

EFFECTO DEL CaCO_3 SOBRE LA ACTIVIDAD DE LAS FOSFATASAS Y LA DISPONIBILIDAD DEL FOSFORO EN ALGUNOS SUELOS DE SABANAS DE LA REGION ORIENTAL

MAGALIS ZABALA E YRMA GÓMEZ

*Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui. Unidad de Estudios Básicos.
Departamento de Ciencias, Puerto La Cruz, Edo. Anzoátegui.*

RESUMEN: Una de las estrategias normalmente utilizadas en las prácticas agrícolas para disminuir la capacidad de fijación del fósforo en los suelos ácidos es mediante la técnica del encalado. No obstante, existen muchas controversias con respecto al efecto de este tratante sobre la fijación del fósforo y las actividades de las fosfatasa. Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo fundamental, evaluar el efecto del CaCO_3 sobre las actividades de las fosfatasa y la disponibilidad del fósforo en los suelos ácidos de las localidades de El Caro, Mapiरिकure (Edo. Anzoátegui) y El Rincón (Edo. Monagas). Las actividades de las fosfatasa y la disponibilidad del fósforo se llevaron a cabo por estimación fotocolorimétrica. La enmienda con el CaCO_3 estimuló en forma significativa ($P < 0.001$) la actividad de la fosfatasa ácida, pero indujo una disminución de la disponibilidad del fósforo en estos suelos. Efecto probablemente asociado al grado de retención de los iones fosfatos por las partículas arcillosas saturadas con el calcio.

PALABRAS CLAVES: Suelos ácidos, Carbonato de calcio, Fosfatasa, Fósforo.

ABSTRACT: One of strategy normally used in agricultural practice to decrease the fixation of the phosphorus in acid soils, is through the liming technique. Nevertheless, there are many controversies with respect the effect of this technique on the phosphorus fixation and the phosphatase activities. The present investigation has as a fundamental objective to determine the effects caused by the use of the CaCO_3 on the phosphatase activities and the phosphorus availability in the acid soils of El Caro, Mapiरिकure (Anzoátegui State) and El Rincon (Monagas State). The phosphatase activities and the phosphorus availability were determined by photocolometric estimation. The amendment with CaCO_3 stimulated significantly ($p < 0.001$) the acid phosphatase activities, but it induced a decrease of availability of phosphorus in the soils. This effect is probably associated to the retention degree of the phosphate ions by the clay particles saturated with calcium.

KEY WORDS: Acid soils, Calcium carbonate, Phosphatase, Phosphorus

INTRODUCCION

Actualmente se realizan grandes esfuerzos para lograr el mejoramiento de la fertilidad de los suelos ácidos, mediante la utilización incontrolada de agroquímicos, compuestos que han provocado no sólo la alteración del balance y rendimiento de las especies en las comunidades vegetales (Zou *et al.*, 1992), sino también el impacto económico que implica la utilización de agroquímicos de alto costo en la América Latina. Esta problemática, aunada a la fijación característica del fósforo en los suelos ácidos, han sugerido la utilización de estrategias agronómicas de bajo costo, que permitan modificar las limitaciones del suelo, para adecuarlas a las demandas nutricionales de las plantas y poder así incrementar la disponibilidad del fósforo y la productividad vegetal.

Una de las estrategias normalmente utilizadas en las prácticas agrícolas para disminuir la capacidad de fijación del fósforo en los suelos ácidos es mediante la

técnica del encalado. No obstante, existen muchas controversias con respecto al efecto de este tratante sobre la fijación del fósforo (Hayne y Ludecke, 1981) y las actividades de las fosfatasa (Trasar-Cepeda *et al.*, 1991). Barrow (1984) sugiere que, los efectos del CaCO_3 en la disponibilidad del fósforo, dependen del grado en que el calcio sea fijado por las superficies adsorbentes o por reacciones con el aluminio intercambiable. Pang y Kolenko (1986), registran que el encalado reduce la actividad de la fosfatasa en los suelos ácidos, debido a la degradación de esta enzima por otros componentes del suelo.

Actualmente se ha tratado de incrementar la productividad agrícola mediante la utilización de los residuos vegetales (Ohashi y Yoshida, 1988; Umrit y Friesen, 1994). No obstante, se dispone de poca información a nivel mundial del efecto de los residuos orgánicos sobre las actividades de las fosfatasa en el suelo (Ohashi y Okamoto, 1985), así como del efecto del encalado sobre la actividad de esta enzima (Hayne y Swift, 1988).

