

AGROCHIMICA

Rivista Internazionale
di Chimica vegetale, Pedologia e Fertilizzazione del suolo



Estudio de formas y cantidades de fosforo en suelos naturales (Andosoles de las Islas Canarias)

E. FERNÁNDEZ CALDAS, J. A. PÉREZ MENDEZ,
F. GUITIERREZ JEREZ, A. BORGES PÉREZ

Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife

Estudio de formas y cantidades de fosforo en suelos naturales (Andosoles de las Islas Canarias)

E. FERNÁNDEZ CALDAS, J. A. PÉREZ MENDEZ.

F. GUITIERREZ JEREZ, A. BORGES PÉREZ

Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife

INTRODUCTION. — El estudio del fósforo en el suelo, y de una manera especial en los Andosoles, presenta un gran interés:

Desde un punto de vista fundamental, puede ayudar a resolver problemas edafogenéticos. La dinámica y distribución de los diferentes compuestos de fósforo están estrechamente relacionadas con los procesos edafológicos que condicionan su génesis (WALKER y SYERS, 1976; SMECK, 1973; WALKER, 1965).

Por otra parte, desde un punto de vista aplicado, y en relación con la fertilidad, es necesario comprender su comportamiento en el suelo para poder contribuir a la resolución de los problemas que presenta su asimilabilidad por las plantas, como consecuencia del alto poder de fijación de los fosfatos por el suelo. En especial por aquellos desarrollados sobre cenizas volcánicas. Estas circunstancias implican una baja asimilabilidad del fósforo y por consiguiente, una limitación en el rendimiento de los cultivos (PICHOT y ROCHE, 1972; KAMPRATH, 1972).

En el presente trabajo se inicia una serie de estudios sobre las diferentes formas de fósforo presentes en cuatro tipos de Andepts formados en condiciones bioclimáticas, topográficas y cronológicas diferentes, con la finalidad de contribuir a un mayor conocimiento de la dinámica del fósforo en los suelos, así como la distribución e importancia relativa de sus compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos. Los Andosoles objeto de este estudio han sido clasificados en los siguientes grupos:

- a) Vitrandepts
- b) Vitrandepts evolucionados
- c) Distrandepts
- d) Intergrados Andosol-Tierra parda oligotrófica.

Estos suelos corresponden a una secuencia cronológica que va desde suelos muy jóvenes de bajo grado de alteración (Vitrandepts)

hasta suelos muy evolucionados (Intergrados) que han experimentado un proceso de alteración muy profundo durante un período de tiempo muy largo; la datación de estos suelos les atribuye una edad aproximada de 9.000 años (QUANTIN y col. 1975).

Se ha determinado el contenido en fósforo total y fósforo orgánico, y realizado un fraccionamiento, tanto de los fosfatos orgánicos como inorgánicos.

METODO ANALITICO. — La determinación analítica del contenido en fósforo de los diferentes extractos obtenidos en nuestro trabajo la hemos realizado siguiendo las instrucciones dadas por M. K. John (1970), en la que se utiliza el ácido ascórbico para la reducción del complejo fosfomolibdico, que elimina en gran parte, los inconvenientes que se presentan al utilizar otros reductores.

FOSFORO TOTAL. — Para la determinación del contenido en fósforo total hemos utilizado una nueva técnica, que adaptada por nosotros, se emplea por primera vez en el estudio del suelo, con resultados altamente satisfactorios.

Esta técnica, utilizada con anterioridad para el estudio de materiales geológicos por Ximenes Herraiz (1975), la hemos incorporado al estudio del suelo por sus grandes ventajas sobre las técnicas actuales, rapidez de ataque de la muestra, destrucción total de la fracción inorgánica, hermeticidad del reactor que impide pérdidas del material durante el ataque, así como su fácil manejo, seguridad y facilidad en la preparación de las soluciones para la determinación de las soluciones para la determinación analítica.

La utilización del reactor a presión es de una gran originalidad, cómodo en su utilización y proporciona valores de gran calidad.

Los valores de fósforo total, obtenidos por esta técnica, (ataque HF/HNO₃) son en general considerablemente más altos que cuando se determinan por digestión con HClO₄. Hemos de tener en cuenta, que en los suelos estudiados por nosotros, de origen volcánico, son frecuentes las inclusiones de Apatito en el material de origen que no se liberan mediante la digestión con HClO₄ (Syers y otros, 1967).

