

1a CAPACIDAD DE FIJACION DE FOSFORO EN SEIS UNIDADES
DE SUELOS ANDOSOLICOS DE LA ZONA CAFETERA
COLOMBIANA

Por : Eduardo Bravo G. *
Alvaro Gómez A. **

INTRODUCCION

El fósforo es un elemento esencial para las plantas, por ser constituyente de compuestos orgánicos vitales como ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfatos de adenosina, fitina, entre otros. Debido a su papel predominante en el metabolismo, participa en todos los procesos importantes para la planta, como fotosíntesis, respiración, crecimiento y otros. Como las plantas se abastecen de fósforo del suelo, es necesario para su desarrollo normal que este elemento se encuentre disponible en cantidades adecuadas.

Sin embargo, la disponibilidad del fósforo se ve afectada, generalmente, por la escasa solubilidad de este elemento y por su fijación o retención en el suelo.

En el fenómeno de fijación de fósforo intervienen dos procesos: la adsorción física y la precipitación química. Hsu (8), señala que la fijación se debe principalmente a fenómenos de naturaleza química (precipitación).

Igualmente, Fassbender (3) concluye, en su estudio sobre la fijación del fósforo en suelos volcánicos de la América Central, que la precipitación de los fosfatos es más importante que su adsorción. El mismo autor encontró que suelos andosólicos de Costa Rica fijaban un promedio de 86.4 o/o del fósforo agregado.

El término "Andosoles", se refiere a un cierto grupo de suelos jóvenes provenientes de cenizas volcánicas, caracterizados por una predominancia de material amorfo en la fracción arcilla, compuesto de silicatos de aluminio (alófana). Tienen características morfológicas y propiedades físico-químicas especiales que se apartan de las de suelos originados de otros materiales parentales.

* Asistente de Fertilidad de Suelos, Sección de Química Agrícola, del Centro Nacional de Investigaciones de Café —CENICAFE— Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Jefe Sección de Conservación de Suelos, Centro Nacional de Investigaciones de Café —CENICAFE— Chinchiná, Caldas, Colombia.

En Colombia los suelos de origen volcánico constituyen aproximadamente el 70 o/o de los suelos cafeteros (5). Están representados principalmente por las unidades Chinchiná y Malabar en los departamentos de Caldas y Risaralda; Fondesa en el Valle; Fresno en el Tolima y Quindío, y Montenegro en el Quindío, de las cuales solamente en las unidades Chinchiná y Montenegro se han hecho algunos ensayos de fijación de fósforo (6, 10, 11, 12, 14).

Para el caso de los suelos derivados de cenizas volcánicas, la magnitud del fenómeno de fijación de fósforo ha resultado significativamente mayor que la presentada en otras clases de suelo. Esta ha llegado a ser hasta del 99 o/o del fósforo añadido, en suelos volcánicos de Nariño (7). En las unidades Chinchiná y Montenegro, empleando el sistema radioquímico de dilución isotópica, se encontró una fijación del 80 al 90 o/o (6).

Se ha encontrado, que bajo condiciones de acidez como en los suelos de cenizas volcánicas, la retención ocurre predominantemente como precipitación hacia fosfatos de aluminio y hierro, representando entre 60 y 95 o/o de la retención total, en tanto que la adsorción solo representa un escaso porcentaje de la misma (2, 4, 13, 14, 17, 19).

En la misma forma, López (12), en suelos de la Unidad Chinchiná, comprobó que los óxidos libres de Fe y Al eran responsables de la retención del fósforo en forma insoluble y observó que aplicaciones de 1.500 y 3.000 ppm de fósforo eran retenidas por los sesquióxidos libres del suelo en una proporción del 60 al 80 o/o y solo entre el 5 y el 8 o/o eran aparentemente retenidas por la fracción orgánica.

Teniendo en cuenta que el fenómeno de fijación de P se acentúa en los suelos derivados de cenizas volcánicas, y que la mayoría de los suelos cafeteros colombianos tienen su origen en estos materiales, se realizó el presente trabajo con el fin de determinar la capacidad de fijación en seis unidades de suelos de la zona cafetera. Los resultados obtenidos, servirán de base para la elaboración de programas de fertilización en cada una de ellas.

El estudio se realizó en el Laboratorio de Química de CENICAFE, en el año de 1974.

