

ENCALADO DE ULTISOLES EN COSTA RICA III. PRUEBA BIOLOGICA Y ABSORCION DE ELEMENTOS¹

Ana Chavarría *
Alvaro Cordero **

ABSTRACT

Liming of Costa Rica ultisols. III. Biological test and nutrient uptake. The effect of increasing CaCO_3 rates was studied under greenhouse conditions, using sorghum (*Sorghum vulgare L.*) as an indicator plant. A basic fertilization with nutrient solution was applied. This solution was prepared on the basis of a previous retention study for P, K, Cu, Mn, B and S. Two consecutive sowing periods were established for each treatment, with a 6 week interval between them, in order to evaluate the residual effect of each liming rate. For each planting and liming rate, plant height (cm), foliar fresh weight (g) and foliar and root dry weight (g) were measured, as well as absorption (mg/20 plants) of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn. The 3X liming level accounted for the highest values for all measured parameters, coincident with the highest P, Ca and Mg absorption. An overliming effect was generally observed at the 4X level; both, dry matter production and nutrient absorption, were drastically depressed by this dosis. P problems of these extremely acid soils was not solved entirely with liming. To increase yield, it was necessary to combine phosphorus fertilization with lime application. The residual effect of CaCO_3 was highly favorable; the influence of lime on chemical properties of the studied soils, remained throughout the period of the experiment (12 months). A higher potential fertility of the Sarapiquí, Puerto Viejo and Juntas de Pacuare soils was observed, as compared to La Rita and Los Angeles soils.

INTRODUCCION

La existencia de una alta acidez, en presencia de un contenido de aluminio total alto, crea la posibilidad que sea la actividad del aluminio la que cause represión en el crecimiento de las plantas (Kamprath, 1967; Lora y Riveros, 1971; Brenes y Pearson, 1973; Sánchez, 1976).

El pH del suelo no afecta directamente a los cultivos, excepto a valores menores de 4,2, donde la concentración de ión hidronio puede detener o aún invertir la absorción de cationes por las raíces (Juo y Ballaux, 1977). Sin embargo, a niveles intermedios ejerce efectos indirectos sobre la disponibilidad y toxicidad de los nutrimentos y la actividad microbiana, con todos sus efectos laterales sobre la materia orgánica y el balance nutricional de los suelos.

De aquí se deriva que la utilidad práctica del valor de pH depende del grado de correlación que éste guarde con las otras condiciones de suelo (Martini, 1968; Juo y Ballaux, 1977).

1/ Recibido para publicación el 10 de noviembre de 1987.
* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Apartado 3212-1000 San José, Costa Rica.
** Convenio MAG-UCR, Dirección de Investigaciones Agrícolas y Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

La toxicidad de aluminio representa una combinación de efectos, de los cuales la inhibición del crecimiento de la raíz es el más visible (Lora y Riveros, 1971; Sánchez, 1976).

El aluminio tiende a acumularse en las raíces e impide la absorción y translocación del calcio y el fósforo a la parte aérea, pudiendo producir o acentuar deficiencias de estos elementos (Raglan y Coleman, 1960; Kamprath, 1967; Abruña y Chandler, 1970). Además, el crecimiento radical se ve seriamente inhibido cuando la saturación de aluminio alcanza un 60% (Evans y Kamprath, 1970; Brenes y Pearson, 1973) y el sistema radical limitado puede reducir la absorción de agua, así como de nutrimentos, afectando el crecimiento aéreo (Evans y Kamprath, 1970).

Si el exceso de compuestos de aluminio es suficientemente activo para tender a concentraciones tóxicas, la fijación y deficiencia de fósforo es probable, por formación de compuestos insolubles en el suelo o por inactivación nutricional del fósforo absorbido por la raíz (Reeve, 1970; Lora y Riveros, 1971; Juo y Ballaux, 1977).

Existe un gran ámbito de tolerancia a la acidez del suelo entre las diferentes especies cultivadas (Foy y Brown, 1964). Muchos cultivos tropicales han evolucionado en un suelo ácido y consecuentemente algunos se adaptan a tal ambiente; no obstante, para la mayoría de los cultivos de importancia económica se hace necesaria la corrección de la acidez del suelo, como base para una mejor adaptación de las plantas y de esta manera obtener mayores rendimientos.

Con base en lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo conocer la respuesta biológica de plantas de sorgo, bajo condiciones de invernadero, a la aplicación de dosis crecientes de CaCO_3 en cinco suelos ácidos de Costa Rica. Al mismo tiempo se evaluó el efecto del encalado sobre la absorción de nutrimentos.