Recibido: Mayo 1999. Aprobado: Febrero 2000.

Dada la importancia de las actividades de las fosfatasa en la fertilidad de los suelos, este estudio tuvo como objetivo fundamental evaluar el efecto del CaCO_3 sobre las actividades de las fosfatasa y la disponibilidad del fósforo inorgánico en los suelos ácidos de las localidades de El Caro, Mapiricure y El Rincón.

MATERIALES Y METODOS

Recolección y Tratamiento de las Muestras. Se utilizaron suelos ácidos procedentes de las localidades de El Caro, Mapiricure (Mesa de Guanipa. Edo. Anzoátegui) y de El Rincón (Maturín. Edo. Monagas), los cuales fueron recolectados por quintuplicados según la técnica de selección al azar de Parkinson *et al.* (1971), desde 0 a 20 cm de profundidad en un área de 2000 m². Las muestras fueron secadas al aire durante 5 días y cernidas a través de un tamiz con poros de 2 mm de diámetro. Como enmienda se utilizó el CaCO_3 con un 100% de pureza. La concentración del CaCO_3 empleado en la presente investigación, fue de 628 kg/ha⁻¹ (Cermeño, 1990).

Las muestras se mezclaron homogéneamente y se distribuyeron en un diseño aleatorio el cual consistió en emplear 200 potes, en la mitad de los cuales se distribuyó el equivalente a 2 Kg de suelo seco (control) y en la otra igual cantidad de la mezcla suelo CaCO_3 . Posteriormente se incubaron, durante 21 días (Zabala y Gómez, 1994), a temperatura ambiente ($27 \pm 3^\circ\text{C}$) y se mantuvieron al 60% de su capacidad de retención hídrica (Palmer y Troeh, 1979). Concluido el período de incubación las muestras fueron secadas al aire ($27 \pm 3^\circ\text{C}$) durante 48 horas y posteriormente se procedió a la estimación de la actividad de la fosfatasa.

Análisis de las Muestras

La actividad de la fosfatasa se determinó por triplicado, según el método de Tabatabai y Bremner (1969) mediante estimación espectrofotométrica (400nm) de la cantidad de p-nitrofenol liberado por incubación de 1gr de las muestras durante 1 hora a 37°C con 2ml de tolueno, 4 ml del buffer Universal modificado (0.17M) ajustado al pH óptimo de la enzima (Burns, 1978) y 1 ml de p-nitrofenilfosfato (0.25M) como sustrato. 1 ml de CaCl_2 (0.5M) y 4 ml de NaOH (0.5M) Se emplearon para evitar la dispersión de la arcilla y detener la actividad enzimática respectivamente. La actividad de la enzima se expresó en μg de p-nitrofenol liberado /g/h/a 37°C (Burns, 1978).

La disponibilidad del fósforo se determinó por triplicado según el método de Bray-1 propuesto por Palmer y Troeh (1979) el cual consistió en tratar 2.5 gramos de las

muestras con 20 ml de solución extractora de NH_4F (0.03N) y HCl (0.025). La determinación del fósforo presente en el suelo se determinó espectrofotométricamente a 660nm y se expresó en μg de P/g de suelo.

El pH de las muestras de suelo procedentes de las localidades de El Caro, Mapiricure y El Rincón, tratados (+) o no (-) con el CaCO_3 se determinó mediante agitación de las mismas en una solución de KCl (1 M), en la proporción 1:2.5 P/V durante 30 min. (Jackson, 1976).

El contenido de materia orgánica fue determinado según el método de Walkey-Black (Palmer y Troeh 1979).

Los resultados fueron tratados estadísticamente mediante análisis de varianza de una vía (ANOVA) con separación de medias, según el test de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características físico-químicas de los suelos de El Caro, Mapiricure y El Rincón se describen en la (Tabla 1).