MATERIALES Y METODOS

Para este ensayo se utilizaron suelos representativos de seis de las principales unidades de suelos de la zona cafetera, derivados de cenizas volcánicas. Las muestras se tomaron de la capa orgánica de cada uno de los sitios seleccionados así: Unidad Chinchiná, en la Hacienda Naranjal (Caldas); Unidad Quindío, en la Concentración La Bella a 4 km de Calarcá hacia Sevilla (Quindío); Unidad Montenegro, en el sitio denominado Alto del Río a 3, 4

km de Armenia (Quindío); Unidad Malabar, en la finca llamada Piñal Linares (Risaralda); Unidad Fondesa, en la finca Villa Rosa a 4,8 km de la población de Argelia (Valle del Cauca); Unidad Fresno, en la Hacienda Soacol a 2 km de Fresno (Tolima).

En la tabla 1 se describen las características importantes de estos suelos.

La textura se determinó por el método de Bouyoucos, empleando como dispersante pirofosfato de sodio (16); el pH por el método potenciométrico en agua relación 1:1, la materia orgánica por el método descrito por Peech and Walkley y aplicando el factor de Nan Bemmeler; el aluminio intercambiable por extracción con KCl 1N y titulado con NaOH 0,05N; el hierro se extrajo con EDTA y se determinó por absorción atómica; el fósforo soluble por el método de Bray I; la presencia de alófana por el método cualitativo del fluoruro de sodio a pH 9,4 y fenolftaleína al 1 o/o.

En la tabla 1, aparecen además para las Unidades Chinchiná y Malabar las arcillas identificadas por Mejía (15) y las de la Unidad Fresno por Cortés (1).

Las muestras de suelo obtenidas en el campo se secaron al aire, se tamizaron utilizando un tamiz de 2 mm y se homogenizaron completamente.

Para determinar la capacidad de fijación de fósforo se siguió la técnica propuesta por Waugh y Fitts (18). Esta se desarrolló en el siguiente orden:

1.- PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE P:

Inicialmente se hicieron comprobaciones para observar la solubilidad en agua del compuesto de fósforo que se utilizó en el ensayo, obteniéndose una solución concentrada de 5.000 ppm de P, al disolver 10,15 g de difosfato de calcio ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{P}_04) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en 500 ml de agua destilada: esta solución concentrada se utilizó como solución patrón (Solución A). A partir de esta solución se prepararon soluciones diluidas de P, tomando el número de ml necesarios de acuerdo con los tratamientos que se iban a probar y se diluyeron en 25 ml con agua destilada (Soluciones B). Cada ml de la solución A, diluido en 25 ml, representó una concentración de 200 ppm de P en la solución B. De las soluciones B se tomaron 2,5 ml para agregar a los suelos de acuerdo con cada uno de los tratamientos que se probaron (0,500, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500 ppm P/g de suelo).

TABLA 1.- CARACTERIZACION DE SEIS UNIDADES DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA. (Horizonte Orgánico).

Unidad	Espesor Horizonte cm	Textura	Arcilla o/o	pH 1:1	Materia Orgánica o/o	Al interc. me/100 g Suelo	Fe ppm	P ppm	Prueba Cualitativa Alófana	Identificación arcillas 1)
Chinchiná	40	Franco Arenoso	25,89	4,9	9,6	0,330	153	8	Abundante	A5
Malabar	30	Franco <i>Limoso</i>	43,22	6,2	3,3	0,050	194	13	No se detectó	A ₂ H ₄ C ₂ V ₂
Quindío	30	Franco Arenoso	21,32	5,7	6,6	0,050	61	6	Abundante	—
Montenegro	40	Franco Arenoso	26,04	5,7	7,8	0,250	58	5	Abundante	—
Fondesa	30	Franco	11,50	5,9	4,1	0,025	291	2	Media	Se ha observado abundante cantidad de Fel-despatos cálcicos.
Fresno	50	Franco	35,20	5,7	10,4	0,860	42	0,7	Media	V ₄ H ₃ C ₂ V ₂

1)	A:	Alófana	0:	No se detectó	4:	Abundante
	H:	Haloisita	1:	Trazas	5:	Dominante
	C:	Caolinita	2:	Presente		
	V:	Vermiculita	3:	Común		

2.- INCUBACION DE LOS SUELOS:

Se tomaron 5 gramos de suelo de cada una de las muestras recolectadas y se colocaron en cajas de aluminio pequeñas. A estos suelos se adicionaron por medio de pipetas, 2,5 ml de las soluciones B de cada uno de los tratamientos, humedeciéndolos uniformemente. Las cajas se taparon herméticamente para que permanecieran húmedas durante todo el tiempo de la incubación; ésta se hizo a la temperatura ambiente del laboratorio. De cada tratamiento se hicieron tres repeticiones.

