

EFFECTO DEL ENCALADO EN SUELOS ACIDOS DE PANAMA. II. CAMBIOS EN LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO.

Bolívar Pinzón*, Javier González** y Rubén Montenegro***

Se estudió el efecto de dosis crecientes de carbonato de calcio (0, 50, 250, 500, 1.500, 3.000 y 5.000 kg/ha), sobre las variaciones en la composición química del suelo, provocadas por el encalamiento. El pH, fósforo y calcio en el suelo se incrementaron en forma lineal ($P < .01$) con las aplicaciones progresivas de CaCO_3 y el aluminio intercambiable disminuyó ($P < .01$). Con aplicaciones de 3.000 a 5.000 kg/ha se neutralizó el aluminio intercambiable en el suelo. Los contenidos de magnesio y potasio cambiabile no fueron afectados ($P > .01$) por las dosis de CaCO_3 aplicadas.

La gran mayoría de los suelos de las áreas tropicales, se encuentran sometidos a altas temperaturas y a un exceso de lluvias y meteorización, lo que resulta en una acidificación creciente. Estos suelos presentan las siguientes características químicas: pH entre 4.0 y 6.0, capacidad total de intercambio catiónico entre 5 y 40 meq/100 g de suelo, porcentaje de saturación de bases entre 7 y 70 por ciento, calcio cambiabile inferior a 4 meq/100 g de suelo, magnesio cambiabile inferior a 1 meq/100 g de suelo, potasio cambiabile entre 0.2 y 0.8 meq/100 g de suelo, contenido elevado de aluminio, hierro y manganeso y deficiencias de fósforo (Laroche, 1966; Serpa y González, 1979).

Se sabe que las altas concentraciones del ión hidrógeno y bajo contenido de calcio no son los problemas principales para la acidez de estos suelos, sino el aluminio intercambiable presente en la solución del suelo (Low, 1955; Coleman y col., 1960; Coleman y Thomas, 1964; Kamprath, 1970; Blue y Dantzman, 1977).

Bajo condiciones de fuerte acidez aumenta la proporción de aluminio y manganeso en la cubierta iónica del complejo de cambio, paralelamente a la de hidrógeno, produciéndose muchas veces toxicidad (Schofield y Taylor, 1958; Pratt y Alvahtdo, 1966; Ríos y col., 1968; Schelhras, 1969; Fassbender, 1975; Blue y Dantzman, 1977; Quiroz y González, 1979).

En estos suelos es factible la aplicación de cal, con la finalidad de aumentar el pH del suelo, neutralizar el aluminio intercambiable y aumentar la disponibilidad del fósforo. Son muchos los trabajos que han demostrado el efecto benéfico del encalado en diversos países del mundo (Laroche, 1966; Kamprath, 1967; Ríos y col., 1968; Helyar y Anderson, 1970; Selimi y Nickelson, 1972; Fassbender y Trigoso, 1973; Name y Batista, 1979; Quiroz y González, 1979; Serpa y González, 1979).

En vista de lo expuesto anteriormente, se tomaron muestras de suelo de un área que había sido encalada con dosis crecientes de cal, con la finalidad de medir las variaciones en la composición química del suelo, provocadas por el encalamiento.

* M. Sc., Edafólogo, Centro Experimental de Gualaca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

** Agr., Centro Experimental de Gualaca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

*** Agr., Asistente, Centro Experimental de Gualaca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el Centro Experimental del IDIAP, en Gualaca, cuya localización, precipitación y condiciones edáficas han sido indicadas en trabajo anterior por Pinzón y colaboradores (1980a).

Los tratamientos de carbonato de calcio, aplicados a las parcelas experimentales donde se sembraron las leguminosas *Desmodium* (*Desmodium ovalifolium*) y Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), fueron los siguientes: 0, 50, 250, 500, 1,500, 3,000 y 5,000 kg de CaCO_3 /ha. Las muestras de suelo fueron obtenidas a una profundidad de 15 cm, antes de la aplicación del carbonato de calcio en mayo de 1977, y posteriormente en noviembre de 1978. Estas se tomaron en cada tratamiento los que estaban repetidos seis veces (tres en *Desmodium* y tres en Kudzú) y luego se mezclaron homogéneamente y se tomó una muestra representativa de cada tratamiento.