MATERIALES Y METODOS

Las características químicas de los suelos evaluados, así como la metodología empleada para la extracción y determinación de los diferentes nutrimentos, se describe ampliamente en la primera parte de este estudio (Chavarría y Cordero, 1987).

Los tratamientos de encalado consistieron en la neutralización del Al con dosis de Ca correspondientes a 1, 2, 3 y 4 veces la cantidad de Al intercambiable presente (Cuadro 1), tomando en cuenta la pureza del material encalante (92,5%).

Los suelos una vez tratados con la dosis de CaCO_3 establecida para cada tratamiento (Cuadro 1), se colocaron en macetas de 4 L, en las que se sembraron 24 semillas de sorgo forrajero (*Sorgum vulgare* L. var. 'Cow Candy') como planta indicadora. Posteriormente, se raleó a 20 plantas por maceta.

La fertilización se realizó aplicando soluciones nutritivas, que contenían los nutrimentos que según las curvas de sorción realizadas, se encontraban deficientes (Cuadro 2). El riego se aplicó por gravedad.

Seis semanas después de la siembra se procedió a cortar todas las plantas, evaluando: altura (cm), peso fresco de la parte aérea (g) y peso seco foliar y radical (g). Además se tomó muestras de suelo para los análisis posteriores.

Con el objeto de evaluar el efecto residual de cada dosis de CaCO_3 aplicada, las macetas se sembraron de nuevo con el mismo número de plantas, sin fertilización adicional, a excepción del nitrógeno. Se dejaron crecer por un período de seis semanas más, al final del cual se evaluaron las variables antes mencionadas.

Las muestras de tejido foliar y de raíces, se secaron a 65°C hasta peso constante. Se molieron y finalmente, fueron sometidas a digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico, metanol y peróxido de hidrógeno. Posteriormente se analizaron en su contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso, según la metodología propuesta por Díaz-Romeu y Hunter (1978).

Además, se determinó el porcentaje de nitrógeno total en las muestras foliares por el método micro-kjeldhal (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

Se observó la variación en la absorción de cada elemento, por efecto de cada nivel de encalado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Neutralización del Al

Dados los altos contenidos iniciales de Al intercambiable presentes en los suelos en estudio, en

Cuadro 1. Niveles de CaCO_3 (t/ha) utilizados en la prueba de invernadero en cinco Ultisoles de Costa Rica.

Suelos	Niveles de neutralización de A1				
	A1 (cmol (+)/kg)	1X	2X	3x	4X
Sarapiquí	2,15	2,3	4,6	6,9	9,2
La Rita	3,25	3,5	7,0	10,5	14,0
Puerto Viejo	7,00	7,6	15,2	22,8	30,4
Los Angeles	3,30	3,4	6,8	10,2	13,6
Juntas de Pacuare	2,50	2,7	5,4	8,1	10,8

Cuadro 2. Cantidad de elemento agregada a cada tratamiento en la prueba de invernadero en cinco suelos ácidos de Costa Rica.

Suelo	Trat.	Elemento agregado/tratamiento (mg/kg)						
		N*	P*	K*	Mg	Zn*	Mn*	Mo
Sarapiquí	0	75	340		122			2
	1	75	340		122	0,5		2
	2	75	380		122	1,5		2
	3	75	450		183	8,0	29	2
	4	75	430		305	7,5	30	2
La Rita	0	75	440		122	3,0		2
	1	75	430	50	122	3,5		2
	2	75	480	35	244	2,0		2
	3	75	490	75	305	5,0		2
	4	75	500	75	427	9,0		2
Puerto Viejo	0	75	220					2
	1	75	240		122			2
	2	75	250		122	6,0		2
	3	75	340		305	11,5	5	2
	4	75	300		305	16,0	43	2
Los Angeles	0	75	350		122			2
	1	75	375		122	1,0		2
	2	75	410		183	2,5		2
	3	75	590		305			2
	4	75	550		366			2
Juntas de Pacuare	0	75	520		61			2
	1	75	435		61	4,5		2
	2	75	410		122	6,5		2
	3	75	430		244	11,0		2
	4	75	480		244	13,0		2

* Valores obtenidos mediante curvas de sorción en cada tratamiento. Los elementos Ca, Fe, Cu, S y B no fue necesario agregarlos en solución.