Los Andosoles estudiados, muestran un alto contenido en fósforo, debido por una parte, a la riqueza en fósforo del material de origen, y por otra, al gran poder de fijación que presentan las alofanas, abundantes en este tipo de suelos, y que impiden por tanto las pérdidas por lixiviación. Se observa, no obstante, una tendencia a la disminución del contenido en fósforo con la evolución de estos suelos. (Tabla I, Gráfica I).

FOSFORO ORGANICO TOTAL. — Entre los diferentes métodos propuestos para la determinación del contenido en fósforo orgánico total, ninguno ha demostrado ser consistentemente superior a los demás, encontrándose con frecuencia en la literatura conclusiones contradictorias. En consecuencia, nos ha parecido conveniente, realizar un estudio comparativo de métodos para cada grupo de suelos en particular.

TABLA 1

Perfil	Hor.	P-total	P-org.	P-no esp.	P-AcH	P-humina	P-no esp.	P-AcH	P-AcH	P-Ca	P-Al	P-F	P-oculto	P-inorg. extr.
Zabagu	A	4.469	1.199	579	320	170	0.93	0.45	354	708	750	501	2.313	
	(B)	4.551	1.455	643	207	527	0.79	0.45	471	725	874	588	2.654	
	(B)/C	3.360	269	—	54	215	—	—	515	258	556	341	1.670	
Chinyero	A	4.240	993	388	66	539	0.64	0.17	371	968	809	365	2.513	
	(B)	2.236	271	166	26	66	1.58	0.14	265	265	385	291	1.206	
Izaña	A	2.750	754	430	103	177	1.33	0.21	209	1.032	385	132	1.758	
	(B)	1.674	503	321	95	70	1.76	0.28	162	270	243	129	804	
	(B)/C	848	239	211	35	—	6.03	0.16	81	53	127	95	356	
Portillo	A ₀	2.544	1.407	1.320	34	116	8.80	0.08	371	676	358	122	1.527	
	A ₁	2.695	893	602	137	154	2.07	0.22	132	757	330	203	1.422	
	(B)	2.220	578	386	84	108	2.01	0.21	33	602	322	168	1.125	
	(B)/C	1.070	176	—	49	127	—	—	34	270	189	97	590	
Aguamansa I	A	2.655	1.024	495	46	241	0.93	0.44	169	452	495	389	1.505	
	(B)	2.398	348	215	13	120	1.61	0.52	35	249	409	456	1.149	
	(B)/C	1.110	—	—	—	—	—	—	25	56	198	412	671	
Aguamansa II	A	2.331	834	382	90	215	0.84	0.45	127	361	375	372	1.235	
	(B) ₁	2.280	449	403	65	107	2.34	0.22	177	300	442	462	1.381	
	(B) ₂	2.360	563	314	154	95	1.26	0.49	130	251	472	483	1.336	
	(B)/C	3.190	408	—	73	335	—	—	180	552	799	650	2.181	
Manantiales	A	1.870	963	344	11	392	0.55	1.10	13	27	138	116	294	
	(B)	2.255	1.109	310	28	33	0.38	0.09	13	28	194	194	429	
	(B)/C	2.234	226	137	—	89	1.54	—	22	54	327	382	785	
Pico del Ingles	A ₁₁	1.457	635	241	45	144	0.61	0.50	30	50	125	326	531	
	A ₁₂	1.350	398	203	49	tr.	1.04	—	11	tr.	108	443	562	
	B ₂₁	1.835	55	101	—	146	—	—	18	tr.	203	507	728	
	B ₂₂	2.106	—	51	—	—	—	—	22	tr.	351	805	1.178	

Hemos comparado los valores de fósforo orgánico total, obtenidos por los procedimientos propuestos por Steward y Oades (1972), Harrap (1963), Saunders y Williams (1955) y Mehta y col. (1954), encontrando que el primero de ellos proporciona, en general, valores más elevados de fósforo orgánico. Dicho procedimiento consiste en un pretratamiento ácido (HCl 1 N), seguido de una extracción alcalina (NaOH 0.5 N) aplicando Ultrasonidos durante tres minutos.