Las muestras de suelo se analizaron químicamente siguiendo el método descrito por Hunter (1975); para el efecto se determinaron el pH, por el método del potenciómetro con una relación suelo:agua de 1.0 a 2.5, respectivamente; el aluminio intercambiable (Al), fue extraído con cloruro de potasio (KCl) 1N y determinado por titulación con NaOH 0.1N; el calcio (Ca) y magnesio (Mg), por absorción atómica, luego de ser extraídos con una solución de KCl 1N. El fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu) se extrajeron con la solución extractora de Carolina del Norte (0.05N HCl + 0.025N H_2SO_4). El fósforo fue determinado por colorimetría, el potasio por fotometría de llama y el hierro, manganeso, cobre y zinc por absorción atómica.

Para el análisis estadístico se consideraron seis variables de respuesta: pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio y aluminio y se calcularon ecuaciones de regresión para medir el efecto del encalado en las variables usadas (Steel y Torrie, 1960).

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto de las dosis de CaCO_3 sobre las propiedades del suelo se manifestó claramente (Cuadro 1). Se observó que el pH, fósforo y calcio sufrieron aumentos proporcionales a las aplicaciones ascendentes de CaCO_3 ; en cambio, el contenido de aluminio intercambiable disminuyó con el ascenso de las dosis de cal.

Cuadro 1. Características del suelo de acuerdo a las dosis de CaCO_3 .

CaCO_3 (kg/ha)	pH	P	K	Ca	Mg	Al
		meq/100 g de suelo				
0	4.66	0.98	28.18	0.75	0.11	1.95
50	4.70	1.03	28.09	0.79	0.10	1.93
250	4.70	1.25	27.75	0.95	0.10	1.85
500	4.80	1.53	27.33	1.15	0.08	1.76
1,500	4.90	2.63	25.63	1.95	0.10	1.38
3,000	5.40	4.28	23.08	3.15	0.10	0.81
5,000	5.60	6.48	19.68	4.75	0.11	0.05

El pH del suelo se incrementó en forma lineal ($P < .01$) con las dosis de CaCO_3 aplicado. En la Figura 1, se observa el incremento desde 4.66 sin aplicación de cal, hasta 5.60 con una aplicación de 5,000 kg de CaCO_3 /ha. Estos resultados coinciden con los de Andrews y Norris

(1961), Piñeres (1961), Kamprath (1970), Yépez y Blue (1977), Name y Batista (1979), Serpa y González (1979).

