

7. MASS, E. V. and NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. American Society of Agronomy Special Publication 277-299. 1978.
8. MIZRAHI, Y., BLUMENFELD, A. and RICHMOND, A. E. Abscisic acid and transpiration in leaves in relation to osmotic root stress. *Plant Physiology* 46:169-171. 1970.
9. MIZRAHI, Y., BLUMENFELD, A. BITTNER, S. and RICHMOND, A. E. Abscisic acid and cytokinin content in leaves in relation to salinity and relative humidity. *Plant Physiology* 48:752-755. 1971.
10. NARASIMHA, R. S. B. and SWAMY, P. M. Gibberellins and germination inhibitors in viable and non-viable seeds of peanut (*Arachis hypogea*, L.). *Journal of Experimental Botany* 28(102):215-218. 1977.
11. RAMANA, K. V. R. Salt induced and natural changes in metabolism during seedling growth of *Raphanus sativus*, L. Doctoral thesis, S. V. University, Tirupati, India. 1968.
12. REEVE, D. R. and CROZIER, A. Gibberellins and plant growth. Ed. H. N. Krishnamoorthy, Wiley Western Ltd., New Delhi. 1975.
13. RUDNICKI, R. M. Studies on abscisic acid in apple seeds. *Planta* 86:63-68. 1969.
14. RUDNICKI, R. M. and NOWAK, J. Studies on the physiology of hyacinth bulbs (*Hyacinthus orientalis*, L.). VI. Hormonal activities in hyacinth bulbs during flower formation and dormancy release. *Journal of Experimental Botany* 27:303-313. 1976.
15. ZEEV-EVEN, C. and ITAI C. The role of abscisic acid in senescence of detached tobacco leaves. *Physiology Plantarum* 34:97-100. 1975.

Aluminio activo en suelos derivados de cenizas volcánicas de Costa Rica y Guatemala.

Summary Active aluminum extracted with 0.2 M ammonium oxalate, pH 3.0, and 4 M KOH of 51 samples of Andepts of Costa Rica and Guatemala was quantified and compared. Acid-oxalate extractable aluminum varied from 0.02 to 5.45% while KOH-extractable aluminum varied between 0.03 and 3.24%. The relationship between the two forms of aluminum is expressed by the equation $Y = 0.06 + 0.4404X$ where $Y = \text{KOH-Al } (\%)$ and $X = \text{acid oxalate Al } (\%)$, with $r = 0.982$.

Recientemente, Blakemore (2) describió un método sencillo para determinar aluminio activo en suelos derivados de cenizas volcánicas. La relevancia de esta fracción en la taxonomía de estos suelos estriba en su contribución a la retención de fósforo (1), a tal grado que ha sido considerado como criterio de clasificación por el Icomand (3).

La presente comunicación tiene como objetivo el proporcionar mayor información sobre la correlación entre dos métodos empleados para determinar aluminio activo en suelos de Costa Rica y Guatemala.

Materiales y métodos

En este trabajo se analizan 51 muestras de horizontes A, B y C de Andepts de Costa Rica y Guatemala. Las muestras, molidas en mortero hasta menos de 2 mm, representan Dystrandeps, Vitrandeps, Placandeps y Andaquepts y sus propiedades principales se encuentran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variación de las características químicas de los suelos de este estudio.

Variable	Promedio \pm Un error estándar	Ambito
pH (H ₂ O)	5.8 \pm 3.8	4.8 - 6.9
pH (KCl)	4.7 \pm 3.6	3.7 - 5.3
Acidez Camb., meq/100 g	0.3 \pm 0.3	tr - 2.0
K, meq/100 g	1.0 \pm 1.1	tr - 7.3
Na, meq/100 g	0.2 \pm 0.1	tr - 0.6
Ca, meq/100 g	3.0 \pm 2.5	0.1 - 9.4
Mg, meq/100 g	1.1 \pm 0.9	0.1 - 4.5
Al activo, %	2.2 \pm 1.8	tr - 5.4
Ac. activo, %	0.8 \pm 0.6	tr - 2.8
Si activo, %	0.7 \pm 0.6	tr - 2.2
pH Na F 2 min	9.4 \pm 1.3	7.3 - 11.9
pH Na F 60 min	10.1 \pm 1.1	7.7 - 12.1
Area Superficial, m ² /g	35.0 \pm 53.0	1.0 - 292.0
Limo + Arcilla, %	55.8 \pm 25.1	6.4 - 98.1
Materia Orgánica, %	9.2 \pm 7.1	tr - 25.3
P Disponible, ppm	10.6 \pm 10.9	tr - 48.9
P-Retenido	78.0 \pm 17.0	25.1 - 99.6