Los Andosoles estudiados presentan un alto contenido en fósforo orgánico, siendo también elevada su proporción en relación con el fósforo total (Tabla I). Como indicamos anteriormente, el material de origen de estos suelos es rico en fósforo. Por otra parte, la acumulación importante de fósforo orgánico que presentan los suelos alofánicos, en comparación con otros desarrollados en las mismas condiciones, (Broadbert y col. 1964; Bornemisza, 1966), explica la riqueza en fósforo orgánico de dichos suelos. Esta acumulación de fósforo orgánico, se atribuye a la formación de complejos organominerales muy estables que impiden la mineralización de los fosfatos orgánicos (Jackman, 1955).

Hemos observado, que la riqueza o incorporación de fósforo en la materia orgánica, que viene dada por la relación C/P_o, parece estar menos relacionada con su contenido en esta fracción o en fosfatos inorgánicos activos, que por la relación que exista entre ambos parámetros, esto es, por la relación C/P activo. Esto significa, que un alto contenido en materia orgánica no implica necesariamente un alto contenido en fósforo orgánico, lo que explicaría la falta de correlación encontrada por algunos autores entre dichos parámetros (Friend y Birch, 1960).

FRACCIONAMIENTO DE LOS FOSFATOS ORGANICOS. — Entre los diversos esquemas propuestos para el fraccionamiento de los fosfatos orgánicos, hemos seleccionado en nuestro estudio, el propuesto por Krivonosova (1972), que distingue entre el fósforo presente en los compuestos no específicos del suelo (Ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfatos de inositol, etc.), extraíbles con una mezcla sulfoacética, del fósforo asociado a los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina extraídos con NaOH. La utilización rigurosa de tal nomenclatura requiere un conocimiento cualitativo profundo de los fosfatos orgánicos presentes en los suelos.

No se observa relación directa, entre el grado de evolución de los suelos y la distribución del fósforo en la materia orgánica, como sucede en el caso de los fosfatos inorgánicos (ver más adelante). Esto es lógico, si pensamos que la transformación de los fosfatos inorgánicos está condicionada por los procesos físico-químicos que condicionan la alteración, y de ahí una evolución de dichas formas con la evolución de los suelos, mientras que, los fosfatos orgánicos, parecen estar influenciados más directamente por otro tipo de factores, como por ejemplo, la actividad biológica, clima, vegetación, por lo que dichas transformaciones serán más bien cíclicas que irreversibles. Así, en nuestro caso, hemos observado que los porcentajes de fósforo presentes en cada fracción orgánica y las relaciones:

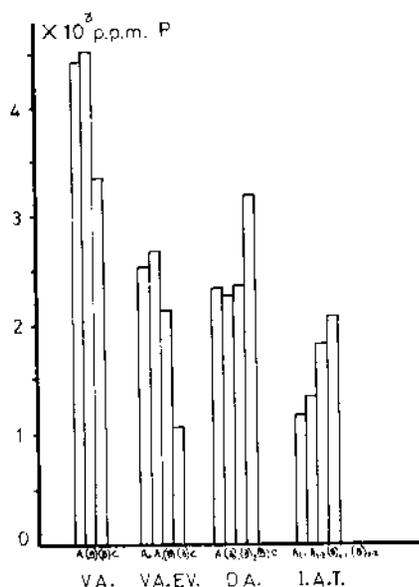
'no-específico / 'específico 'ác. húmicos / 'ác. fúlvicos se agrupan por valores si-

milares, en función del tipo de vegetación bajo la que se ha desarrollado el perfil.

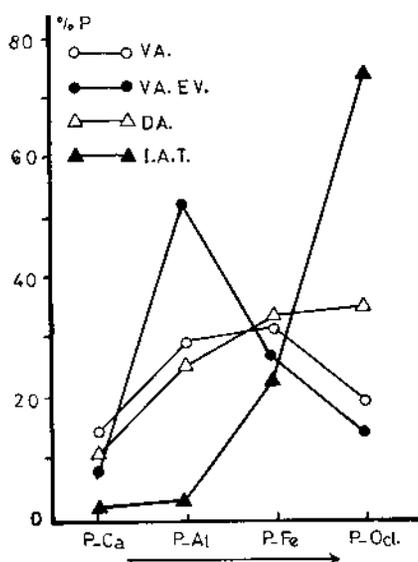
El grado de humificación del fósforo orgánico en los Andosoles estudiados es, en general, bastante elevado.

FRACCIONAMIENTO DE LOS FOSFATOS INORGANICOS. — A partir de la publicación en 1957 del esquema propuesto por Chang y Jackson para el estudio de los fosfatos inorgánicos, gran número de los trabajos en este campo, se basan en dicho método, si bien se han propuesto modificaciones más o menos importantes sobre algunos puntos concretos para aumentar su efectividad (tiempo y pH extracción con NH_4^+ , factores de corrección para una mejor diferenciación de los fosfatos de hierro y aluminio, etc.).