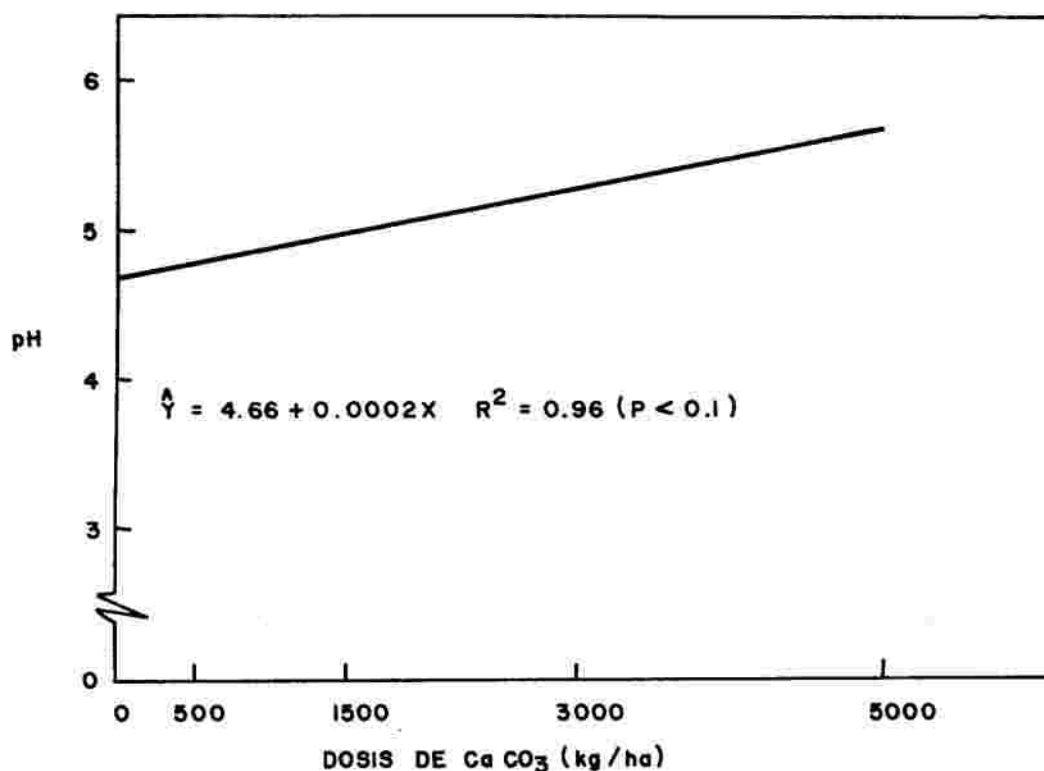


FIGURA 1. EFECTO DE LA DOSIS DE CaCO_3 SOBRE EL pH DEL SUELO.

Si bien es cierto que hubo un efecto significativo de la cal en el incremento del pH, éste fue de 0.9 unidades, lo cual no justifica la alta aplicación de 5,000 kg de CaCO_3 /ha. Reeves y Summer (1970), estudiaron la respuesta de la cal en ocho oxisoles de Sudáfrica en la que para elevar el pH a 6.0 y 6.5 aplicaron 9,400 y 14,100 kg de CaCO_3 /ha, respectivamente. Por otro lado, Name y Batista (1979) en un suelo ácido de Panamá (Calabacito) encontraron que para elevar el pH de 5.0 a 5.6 necesitaban aplicar 4,900 kg y para obtener incrementos de 1.2 unidades, 9,900 kg de CaCO_3 /ha. Es por ello que muchos investigadores han encontrado que el encalado en suelos meteorizados debe hacerse en base a la cantidad de aluminio intercambiable presente (Blue y Dantzman, 1977; Méndez y Kamprath, 1978). Las cantidades de cal necesarias para neutralizar el aluminio intercambiable son menores que las requeridas para ajustar el pH a neutralidad, resultando esta última práctica muy costosa y hasta peligrosa, ya que puede causar fuertes desbalances nutricionales en el suelo y hasta un deterioro en sus condiciones físicas (Popenoe, 1960; Pearson y col., 1962; Matsusaka y Sherman, 1964).

El contenido de fósforo en el suelo aumentó en forma lineal ($P < .01$) con las dosis progresivas de CaCO_3 . En la Figura 2, se observa el incremento desde 0.98 ppm sin aplicación de cal, hasta 6.48 ppm con la aplicación máxima de CaCO_3 . Es evidente que este efecto de la cal estu-

vo relacionado con su efecto neutralizante de la capacidad fijadora del fósforo por el suelo. Semejantes resultados reportan Seatz y colaboradores (1959), Fassbender (1969) y Juo y Uzu (1977). Pero, difieren con los resultados obtenidos por Reeves y Summer (1970) en Sudáfrica y Quiroz y González (1979), en Costa Rica, quienes no encontraron reducción en la fijación del fósforo por el efecto del encalado.