general, las dosis empleadas para neutralizar 1, 2, 3 y 4 veces ese Al resultaron excesivamente altas y su utilización se refiere a condiciones de invernadero. Sin embargo, para los cinco suelos evaluados, el tratamiento 3X presentó los mayores valores, en promedio, para las variables biológicas de peso seco (8,06 y 6,22 g) (Figura 1a), peso fresco de la parte aérea (59,35 y 41,83 g) (Figura 1b), peso seco de raíces (2,55 y 2,27 g) (Figura 1c) y altura de plantas (57,43 y 60,67 cm) (Figura 1d) para la primera y segunda siembra, respectivamente. Estos valores fueron estadísticamente diferentes del resto de los tratamientos. En general, todas las variables aumentaron al incrementarse las dosis hasta el nivel

3X y a partir de éste, descendieron (Cuadro 3), lo que indica un posible efecto de sobrenecado.

El tratamiento testigo no se diferenció del nivel 0X de encalado en ninguna de las variables evaluadas, y presentó en todos los casos, los menores valores, tanto para la primera como para la segunda siembra (Cuadro 3).

Los valores encontrados, para la mayoría de las variables en todos los tratamientos (a excepción del testigo), para la segunda siembra, fueron menores con respecto al primer período de siembra. Esto demuestra que el efecto de la cal, aunque presenta residualidad, disminuye con el tiempo y el cultivo.