GRAFICA 1



GRAFICA 2



Nosotros hemos seguido las modificaciones introducidas por Glenn y col. (1959) que recogen las más ampliamente reconocidas por otros autores, si bien presentan también un gran interés los esquemas propuestos por Weaver y col. (1975), Williams y col. (1967) y Ginzburg y Lebedeva (1971).

Los valores de las diferentes fracciones de fosfatos inorgánicos obtenidos en nuestro estudio, (P-Ca, P-Al, P-Fe, P-ocluido) expresados como porcentajes, con respecto al total del fósforo inorgánico extraído durante el fraccionamiento, presentan, con el grado de evolución, las siguientes tendencias: las fracciones de P-Ca y P-Al tienden a disminuir, la fracción P-Fe no presenta grandes variaciones, y la fracción P-ocluido tiende a aumentar con el grado de evolución (Tabla I, Gráfica 2).

Asimismo, se establecen diferencias notables en las proporciones relativas de los fosfatos inorgánicos en cada perfil, estando influenciadas por el grado

de evolución de los suelos, y por las condiciones climáticas. Walker y Syers (1976) afirman como consecuencia del estudio de un gran número de cronosecuencias, que las diferentes formas de fósforo, podrían permitir datar suelos de edad desconocida, si bien de una manera no muy precisa.

BIBLIOGRAFIA

- BORNEMISZA E.: Fósforo orgánico en suelos tropicales. *Turrialba*, 16, 33 (1966).
- BROADBERT F. E., JACKMAN R. H., McNICOLL J.: Mineralization of carbon and nitrogen in some New Zealand alofanic soil. *Soil Sci.*, 98 (2): 118 (1964).
- FRIEND M. T., BIRCH H. F.: Phosphate responses in relation to oil test and organic phosphorus. *J. Agric. Sci.*, 54, 341 (1960).
- CHANG S. C., JACKSON M. L.: Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, 84, (2): 133 (1957).
- GINZBURG K. Ye, LEBEDEVA V. V.: A method for determining mineral forms of soil phosphates. *Agrochimiya*, 2: 125 (1971).
- GLENN R. C., HSU P. H., JACKSON M. L., COREY R. B.: Flow sheet for soil phosphate fractionation. *Agronomy Abstracts*, p. 9 (1959).
- HARRAP F. E. G.: Use of sodium-EDTA in the determination of soil organic phosphorus. *J. Soil Sci.*, 14 (1): 82 (1963).
- JACKMAN R. J.: Organic phosphorus in New Zealand soils under pasture. II Relation between organic P content and some soil characteristic. *Soil Sci.*, 79 (4): 293 (1955).
- JOHN M. K.: Colorimetric determination of phosphorus in soil and plant materials with ascorbic acid. *Soil Sci.*, 109, 214 (1970).
- KAMPFRATH E. J.: Phosphorus. In «A review of soil research in tropical Latin America» North Carolina State University, 205 (1972).
- KRIVONOSOVA G. M.: Method of determination and fractional composition of organic phosphates in thick and podzolized chernozems. *Agrochimiya*, 6, 143 (1972).
- METHA N. C., LEGG J. O., GORING C. A. I., BLACK C. A.: Determination of organic phosphorus in soils: I. Extraction method. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 433 (1954).
- PICHOT J., ROCHE P.: Phosphorus in tropical soils. *Agronomie Tropicale*, 27 (9): 939 (1972).
- QUANTIN P., FERNÁNDEZ CALDAS E., GUTIERREZ JEREZ F., TEJEDOR M. L., DELIBRIAS G.: Probleme du rajeunissement des sols issus l'altération de roches volcaniques par des eruptions recents de cendres aux Nouvelles-Hebrides et aux Iles Canaries. *Bull. Assoc. Geogr. Franc.* N. 426: 211 (1975).
- SAUNDERS W. M. H., WILLIAMS E. G.: Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *J. Soil Sci.*, 6 (2): 254 (1955).
- SMECK N. E.: Phosphorus: an indicator of pedogenetic weathering processes. *Soil Sci.*, 115 (3): 199 (1973).
- STEWART J. H., OADES J. M.: The determination of organic phosphorus in soils. *J. Soil Sci.*, 23 (1): 38 (1972).
- SYERS J. K., WILLIAMS J. D. H., CAMPBELL A. S., WALKER T. W.: The significance of apatite inclusions in soil phosphorus studies. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 31, 752 (1967).
- WALKER T. W., SYERS J. K.: The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma*, 16, 1 (1967).
- WALKER T. W.: The significance of phosphorus in pedogenesis. In «Experimental Pedology» E. G. Hallsworth and D. V. Crawford Editors. Londres (1965).
- WEAVER R. M., FOX R. H., DROSDOFF M.: Inorganic and organic phosphorus occurrence in some highly weathered soils of Puerto Rico. *Trop. Agri.*, 52 (2): 119 (1975).
- WILLIAMS J. D. H., WALKER T. W., SYERS J. K.: Fractionation of soil inorganic phosphate by a modification of Chang-Jackson's procedure. *Proc. Soil. Sc. Soc. Am.*, 31 (4): 2372 (1967).
- XIMENEZ HERRAIZ L.: Disolución rápida de muestras con un reactor a presión. *Afinidad XXXII* (326): 391 (1975).