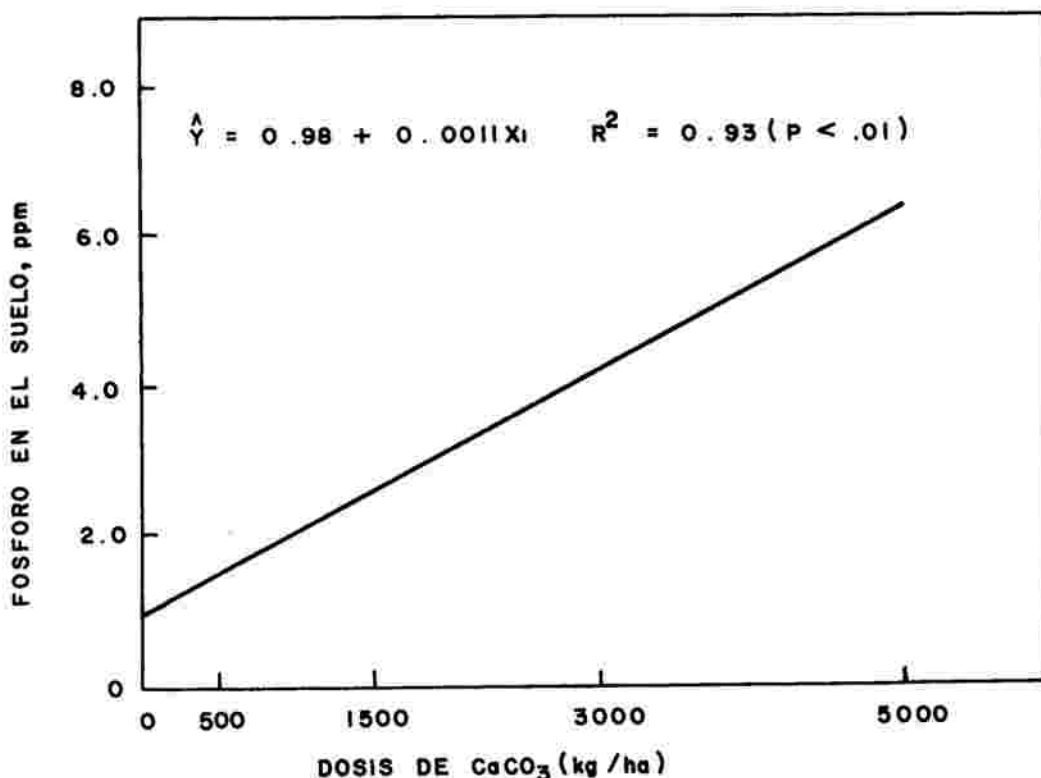


FIGURA 2. EFECTO DE LAS DOSIS DE CaCO_3 SOBRE EL CONTENIDO DE FOSFORO EN EL SUELO.

El potasio en el suelo no fue afectado significativamente por las dosis de CaCO_3 , sin embargo, se observó una tendencia a disminuir con las dosis altas de cal. Esta disminución se debe posiblemente al antagonismo existente entre el calcio y el potasio. Estas tendencias concuerdan con los trabajos realizados por varios investigadores (Helyar y Anderson, 1970; Blue y Dantzman, 1977; Juo y Uzu, 1977).

El contenido de calcio en el suelo aumentó en forma lineal ($P < .01$). En la Figura 3, se observa el incremento desde 0.75 meq de calcio, sin aplicación de cal, hasta 4.75 meq/100 g de suelo con la aplicación máxima de 5,000 kg de CaCO_3 /ha. Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los de Andrews y Norris (1961), Fassbender y Trigo (1973), Blue y Dantzman (1977), Yépez y Blue (1977), Name y Batista (1979) y Serpa y González (1979), quienes encontraron aumentos en la cantidad de calcio conforme se aumentaron las cantidades de cal aplicadas al suelo.