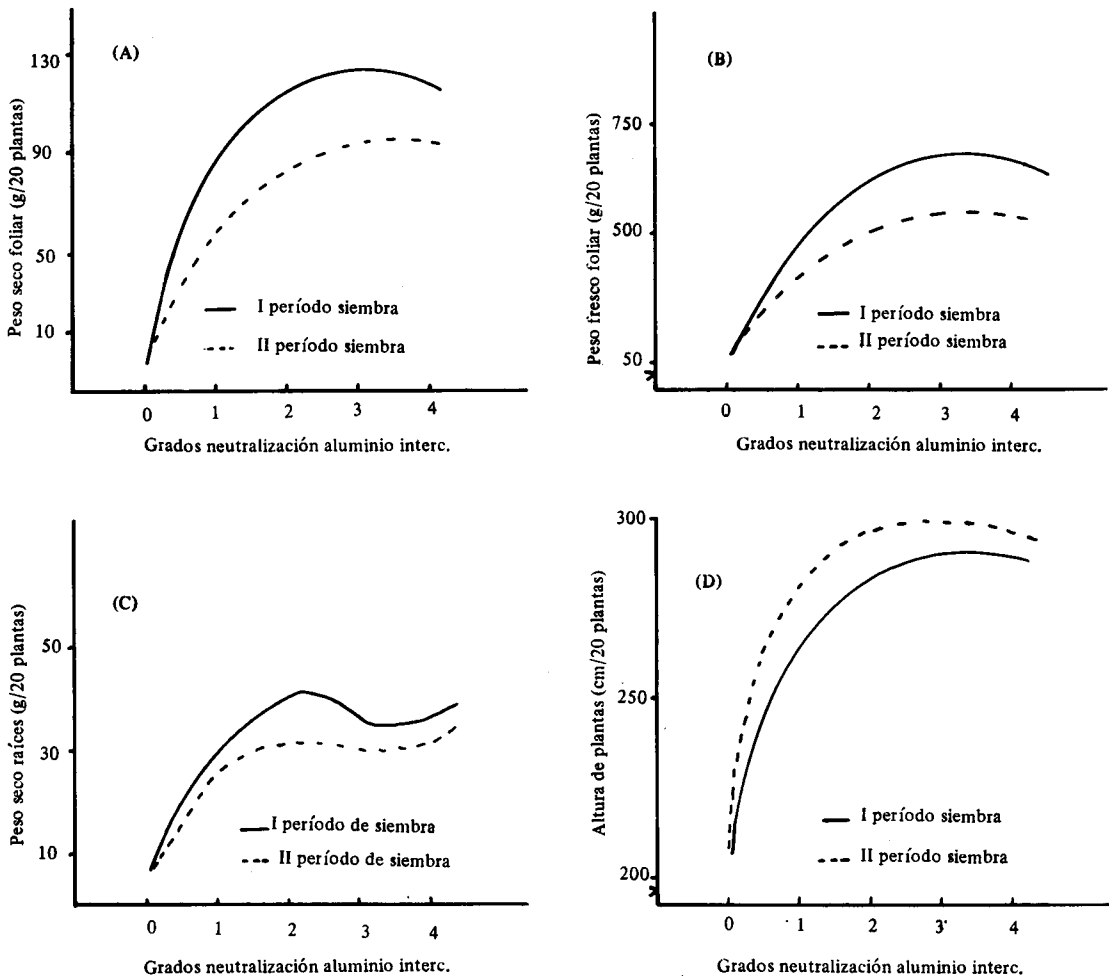


Fig. 1. Efecto de dosis crecientes de CaCO_3 sobre el peso seco (a), peso fresco foliar (b), peso seco de raíces (c) y altura de plantas (d) de sorgo, luego de dos períodos de siembra en cinco suelos ácidos, Costa Rica.

Cuadro 3. Efecto de dosis crecientes de CaCO_3 sobre el peso seco foliar de plantas de sorgo (*Sorghum vulgare* L.) crecidas bajo condiciones de invernadero en dos períodos de siembra, en cinco suelos ácidos de Costa Rica.

Suelo	Trat.	Peso seco foliar (g)	
		I**	II
Sarapiquí	T***	0,51	1,27
	0	0,70	1,02
	1	7,89	4,87
	2	8,08	5,69
	3	8,51	6,52
	4	7,83	6,64
La Rita	T	0,21	0,25
	0	0,20	0,30
	1	0,90	1,66
	2	8,08	5,47
	3	9,15	6,51
	4	7,93	5,86
Puerto Viejo	T	1,00	1,26
	0	0,77	0,53
	1	7,69	6,26
	2	9,91	8,04
	3	8,50	7,30
	4	7,67	6,44
Los Angeles	T	0,39	0,41
	0	0,30	0,52
	1	3,00	3,73
	2	4,22	3,59
	3	4,62	4,55
	4	4,69	5,36
Juntas de Pacuare	T	1,01	1,71
	0	1,30	1,88
	1	7,62	5,23
	2	8,91	6,55
	3	9,49	6,74
	4	9,02	6,74

* Niveles de neutralización de Al intercambiable

** Períodos de siembra

*** Testigo sin encalar, sin fertilización.

Es importante hacer notar el efecto de la aplicación de cal sobre el crecimiento de raíces (Figura 1c) y altura de plantas (Figura 1d), dado que aún cuando se aplicó las menores dosis de cal, se obtuvo aumentos apreciables en dichas variables, debido probablemente a que los incrementos observados en el valor de pH, desde el punto de vista biológico, fueron significativos para el crecimiento de las plantas.

Lo anterior, aunado al hecho de que aún al aplicarse las menores dosis de CaCO_3 , se presen-

taron efectos positivos de la enmienda utilizada en los niveles 1X y 2X, comprueba que el encalado causa la reducción de los efectos fito-tóxicos provocados por el aluminio y manganeso en Ultisoles (Evans y Kamprath, 1970; Brenes y Pearson, 1973).

Absorción de nutrimentos

Con respecto a la absorción de nutrimentos, se obtuvo un incremento en la absorción de N y K cuando se aumentó la cantidad de CaCO_3 ; en el primer período de siembra la mayor absorción (288,6 y 192,1 mg/20 plantas para N y K, respectivamente), se encontró en el nivel 2X de encalado, y disminuyó en los niveles 3X y 4X de encalado, en tanto que, para la segunda siembra, la mayor absorción de N y K (168,9 y 58,43 mg/20 plantas, respectivamente), se obtuvo en el nivel 4X de encalado.

La mayor absorción de P (27,62 y 15,94 mg/20 plantas), Ca (77,66 y 56,54 mg/20 plantas) y Mg (58,21 y 41,60 mg/20 plantas) se obtuvo en el tratamiento 3X de encalado, tanto para la primera como para la segunda siembra, y disminuyó con la dosis máxima de cal.

Cabe señalar el hecho de que la mayor producción de materia seca encontrada en el nivel 3X de encalado, coincidió con la mayor absorción de fósforo, calcio y magnesio por parte de las plantas de sorgo, durante los dos períodos de siembra. Es importante destacar, que siendo el contenido de fósforo inicialmente muy similar en todos los suelos, la variación encontrada entre ellos, con respecto a la absorción de este elemento es considerable, como ha sido encontrado por otros autores (Reeve, 1970; Lora y Riveros, 1971). Este hecho posiblemente sea debido a que el encalado lo que hace es aumentar la absorción de fósforo por las plantas más que afectar la solubilidad del mismo en el suelo (Kamprath, 1967; Abruña, Chandler y Pearson, 1970) (Figura 2).