Bajo condiciones naturales (-), las fracciones de los suelos objeto de estudio, mostraron actividad óptima para las fosfatasa ácidas en el rango de pH comprendido entre 3.0 - 6.0 para los suelos de El Caro, Mapiricure y El Rincón (Figs. 1A, B y C), los cuales se encuentran dentro del rango de pH reportados por otros investigadores como actividad óptima para esta enzima (Trasar-Cepeda y Gil-Sotres, 1987; Zabala y Gómez, 1994). Esto se explica, debido a que bajo condiciones de acidez del suelo, la enzima que se manifiesta es la fosfatasa ácida (Juma y Tabatabai, 1978), debido al carácter adaptativo de las mismas a las condiciones de pH del suelo (Trasar-Cepeda y Gil-Sotres, 1987). Los resultados de esta investigación a la vez mostraron la presencia de una fosfatasa alcalina con una baja actividad entre pH 8.0 - 11.0 para el suelo de El Caro y de pH 8.0 - 9.0 para Mapiricure y una actividad óptima a pH 9 para El Rincón, valores que se encuentran en el rango de pH reportados para esta enzima en diferentes tipos de suelos (Pang y Kolenko, 1986). Bajo condiciones de enmienda con el CaCO_3 (+), los suelos objeto de estudios, mostraron una actividad óptima para la fosfatasa ácida a pH 3.0 a partir de la cual la enzima muestra una disminución progresiva altamente significativa de su actividad, llegando inclusive a su inactivación en los suelos de El Caro y Mapiricure (Figs. 1A, B y C). La persistencia de la actividad de esta enzima en el suelo de El Rincón podría estar relacionada a su contenido húmico

(Tabla 1), el cual protege la enzima, favoreciendo de esta forma la actividad biológica en el suelo (Burns, 1978).

TABLA 1. Características físico-químicas de los suelos de El Caro, Mapiricure y El Rincón

Localidades	Textura (clase)	pH	%MO	P (μg / g)
El Caro	a	5,1	0,81	2,1
Mapiricure	a	5,4	0,29	2,2
El Rincón	a	5,6	2,58	2,5

Bajo condiciones naturales (-), el suelo de la localidad de El Rincón registro la mayor actividad de la fosfatasa ácida (Tabla 2); Efecto que probablemente esta relacionado no solo a su contenido de materia orgánica (Burns, 1978), sino al estímulo que éste provoca sobre la actividad biológica del suelo (Shah *et al.* 1990), lo cual favorece la mineralización del fósforo orgánico

TABLA 2. Análisis comparativo de las actividades de las fosfatasas ácidas en los suelos de El Caro (5,1), Mapiricure (5,4) y El Rincón (5,6), no tratados (-) y tratados con CaCO₃ (+).

Localidades	Act. de las fosfatasas (μg / g / h a 37 °C)	
	Tratamiento	
	(-)	(+)
El Caro	33,27 ^c	132,23 ^c
Mapiricure	37,25 ^b	140,65 ^b
El Rincón	111,13 ^a	159,42 ^a

Los valores medios acompañados de las mismas letras, no difieren en forma significativa según el análisis del rango múltiple de Duncan.

No obstante, el suministro del CaCO₃ (+) provoca una estimulación de las actividades de las fosfatasas ácidas en los suelos de El Caro, Mapiricure y El Rincón (Tabla 2). Esta estimulación ha sido atribuida al incremento en las concentraciones de los iones de Ca⁺⁺ aportadas por el CaCO₃ (Hayne y Ludecke, 1981), lo cual afecta la absorción de fosfatos por parte de las partículas arcillosas de los suelos ácidos al competir con el Al³⁺ intercambiable (Kuo, 1993). La fijación de los iones de fósforo por este mecanismo conlleva a que la microflora del suelo incremente la síntesis de fosfatasas, efecto que favorece la mineralización del fósforo orgánico presentes en estos suelos (Stewart y Tiessen, 1987).

Bajo condiciones naturales (-), los suelos objeto de estudio presentaron marcadas diferencias en relación a la disponibilidad del fósforo inorgánico (Fig. 2), efecto determinado en gran parte por el grado de actividad de las fosfatasas registradas en éstos (Tabla 2 y Fig. 1A, B y C). Bajo condiciones de enmienda con el CaCO₃ (+) se observó una baja disponibilidad del fósforo para los tres tipos de suelo (Fig. 2), lo cual puede estar asociado a: (i) el hecho de que los iones fosfatos pueden precipitarse sobre la superficie de las partículas del CaCO₃ (Curtin *et al.*, 1992); (ii) a la retención de los iones fosfatos por las arcillas saturadas con el Ca⁺⁺ (Naidu *et al.*, 1990), entre los cuales se establece un puente químico: Arcilla - Ca - H₂PO₄ que imposibilita la disponibilidad del fósforo (Sánchez y Salinas, 1981). Anjos y Rowell (1987), sugieren que el encalamiento de los suelos, reduce la disponibilidad del fósforo en los mismos, debido a que proporciona una superficie adicional para adsorber dicho elemento (Smillie *et al.*, 1987), a la vez que reduce de esta manera su extractibilidad del suelo (Kuo, 1993). No obstante, con relación a lo anteriormente mencionado es muy posible que estén involucradas otras reacciones aún no conocidas (Sánchez y Salinas, 1981).