3.- ANALISIS DE FOSFORO:

Transcurrido el tiempo de incubación, se hizo el análisis de fósforo por medio del método de Bray I.

En un primer ensayo se probaron 2, 4, 6 y 8 días como períodos de incubación, utilizando para ello el suelo de la Unidad Chinchiná, con el fin de seleccionar el tiempo más apropiado para la incubación de los suelos escogidos para este trabajo. Posteriormente se realizó el ensayo con los suelos de las diferentes unidades para la determinación de la fijación de fósforo en cada uno de ellos.

4.- FIJACION DE FOSFORO:

Se hizo la relación entre el P extraído y el P añadido con el fin de determinar el primer punto de inflexión (cambio de pendiente) que indica aproximadamente el punto donde ocurre la mayor fijación (18).

RESULTADOS

Los resultados, promedio de las tres repeticiones, obtenidos en el ensayo con suelo de la Unidad Chinchiná para comparar diferentes tiempos de incubación (2, 4, 6 y 8 días) aparecen en la figura 1.

De acuerdo con estos resultados se observa que la mayor extracción de fósforo se obtuvo con el tiempo de incubación de 2 días, lo cual significa que durante este período hubo menor fijación. Durante los tiempos de 4 y 6 días de incubación, la extracción de fósforo fué menor que a los 2 y 8 días y por consiguiente el fósforo fijado fué mayor.

Al relacionar los tiempos de incubación con las diferentes dosis de P agregado, se encon-