Por otra parte, cuando se comparó la absorción de los diferentes tratamientos con la del testigo, no se obtuvo diferencias entre el testigo y el nivel 0X de encalado, siendo diferentes éstos del resto de los tratamientos. En todos los casos se encontró la menor absorción de los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg en el testigo, tanto para la primera siembra como para la segunda.

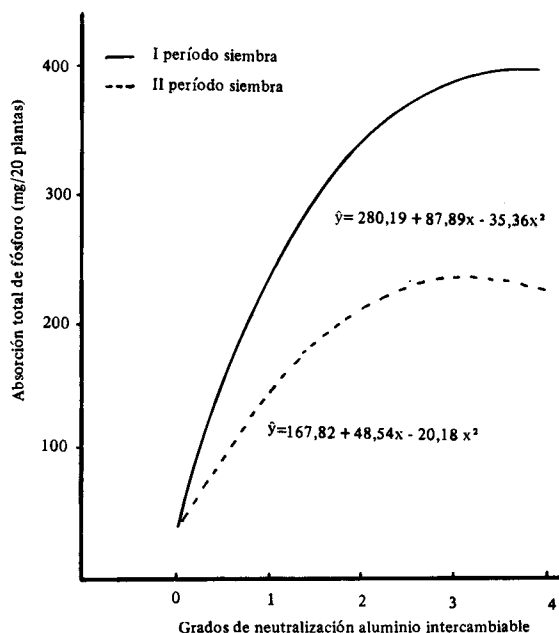


Fig. 2. Variación en la absorción total de fósforo por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas en cinco suelos ácidos, Costa Rica.

Con respecto a la absorción de elementos menores catiónicos, ésta se vio favorecida por el incremento en la cantidad de cal aplicada, que actuó eliminando factores limitantes del crecimiento (Kamprath, 1967; Sánchez, 1976). En el nivel 2X de encalado, tanto para la primera como para la segunda siembra, se encontraron los valores máximos de absorción de hierro (1,37 y 0,73 mg/20 plantas), cobre (0,11 y 0,06 mg/20 plantas), zinc (0,43 y 0,74 mg/20 plantas) y manganeso (2,68 y 3,01 mg/20 plantas). Cuando se aplicó las dosis mayores del material de enmienda, se observó un descenso en la absorción de estos nutrientes.

El efecto de la cal sobre las diferentes propiedades químicas de los suelos, se mantuvo a través del tiempo del experimento (12 meses). Este hecho se comprobó dado que cuando se realizó la segunda siembra, sin aplicación alguna de cal y fertilizante, a excepción del nitrógeno, aún en los tratamientos con las menores dosis de cal, se notó un rápido crecimiento del sorgo, con un sistema radical bien desarrollado, no siendo inhibida la absorción de nutrientes en ninguno de los tratamientos

evaluados. Se mantuvo la misma tendencia de absorción encontrada luego del primer período de siembra y en todos los casos se obtuvo una respuesta altamente favorable al CaCO_3 residual.

CONCLUSIONES

La mayor producción de materia seca se encontró en el tratamiento 3X en los cinco suelos evaluados, en ambos períodos de siembra; esto coincidió con la obtención del mayor peso fresco de la parte aérea, mayor peso seco de raíces, la máxima altura de plantas y la mayor absorción de fósforo, calcio y magnesio por parte de las plantas de sorgo.

La sola aplicación de cal no necesariamente provoca aumentos en la producción, sino que es necesario aplicar fósforo como fertilizante una vez que el suelo ha sido encalado, para lograr una mayor producción de materia seca.

El encalado causó la reducción de los efectos detrimentales provocados por el aluminio y manganeso; se observó un mayor desarrollo del sistema radical y mayor absorción de nutrientes, conforme se incrementó la cantidad de CaCO_3 aplicada, hasta el nivel 3X de encalado, ya que como efecto de la aplicación de dosis altas de cal, se encontró en el nivel 4X menor absorción de los diferentes elementos estudiados; así mismo, se observó una depresión en la producción de materia seca en dicho nivel de encalado.

Se obtuvo una respuesta altamente favorable al CaCO_3 residual, ya que la influencia de éste sobre las propiedades químicas de los suelos, se mantuvo a través del tiempo del experimento (12 meses).