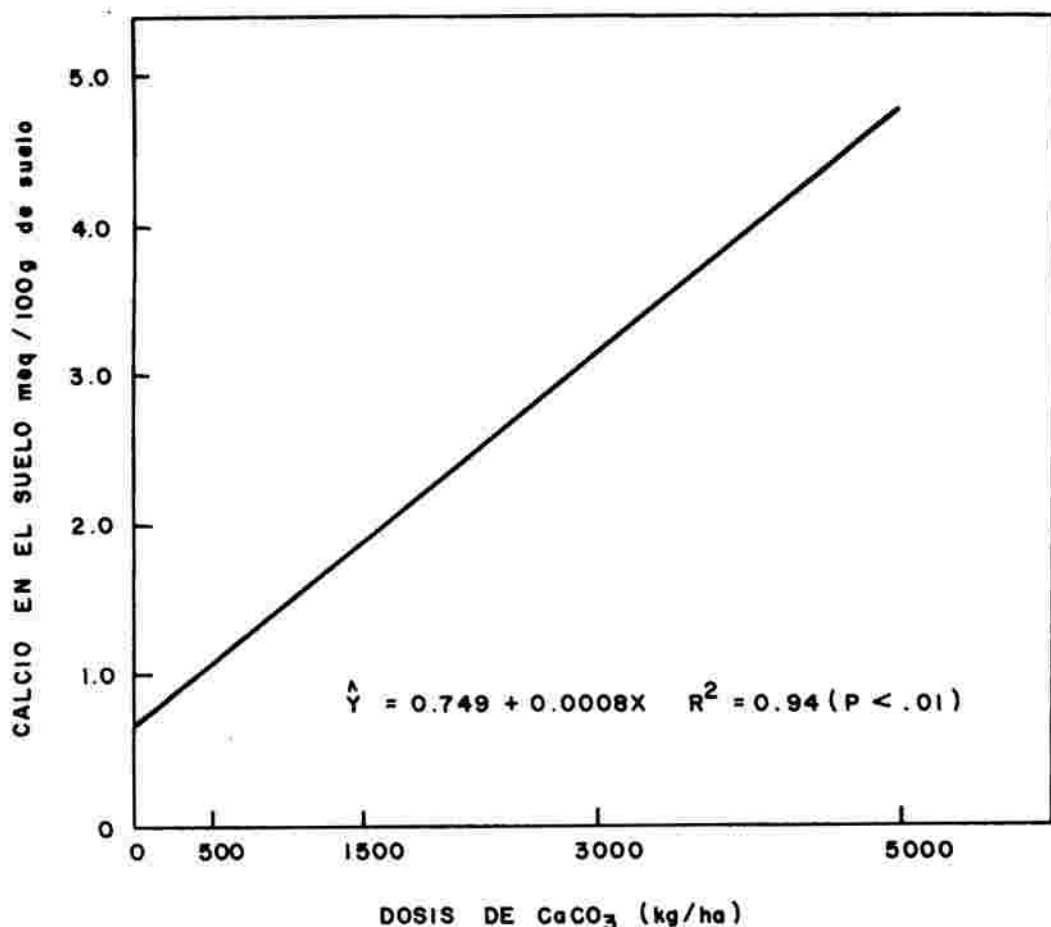


FIGURA 3. EFECTO DE LAS DOSIS DE CaCO_3 SOBRE EL CONTENIDO DE CALCIO EN EL SUELO.

El magnesio no fue afectado ($P > .01$) por las dosis crecientes de cal, variando sus valores entre 0.08 y 0.11 meq/100 g de suelo (Cuadro 1). Era de esperar una disminución del magnesio, ya que la fuente de cal utilizada fue el CaCO_3 , y también porque el calcio pudo deprimir la absorción del magnesio debido al antagonismo, calcio-magnesio.

Algunos autores han manifestado que no existe reducción de este elemento con las aplicaciones masivas de carbonato de calcio (Blue y Dantzman, 1977; Yépez y Blue, 1977). Sin embargo, en la mayoría de los casos se reportan reducciones del magnesio (Helyar y Anderson, 1970; Juo y Uzu, 1977; Name y Batista, 1979; Quiroz y González, 1979).

El contenido de aluminio intercambiable en el suelo disminuyó drásticamente (Cuadro 1) y se observó que el mayor descenso del aluminio ocurrió a partir de 3.000 kg de CaCO_3 /ha. Con dosis de 5.000 kg, el aluminio intercambiable prácticamente es nulo y se elimina el efecto tóxico de este elemento en este tipo de suelo.

