

Distribución del fosfato agregado al suelo en un perfil de la Asociación Santa Bárbara¹

Jan Vanderdeelen², Inés Pino N.³ y León Baert.⁴

INTRODUCCION

Ha sido ampliamente demostrado a través de la literatura el alto poder de fijación de fósforo que poseen los suelos derivados de cenizas volcánicas (Alamos, Behrens, Acevedo, López y Palma, 1967; Gutnick, Balcar, Behrens y Acevedo, 1967; Pino, 1968; Appelt y Schalscha, 1970; Galindo, Olguín y Schalscha, 1972). En una publicación precedente (Vanderdeelen, Pino y Baert, 1973) se describieron las leyes que gobiernan la adsorción de fósforo en estos suelos. En el presente trabajo se ha determinado la fracción responsable de la localización del fósforo adicionado en forma inorgánica.

Además de la distribución de los fosfatos en el suelo, se ha determinado en qué grado la extracción con oxalato (Tamm, 1922; Tamm, 1932; Deb, 1950; Schwertmann, 1959; Gorbunov *et al.*, 1961; Schwertmann, 1964; Mc. Kague y Day, 1966) concebida para los sesquióxidos amorfos, puede extraer los compuestos activos en relación al fosfato y reflejar así el modo de distribución.

MATERIALES Y METODOS

Se muestreó un perfil de suelo de la Asociación Santa Bárbara (Luzio, 1973) y el suelo se tamizó a dos milímetros. La descripción de campo¹ estableció las siguientes profundidades de horizontes: 0-11 cm; 20-44 cm; 44-57 cm; 57-90 cm y 90-150 cm.

Para la determinación del fósforo adsorbido, a 100 mg de suelo se adicionó una solución

fosfatada que contiene 5×10^{-5} mol de fósforo en forma de KH_2PO_4 tamponada a pH 4,72. Después de un período de agitación de cuarenta y ocho horas se centrifugó y el fósforo se determinó en el sobrenadante.

La distribución de fósforo en el suelo se determinó agregando 2 ml de solución fosfatada a 10 g de suelo. Se realizaron dos tratamientos: 1) 1 mg de fósforo en forma de KH_2PO_4 en presencia de 25 μC de P^{32} , y 2) 10 mg de fósforo en forma de KH_2PO_4 en presencia de 25 μC de P^{32} . Después de dos meses de equilibrio el fósforo de los suelos se fraccionó de acuerdo con el método de Chang y Jackson (1957). La concentración de P^{32} en los extractos se determinó con un conjunto Geiger Müller.

Para la extracción con oxalato, a 3 g de suelo se agregaron 100 ml de solución Tamm (1922, 1932). Se agitó durante una hora y se centrifugó. Después de la destrucción del oxalato se determinaron las concentraciones de Al y Fe.

La extracción con Na_2CO_3 , a fin de extraer Al y Si, se realizó según el método de Follet *et al.* (1965).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan las características químicas y físico-químicas generales del suelo. La metodología usada en cada análisis ya ha sido descrita en un trabajo precedente (Vanderdeelen, Pino y Baert, 1973).

En este cuadro el símbolo P ads. corresponde a la cantidad de fósforo fijada por un gramo de suelo expresado en μg . Esta adsorción aumenta considerablemente en profundidad como se observa en la Figura 1. Además es posible apreciar que la contribución de P-Fe es, a través de todo el perfil, prácticamente el doble que P-Al (Figura 2).

¹Trabajo realizado en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad del Estado de Gante, Bélgica.

Recepción originales: 4 de julio de 1974.

²Doctor. Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad del Estado de Gante, 9000 Gent, Bélgica.

³Ing. Agr. Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

⁴Doctor. Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad del Estado de Gante, 9000 Gent, Bélgica.

¹La descripción y la toma de muestras del perfil fue realizada por R. Langohr.

Cuadro I — Características del suelo.

