

# FRACCIONAMIENTO DE LOS FOSFATOS ORGANICOS EN ANDOSOLES DE LAS ISLAS CANARIAS

por

F. GUTIERREZ JEREZ, J. A. PEREZ MENDEZ, E. FERNANDEZ CALDAS  
e I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO



PUBLICADO EN  
ANNALES DE EDAFOLOGIA Y AGRONOMIA  
TOMO XXXVIII, NÚMS. 7-8 — MADRID, 1979

# FRACCIONAMIENTO DE LOS FOSFATOS ORGANICOS EN ANDOSOLES DE LAS ISLAS CANARIAS

por

F. GUTIERREZ JEREZ, J. A. PEREZ MENDEZ, E. FERNANDEZ CALDAS  
e I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO

## SUMMARY

### FRACTIONAL COMPOSITION OF ORGANIC PHOSPHATES IN CANARY ISLANDS ANDOSOLS

It has been one a fractioning of the organic phosphates according to the Krivosova (1972) method on the horizons of several andosols of Canary Islands.

It has been distinguished between the organic phosphates bound to compounds non-specific of the soil, fulvic acids, humic acids and humine. The dates obtained are studied in function of the sample's depth, evolution grade, vegetation, pH, percentage of sand, clay, carbon, nitrogen, alumine, Al/Al + Si ratio and active inorganic phosphates of Fe, Al y Ca.

## INTRODUCCIÓN

Una mejor caracterización de fósforo orgánico es condición indispensable para poder profundizar en el estudio de la dinámica de este elemento en los suelos. A pesar de su importancia, las investigaciones en este campo son insuficientes, debido probablemente a las grandes dificultades que entraña este tipo de determinaciones. De ahí que no exista suficiente información sobre la distribución global del fósforo en el seno de la materia orgánica.

En los últimos años, sin embargo, se observa un marcado interés en estudiar el «status» de los compuestos de fósforo orgánico en el suelo y las investigaciones realizadas con este propósito han sido encaminadas hacia los siguientes fines:

a) Aislar e identificar una serie de compuestos de naturaleza química definida, especialmente fosfatos de Inositol, fosfolípidos y ácidos nucleicos; determinar el porcentaje de fósforo que les corresponde (Anderson, 1964; Martin, J. K., 1964; Kowalenko y Mckercher, 1970; Halstead y Anderson, 1970; L. Annunziata y Fuller, 1971a; L. Annunziata y Fuller, 1971b; L. Annunziata y col., 1972; Sommers y col., 1972).

b) Separar, dentro de una fracción (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos,

cos) o extracto (ácido, alcalino, de resina...) determinado, los fosfatos orgánicos en función de diversas características (precipitación a diferentes pH, comportamiento de intercambio aniónico, peso molecular...) (Anderson, 1961; Halstead y Anderson, 1970; Moyer y Thomas, 1970; Sommers y col., 1972; Swift y Posner, 1972; Anderson y Malcolm, 1974).

c) Fraccionar la totalidad de los fosfatos orgánicos del suelo:

1. Proponiendo esquemas de fraccionamiento específicos para dicho tipo de fosfatos (Martín, 1964; Grindel y Zyrin, 1965; Moyer y Thomas, 1970; Sommers y otros, 1972).

2. Adaptando métodos empleados para la determinación de fósforo orgánico total (Doormar, 1968; Steward y Oades, 1972; Fares y otros, 1974).

3. Adaptando otros esquemas utilizados en el fraccionamiento de la materia orgánica (Joshi y Saxena, 1972; Krivonosova, 1972).

Puesto que nuestro interés se centra inicialmente en tener una idea global de la distribución del fósforo en el seno de la materia orgánica, hemos realizado un estudio minucioso de los trabajos reseñados en el apartado c), esto es, de aquellos procedimientos que incluyen a la totalidad del fósforo orgánico. De dicho estudio (Pérez Méndez, 1976) concluimos que el método que mejor se adapta a nuestros propósitos es el propuesto por Krivonosova (1972). Este método presenta el atractivo de diferenciar entre compuestos no-específicos y específicos del suelo, distinguiendo en estos últimos las fracciones más generalmente aceptadas de la materia orgánica: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y humina.

