

## EVALUACION DE METODOS PARA LA DETERMINACION DE FOSFORO APROVECHABLE EN SUELOS VOLCANICOS DE LA ZONA ANDINA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO\*

Jairo Gaviria O., Homero Mora M., Joaquín Gamboa J.,\*\*

Ricardo Guerrero R.\*\*

### I. INTRODUCCION

El desarrollo de la ciencia del suelo en Colombia y el adelanto de la técnica agrícola en el Departamento de Nariño ha incrementado, por parte de los agricultores, la demanda de análisis de suelos. Esta situación exige la búsqueda de métodos adecuados para la extracción de las formas aprovechables de los diferentes nutrimentos.

Lo anterior es más urgente si nos referimos al fósforo, ya que este elemento es acentuadamente limitante en los suelos agrícolas de Nariño.

### II. REVISION DE LITERATURA

En todo análisis de suelos, lo que interesa conocer es la cantidad de fósforo rápidamente asimilable por la planta. Esta parte del fósforo total es la que se denomina fósforo aprovechable y se define como aquel que se encuentra retenido en la superficie de los coloides del suelo (1, 11).

La escogencia de una solución extractora es tarea difícil, por los muchos factores relacionados con las reacciones del elemento en el suelo y por la variabilidad de las condiciones que, en el campo, controlan la absorción de fósforo por las raíces de la planta (7).

---

\* Parcial de la Tesis de grado presentada por los autores principales para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la dirección de los segundos. Universidad de Nariño, Pasto.

\*\* Profesor Jefe del Departamento de Fitotecnia y Profesor Asistente, respectivamente. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto.

Se han utilizado numerosas metodologías para la determinación del fósforo aprovechable, tales como ácidos fuertes y débiles, en diferentes concentraciones; soluciones de sales y bases; soluciones frías y calientes (1, 5, 15).

Así, Ortega (16), al comparar cinco métodos para la extracción del fósforo aprovechable, en suelos de México, encontró que el más eficiente era el Bray I, siguiéndole en su orden: Olsen, Peech, Bray II y Truog.

Daza y Müller (5) compararon cinco métodos químicos para la determinación del Fósforo aprovechable en suelos de regiones tropicales y encontraron diferencias altamente significativas entre los métodos estudiados, indicando que los métodos usuales han sido calibrados para suelos de regiones templadas y que, por tanto, no pueden ser utilizados indiscriminadamente en suelos de climas tropicales.

Fassbender y colaboradores (9, 10) encontraron, para suelos de la América Central, que el Método de Egner-Rihem fue el más adecuado para extraer las formas aprovechables de fosfatos, siguiendo en orden descendente de eficiencia: Mehlich, Bray I y Saunder.

Palma (17), trabajando sobre los mismos suelos, encontró que la extracción del fósforo aprovechable con resinas de intercambio era tan eficiente como la obtenida con el método Egner-Rihem.

En suelos de Santander y Tolima, Silva (20) encontró una correlación altamente significativa entre la absorción de P por la lechuga romana y las cantidades extraídas por los métodos de Bingham y Olsen, por el contrario no encontró correlación con el método de Truog.

Para los suelos del Valle del Cauca, Oñoro (15) encontró la siguiente secuencia de precisión para cuatro métodos de extracción de fósforo aprovechable: Bray II > Bray I > Olsen > Spurway.

En suelos de las zonas arroceras de Colombia, Ponce y Sauscher (19), encontraron la siguiente secuencia de eficiencia: para suelos inundados: Olsen > Truog > Bray II > Bray I; para suelos sin inundar: Olsen > Bray II > Bray I > Truog.

López (13) determinó el fósforo asimilable en suelos de la zona cafetera de Colombia, empleando 14 soluciones extractoras. La mayor correlación con la absorción de fósforo por la planta de maíz, la obtuvo con el empleo de la solución 0,08N de  $H_2SO_4$ , siguiéndole en importancia la solución de  $HCl$  0,01 N +  $FNH_4$  0,03N.

Trabajando en suelos arroceros de Colombia y tomando como criterio evaluador el "valor A", Chéllar y Henao (3) establecieron la siguiente secuencia de eficiencia para diferentes métodos de extracción del P-aprovechable: Olsen > Truog > Bray II > Mehlich > Bray I.

