Molisoles y un Vertisol. Esto está de acuerdo con los resultados obtenidos por Gaur (1969), quien observó que la fijación de fosfato por el suelo era menor en presencia de ácidos húmicos; y por Gessa *et al* (1978) que obtuvieron con este tratamiento menor adsorción de fósforo en un suelo "brun".

Recientemente, Frossard *et al* (1986) observaron que la adición de compuestos orgánicos en el horizonte superficial de un suelo ferralítico con 2,3% de Ct, tenía poco efecto en la adsorción de fósforo, postulando que la materia orgánica preexistente podría estar ocupando la mayor parte de los sitios de fijación. Por el contrario, en el horizonte subsuperficial del mismo suelo, con 0,3% de Ct, la adsorción de P disminuía netamente al incorporar materiales orgánicos. En nuestro caso, tampoco se obtuvieron diferencias significativas en la adsorción en las muestras superficiales de los dos Ultisoles estudiados.

En la tabla Nº 3 se presentan los parámetros K (índice de afinidad o energía de adsorción de fosfatos) y X_m (capacidad máxima de adsorción) de Langmuir.

Con respecto a la elección de la ecuación de adsorción cabe remarcar que Mendoza (1980) empleó la de Freundlich con muy buenos resultados en suelos argentinos, y que la utilización de la ecuación de Langmuir ha sido discutida por algunos autores (Barrow, 1978). En este caso se recurrió a ella ya que existe el antecedente de que Gessa *et al*. (1978) y Frossard *et al*. (1986) la emplearon para estudiar la influencia de la incorporación de materia orgánica en sus dos parámetros característicos.

El agregado de materia orgánica disminuyó la afinidad por fosfatos en todos los suelos y la capacidad máxima de adsorción tuvo resultados variables.

Gessa *et al* (1978) también obtuvieron resultados variables en cuanto a estos dos parámetros en dos suelos "brun". Frossard *et al* (1986) indicaron que los aportes orgánicos disminuyeron sensiblemente los valores de K y X_m en el horizonte B de un suelo ferralítico.

En la Fig. 1 se presentan las isotermas de Langmuir para un Entisol, un Molisol y el Vertisol, donde se advierten claramente las diferencias entre tratamientos.

En nuestras condiciones cabe remarcar el efecto beneficioso del incremento de materia orgánica en cuanto a una tendencia a menor fijación de fosfatos en el suelo. El efecto podría deberse a una acción competitiva entre los radicales orgánicos y los fosfatos por los sitios de adsorción existentes.

Con respecto a las muestras superficiales de los Ultisoles, los resultados coincidentes con el reciente trabajo antes citado en cuanto a que no existe variación en la adsorción de fosfatos, podrían explicarse en el caso del suelo de Santo Tomé, bien provisto de Ct, por una saturación de los sitios de adsorción por la materia orgánica preexistente. Por el contrario, en el suelo de Carlos Navaja, con bajo contenido de Ct, la razón podría estar en que el tratamiento efectuado no haya sido suficiente para bloquear los sitios de adsorción.

Eliminación de materia orgánica

El tratamiento escogido para realizar la misma produjo reducciones en el contenido de Ct que oscilaron entre 36 y 70%, correspondiendo la menor diferencia a un Molisol y la mayor a un Entisol (Tabla 2).

La temperatura utilizada en este ensayo para eliminar los compuestos orgánicos no es lo suficientemente alta como para producir alteraciones muy significativas en los materiales arcillosos. Según Grim (1968) las temperaturas de desnaturalización de las arcillas son superiores, y las pérdidas importantes de oxhidrilos estarían por encima de los 500°C en montmorillonita y de los 300°C en illita.

Barrow y Shaw (1975) y Barrow (1979) realizaron estudios sobre la influencia de la temperatura de incubación en los compartimientos de P del suelo, observando que el efecto neto dominante de la misma era una transferencia de fosfatos adsorbidos hacia formas fijadas, enmascarando otra influencia de la temperatura en sentido opuesto, es decir favoreciendo el pasaje de P adsorbido a P en solución.

Barrow y Shaw (1980) postularon que el secado de suelos a altas temperaturas (100°C) implicaba una mayor adsorción de fosfatos por disminución del grado de hidratación de los sesquióxidos y una mayor superficie de adsorción.

Por otra parte, existe otro efecto de las altas temperaturas que jugaría un papel contrapuesto. Estas provocan un aumento en la cantidad de P disponible en los suelos tratados. En nuestro ensayo se obtuvieron incrementos de esta fracción, lo que coincide con los resultados expuestos por Kitur y Frye (1983) y Sheppard y Raz (1984).

Al aumentar la cantidad de P extractable de un suelo, al igual que lo que ocurre en el caso de una fertilización, las curvas de adsorción de P se desplazan en forma paralela a las originales evidenciando un incremento en la fracción de P soluble respecto al adsorbido (Jones y Fox, 1977).