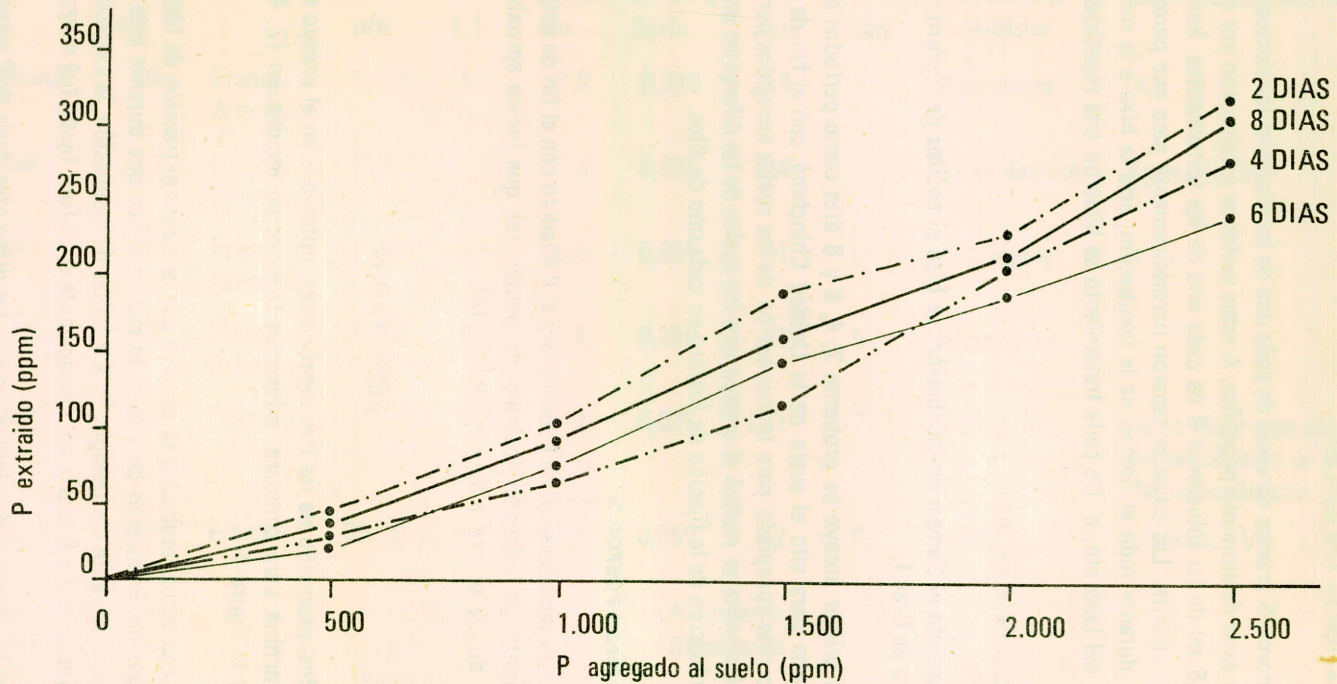


FIGURA 1. Relación comparativa de P extraído mediante análisis de suelo y el grado de P aplicado a un suelo de la unidad CHINCHINA, utilizando diferentes tiempos de incubación.

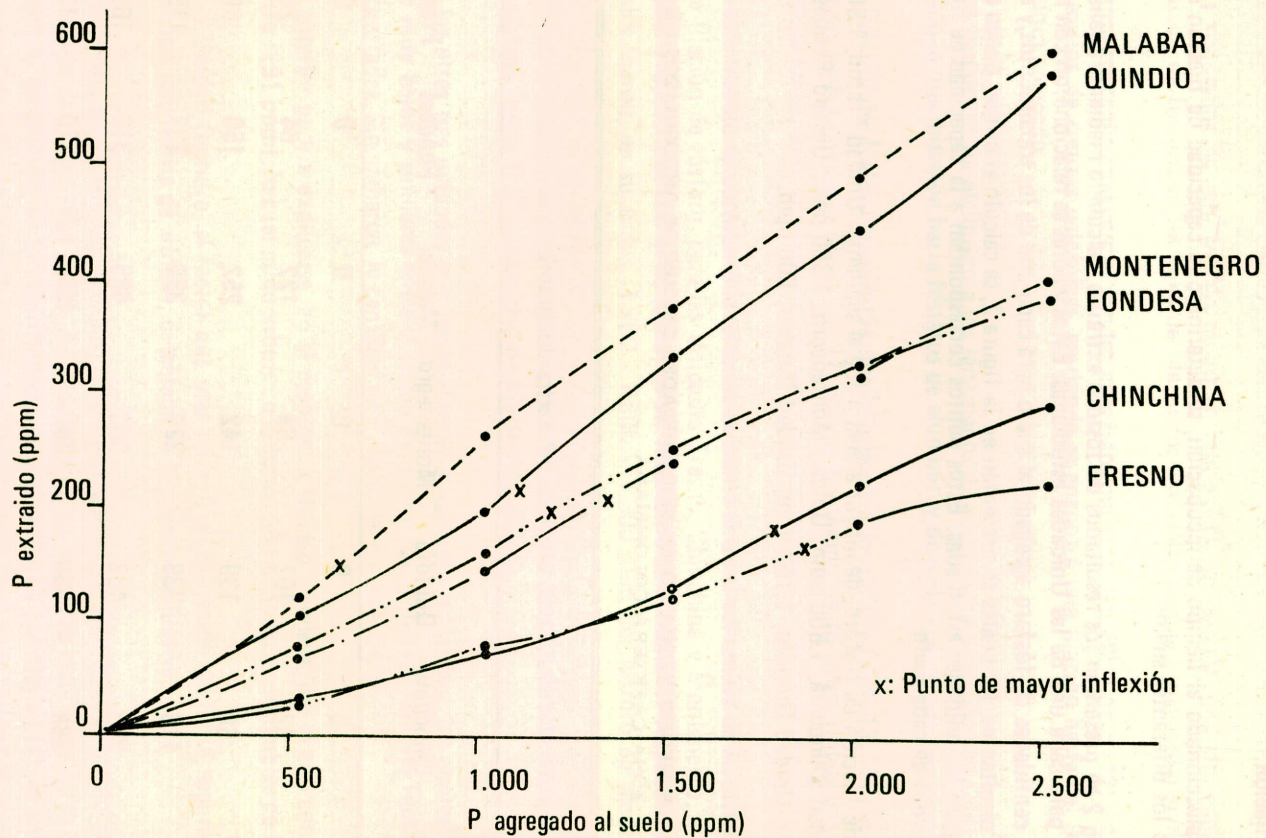


FIGURA 2.- Relación comparativa del P extraído mediante análisis de suelo y el grado de P aplicado a suelos cafeteros derivados de cenizas volcánicas.

tró la mayor inflexión para el período de incubación de 4 días, entre las dosis de 1.500 y 2.000 ppm. Esto indica que el tiempo de incubación de 4 días fué el óptimo para obtener la mayor fijación.