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Generalidades del área estudiada.

Los suelos utilizados en este estudio están localizados en tres regiones naturales del Departamento: Altiplano de Pasto, Región de clima medio y Altiplano de Ipiales.

El Altiplano de Pasto es de origen volcánico, influenciado directamente por el Volcán Galeras y está situado a una altura comprendida entre los 2.500 y 2.800 m.s.n.m., su temperatura promedio se aproxima a los 13,5°C y la precipitación a los 700 mm./año. Ecológicamente pertenece a los bosques montano bajo seco y montano bajo húmedo (8, 14).

La Región de Clima Medio es un área de origen volcánico dominada por rocas eruptivas modernas provenientes de la actividad volcánica de fines del terciario hasta nuestros días (18). Los datos climatológicos son muy escasos. En Consacá (1.400 m.s.n.m.) la precipitación promedio es de 1932 mm./año y la temperatura media de 20°C. El área estudiada corresponde a las fajas montano bajo y subtropical (8, 18).

El Altiplano de Ipiales, de origen volcánico, ocupa la parte meridional de la cuenca interandina que configura el centro de la región; la parte sur de la vertiente oriental, parte del Altiplano Túquerres-Ipiales y el sur-este de la vertiente occidental de la cordillera del mismo nombre. Presenta una temperatura que oscila entre los 11 y los 14°C, con una altitud de 2.830 a 3.050 m.s.n.m. y su precipitación oscila entre los 550 y los 1.000 mm./año. En el 90% de la región se encuentran las siguientes formaciones vegetales; bosque húmedo montano y bosque húmedo montano bajo (4, 6, 8).

#### 3.2 Suelos.

Los suelos son andosoles de diferente grado de desarrollo; presentan perfiles del tipo A-C o A-(B)-C y de acuerdo al sistema de clasificación Séptima Aproximación podrían ubicarse dentro del orden Inceptisoles, sub-orden Andepts. En la Tabla I se presentan los valores máximos, promedios y mínimos de algunas características generales de los suelos motivo de investigación, determinadas por diferentes autores (6, 14, 18).

Las muestras se tomaron en suelos superficiales de 15 localidades, así: Altiplano de Pasto: Aranda, La Laguna, Botana, Obonuco. Yacuanquer; Región de Clima Medio: Nariño, La Florida, Consacá, Bcmboná; Altiplano de Ipiales: Yanalá, Las Cruces, Frontera, Aldana y Pupiales.

#### 3.3 Métodos.

Para la extracción del fósforo aprovechable se utilizaron cinco métodos:

Bray y Kurtz (Bray I): Dos gramos de suelo seco se agitaron durante un minuto con 20 ml. de una solución  $HCl$  0,025 N +  $FNH_4$  0,03 N.

— T A B L A I —

Algunas características generales de los suelos estudiados.

REGION	NIVEL	pH agua	Arenas %	Limos %	Arcillas %	C-org. %	C.I.C. me/100g.	P Aprov. p.p.m.	BASES CAMBIABLES p.p.m.			
									K	Na	Ca	Mg
ALTIPLANO	PASTO	MAXIMO	44,60	44,70	35,60	6,39	45,40	23,40	550,00	86,00	2.486,00	501,00
		PROMEDIO	36,80	36,70	26,40	3,04	29,11	7,36	311,80	42,60	1.296,00	248,40
		MINIMO	32,20	27,30	11,70	1,73	21,40	0,50	103,04	32,00	311,00	98,00
REGION	MEDIO	MAXIMO	61,96	44,32	44,38	3,54	45,17	18,00	733,22	89,71	3.963,00	786,43
		PROMEDIO	35,16	34,90	26,29	2,43	25,92	10,00	298,00	46,99	2.159,20	404,57
		MINIMO	21,62	28,00	10,00	1,23	14,99	0,40	81,84	30,69	1.037,61	34,26
ALTIPLANO	IPIALES	MAXIMO	81,78	34,20	24,82	7,77	36,54	40,30	1.102,49	170,72	1.567,51	2.560,75
		PROMEDIO	66,42	24,78	6,68	3,09	22,89	12,20	534,60	40,18	1.047,63	400,80
		MINIMO	47,78	14,00	1,22	0,70	10,82	0,14	162,41	14,06	394,72	121,98

Bray y Kurtz (Bray II): Igual al Bray I, pero en este caso la concentración del HCl fue 0,1 N.