Se observó una mayor fertilidad potencial de los suelos de Sarapiquí, Puerto Viejo y Las Juntas de Pacuare, en relación a los suelos de La Rita y Los Angeles.

Esta investigación realizada en cinco Ultisoles, representativa de suelos que se encontraban bajo una explotación intensiva, ha servido de base para que se planeen experimentos de campo y otros estudios de fertilidad, esenciales para conocer la capacidad productiva de estos suelos, si se desean incorporar en los planes de desarrollo agropecuario del país.

RESUMEN

Se estudió bajo condiciones de invernadero el efecto de la aplicación de dosis crecientes de CaCO_3 en cinco Ultisoles de Costa Rica, utilizando veinte plantas de sorgo (*Sorghum vulgare* L. var. 'Cow Candy') por maceta como planta indicadora. Con base en los resultados obtenidos en estudios de retención de P, K, Cu, Zn, Mn, B y S previamente realizados, se prepararon soluciones nutritivas las cuales se emplearon en la fertilización básica de los diferentes niveles de encalado. Se establecieron dos períodos de siembra consecutivos, de seis semanas de duración cada uno, evaluándose de esta manera el efecto residual de las dosis de encalado empleadas.

En cada siembra se evaluó la altura de plantas (cm), peso fresco foliar (g) y peso seco foliar y radical (g), así como la absorción (mg/20 plantas) de nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) en cada nivel de encalado.

Los máximos valores en cada variable biológica evaluada, se obtuvieron en el nivel 3X de encalado, lo que coincidió con la mayor absorción de fósforo, calcio y magnesio.

En general, el nivel de neutralización de 4X manifestó un efecto de sobrencalado, ya que tanto la producción de materia seca como la absorción de nutrimentos se vieron significativamente disminuidas con estas dosis de corrección.

La sola aplicación de cal en suelos extremadamente ácidos como estos no soluciona el problema de P. Para lograr buenas producciones hay que combinar el encalado con la fertilización fosfórica.

La respuesta residual del CaCO_3 fue altamente favorable, ya que la influencia de éste sobre las propiedades químicas de los suelos, aunque menos acentuada, se mantuvo a través del tiempo del experimento (12 meses).

En las pruebas comparativas entre suelos se observó una mayor fertilidad potencial de los suelos de Sarapiquí, Puerto Viejo y Juntas de Pacuare en relación con los suelos de La Rita y Los Angeles.

LITERATURA CITADA

- ABRUÑA, F.; CHANDLER, J.V.; PEARSON, R.W. 1970. Crop response to soil acidity factors in Ultisols and Oxisols. I. Tobacco. Soil Science Society of America Proceedings 34:629-635.
- BRENES, E.; PEARSON, R.W. 1973. Root response of three gramineae species to soil acidity in an Oxisol and an Ultisol. Soil Science 116:295-302.
- CHAVARRIA, A.; CORDERO, A. 1987. Encalado de ultisoles en Costa Rica I. Metodología, pH, acidez extraíble y cationes (K, Ca, Mg). Turrialba 37(1):1-8.
- DIAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos. Análisis químico de suelos y tejido vegetal en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- EVANS, C.E.; KAMPRATH, E. J. 1970. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings 34:893-896.
- FOY, C.D.; BROWN, J.C. 1964. Toxic factors in acid soils. II Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Science Society of America Proceedings 28:27-34.
- JUO, A.S.R.; BALLAUX, J.C. 1977. Retention and leaching of nutrients in a limed ultisol under cropping. Soil Science Society of America Journal 41:757-761.
- KAMPRATH, E.J. 1967. Acidez del suelo y su respuesta al encalado. International Soil Testing. Boletín Técnico no. 4. 21 p.
- LORA, S.R.; RIVEROS, G. 1971. Problemas fisiológicos de la planta en suelos ácidos. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 3:24-39.
- MARTINI, J. A. 1968. Algunas notas sobre el encalado en los suelos del trópico. Turrialba (Costa Rica) 18:249-256.
- RAGLAND, J. L. y COLEMAN, N.T. 1960. The effect of soil solution aluminum and calcium on root growth. Soil Science Society of America Proceedings 23:355-360.
- REEVE, N.G. 1970. Effects of aluminum toxicity and phosphorus fixation on crop growth on Oxisols in Natal. Soil Science Society of America Proceedings 34:263-267.
- SANCHEZ, P. 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York, Wiley. p. 135-155, 223-253.