Una denominación de dichas fracciones menos comprometida, en espera de un mejor conocimiento de los fosfatos orgánicos presentes en los suelos, podría ser:

(a) *Fracción ácido-soluble:*

— *extraíble por mezcla sulfoacética* = compuestos no específicos.

— *extraíble con NaOH* = ácidos fúlvicos.

(b) *Fracción ácido insoluble, extraíble con NaOH* = ácidos húmicos.

(c) *Fracción residual orgánica* = humina.

Para una mayor sencillez en los comentarios utilizaremos la nomenclatura propuesta por Krivonosova (1972), sin olvidar nunca las naturales reservas en su aplicación y en especial en lo referente a las fracciones ácido-solubles, pues es de presumir que la mayor parte de los compuestos extraíbles por la mezcla sulfoacética estarían comprendidos, en otros fraccionamientos, en la fracción ácidos fúlvicos.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar este estudio se seleccionaron una serie de andosoles de las Islas Canarias que van desde Vitrandepts a Intergrados andosol-tierra parda oligotrófica.

Los suelos elegidos han sido estudiados ampliamente, en cuanto a sus características físico-químicas (Fernández Caldas, E., 1975); y mineralógicas (Cabezas Viaño, O., 1975); lo que nos proporciona un mejor conocimiento con vista a la realización del estudio que nos proponemos. Son los siguientes:

Vitrandepts: Zabagu y Chinyero.  
Vitrandepts evolucionados: Izaña y Portillo.  
Distrandepts: Aguamansa I y Aguamansa II.  
Intergrados andosol-tierra parda oligotrófica: Manantiales y Pico del Inglés.

En cuanto a las técnicas de trabajo utilizadas se pueden esquematizar de la siguiente forma:

Fósforo total: Ataque de la muestra con HF/HNO<sub>3</sub> en reactor a presión según Ximénez Herraiz.

Fósforo orgánico: Método de Steward-Oades (1972).

Fosfatos inorgánicos: Método de Chang-Jacson (1957), modificado por Glenn (1959).

Fosfatos orgánicos: Método de Krivonosova (1972).

Carbono: Método descrito por Jackson (1958).

Nitrógeno: Método Kjeldahl.

Elementos amorfos: Fe y Al por el método de Duchaufour y Souchier (1970) y la sílice se extrajo con NaOH 0,5 N.

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).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

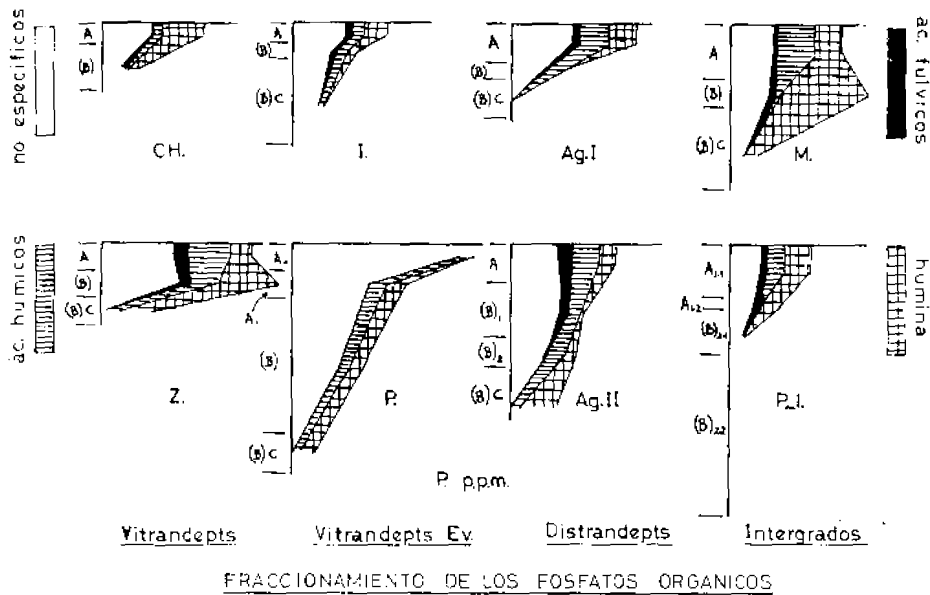
### *Tendencias generales*

En general, los contenidos de todas las fracciones de fósforo orgánico expresadas en ppm (tabla I) disminuyen con la profundidad del perfil siguiendo la tendencia del fósforo orgánico total, cuyo contenido viene representado en la gráfica 1 por el trazo externo.