Olsen: Cinco gramos de suelo seco se agitaron durante 30 minutos con 100 ml. de una solución 0,5 M de NaHCO<sub>3</sub> y un gramo de carbón activado.

Mehlich (Carolina del Norte): Se agitaron cinco gramos de suelo seco con 20 ml. de una solución 0,05 N de HCl + 0,025 N de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> durante cinco minutos.

Saunders modificado: Se agitó durante 30 minutos un gramo de suelo seco con 50 ml. de una solución 1N NaOH.

La determinación del fósforo en los diferentes extractos se hizo mediante el método de azul sulfomolibdico, para Olsen, Mehlich y Saunders modificado y por medio del azul cloromolibdico para Bray I y Bray II. Estas metodologías han sido descritas por Fassbender, et al (10).

Para medir la extracción de fósforo por la planta, se instaló un experimento de invernadero. En materos de 1 Kg de capacidad, conteniendo igual cantidad de cada suelo, se sembraron tres semillas de maíz (*Zea mays*, var. 1CA - 504). Previamente, cada uno de los 15 suelos había recibido dos tratamientos: sin adición de fósforo y con 400 Kg./Ha. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Se utilizaron tres repeticiones. Además, todos los suelos recibieron una aplicación uniforme de N, K, Ca, Mg, Cu y Mo, en proporciones adecuadas. A los 8 días de la germinación se efectuó el raleo, dejando dos plantas por matero. A los 45 días se cosechó la parte aérea de las plantas, en la cual se determinó materia seca y absorción de fósforo.

La determinación del fósforo absorbido por la planta se efectuó en los extractos del material vegetal obtenidos mediante digestión, siguiendo la técnica de Lot, descrita por Ponce y Sauscher (19).

Para decidir sobre la mayor o menor eficiencia de los métodos en estudio, se establecieron correlaciones estadísticas entre el fósforo absorbido por la planta y el extraído por los diferentes métodos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla II se presentan las concentraciones de fósforo aprovechable extraídas por los diferentes métodos y las cantidades correspondientes a la absorción por las plantas de maíz. En la Tabla III se incluyen los coeficientes de correlación obtenidos.

##### 4.1. Fósforo extraído por los diferentes métodos.

Los resultados indican que el método de Saunders modificado extrajo la mayor cantidad de fósforo aprovechable, con un promedio de 126,36 mg. de P/100 g. de suelo. Este resultado se explica en razón de que el Na-OH 1N, utilizado como extractante en este método

— TABLA II —

Fósforo extraído por los diferentes métodos y absorbido por el maíz bajo condiciones de invernadero

Suelo	Fósforo extraído del suelo (mg./100 g.)					P-absorbido mg./pote
	BRAY I	BRAY II	OLSEN	MEHLICH	SAUNDER	
1	0,667	11,851	2,885	4,318	129,621	1,434
2	0,498	9,574	0,869	1,278	107,728	1,051
3	0,571	10,436	1,267	1,435	112,145	1,888
4	0,961	16,828	1,587	2,391	160,651	1,278
5	1,226	10,217	3,560	5,086	133,285	1,854
6	0,228	3,359	0,662	0,510	79,285	0,674
7	0,346	4,458	1,434	0,728	155,468	0,793
8	0,832	14,799	1,983	2,253	159,512	1,389
9	1,093	8,832	1,458	1,594	96,961	0,689
10	0,504	10,953	1,543	1,234	109,772	1,261
11	0,729	11,011	1,780	3,371	129,935	1,201
12	0,737	11,920	2,219	1,990	151,894	1,480
13	1,667	12,511	2,069	3,683	151,698	1,393
14	1,298	9,673	1,417	1,417	103,516	1,789
15	1,888	14,795	2,430	2,197	114,021	1,774

— TABLA II —

Coefficientes de correlación obtenidos entre métodos de extracción y con la absorción de P por la planta