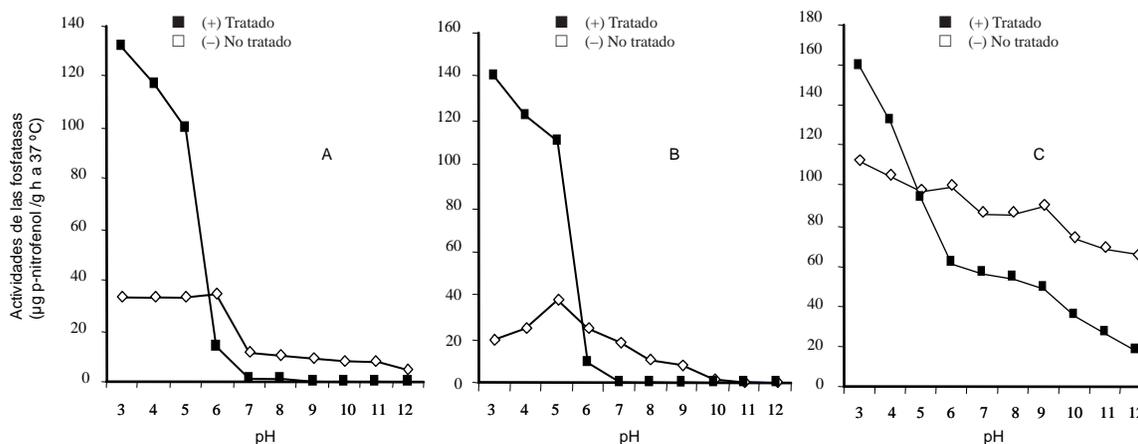


Fig 1. Efecto del pH del buffer sobre las actividades de las fosfatasas en los suelos de El Caro (A), Mapiricure (B) y El Rincon (C), no tratados (□) y tratados con Ca CO₃ (■)

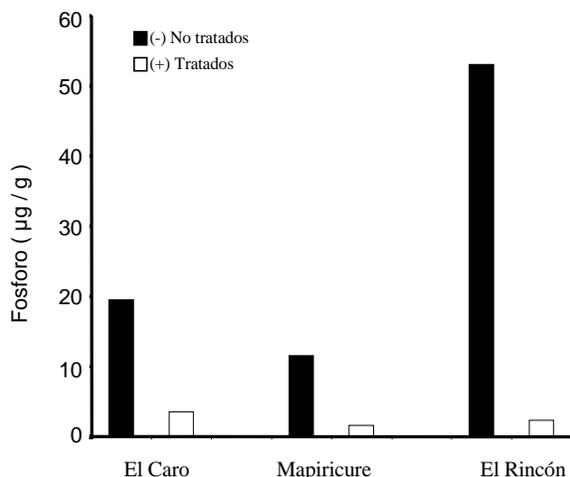


Fig 2. Efecto del CaCO_3 sobre la disponibilidad del fósforo en los suelos de El Caro, Mapiricure y el Rincón.

CONCLUSIONES

De la presente investigación se desprende, que el uso del CaCO_3 , no resulta conveniente para el mejoramiento de los suelos ácidos de El Caro, Mapiricure y El Rincón, ya que a pesar de provocar un efecto estimulativo sobre las actividades de las fosfatasas, disminuye la disponibilidad del fósforo en estos suelos.