En aquellos casos en los que el fósforo orgánico se acumula en los horizontes (B) —perfiles Manantiales y Zabagu— se encuentra al mismo tiempo una acumulación de fósforo en la humina. En los perfiles más profundos la tendencia a la disminución es menos acusada, mientras que en los poco profundos —Chinyero y Zabagu— la caída en el contenido de las diferentes fracciones de fósforo orgánico es más drástica, debido a su escaso desarrollo y que presentan grandes acumulaciones de materia orgánica en superficie.

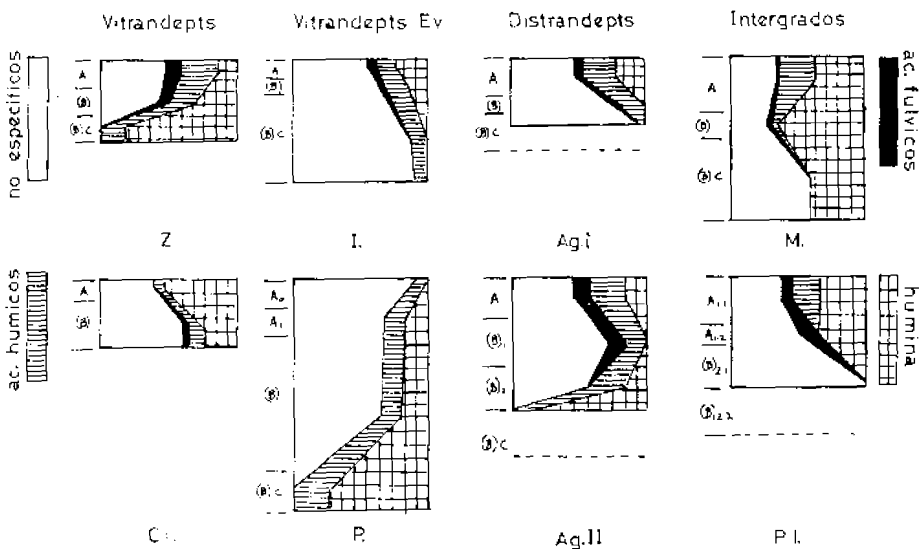
Considerando la proporción en que cada fracción contribuye al contenido en fósforo orgánico total (tabla I), se observa en la gráfica 2,





Gráfica 1

FRACCIONAMIENTO DE LOS FOSFATOS ORGÁNICOS (%B/P)



Gráfica 2

—Izaña y Aguamansa I—, en otros comprende del 72 al 80 por 100 del fósforo orgánico en los horizontes (B)/C. Se observa un predominio de la fracción humina en los Intergrados, esto es, en los suelos más evolucionados.

El grado de humificación del fósforo orgánico es, en general, bastante elevado, estando comprendido entre el 32 y 72 por 100, con la excepción del horizonte  $A_0$  del perfil Portillo (10,6 por 100) y el horizonte (B)/C de Izaña (14,6 por 100).

Se ha establecido que los compuestos de fósforo unidos a la fracción fúlvica son preponderantes (Yoshida, 1940; Adams y otros, 1954; Anderson, 1961; Dormaar, 1968; Fares y col., 1974). En nuestro caso se pone de manifiesto al comparar las relaciones  $C_{ar}/P_{ar}$  y  $C_{ah}/P_{ah}$  (tabla 2). Los valores en esta última relación son superiores tomando como fósforo en ácidos fúlvicos los fosfatos solubles en ácido (fósforo orgánico en compuestos no específicos y en ácidos fúlvicos según nuestro fraccionamiento), ya que, como dijimos en la introducción de este artículo, la mezcla sulfoacética es de presumir que extraiga compuestos de fósforo orgánico que en otros fraccionamientos corresponderían a la fracción ácidos fúlvicos.