Profundidad cm	P	P	P	P	P	P	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	pH H ₂ O	pH KCl	C	H ₂ O	P ads.*
	tot.	Inorg.	Org.	Al	Fe	Ca								
0-11	1975	922	373	342	510	297	12,5	6,4	39,0	5,9	5,1	5,0	8,1	3080
20-44	1191	670	302	128	249	250	15,9	7,9	39,7	6,3	5,7	1,9	9,3	5832
44-57	1070	511	324	96	210	237	16,4	8,2	37,3	6,4	5,8	1,8	10,9	5834
57-90	899	445	108	76	172	262	17,5	8,8	38,1	6,5	5,9	1,0	10,8	6083
90-150	746	358	105	56	167	240	19,5	8,5	35,1	6,5	5,9	0,7	13,1	7225

*Fósforo, μg, fijado por gramo de suelo.

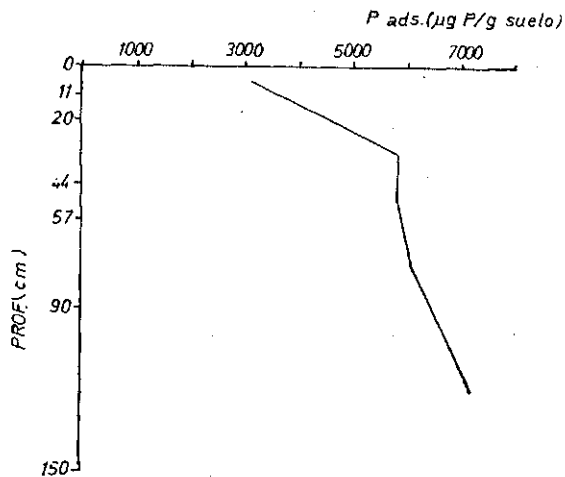


Figura 1 — Adsorción de fósforo a través del perfil.

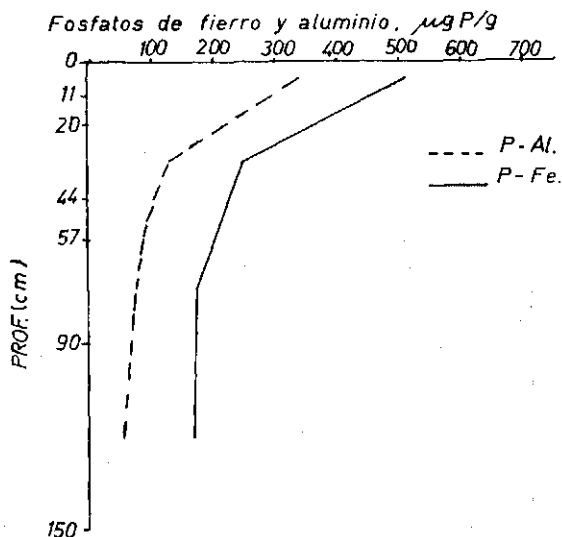


Figura 2 — Distribución de fosfatos de hierro y aluminio en el suelo no tratado (sin incubación).

DISTRIBUCIÓN DEL FÓSFORO AGREGADO AL SUELO.

Para las dos dosis suministradas y en condiciones de dos meses de equilibrio, el fosfato se fija preferentemente sobre el Al, en los primeros 11 cm. Sin embargo, a partir de los 20 cm de profundidad se manifiesta un desplazamiento sistemático hacia el fósforo en forma férrica, para ambas dosis (Cuadro 2, Figura 3).

La utilización de P³² permite obtener el valor total de fósforo recuperado proveniente del fósforo adicionado. En el caso de la adición de 10 mg de fósforo a 10 g de suelo se recupera por lo menos el 95,9%, siguiendo el método de Chang y Jackson (1957); en cambio para 1 mg de fósforo por 10 g de suelo los valores son ligeramente inferiores.

La extracción con NH₄Cl 1N demostró que no había fosfato libre a través del perfil.

Si se analizan los valores obtenidos (Cuadros 1 y 2) se observa una aparente contradicción, el fósforo extraído con NaOH (P-Fe) en el suelo no tratado (Cuadro 1) es considerablemente mayor que el fósforo extraído con NH₄F (P-Al). En cambio, en el caso de la adición de fósforo (Cuadro 2), este último se encuentra predominantemente en forma aluminica después de dos meses de equilibrio, a excepción solamente de la estrata final.