MÉTODOS	BRAY II	OLSEN	BRAY I	MEHLICH	SAUNDER
BRAY II	—————				
OLSEN	0,441 rs	—————			
BRAY I	0,543 *	0,561 *	—————		
MEHLICH	0,449 ns	0,841 **	0,447 ns	—————	
SAUNDER	0,500 *	0,442 rs	0,145 rs	0,401 ns	—————
P ABSORBIDO	0,594 *	0,662 **	0,352 ns	0,579 *	0,348 rs

\* Significativo al 5%

\*\* Significativo al 1%

ns No significativo

extrae mayormente los fosfatos de hierro que, según Guerrero (12), es la fracción activa predominante en los suelos estudiados.

En relación a lo anterior, Duchaufour (7) afirma que los reactivos alcalinos, en este caso el hidróxido de sodio, disuelven completamente los fosfatos de hierro y aluminio asimilables, en particular los ligados a las arcillas y a los compuestos húmicos que contienen fósforo.

El método Bray II extrajo un promedio de 11,42 mg. de P/100 g. de suelo. Este método es el más recomendado para suelos ricos en fosfatos de calcio (7), que no son los predominantes en los suelos estudiados, pero que, según los trabajos sobre capacidad y formas de fijación de fósforo (2, 12), constiuyen una forma de retención de P que le sigue en importancia a la que ocurre hacia los fosfatos de hierro.

Siguieron en orden de importancia, en cuanto a la cantidad de P extraída, los métodos Mehlich, Olsen y Bray I, con promedios equivalentes a 2,26; 1,78 y 0,87 mg. de P/100 g. de suelo, respectivamente.

4.2 Correlaciones entre los métodos estudiados.

De acuerdo a los resultados consignados en la Tabla III, no se detectó correlación significativa ( $P > 0,05$ ) entre los métodos que utilizan soluciones ácidas. Solamente Bray I correlacionó con Bray II.

La metodología de Olsen correlacionó significativamente ( $P < 0,01$ ) con la de Mehlich y la de Saunder con la de Bray II ( $P < 0,05$ ). Por el contrario, las soluciones que utilizan extractantes alcalinos no correlacionaron entre sí.

4.3. Correlaciones entre los métodos de extracción y el fósforo absorbido por la planta.

La mayoría de los investigadores están de acuerdo en que la correlación o asociación entre el fósforo absorbido por la planta y el fósforo extraído por los diferentes métodos es el mejor índice para decidir sobre la mayor o menor eficiencia de un método.

Las correlaciones establecidas (Tabla III), muestran que el método de Olsen fue el que mejor correlacionó con la absorción de P por la planta ( $r = 0,662$  \*\*), siguiendo en orden de eficiencia el método Bray II ( $r = 0,594$  \*) y Mehlich ( $r = 0,579$  \*). La misma secuencia de eficiencia encontró Veloso (21) en Andosoles y Oxisoles.

Como se observó anteriormente, el método de Saunder fue el que mayor cantidad de fósforo extrajo, sin embargo, no correlacionó ( $P > 0,05$ ) con el fósforo absorbido por la planta. Esta situación indica que esta metodología extrae formas de P no asimilables por las plantas.

Resulta evidente que en los suelos estudiados las condiciones prevalentes son ácidas, con predominio de fosfatos de hierro y aluminio. De allí que la metodología de Olsen, de carácter alcalino, permite extraer fosfatos de hierro y aluminio asimilables. Resultados similares fueron obtenidos por Veloso (21), Palma (17), Silva (20) y Fassbender, et al. (10).

Es necesario tener en cuenta que a pesar de que el método de Olsen resultó el más adecuado, el método de Bray II ofrece indudables ventajas en lo que se refiere a la rapidez del análisis y sus diferencias en cuanto al grado de correlación logrado es relativamente escasa en relación a Olsen. Además, el método de Mehlich fue casi tan eficiente como el de Bray II. Resultaría, por tanto, de mucho interés investigar sobre modificaciones a los métodos de Bray II y Mehlich, en orden a la obtención de un método en eficiencia y rapidez, para la determinación del P aprovechable en los suelos volcánicos del área andina.