Joshi y Saxena (1972) establecen que la humina no contiene fósforo, pero Fares y col. (1974) hacen excepción para los andosoles.

Nuestros resultados concuerdan, pues, con los encontrados por Fares y col. (1974) y las aparentes divergencias se deben principalmente a una definición imprecisa de las diferentes fracciones orgánicas.

No se observa una relación entre el grado de evolución de los suelos y la distribución de las formas de fósforo orgánico, como sucede en el caso de los fosfatos inorgánicos (Pérez Méndez, 1976). Quizás esto sea debido a que estas últimas formas de fósforo están más influenciadas por los procesos físico-químicos que condicionan la alteración de los suelos, transformando dichos fosfatos con el grado de evolución, mientras los fosfatos orgánicos están más relacionados con la actividad biológica, clima y vegetación, y por tanto sus transformaciones son más bien cíclicas que irreversibles.

La posible influencia de la vegetación sobre los fosfatos orgánicos debe, en principio, ser más acusada en los horizontes superficiales ya que es en ellos donde se van acumulando los restos vegetales, fuente principal de los compuestos orgánicos de fósforo.

En la gráfica 3 hemos representado los tantos por ciento de cada una de las fracciones de fósforo orgánico (no específicos, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y humina) con respecto al contenido en fósforo orgánico total, y lo hemos agrupado por tipos de vegetación bajo los diferentes suelos: Fayal-Brezal (Zabagu, Aguamansa I y Aguamansa II), Laurisilva (Manantiales y Pico del Ingles), asociación Retama-Codeso (Izaña y Portillo) y Pinar (Chinyero). Lo que nos permite en una primera aproximación distinguir tres tipos principales de vegetación: a) Laurisilva-Fayal-Brezal, b) Retamar-Codesar y c) Pinar.

Los suelos bajo vegetación del tipo a) presentan alrededor del 40 por 100 de compuestos de fósforo orgánico no específicos, un 23 por 100 en ácidos húmicos y un 18 por 100 en la humina, mientras que, en

TABLA II

Perfil	Hor.	P-n. e.	P-AcH	Cah	Caf	G. H.
		P.e.	P-n. e. + P-AcF	P-AcH	P-n. e. + P-AcF	
Zabagu . . . .	A	0.93	0.45	42,5	18,0	51,7
	(B)	0,79	0,45	22,2	10,8	55,8
	(B)/C	—	—	14,8	—	100,0
Chinyero . . . .	A	0,64	0,17	448,4	50,7	60,9
	(B)	1,58	0,14	38,4	10,0	38,7
Izaña . . . . .	A	1,33	0,21	616,5	85,4	42,9
	(B)	1,76	0,28	12,6	45,4	36,2
	(B)/C	6,03	0,16	—	11,8	14,6
Portillo . . . . .	A <sub>0</sub>	8,80	0,08	—	—	10,6
	A <sub>1</sub>	2,07	0,22	83,2	13,4	32,6
	(B)	2,01	0,21	67,0	21,5	33,2
	(B)/C	—	—	28,5	—	100,0
Aguamansa I	A	0,93	0,44	25,7	14,8	51,6
	(B)	1,61	0,52	30,8	31,1	38,2
	(B)/C	—	—	—	3,7	—
Aguamansa II	A	0,84	0,45	55,8	25,4	70,4
	(B) <sub>1</sub>	2,34	0,22	42,9	11,1	38,3
	(B) <sub>2</sub>	1,26	0,49	9,7	5,4	44,2
	(B)/C	—	—	13,7	—	100,0
Manantiales	A	0,55	1,10	77,0	65,1	64,3
	(B)	0,38	0,09	387,8	87,8	72,0
	(B)/C	1,54	—	—	105,1	39,4
Pico del In- glés . . . . .	A <sub>11</sub>	0,61	0,50	176,4	119,2	62,0
	A <sub>12</sub>	1,04	—	—	61,5	48,9
	(B) <sub>11</sub>	—	—	—	89,1	—
	(B) <sub>12</sub>	—	—	—	80,4	—