Por lo tanto, a través del tiempo, se produce manifiestamente una transformación hacia el fósforo en forma férrica. Estas observaciones ya han sido mencionadas por diversos autores (Yuan, Robertson y Neller, 1960; Mack y Barber, 1966; Appelt y Schalscha, 1970).

EXTRACCIÓN CON OXALATO.

La extracción de Al se realiza mucho más rápidamente que la del Fe (Cuadro 3). La concentración de Al decrece gradual y rápidamente en función del número de extracciones;

Cuadro 2 — Distribución de formas de fósforo fijado a través del perfil.

Suelo cm	P mg	P-libre	P-A'	%		
				P-Fe	P-Ca	P Total
0-11	1	0,0	61,8	28,9	4,9	98,8
	10	0,0	68,5	26,9	4,2	99,7
20-44	1	0,0	52,3	31,6	8,9	92,8
	10	0,0	57,9	30,8	7,5	96,2
44-57	1	0,0	48,5	35,4	10,9	94,9
	10	0,0	53,4	34,9	8,7	97,1
57-90	1	0,0	44,4	37,3	11,5	93,2
	10	0,0	54,8	36,4	8,7	99,9
90-150	1	0,0	36,6	44,4	13,5	94,5
	10	0,0	49,9	39,1	6,8	95,9

Cuadro 3 — Extracción de Al y Fe con oxalato de amonio.

Suelo cm	Nº Extracción	µg de Al/1 gr suelo	µg de Fe/1 gr suelo
0-11	1	27733	1487
	2	14667	2667
	3	4893	1859
	4	3160	1604
	Total	50453 (75,9%)	7617 (17,1%)
20-44	1	30367	1384
	2	23732	3598
	3	9520	4364
	4	4420	3358
	Total	68039 (71,9%)	12704 (23,1%)
44-57	1	28933	1351
	2	24693	4267
	3	9013	5013
	4	4187	3787
	Total	66826 (77,1%)	14418 (25%)
57-90	1	30208	1515
	2	24807	4189
	3	10987	5196
	4	4847	3610
	Total	70909 (76,3%)	14510 (23,6%)
90-150	1	28871	1618
	2	29117	3795
	3	13049	4551
	4	5538	3351
	Total	76575 (74,3%)	13315 (22,5%)

en cambio, la concentración de Fe es máxima en la segunda o tercera extracción. En este mismo cuadro es posible apreciar que alrededor de un 30% del total de Al se disuelve durante el primer tratamiento con oxalato. Por otra parte, la primera extracción, para las cinco estratas estudiadas, contiene alrededor de 30 mg de Al, valores que son considerados muy altos; lo cual podría ser atribuido al he-

cho de que se han alcanzado los límites de solubilidad.

Se ha podido comprobar que la cinética de la extracción de Al por el oxalato sobrepasa grandemente la del Fe, lo cual podría deberse a razones de orden puramente químico o también a una mala dispersión del material. De esta manera se puede impedir o retardar la extracción de Fe activo o móvil.

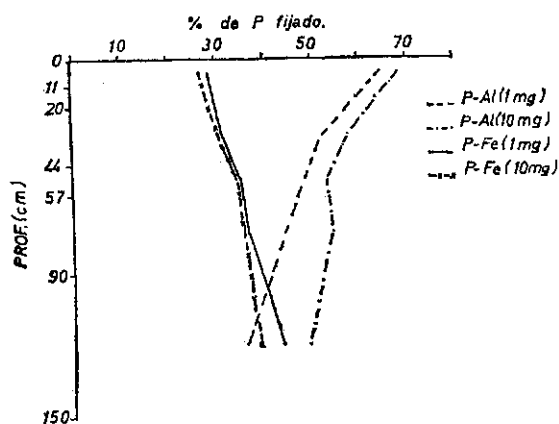


Figura 3 — Distribución de fosfatos en el suelo (dos dosis: 1 y 10 mg/10 g de suelo) después de un período de incubación de dos meses.