En la Figura 4, se aprecia con mayor claridad este efecto, puesto que el aluminio descendió en forma lineal y significativa ($P < .01$) desde 1.95 meq/100 g de suelo en el tratamiento sin cal hasta 0.05 meq/100 g de suelo con la aplicación máxima de 5,000 kg de CaCO_3 /ha. Resultados obtenidos por Blue y Dantzman (1977) y Juo y Uzu (1977) demuestran que el aluminio intercambiable fue neutralizado completamente cuando el pH fue ajustado a 5.5 con la adición de cal. Sin embargo, hay que tener presente que no todos los suelos necesitan 5,000 kg de CaCO_3 , para llevar el pH a 5.5 y para neutralizar el aluminio, debido a que los suelos presentan una capacidad tampón muy diferenciada. Tal es el caso de aquellos que presentan mayor contenido de materia orgánica y de materiales amorfos y alofánicos (suelos volcánicos y latosoles), que ofrecen la mayor resistencia a cambios en el pH (Fassbender, 1975) y por ende requieren de cantidades altas de cal. Esto induciría una concentración excesiva de calcio en el suelo, lo que a su vez produciría un fuerte desbalance nutricional expresado por las relaciones inadecuadas de Ca/Mg y Ca/K y se produciría posiblemente deficiencias en potasio, magnesio y elementos menores (Ríos y col., 1968).