RESUMEN. — Se ha realizado un estudio de las diversas fracciones de fósforo existentes en diversos suelos ándicos de Canarias, tanto en lo que se refiere a sus formas inorgánicas como orgánicas. Se da nota de las diferentes técnicas utilizadas para las determinaciones de P-total, P-orgánico total y para

los fraccionamientos de los fosfatos orgánicos e inorgánicos, así como de las principales conclusiones a las que se ha llegado en dicho estudio.

Para la determinación del P-total utilizamos una nueva técnica que se emplea por primera vez en el estudio del suelo con resultados muy satisfactorios. Consiste en el ataque de la muestra con un reactor a presión, en el que se logra la solubilización total del suelo en un tiempo relativamente corto.

SUMMARY. — It has been done a study of the several phosphorus fractions, inorganic and organic forms, existing in the andosols of Canary Islands. Giving notice of the different methods applied to determine P-total, P-organic total and inorganic and organic fractions, so as the main conclusions that has been found.

To determine the P-total we have used a new technique, which is utilized for first time in soil analysis with satisfactory results. It consists in to attack the sample into a pressure bomb getting the dissolution of soil in a relatively short time.

RÉSUMÉ. — On a réalisé une étude de différentes fractions de phosphores de divers sols andiques des Iles Canaries. On fait un compte rendu des techniques utilisées pour les déterminations de P-total, P-organique total et pour les fractionnements des phosphates organiques et inorganiques.

Pour la détermination du P-total nous utilisons une nouvelle technique qui est employée pour la première fois dans les sols avec des résultats très satisfaisants. La méthode consiste dans l'attaque de l'échantillon dans un réacteur à pression dans lequel on réussit à la solubilisation totale du sol dans un temps relativement court.

ZUSAMMENFASSUNG. — Es wurde ein Studium der verschiedenen Phosphorverbindungen durchgeföhrt, die sich in den Kanarischen andischen Böden finden, sowohl der organischen als auch der anorganischen. Es werden die verschiedenen Techniken geschildert zur Bestimmung des Gesamtphosphors, des gesamtorganischenphosphors sowie der organischen und anorganischen Phosphate. Es werden die hauptsächlichlichen Ergebnisse und Schlüsse geschildert, zu denen man in den Studien gekommen ist.

Bei der Bestimmung des ganzen P-Gehalt im Boden wird eine neue Technik mit befriedigenden Ergebnisse verwendet. Es handelt sich um einen Angriff der Erdprobe mit einem Druck-System bei dem die Auflösung der Erde in relativer kurzer Zeit stattfindet.

RIASSUNTO. — E' stato realizzato uno studio delle diverse frazioni di fosforo in differenti suoli andici delle Canarias, tanto in quello che si riferisce alle sue forme inorganiche che organiche. Si notificano le tecniche differenti utilizzate per le determinazioni del P-totale, P-organico totale e per i frazionamenti dei fosfati organici e inorganici, così pure delle principali conclusioni alle quali si è arrivati in questo studio.

Per la determinazione del P-totale utilizziamo una tavola tecnica che s'impiega per la prima volta nello studio del suolo con risultati molto soddisfacenti. Consiste nell'attacco del campione con un reattore a pressione con il quale si ottiene la solubilizzazione totale del suolo in un tempo relativamente breve.