Si se considera que el Al extraído por el oxalato, después de cuatro extracciones, puede ser definido como Al activo, el 70-75% del Al total sería activo y capaz de interferir con el fósforo adicionado; en cambio, en el caso del Fe se encuentra que sólo entre un 17 y 25% de la cantidad total corresponde a Fe activo (Figura 4).

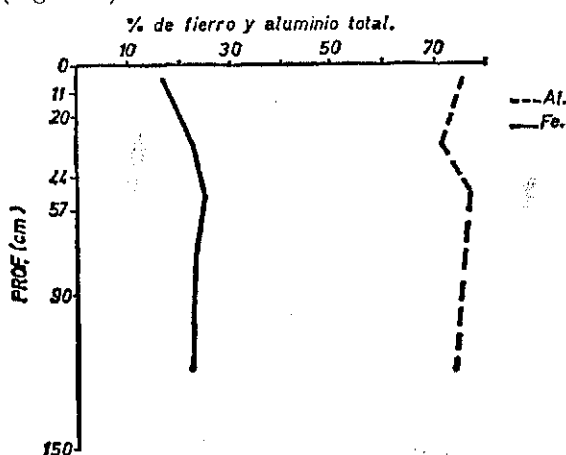


Figura 4 — Hierro y aluminio extraídos por el reactivo de Tamm a diferentes profundidades.

Además, los resultados del Al y del Fe extraídos por el oxalato y la distribución relativa de fósforo sobre la fracción aluminica y férrica (Cuadro 2), demuestran que la correlación no es muy buena. Parece ser que, a pesar que el método con oxalato se sustenta sobre bases químicas serias para la extracción de sesquióxidos amorfos, no es posible predecir en estos suelos volcánicos sobre qué fracción será repartido el fósforo adicionado.

A causa de los planteamientos anteriores se podría deducir que la presencia y el papel que juega la sílice en estos suelos es, probablemente, demasiado importante. Como la sílice es insoluble en el reactivo de Tamm, se ha estimado que este último no sería el más adecuado para la extracción de sesquióxidos en suelos derivados de cenizas volcánicas. Por esta razón se ha buscado un reactivo que sea capaz de extraer Al y Si, llegándose a la conclusión que el Na_2CO_3 tiene buen comportamiento.

EXTRACCIÓN CON Na_2CO_3 .

En esta experiencia se observó que la relación $\mu\text{mol Al}/\mu\text{mol Si}$ decrece en profundidad en el suelo durante la extracción con Na_2CO_3 (Cuadro 4), lo cual significa que el Al es inactivado por la Si, puesto que éste reacciona como anión. Este hecho es de gran importancia ya que permite explicar desde un punto de vista cualitativo que la distribución del fósforo sobre la fracción Al decrece a medida que aumenta la profundidad del suelo. En el Cuadro 2 es posible apreciar que estos valores decrecen desde 64,8%, en los primeros 11 cm, hasta 36,6% entre 90 y 150 cm.

Finalmente, cabe mencionar que esta situación no se podría explicar solamente por la extracción con oxalato ya que se ha establecido que la sílice juega un papel más importante de lo que hasta el momento se le ha atribuido.

Cuadro 4 — Extracción de Al y Si con carbonato de sodio.

Suelo cm	Al ($\mu\text{g Al}/1 \text{ gr suelo}$)	Si ($\mu\text{g Si}/1 \text{ gr suelo}$)	Relación*
0-11	11070	1985	5,78
20-44	7988	2624	3,16
44-57	7589	2568	3,07
57-90	6768	2634	2,66
90-150	4631	2983	1,61

*La Relación está expresada en micromol de Al sobre micromol de Si.

RESUMEN

En un perfil de suelo derivado de cenizas volcánicas perteneciente a la Asociación Santa Bárbara, se estudió la distribución de los fosfatos en el suelo y se individualizó la fracción responsable de la localización del fósforo adicionado en forma inorgánica.