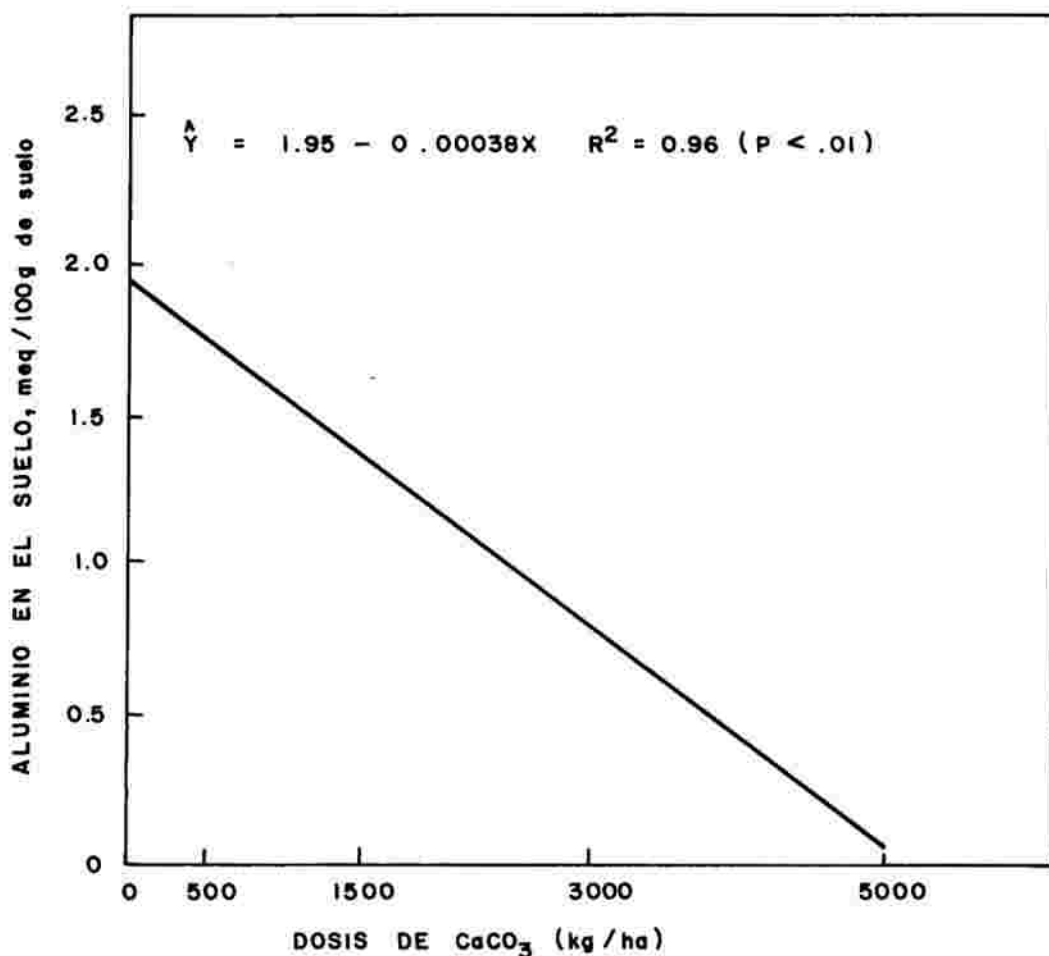


FIGURA 4. EFECTO DE LAS DOSIS DE CaCO_3 SOBRE EL CONTENIDO DE ALUMINIO EN EL SUELO.

Varios investigadores han llegado a resultados semejantes (Piñeres, 1961; Ríos y col., 1968; Helyar y Anderson, 1970; Kamprath, 1970; Fassbender y Trigo, 1973; Blue y Dantzman, 1977; Juo y Uzu, 1977; Name y Batista, 1979; Quiroz y González, 1979), quienes han encontrado un descenso del aluminio intercambiable con las aplicaciones ascendentes de carbonato de calcio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El encalamiento mejoró el estado nutricional del suelo, disminuyó el aluminio intercambiable en el suelo y aumentaron el pH y los contenidos de calcio y fósforo.
2. La aplicación de 5,000 kg de CaCO_3 /ha mejoró el pH y neutralizó casi en su totalidad el aluminio intercambiable, sin embargo, se sugiere utilizar en este suelo aplicaciones de 3,000 kg/ha, para evitar cualquier desbalance nutricional.

ABSTRACT

A study was conducted to determine the effects of increasing levels of lime (0, 50, 250, 500, 1,500, 3,000 and 5,000 kg CaCO_3 /ha) on the chemical composition of soils. Phosphorus and calcium contents and pH of the soils, increased linearly ($P < .01$) with increasing levels of lime. On the other hand exchangeable aluminum decreased ($P < .01$). With the addition of 3,000 and 5,000 kg of lime/ha, exchangeable aluminum of the soil was neutralized, exchangeable magnesium and potassium were not affected ($P > .01$) by lime fertilization.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, C. S. y NORRIS, D.O. Comparative response to calcium of five tropical and four temperate pasture legume species. *Australian Journal of Agricultural Research* 12:40-55. 1961.
- BLUE, W.G. y DANTZMAN, C.L. Soil chemistry and root development in acid soils. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 36:9-15. 1977.
- COLEMAN, N.T.; RAGLAND, J.L. y CRAIG, D. An unexpected reaction between Al-Clay or Al-Soil and CaCl_2 . *Soil Science Society American Proceedings* 24:419-420. 1960.
- _____ y THOMAS, W.G. Buffer curves on acid clays as affected by the presence of ferric iron and aluminium. *Soil Science Society American Proceedings* 28(2):187-190. 1964.
- FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en la mejor utilización de fertilizante fosfatado en un Andosol de Costa Rica. *Fitotecnia Latinoamericana* 6(1):115-126. 1969.
- _____. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Costa Rica. 1975. 398 p.
- _____ y TRIGOSO, R. Efecto de las aplicaciones de Ca + Mg, P, Mo y B sobre la producción y fijación de nitrógeno de cuatro leguminosas tropicales. *Turrialba* 23(2):72-180. 1973.
- HELİYAR, R.K. y ANDERSON, J.A. Some effects of the soil pH on different species and on