Una vez seleccionado el tiempo de incubación, se determinó la capacidad de fijación de fósforo en los diferentes suelos.

En la tabla 2 se presentan los resultados de fósforo extraído, calculado mediante análisis de suelos, para cada una de las Unidades estudiadas. Estos valores se relacionaron con las diferentes cantidades de fósforo agregado al suelo para cada uno de los tratamientos, y en las curvas resultantes, las cuales se presentan en la figura 2, se calculó el primer punto de inflexión para las unidades estudiadas. Estos puntos corresponden a la capacidad de fijación de fósforo de cada suelo.

El orden de fijación de fósforo, de mayor a menor fué el siguiente: Unidad Fresno, 1.900 ppm; Unidad Chinchiná, 1.800 ppm; Unidad Montenegro, 1.300 ppm; Unidad Fondesa, 1.200 ppm; Unidad Quindío, 1.100 ppm; Unidad Malabar, 600 ppm.

TABLA 2.- FOSFORO EXTRAIDO EN SEIS UNIDADES DE SUELOS ANDOSOLICOS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA.

Fósforo agregado al suelo (ppm)	P Extraído (ppm)					
	Chinchiná	Quindío	Montenegro	Malabar	Fondesa	Fresno
0	0	0	0	0	0	0
500	32	102	69	122	64	26
1000	60	199	142	252	150	66
1500	116	339	226	356	237	115
2000	208	436	303	485	310	168
2500	288	566	382	589	370	217

DISCUSION

Los resultados de este trabajo muestran que existe, en general, una alta capacidad de fijación de fósforo en las unidades de suelos andosólicos de la zona cafetera colombiana.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por González (6), López (12) y Mejía (14) en suelos de cenizas volcánicas, en donde se encontró una fijación hasta del 90 o/o del fósforo agregado.

Esta fijación se ha atribuído a los fenómenos de adsorción y precipitación (3,8) predominando la precipitación hacia fosfatos de aluminio y de hierro (2, 4, 12, 13, 17, 19).

La fijación del fósforo se acentúa por la presencia de alófana (3, 4, 13, 15), las condiciones de acidez del suelo (2, 4, 14, 17, 19), el contenido de Al intercambiable y el contenido de Fe (2, 4, 7, 12, 13).

En este trabajo se corroboró la relación existente entre el contenido de Al intercambiable y la fijación de fósforo, para las Unidades Fresno, Chinchiná y Montenegro, con 0,860 - 0,330 y 0,250 me/100 g de suelo de Al intercambiable (tabla 1) respectivamente, las cuales fijaron, en su orden, 1.900 - 1.800 y 1.300 ppm del fósforo agregado.

En la misma forma se presentó para estas unidades, una relación directa entre la presencia de alófana (tabla 1) y la capacidad de fijación de fósforo.

En las otras tres unidades estudiadas, Fondesa, Quindío y Malabar, los contenidos de Al son muy bajos y similares entre si (tabla 1), y corresponden a las menores fijaciones de P encontradas. Sin embargo, la cantidad de P fijado, se considera alta.

Lo anterior podría explicarse, en el caso de la Unidad Fondesa, por el alto contenido de hierro (291 ppm), lo cual pudo influír en la formación de fosfatos insolubles de Fe.

En la Unidad Quindío, el factor que más influyó en la fijación del P fué, seguramente, la presencia abundante de alófana, detectada en la prueba cualitativa.

Finalmente, en la Unidad Malabar, es posible que la fijación haya ocurrido por el alto contenido de hierro (194 ppm). Además aunque en la prueba cualitativa no se detectó la presencia de alófana, en la identificación de arcillas hecha por Mejía (14), se encontró en poca cantidad. Esto pudo influír también en la fijación de P en la Unidad Malabar.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se determinó la capacidad de fijación de fósforo en seis unidades de suelos de cenizas volcánicas de la zona cafetera colombiana.