La temperatura a que fue sometido el suelo ejercería dos efectos sobre los procesos de adsorción de fosfatos en sentidos contrapuestos: aumentando la adsorción en caso de haber pérdidas de oxhidrilos, y disminuyéndola al favorecer la fracción soluble por aumento del fósforo extractable.

Por otra parte, existen antecedentes que indican que la eliminación de materia orgánica con agua oxigenada provoca un incremento en la adsorción de P (Gessa *et al*, 1978), hecho que concuerda con nuestros resultados y sirve para resaltar su efecto en la competencia por los sitios aniónicos disponibles.

La pérdida de materiales orgánicos aumentó tanto la energía de adsorción como la capacidad máxima de adsorción de fosfatos en todos los suelos (Tabla 3), excepto en el Vertisol, donde la afinidad disminuyó.

Los Ultisoles son los únicos suelos que no presentaron diferencias significativas, al igual que en la experiencia anterior.

En la Fig. 2 se presentan los suelos mencionados en la Fig. 1, para el tratamiento de eliminación de materia orgánica.

CONCLUSIONES

En las condiciones experimentales estudiadas se observó que los procesos de adsorción siguieron cursos distintos según las características de los suelos.

La incorporación de materia orgánica disminuyó la adsorción de fósforo en los Entisoles, Molisoles y el Vertisol, mientras que en los Ultisoles las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

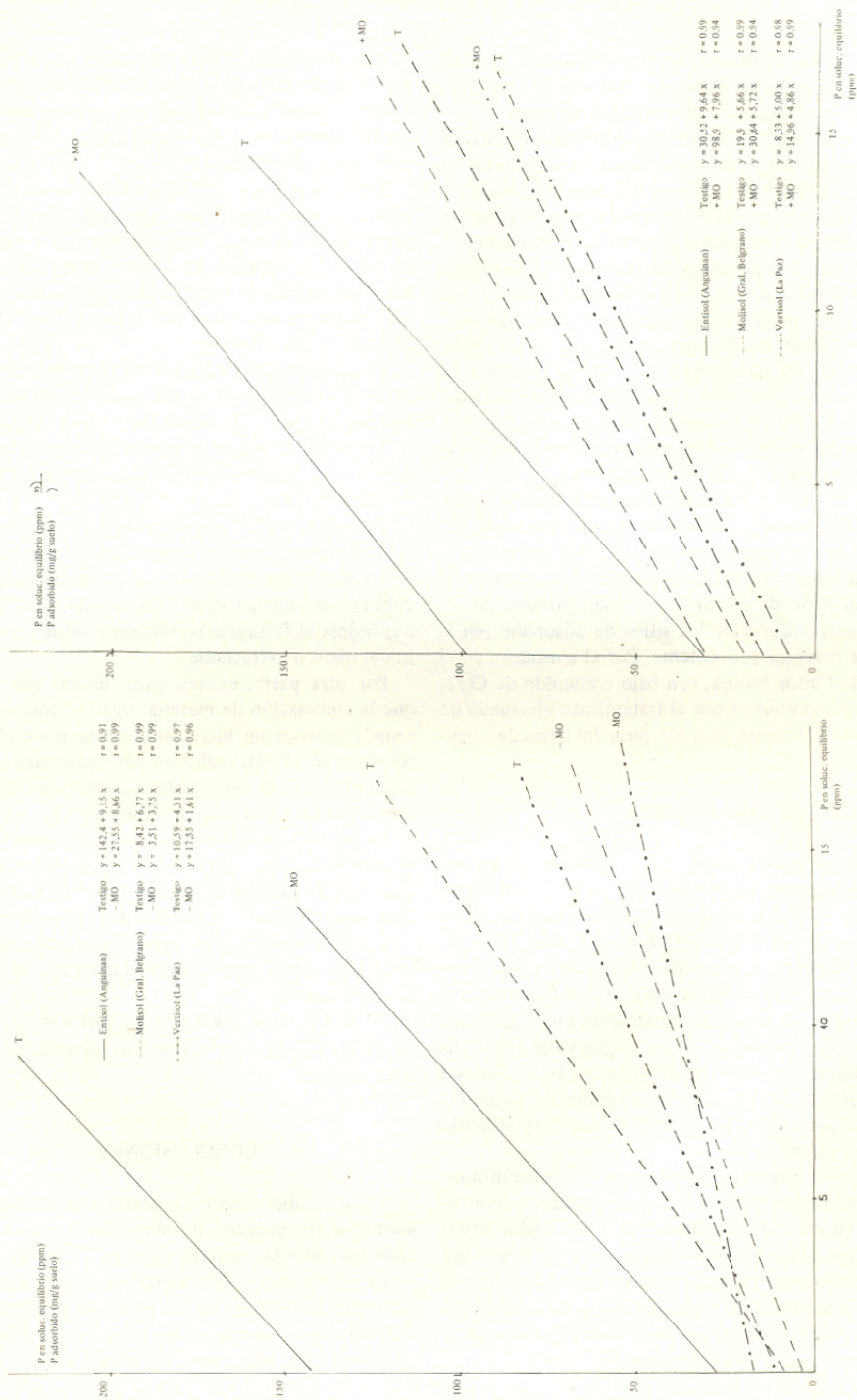


Figura 1: Isothermas de Langmuir para la incorporacion de materia organica

Figura 2: Isothermas de Langmuir para la eliminacion de materia organica

La eliminación de materia orgánica mostró una tendencia hacia una mayor adsorción de fosfatos, excepto en el caso de los Ultisoles donde no existieron variaciones importantes.