El aluminio activo se extrajo con oxalato de amonio 0.2 M a pH 3.0, adicionando 10 ml de la solución a 0.5 g de suelo seco al aire. La mezcla se agitó en la oscuridad por dos horas, se centrifugó y el aluminio se cuantificó por espectrofotometría de absorción atómica (4). Los datos se presentan en base a peso seco a 105°C.

El aluminio activo también se extrajo con hidróxido de potasio 4 M con Super Floc 127 al 0.005%, añadiendo 10 ml de la solución a 1 g de suelo seco al aire. La mezcla se agitó por 10 minutos, se filtró, se lavó con agua y se aforó a 100 ml. El aluminio se determinó por espectrofotometría de absorción atómica (2) y se corrigió por humedad para expresar los datos en peso seco a 105°C.

Resultados y discusión

Los valores de aluminio activo extraído con oxalato de amonio e hidróxido de potasio se presentan en el Cuadro 2.

El Al activo varió entre 0.02 y 5.45% ($\bar{X} = 2.26\%$) extraído con oxalato de amonio y entre 0.03 y 3.24% ($\bar{X} = 1.06\%$) cuando se extrajo con hidróxido de potasio.

En la Figura 1 se muestra la relación entre los contenidos de Al activo extraídos por los dos métodos. Al igual que Blakemore (2), se encontró una relación lineal entre las dos formas de cuantificar el aluminio activo. En el presente estudio, la ecuación $Y = 0.06 + 0.4434x$ ($r = 0.982$) describe esa relación y se acerca más al punto de convergencia de los ejes X y Y que en el caso de Blakemore (2) cuya ecuación fue $Y = 0.52 + 0.66x$ ($r = 0.919$).

El mejor ajuste encontrado con suelos de Costa Rica y Guatemala puede deberse a que el número de muestras estudiadas fue mayor, así como al hecho de que Blakemore (2) trabajó en un ámbito de contenidos de aluminio más amplio.

Los criterios empleados por Icomand (3) asumen que más de un 2% de Al extraíble con oxalato de amonio o más de un 1.5% de Al extraíble con KOH equivalen a una retención de fósforo superior al 85%. Si se empleara la ecuación encontrada en este estudio, el equivalente con KOH sería de 0.95% de Al.

Se concluye que, dada la excelente correlación entre los dos métodos y para fines prácticos la determinación con KOH es más adecuada y presenta igual precisión que la extracción con oxalato de amonio. Sin embargo, Blakemore (2) menciona que esta relación puede no ser tan buena cuando se presentan agregados de suelo muy estables.

Cuadro 2. Contenidos de aluminio extraíble con oxalato de amonio e hidróxido de potasio en Anepts de Costa Rica (muestras 1 a 37) y Guatemala (muestras 38 a 51).