- the soil solution for a soil high in exchangeable aluminium. In Proceedings of the XI International Grassland Congress. 1970. pp. 431-434.
- HUNTER, A.H. Técnicas de laboratorio e invernadero para estudios de nutrientes con miras a determinar las enmiendas de suelo requeridas para un óptimo crecimiento de las plantas. Universidad de Carolina del Norte, Raleigh, N.C. (mimeografiado). 1975.
- JUO, A.S.R. y UZU, F.O. Liming and nutrient interactions in two ultisols from southern Nigeria. *Plant and Soil* 47(2):419-430. 1977.
- KAMPRATH, E.J. Soil acidity and response to liming. International soil testing North Carolina State University. Agric. Exp. Stn. Raleigh, N.C. Technical Bulletin 4. 1967.
- Exchangeable aluminium as a criterion for liming highly Weathered Soils to Neutrality. *Soil Science American Proceedings* 34:252-254. 1970.
- LAROCHE, F.A. Calagem em solos tropicais de clima umido. *Fitotecnia Latinoamericana* 3(2):101-108. 1966.
- LOW, P.F. The role of aluminium in the titration of bentonite. *Soil Science Society American Proceedings* 19(2):135-139. 1955.
- MATSUSAKA, Y. y SHERMAN, D. Lime requirement of Hawaii and Soils. *Hawaii farm science* 13(3):5-6. 1964.
- MENDEZ, J. y KAMPRATH, E.J. Liming of latosols and the effect on phosphorous response. *Soil Science Society American Proceedings* 42:85-88. 1978.
- NAME, B. y BATISTA, D. Encalado en suelos ácidos de Panamá con alto contenido de aluminio intercambiable. I. Finca Experimental de Calabacito. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 2:1-13. 1979.
- PEARSON, R.W.; ABRUÑA, F. y CHANDLER, J.V. Effect of lime and nitrogen applications on Downward Mouchent of calcium and magnesium in two humid tropical of Puerto Rico. *Soil Science* 93(2):77-82. 1962.
- PINZON, B.R.; CUBILLOS, G.; GONZALEZ, J. y MONTENEGRO, R. Efecto del encalado en suelos ácidos de Panamá. I. Producción y composición química de la materia seca del *Desmodium* (*Desmodium ovalifolium* C.V. Costa Rica) y Kudzú (*Pueraria phaseoloides*). *Ciencia Agropecuaria* (En prensa). 1980.
- PIÑERES, E. Efecto del encalado sobre el pH, las bases cambiables y el aluminio extractable en seis suelos de Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Química. Universidad de Costa Rica. 1961. 107 p.
- POPENOE, H. Some soil cation relationships in an area of shifting cultivation in the humid tropics. 7th International Congress Soil Science (Madison, Wisconsin) 11:303-311. 1960.
- PRATT, P.F. y ALVAHYDO, R. Cation-exchange characteristics soils of Sao Paulo, Brazil. IRI, Research Institute Bulletin No. 31. 1966. 20 p.
- QUIROZ, S. y GONZALEZ, M.A. Neutralización del aluminio intercambiable y aprovecha-

- miento del fósforo en tres suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 3(2):137-149. 1979.
- REEVES, N.G. y SUMMER, M.E. Lime requirement of natal oxisoles based on exchangeable aluminium. *Soil Science Society American Proceedings* 34:595-598. 1970.
- RIOS, V.; MARTINI, J.A. y TEJEIRA, R. Efecto del encalado sobre la acidez y el contenido de aluminio y hierro extractable en nueve suelos de Panamá. *Turrialba* 18(2):139-146. 1968.
- SCHELHRAS, R.M. Acid Soil. *Tropical Abstracts* 24:213-217. 1969.
- SCHOFIELD, R.K. y TAYLOR, A.W. The measurement of Soil pH. *Soil Science Society American Proceedings* 16:164-167. 1958.
- SEATZ, R.F.; STERGES, A.J. y KRAMER, J.C. Crop response to zinc fertilization as influenced by liming and phosphorous applications. *Agronomy Journal* 51:457-459. 1959.
- SELIMI, A. y NICKELSON, R.R. Effects of liming on soil pH and manganese toxicity in a Goulburn Valley Pear Orchard. *Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12(56): 310-314. 1972.
- SERPA, R. y GONZALEZ, M.A. Necesidad de cal en tres suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 3(2):101-108. 1979.
- STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. *Principles and Procedures of Statistics*. Toronto, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
- YEPEZ, H. y BLUE, G.W. Growth response of creeping beggarweed *Desmodium canun* (Gmel) Shintz and Tellong. To lime and fertilizer on Florida Spodosol. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 36:79-84. 1977.