El aumento en la fijación del fósforo es muy mar-

cado en los Molisoles y Entisoles al disminuir el contenido de Ct, lo que recalca la importancia de un buen manejo de los suelos tendiente a la conservación de la materia orgánica en lo que hace a una mejor disponibilidad de fósforo para los cultivos.

REFERENCIAS

- Appelt, H., N. T. Coleman, P. F. Pratt, 1975. Interaction between organic compounds, minerals and ions in volcanic-ash derived soils. II: Effect of organic compounds on the adsorption of phosphate. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 628-630.
- Barrow, N. J., T. C. Shaw, 1975. The slow reactions between soil and anions: 2. Effect of time and temperature on the decrease in phosphate concentration in the soil solution. *Soil Sci.* 119:167-177.
- Barrow, N. J., 1978. The description of phosphate adsorption curves. *J. Soil Sci.* 29: 447-462.
- Barrow, N. J., 1979. Three effects of temperature on the reactions between inorganic phosphate and soil. *J. Soil Sci.* 30: 271-279.
- Barrow, N. J., T. C. Shaw, 1980. Effect of drying soil on the measurement of phosphate adsorption. *Comm. Soil Sci. and Plant An.* 11:347-353.
- Black, C. C., 1965. *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Bloom, P. R., 1981. Phosphorus adsorption by an aluminium-peat complex. *Soil Sci. Soc. Am.* 1: 45: 267-272.
- Fassbender, H. W., 1969, a. Retención y transformación de fosfatos en ocho latosoles de la Amazonia del Brasil. *Fitotecnica Latinoamericana* 6:1-9.
- Fassbender, H. W., 1969, b. Estudio del fósforo en América Central. IV: Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. *Turrialba* 19: 497-505.
- Fox, R. L.; E. J. Kamprath, 1971. Adsorption and leaching of phosphorus in acid organic matter sand. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35: 154-156.
- Frossard, E., B. Truong, F. Jacquin, 1986. Influence de l'apport de composés organiques sur l'adsorption et la désorption des ions phosphates en sol ferrallitique. *Agronomie* 6: 503-508.
- Gaur, A. C., 1969. Studies on the availability of phosphate in soil as influenced by humic acid. *Agrochimica* XIV, 1:62-65.
- Gesca, C., P. Melis, V. Solinas, C. Testini, 1978. L'influenza della sostanza organica sull'assorbimento fosfatico nei complessi organominerali. *Agrochimica* XXII, 5-6: 507-517.
- Grim, R. E., 1968. *Clay Mineralogy*. Mc Graw Hill Book Company, 2a. ed.
- Harter, R. D., 1969. Phosphorus adsorption sites in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33: 630-632.
- Holford, I. C. R., G. E. G. Mattingly, 1975. The high and low energy phosphate adsorption surfaces in calcareous soils. *Journal of Soil Sci.* 26 (4): 407-417.
- Jones, J. P., R. L. Fox, 1977. Phosphate sorption curves as a soil testing technique: a simplified approach. *Comm. Soil Sci. and Plant An.* 8: 209-219.
- Kitur, B. K., W. Frye, 1983. Effects of heating on soil chemical properties and growth and nutrient composition of corn and millet. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 91-94.
- López Camelo, L. G. de, O. S. Heredia, A. Nervi, Z. M. M. de Sesé, 1984. Adsorción de fósforo en algunos suelos argentinos. I: Condiciones experimentales e isotermas de adsorción. *Rev. Fac. Agr.* 5: 165-174, 1984.
- Lopez Hernández, D., C. P. Burnham, 1982. Phosphate retention in some tropical soils in relation to soil taxonomic classes. *Comm. in Soil Sci. Plant. Anal.* 13: 573-583.
- Li, Jerome, C. R., 1972. *Inferencia Estadística*. Volumen I. Serie "Docencia". INTA. Escuela de Graduados para Ciencias Agropecuarias.
- Olsen, S. R., F. S. Watanabe, 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. A. Proc.* 21: 144-149.
- Mendoza, R. E., 1980. Adsorción de fósforo en el suelo y su relación con la producción de dos especies forrajeras. *Rev. Fac. Agr.* 1: 19-30.
- Sanchez, P. A., 1981. *Suelos del trópico: características y manejo*. IICA. San José, Costa Rica.
- Sheppard, S. C., G. Raz, 1984. Effects of soil temperature on P extractability. *Can. J. Soil Sci.* 64: 255-263.
- Wild, A., 1950. The retention of phosphate by soil. A review. I. *Soil Sci.* 1: 221-238.