## V. CONCLUSIONES

1.— Para suelos volcánicos del Altiplano de Pasto, Altiplano de Ipiales y región de Clima Medio, (Departamento de Nariño), el método más adecuado para la extracción del fósforo aprovechable fue el de Olsen ( $r = 0,662 *$ ).

2.— En orden descendente de eficiencia siguieron: Bray II ( $r = 0,594 *$ ), Mehlich ( $0,579 *$ ), Bray I ( $0,352$  n.s.) y Saunder ( $0,348$  n.s.).

3.— Se recomienda llevar a cabo estudios de este tipo en grupos de suelos de Nariño diferentes a los volcánicos.

4.— En razón de su sencillez y de su escasa diferencia en eficiencia con el método de Olsen, se recomienda estudiar modificaciones a los métodos de Bray II y Mehlich.

## VI. RESUMEN

En 15 suelos volcánicos, provenientes de los Altiplanos de Pasto, Ipiales y Región de Clima Medio, en el Departamento de Nariño, (Colombia), se llevó a cabo un estudio tendiente a determinar el mejor método de extracción de fósforo aprovechable, mediante la comparación de cinco métodos: Bray I, Bray II, Mehlich, Saunder y Olsen, tomando como criterio de eficiencia la correlación obtenida entre el fósforo extraído por los diferentes métodos y el fósforo absorbido por las plantas de maíz (*Zea Mays*, var. ICA 554), bajo condiciones de invernadero.

El método de Olsen presentó el mayor coeficiente de correlación ( $r = 0,662 **$ ), insinuándose, así, como el más eficiente en los suelos estudiados. En orden descendente de eficiencia siguieron: Bray II ( $r =$

$r = 0,594 **$ , Mehlich ( $r = 0,579 *$ ), Bray I ( $r = 0,352$ ) y Saunder ( $r = 0,348$ ).

Se recomienda llevar a cabo estudios de este tipo en grupos de suelos de Nariño diferentes a los volcánicos. Por otra parte, en razón de su sencillez y de su escasa diferencia en eficiencia con el método de Olsen, se recomienda estudiar modificaciones a los métodos de Bray II y Mehlich.

## VII. SUMMARY

### Evaluación of methods to determine available - P in volcanic soils of the Andean Zone of Nariño, Colombia.

This study was carried out to determine the correlation between the P-extracted by five methods (Bray-Kurtz I and II, Mehlich, Saunders and Olsen) and the P-absorbed by corn (*Zea mays*, var: ICA 554) plants in greenhouse conditions. Olsen method gave better correlation ( $r = 0.662 **$ ) than the others (Bray-Kurtz II  $r = 0.594 **$ ; Mehlich  $r = 0.579 *$ ; Bray Kurtz  $r = 0.352$ ; Saunder  $r = 0.348$ ).

## VII. LITERATURA CITADA

1. BLASCO, M.— Curso de suelos II. Palmira, Facultad de Agronomía, (en mimeógrafo). 1967. 190 p.
2. CABRERA, T y BURBANO, J.— Capacidad de fijación de fósforo en suelos de cuatro áreas volcánicas de Colombia y su relación con características edáficas. Pasto, Facultad de Ciencias Agrícolas. (Tesis de Grado no publicada). 1971. 130 p.
3. CUELLAR, D. y HENAO, J.— Evaluación de métodos químicos para determinar el fósforo asimilable en suelos arroceros. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. 1967. 44 p.
4. CHAVEZ, M. et al.— Estudio Socioeconómico de Nariño. Ministerio de Trabajo. Bogotá, Argra. 1959. 213 p.
5. DAZA, J. MULLER, L.— Comparación de cinco métodos químicos para determinar el fósforo aprovechable en algunos suelos tropicales. Turrialba, 15 (3): 249-251. 1965.
6. DULCE, A. J. y SANTACRUZ, M.— Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Pasto, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1971. 57 p.
7. DUCHAUFOR, P.— Précis de Pedologie. 10a. Ed. París, Masson Rus. Ed. 1965. 499 p.
8. ESPINAL, T. L. y MONTENEGRO, E.— Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico. Bogotá, Inst. Geogr. Agustín Codazzi. 1963. 210 p.