Se estableció que el fósforo fijado en la fracción P-Al disminuye en profundidad, en cambio en la fracción P-Fe se observa la tendencia opuesta.

La extracción con Na_2CO_3 permitió aclarar que la Si era parcialmente responsable de la inactivación del Al, hecho que no habría podido ser detectado a través de la extracción con oxalato.

SUMMARY

ONE PROFILE OF VOLCANIC ASH SOIL OF THE SANTA BARBARA SOIL ASSOCIATION WAS SAMPLED

The distribution of phosphates in the soil was studied and the fractions fixing the P added in inorganic form were determined.

It was shown that the phosphorus fixed on the P-Al fraction decreases with depth, but the fraction P-Fe shows an opposite tendency.

A Na_2CO_3 extraction indicated that Si was partly responsible for the Al inactivation because it was not detected with oxalate extraction.

LITERATURA CITADA

- ALAMOS, P., BEHRENS, H., ACEVEDO, E., LÓPEZ, A. y PALMA, T. 1967. Relaciones suelo-fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile)*. 27 (3): 120-129.
- APPELT, H. and SCHALSCHA, E. B. 1970. Effect of added phosphate on the inorganic phosphorus fractions of soils derived from volcanic ash. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 599-602.
- CHANG, S. L. and JACKSON, M. L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84: 133-144.
- DEB, B. C. 1950. The estimation of free iron oxides in soils and clays and their removal. *Journal of the Soil Sci.* 1 (2): 212-220.
- FOLLET, E. A. C., MC HARDY, W. C., MITCHEL, B. A. and SMITH, B. F. L. 1965. Chemical dissolution techniques in the study of soil clays. *Clay minerals* 6: 23-43.
- GALINDO, G. G., OLGUÍN, C. and SCHALSCHA, E. B. 1972. Phosphate sorption capacity of clay fractions of soils derived from volcanic ash. *Geoderma* 7: 225-232.
- GORBUNOV, N. I., DZYADEVICH, G. S. and TUNIK, B. M. 1961. Methods of determining non silicate amorphous and crystalline sesquioxides in soils and clays. *Soviet Soil Sci.* 11: 1252-1259.
- GUTNICK, V., BALCAR, J., BEHRENS, H. y ACEVEDO, E. 1967. Influencia del pH sobre la fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile)*. 27 (4): 141-143.
- LUZIO, W. 1973. Contribución al conocimiento micromorfológico de los suelos derivados de cenizas volcánicas. *Bol. Ext. Fac. Agr. Univ. Chile*. 37: 25-32.
- MACK, A. R. and BARBER, S. A. 1966. Influence of temperature and moisture on soil phosphorus fractions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24: 381-385.
- MC KEAGUE, J. and DAY, J. H. 1966. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as acids in differentiating various classes of soils. *Canadian Journal of Soil Sci.* 46 (1): 13-22.
- PINO, I. 1968. Comportamiento de metafosfato de potasio en cinco suelos derivados de cenizas volcánicas. Santiago, Chile, Universidad de Chile. 69 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- SCHWERTMANN, U. 1959. Die fraktionierte extraktion der freien eisenoxyde in Boden, ihre mineralogische formen und ihre entstehungsweisen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 84: 194-204.
- . 1964. Differenzierung der eisenoxyde des Bodens durch extraktion mit ammonium oxalat lösung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 105: 194-202.
- TAMM, O. 1922. Eine methode zur bestimmung der anorganischen komponenten des gelkomplexes in Bodem. *Meddelanden frau statens, Skogförsöksantalt.* 387-403.
- . 1932. Über die oxalatmethode in der chemischer, Boden analyse. *Meddelanden frau statens, Skogförsöksantalt.* 1-18.
- VANDERDEELEN, J., PINO, I. and BAERT, L. 1973. Kinetics of phosphate adsorption in a soil derived from volcanic ash. *Turrialba*. 23: 291-296.
- YUAN, T. L., ROBERTSON, W. K. and NELLER, J. R. 1960. Forms of newly fixed phosphorus in three acid sandy soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24: 447-450.