AGRADECIMIENTO

Al consejo de investigación de la Universidad de Oriente por el apoyo prestado al proyecto C.I-1-021-00672.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANJOS, J. T Y ROWELL, D. L. 1987. The effect of lime on phosphorus adsorptions and barley growth in three acid soils. *Plant Soil*. 103: 75 - 82.
- BARROW, N. Y. 1984. Modelling the effect of pH on phosphate absorption by soils. *J Soil Sci*. 35: 283 - 297.
- BURNS, R.G. 1978. Enzyme activity in soil. Some theoretical and practical considerations. In: *Soil Enzyme* (R.G. Burns, Ed.), Acad. Press, London. 295 - 339 p.
- CERMEÑO, Z.J.L. 1990. Dosificación económica de urea, superfosfato triple, cal agrícola, sulfato de magnesio y borax en el girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Contiflor 3. Tesis de M.Sc. U.D.O. Núcleo de Monagas. Jusepín. Monagas-Venezuela.
- CURTIN, D., SYERS, J.K. Y BOLAND, N. S. 1992. Phosphate absorption by soil in relations to exchangeable cation compositions and pH. *Augs. J. Soil Res*. 31: 137-149.
- HAYNE, R.J. Y LUDECKE, T.E. 1981. Effect of lime and phosphorus applications on concentrations of available nutrients on P, Al and Mn uptake by two pasture legumes in an acid soil. *Plant Soil* 62: 117-128.
- HAYNE, R.J. Y SWIFT, R.S. 1988. Effect of lime and phosphate addition on change in enzyme activities, microbial biomass and level of extractable nitrogen, sulphur and phosphorus in an acid soil. *Biol. Fert. Soil* 6: 153-158.
- JACKSON, M.L. 1976. *Análisis químico del suelo*. Omega S. A., Barcelona. 682 p.
- JUMA, N.G. Y TABATABAI, M.A. 1978. Distribution of phosphomonoesterases in soil. *Soil Sci*. 126: 101-108.
- KUO, S. 1993. Effect of lime and phosphate on the growth of annual bluegrass and creeping bentgrass in two acid soils. *Soil Sci*. 156: 94 - 100.
- NAIDU, R., SYERS, J.K., TILLMAN, R.W. Y KIRKMAN, J.H. 1990. Effect of liming and added phosphate on charge characteristics of acid soils. *J. Soils Sci*. 41:157-164.
- OHASHI, K. Y OKAMOTO, M. 1985. Effect of continuous application of farmyard manure mixed with sawdus on the nutrient uptake by vegetable sand on the chemical properties of soil. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr*. 56: 378 - 383.
- OHASHI, K. Y YOSHIDA, S. 1988. Phosphomonoesterase activity cultivated soils amended with different level of organic materials. *Soil Sci. Plant Nutr*. 34: 293 - 296.
- PALMER, R.G. Y TROEH, F.R. 1979. *Introducción a la ciencia del suelo*. Libros y editoriales S.A., Mxico 18, D.F. 158 p.
- PANG, P.C. Y KOLENKO, K. 1986. Phosphomonoesterase activity in forest soils. *Soil Biol. Biochem*. 18: 35 - 40.
- PARKINSON, D., Y GRAY, T.R.C. Y WILLIAMS, S.T. 1971. *Methods for studying the ecology of soil microorganims*. I.B.P. Handbook N° 29 Black well Scientific Publ., Oxford. U.K. 116 p.

- SÁNCHEZ, P.A. Y SALINAS, J.G. 1981. Low input technology for managing Oxisoles and Ultisoles in tropical America. Adv. in Agrom. 34: 280 - 406.
- SHAH, Z., ADAMS, W.A. Y HANEN, C.D. 1990. Composition and activity of the microbial population in an acid upland soil and effects of liming. Soil Biol. Biochem. 22: 257 - 263.
- SMILLIE, G.W. , CURTIN, D. Y SYERS, J.K. 1987. Influence of exchangeable calcium on phosphate retention by weakly acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 1169 - 1172.
- STEWART, J.W.B., Y TIESSEN, H. 1987. Dynamics of soil organic phosphorus. Biogeochem. 4: 41 - 60.
- TABATABAI, M.A. Y BREMNER, J.M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. Soil Biol. Biochem. 1: 301 - 307.
- TRASAR-CEPEDA, M.C. Y GIL-SOTRES, F. 1987. Phosphatase activity in acid high organic matter soil in Galicia (New Spain). Soil Biol. Biochem. 19: 281 - 287.
- TRASAR-CEPEDA, M.C. Y GIL-SOTRES, F. Y DE BLAS, E. 1991. Liming and the phosphatase activity and mineralization of phosphorus in an Andic soil. Soil Biol. Biochem. 23: 209 - 215.
- UMRIT, G. Y FRIESEN, D.K. 1994. The effect of C:P ratio of plant residues added to soil of contrasting phosphate absorption capacities on P uptake by *Panicum maximum* (Jack.) Plant Soil. 158: 275 - 285.
- ZABALA, M. Y GÓMEZ Y. 1994. Efecto de la aplicación de la tierra de filtro sobre la actividad de la fosfatasa y la disponibilidad del fósforo en la rizosfera de dos variedades de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas en suelo ácido. Tesis de M.Sc. U.D.O. Núcleo de Sucre. Cumana. Sucre-Venezuela. 103 p.
- ZOU, X., BINKLEY, D. Y DOXTADER, K.G. 1992. A new method for estimating gross phosphorus mineralization and immobilization rates in soil. Plant Soil. 147: 243 - 250.