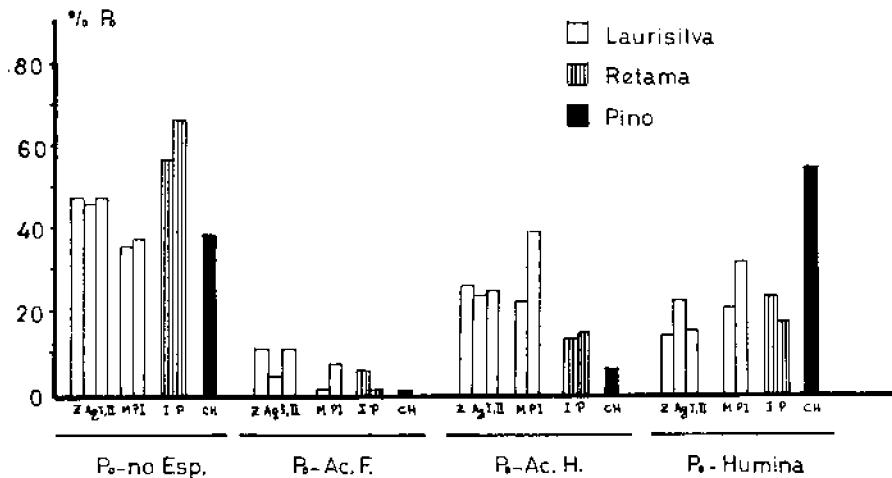
los correspondientes a la vegetación tipo b) hay una mayor proporción de compuestos no específicos (57-67 por 100), un menor nivel en ácidos húmicos (14-15 por 100) y un contenido similar en la humina. El perfil Chinyero, bajo pinar, presenta una alta proporción de fósforo orgánico en la humina (6,6 por 100). Los contenidos en ácidos fúlvicos, aparte de ser muy bajos, no se presentan agrupados por tipo de vegetación.

Así las relaciones  $P_{ah}/P_{af}$  y  $P_{no-esp}/P_{esp}$  (tabla 2) presentan valores similares en los horizontes A según el tipo de vegetación, si consideramos a los compuestos no específicos como ácidos fúlvicos. Por consiguiente



tenemos para la primera relación: 1,10-0,5 (Laurisilva); 0,45 (Fayal-Brezal); 0,22 (Retamar); 0,17 (Pinar), mientras que para las segundas 0,55-0,61, 0,84-0,93, 1,33-2,07 y 0,64, respectivamente.

Es necesario estudiar un mayor número de suelos con el fin de comprobar si estas agrupaciones están condicionadas realmente por el tipo de vegetación, aspecto éste que reviste gran interés.



Gráfica 3

#### *Relación entre las diferentes fracciones de fosfatos orgánicos y otros parámetros de los suelos*

Es obvio pensar que tanto el contenido en materia orgánica y fósforo, como las características de ambas fracciones, serán los factores determinantes de la formación de los diferentes fosfatos orgánicos. La influencia de la materia orgánica puede ser establecida a través del tanto por ciento C y del tanto por ciento N. Del análisis estadístico de nuestros datos (tabla 3) se desprende una mejor relación entre el tanto por ciento C y las diferentes fracciones de fósforo orgánico, que entre éstas y el tanto por ciento N, salvo en los ácidos húmicos, donde el tanto por ciento N presenta un índice de correlación ligeramente superior (0,6633 frente a 0,5600, significativos ambos al 1 por 100). El contenido en materia orgánica parece tener mayor influencia sobre el fósforo presente en los compuestos específicos que en los no-específicos, presentando unos coeficientes de correlación poco significativos (5 por 100) para estos últimos. Esto parece estar de acuerdo con las observaciones hechas de que el contenido en fósforo orgánico está determinado también por otro tipo de factores (tipo de vegetación, actividad biológica, clima...) ya que los compuestos no específicos del suelo son más sensibles a las variaciones de este tipo de factores.