Muestra No.	Gran Grupo (horizonte)	Aluminio extraíble (%Al)	
		Oxalato amonio	KOH
1	Dystrandept (Ap)	1.47	0.86
2	Dystrandept (Ap)	0.69	0.50
3	Dystrandept (B)	0.64	0.92
4	Dystrandept (C)	0.58	0.89
5	Dystrandept (Ap)	3.62	1.49
6	Dystrandept (B)	4.57	2.18
7	Dystrandept (Ap)	4.65	2.13
8	Dystrandept (Ap)	4.60	1.94
9	Placandept (E)	0.02	0.28
10	Hydrandept (A)	3.15	1.54
11	Hydrandept (B)	4.82	2.59
12	Dystrandept (A)	2.60	1.20
13	Dystrandept (A)	1.54	0.79
14	Dystrandept (A)	0.78	0.47
15	Dystrandept (A)	1.60	0.80
16	Dystrandept (A)	0.28	0.12
17	Dystrandept (A)	1.00	0.18
18	Dystrandept (A)	1.08	0.50
19	Dystrandept (A)	0.84	0.44
20	Dystrandept (A)	0.28	0.18
21	Dystrandept (A)	2.10	0.94
22	Dystrandept (A)	3.40	1.20
23	Dystrandept (B)	5.01	1.95
24	Dystrandept (A)	5.23	3.08
25	Hydrandept (B)	5.42	2.61
26	Hydrandept (A)	5.38	3.24
27	Andaquept (A)	1.50	0.89
28	Dystrandept (A)	4.44	2.02
29	Dystrandept (B)	4.90	1.96
30	Dystrandept (BC)	4.98	2.19
31	Dystrandept (A)	5.45	2.43
32	Dystrandept (A)	1.56	0.68
33	Vitrandept (A)	0.42	0.38
34	Vitrandept (A)	3.04	1.25
35	Dystrandept (A)	1.00	0.59
36	Dystrandept (A)	0.82	0.35
37	Dystrandept (A)	1.38	0.54
38	Dystrandept (Ap)	1.14	0.61
39	Vitrandept (A)	0.85	0.41
40	Vitrandept (B)	0.84	0.33
41	Vitrandept (A)	0.24	0.09
42	Ustrophept (A)	0.19	0.03
43	Dystrandept (A)	1.74	0.74
44	Dystrandept (Ap)	0.52	0.21
45	Dystrandept (A)	2.35	0.81
46	Dystrandept (Ap)	1.35	0.59
47	Vitrandept (A)	4.08	1.42
48	Vitrandept (A)	0.22	0.08
49	Humitrophept (Ap)	0.32	0.23
50	Dystrandept (Ap)	3.06	1.08
51	Andaquept (A)	3.34	1.11

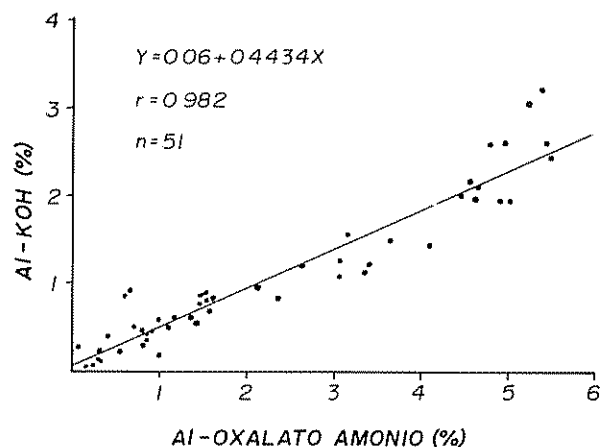


Fig 1 Relación entre el contenido de aluminio extraible con oxalato de amonio e hidróxido de potasio

Resumen

El contenido de aluminio extraible con oxalato de amonio 0.2 N y con KOH 4 M de 51 muestras de Andepts de Costa Rica y Guatemala se cuantificó y se comparó. Los valores de aluminio activo extraído con oxalato de amonio variaron entre 0.02 y 5.45% mientras que extraído con KOH variaron entre 0.03 y 3.24%. La ecuación $Y = 0.06 + 4434x$ ($r = 0.982$) describe la relación entre las dos formas de aluminio, donde $Y = \% \text{ Al-KOH}$ y $X = \% \text{ Al-oxalato de amonio}$.

10 octubre, 1984

A. ALVARADO*

* Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Literatura citada

1. ALVARADO, A. Phosphate retention in andepts from Guatemala and Costa Rica as related to other soil properties. Tesis Ph.D. Raleigh, Carolina del Norte, Universidad, Departamento de Suelos. 1982. 82 p.
2. BLAKEMORE, L.C. An evaluation of the KOH/Al extraction for New Zealand soils and comparison with acid-oxalate extractable aluminum. Soil Taxonomy News 6:12-13. 1983.
3. ICOMAND International Committee on the Classification of Andisols. Circular Letter No. 6. 1984.
4. MCKEAGUE, J. A. y DAY, J.H. Dithionate -and oxalate- extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Canadian Journal of Soil Science 46:13-22. 1966.