Los resultados obtenidos indican que el fenómeno de fijación de fósforo es muy importante en los suelos cafeteros derivados de cenizas volcánicas, lo que está de acuerdo con otras investigaciones hechas en suelos similares de la zona cafetera colombiana, de regiones diferentes del país y de otros países.

La capacidad de fijación de fósforo debe tenerse en cuenta en programas de fertilización con el fin de suministrar al suelo la cantidad de fósforo necesaria para compensar este efecto en cada uno de los suelos estudiados, de acuerdo con los datos encontrados en este trabajo.

La capacidad de fijación de fósforo de los suelos andosólicos cafeteros estudiados fué de: Unidad Fresno, 1.900 ppm; Unidad Chinchiná, 1.800; Unidad Montenegro, 1.300; Unidad Fondesa, 1.200; Unidad Quindío, 1.100 y Unidad Malabar 600.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- CORTES L., A. Mineralogía de los suelos derivados de cenizas volcánicas de la Cordillera Central de Colombia. Bogotá, Centro Interamericano de Fotointerpretación, 1972. 47 p.
- 2.- CHANG, S. C. and CHU, W. K. The fate of soluble phosphate applied to soils. *Journal of Soil Science* 12(2): 286-293. 1961.
- 3.- FASSBENDER, H. W. Deficiencia y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas de Centroamérica. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, julio 6-13, 1969. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. Doc. B.4.1 - B.4.10.
- 4.- ——— Estudio del fósforo en suelos de América Central. IV. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. Turrialba (Costa Rica) 19(4): 497-505. 1969.
- 5.- GOMEZ, A., GRISALES, A. y ALARCON, H. Manual de conservación de suelos. Chinchiná, Caldas, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1974. inédito.
- 6.- GONZALEZ, R. A. Variabilidad del método para medir fijación de fósforo en el suelo usando el sistema radioquímico de dilución isotópica. Tesis Ing. Agr. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1973. 63 p.

- 7.- GUERRERO, R. R., et al. Estado y fijación de fósforo en suelos volcánicos del Sur de Colombia. In Panel sobre suelos volcánicos de América, 2o., Pasto, Colombia. 1972. 40 p. (mimeo).
- 8.- HSU, P. H. Fixation of phosphate by aluminum and iron in acidic soils. *Soil Science* 99(6):398-402. 1965.
- 9.- LEON, S. L. Chemistry of some tropical acid soils of Colombia S. A. Thesis Ph. D. Riverside, University of California, 1967. 191 p.
- 10.- LOPEZ A., M. Cambios químicos provocados en el suelo Chinchiná franco-arenoso con la aplicación de distintas fuentes y dosis de fertilizantes. *Cenicafé (Colombia)* 16:55-76. 1965.
- 11.- ——— Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 20(2):55.67. 1969.
- 12.- ——— Valoración de las formas de fósforo, orgánica e inorgánicas, de un suelo de la zona cafetera de Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 11(7):189-204. 1960.
- 13.- LUNA, Z. C. y CARLHOUN, G. F. Suelos derivados de cenizas volcánicas del Departamento de Nariño. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1973. Vol. IV.
- 14.- MEJIA, G. Suelos alofánicos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle. Manizales, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1969. 7 p. (mimeo).
- 15.- ——— Suelos derivados de cenizas volcánicas. Primera semana de la ciencia del suelo. Bogotá, Universidad Jorge T. Lozano, Facultad de Agronomía, 1969. 6 p. (mimeo).
- 16.- SUAREZ V., S. y GOMEZ, A. Evaluación de la textura de los suelos cafeteros derivados de cenizas volcánicas. Chinchiná, Caldas, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1974. inédito.
- 17.- VOLK, V. V. and McLEAN, E. O. The fate of applied phosphorus in four Ohio soils. *Soil Science Society of America. Proceedings* 27(1): 53-58. 1963,
- 18.- WAUGH, D. L. and FITTS, J. W. Soil test interpretation studies: laboratory and potted plant. North Carolina State University. *International Soil Testing Technical Bulletin* No. 3 1966. 33 p.
- 19.- YUAN, T. L., ROBERTSON, W. K. and NELLER, J. R. Forms of newly fixed phosphorus in three acid sandy soils. *Soil Science Society of America. Proceedings* 24(6):447-450. 1960.