TABLA III

*Coefficientes de correlación y niveles de significación de las fracciones de fosfatos orgánicos con otros parámetros de los suelos*

Parámetro	P-no esp.	P-esp.	P-ac. Húm.	P-Humina
% C*	0.4795+	0.6300+++	0.5600++	0.4700+
% N*	0.4000+	0.5485++	0.6633++	NS
Al/Al + Si..	0.5916++	NS	NS	NS
Ptotal.....	NS	0.6164+++	NS	0.5196++
Porg.....	0.8185+++	0.9273+++	NS	0.7071+++
P-Ca**	NS	0.5656++	NS	0.6855++
P-Fe**	NS	0.8200+++	NS	0.8200+++
P-Al**	0.5700++	0.6300++	NS	0.6200++
P-act.**	NS	NS	NS	0.8246+++

\* Se ha eliminado el horizonte A de Izaña debido a su alto contenido en materia orgánica.

\*\* Sin Intergrados.

+++ Significación 0,1 por 100.

++ Significación 1,0 por 100.—

+ Significación 5,0 por 100.

El contenido de fósforo orgánico total está altamente relacionado con el fósforo orgánico presente en los compuestos no específicos ( $r = 0,8185$ ,  $s$  0,1 por 100), compuestos específicos ( $r = 0,9273$ ,  $s$  0,1 por 100) y humina ( $r = 0,7071$ ,  $s$  0,1 por 100), pero no con el fósforo asociado a los ácidos húmicos (NS). El contenido en fósforo total sólo lo está con los compuestos específicos en general ( $r = 0,6164$ ,  $s$  0,1 por 100) y en particular sólo con el fósforo asociado a la humina ( $r = 0,5196$ ,  $s$  1 por 100) al igual que las formas activas de los fosfatos inorgánicos, en los que cabe destacar la alta relación existente con los fosfatos de hierro ( $r = 0,8200$ ,  $s$  0,1 por 100). Esto hace pensar en una influencia notoria de estos compuestos en la incorporación de fosfatos a la materia orgánica específica del suelo, y en particular en la humina, siendo responsables de la alta significación encontrada entre esta fracción y los fosfatos inorgánicos activos ( $r = 0,8246$ ,  $s$  0,1 por 100). Con respecto a los compuestos no específicos, sólo el P-Al presenta un coeficiente de correlación significativo al 1 por 100 ( $r = 0,5700$ ) poniendo en evidencia una vez más la relación existente entre esta fracción y los fosfatos orgánicos.

Las relaciones entre pH, C/N, tanto por ciento  $Al_2O_3$  amorfo, con las fracciones de fósforo orgánico no son significativas. Para la arcilla ( $r = -0,6082$ ) la significación es del 1 por 100 aunque es lógico pensar, que tal relación (pendiente negativa) se deba a influencias entre ambos parámetros. La relación Al/Al + Si parámetro importante en el es-

tado del fósforo en este tipo de suelo, presenta un índice de correlación de 0,5916 significativo al 1 por 100 con los fosfatos orgánicos no específicos del suelo.

De todo lo anterior puede deducirse que los fosfatos orgánicos no específicos del suelo parecen estar determinados más directamente por una serie de factores diferentes a los aquí examinados, inclinándonos a pensar que el tipo de microorganismos presente en el suelo debe ser uno de los más importantes, junto con el tipo de vegetación.

Sobre los compuestos específicos, sin embargo, el contenido en materia orgánica y fósforo de los suelos, y en particular las formas inorgánicas activas de fosfatos, si parecen tener gran influencia en la incorporación del fósforo a la materia orgánica específica del suelo, principalmente en lo que se refiere a la fracción humina.

#### RESUMEN

Se realizó un fraccionamiento de los fosfatos orgánicos de acuerdo con el método propuesto por Krivonosova (1972) en los distintos horizontes de una serie de andosoles de las Islas Canarias.

Se distingue entre el fósforo orgánico asociado a compuestos no específicos del suelo, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y humina. Los datos obtenidos son analizados en función de la profundidad de la muestra, grado de evolución, tipo de vegetación, pH, tanto por ciento de arcilla, tanto por ciento de C, tanto por ciento de N, tanto por ciento de  $Al_2O_3$ , relación  $Al/Al + Si$  y fosfatos inorgánicos activos de Fe, Al y Ca.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada  
de Tenerife*

#### BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, G. y MALCOM, R. E. (1974). The nature of alkali-soluble soil organic phosphates. *J. Soil Sci.*, 25 (3), 282-297.
- ANDERSON, G. (1964). Investigations on the analysis of inositol hexaphosphate in soils. *Trans. 8th Congr. Int. Soil Sci. Soc. Bucharest*, 4, 463-572.
- ANDERSON, G. (1961). A partial fractionation of alkali-soluble soil organic phosphate. *J. Soil Sci.*, 12, 276-285.
- CABEZAS VIAÑO, O. (1975). Estudio mineralógico de andosoles de las Islas Canarias. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
- CHANG, S. C. y JACKSON, M. L. (1958). Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, 84, 133-144.
- DORMAAR, J. F. (1968). Extraction of organic phosphorus in chernozemic soils. *Pl. Soil*, 28, 268-279.
- DUCHAUFOUR, PH. y SOUCHIER, B. (1970). *Precis de Pédologie*. Masson & Cie.
- FARES, F., FARDEAU, J. C. y JACQUIN, F. Etude quantitative du phosphore organique dans différents types de sols. *Phosphore et Agriculture*, 63, 25-41.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M. L. (1975). Andosoles de las Islas Canarias. Caja General de Ahorros. Santa Cruz de Tenerife.
- GRANDEL, N. M. y ZYRIN, N. G. (1965). Method of determination and dynamics of organic phosphorus compounds in the plow horizon of slightly cultivated sod-podzolic soils. *Soviet Soil Sci.*, 12, 1391-1401.
- HALSTEAD, R. L. y ANDERSON, G. (1970). Chromatographic fractionation of organic phosphates from alkali, acid and aqueous acetylacetone extracts of soils. *Can. J. Soil Sci.*, 50, 111-119.
- JACKSON, M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Constable & Co. Ltd. London.
- JOHN, M. K. (1970). Colorimetric determination of P in soil and plant materials with ascorbic acid. *Soil Sci.*, 109, 214-220.

- JOSHI, D. C. y SAXENA, S. N. (1972). Distribution of organic phosphorus in humus fractions. *J. In. Soc. Soil Sci.*, 20, 117-120.
- KOWALENKO, C. G. y McKERCHER, R. B. (1970). An Examination of methods for extraction of soil phospholipids. *Soil Biol. Biochem.*, 2, 269-273.
- KRIVONOSOVA, G. M. (1972). Method of determination and fractional composition of organic phosphates in thick and podzolized chernozems. *Agrochimiya*, 6, 143-147.
- L'ANNUNZIATA, M. F., BRANTLEY, D. S. y FULLER, W. H. (1972). D-chiro-inositolphosphate in a forest soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36 (1), 183-184.
- L'ANNUNZIATA, M. F. y FULLER, W. H. (1971a). MNM spectra of acetate derivatives of soil and plant inositol phosphates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35 (4), 655-658.
- L'ANNUNZIATA, M. F. y FULLER, W. H. (1971). Soil and plant relationships of inositol hexaphosphates stereoisomers; the identification of D-chiro- and muco-inositol phosphates in a desert soils and plant system. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35 (4), 587-595.
- MARTIN, J. K. (1964). Soil organic phosphorus: I, II y III. *N. Z. J. Agric. Res.*, 7, 723-735, 736-749 y 750-760.
- MOYER, J. R. y THOMAS, R. L. (1970). Organic phosphorus and inositol phosphates in a molecular size fractions of soil organic matter extract. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34, 80-83.
- PÉREZ MÉNDEZ, J. A. (1976). Estudio sobre el estado del fósforo en andosoles de las Islas Canarias, Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
- SOMMERS, L. E., HARRIS, R. F., WILLIAMS, J. D. H., AMSTRONG, D. E. y SYERS, J. K. (1972). Fractionation of organic phosphorus in lake sediments. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36, 51-54.
- STEWART, J. M. y OADES, J. M. (1972). The determination of organic phosphorus in soils. *J. Soil Sci.*, 23 (1), 38-49.
- SWIFT, R. S. y POSNER, A. M. (1972). N, P and S. Contents of humic acids fractionated with respect to molecular weight. *J. Soil Sci.*, 23 (1), 50-57.
- XIMÉNEZ HERRAIZ, L. (1975). Disolución rápida de muestras con un reactor a presión. *Afinidad XXXII*, 326, 391-394.

Recibido para publicación: 23-XII-77