

## UTILIZACIÓN DE DOS ROCAS FOSFÓRICAS COMO FERTILIZANTE EN SUELOS CALCÁREOS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS

Edmundo Peña Cervantes<sup>1</sup>  
Rubén Casillas Domínguez<sup>2</sup>

### RESUMEN

Dos fosfatos naturales provenientes de Baja California Sur y Zimapan Hidalgo, fueron estudiados a nivel de invernadero, con el fin de determinar su coeficiente de asimilación (eficiencia agronómica relativa) en dos tipos de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), con pH de 8.1 y 8.2. Los resultados muestran que existen diferencias importantes entre fosfatos y entre suelos. Sólo un fosfato presenta características favorables para su utilización directa en agricultura; sin embargo, su eficacia fue menor. En los dos casos se observó el efecto favorable de la aplicación de un material acidificante.

### INTRODUCCIÓN

El problema del fósforo en los suelos, ha dado lugar a un número considerable de estudios: por una parte, debido a la importancia de este elemento como factor limitante para el desarrollo de las plantas; y por otro lado, debido a la complejidad de las relaciones entre el ión fosfato y los diversos constituyentes del suelo.

Al aplicar un fertilizante fosfatado al suelo, inmediatamente se inician una serie de reacciones en las que el fósforo hidrosoluble tiende a pasar a formas insolubles (proceso de fijación), con lo cual se limita en gran parte la disponibilidad del elemento; estas reacciones tienen un gran interés agronómico en la fertilidad potencial del suelo y el comportamiento de algunos fertilizantes fosfatados, ya que la cantidad del fósforo fijado va a depender del fósforo hidrosoluble total del mismo.

---

1. Dr. Maestro-Investigador, Depto. Suelos. Div. de Ingeniería. UAAAN

2. Tesista Licenciatura

Para minimizar este problema, se ha trabajado con materiales tendientes a disminuir la fijación de fósforo por los suelos, utilizando mejoradores de las condiciones físico-químicas del suelo, como: materia orgánica (Bangar *et al.*, 1985), silicatos y encalados (Truong *et al.*, 1974, Pichot *et al.*, 1982), productos acidificantes (Cepeda, 1984, Alvarez *et al.*, 1981), materiales fosforados de baja solubilidad (Adán *et al.*, 1980, Nuñez, 1987).

El objetivo principal de este trabajo, fue estudiar el comportamiento de la roca fosfórica de distinto grado de solubilidad, mezcladas con azufre, con el fin de determinar su eficiencia agronómica en comparación a un fertilizante soluble en dos suelos calcáreos y utilizando como planta indicadora el pasto Rye Grass.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Cepeda (1984), al aplicar superfosfato triple mezclado con azufre en un suelo calcáreo, observó un incremento en la concentración de fósforo en la solución del suelo, además de que provocó cambios importantes en el suelo con respecto al tratamiento de superfosfato triple.

Alvarez *et al.* (1981), en ensayos de invernadero en Andosoles y Ultisoles ácidos reportaron consistentes incrementos en la efectividad agronómica relativa de la roca fosfórica al mezclarla con flor de azufre; el caso extremo se observó con el andosol mólico, en donde la roca de San Hilario no aportó fósforo al cultivo al aplicarla sola, pero al adicionarla con azufre aportó 12% más de fósforo que el superfosfato triple.

Bangar *et al.* (1985), mostraron que el fósforo era solubilizado y transformado en formas aprovechables durante un proceso de compostage y las plantas utilizaban el fósforo eficientemente aun en suelos de pH de 8.5 y ligeramente superiores.

Nuñez *et al.* (1987), en un ensayo de campo en la Sierra Tarasca, encontraron mayor respuesta del maíz de temporal a la roca fosfórica que al superfosfato, con un efecto estimulante del azufre y del estiércol porcino sobre la absorción del fósforo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Suelos

Para este estudio fueron utilizados dos tipos de suelos (Cuadro 1).

**Feozem calcáreo.** Suelo de origen aluvial formado por arrastres de la Sierra de Zapalinamé de textura migajón arcillo-arenosa con una reacción medianamente alcalina (pH 8.1), y con un contenido medio en lo que respecta al fósforo extractable.

**Cuadro 1. Principales características físico-químicas de los suelos estudiados.**

Características	Unidades	F. calcárico	X. háplico
granulometría	Arena %	62.8	52.8
	Limo %	10.0	24.0
	Arcilla %	27.2	23.2
pH H <sub>2</sub> O	2:1	8.1	8.2
C. orgánico	%	2.75	1.42
N. total	%	0.23	0.14
C.I.C.	meq/100 g	47.7	90.6
Carbonatos	%	46.1	35.3
	Total mg/kg	261.7	166.5
Fósforo	Aprov. mg/kg	38.8	31.5
	Orgánico mg/kg	178.2	72.7

**Xerosol háplico.** Suelo formado por arrastres de material, de color claro rojizo con una textura migajón-arcillo arenosa, presenta un pH de 8.2 (medianamente alcalino) y con un contenido medio de fósforo extractable.

Estos suelos fueron obtenidos del horizonte superficial y se encuentran en el área de la UAAAN.

### Los fosfatos naturales

Las rocas fosfóricas utilizadas se obtuvieron de Baja California Sur y Zimapan, Hidalgo, son fosfatos tricálcicos de origen sedimentario y de solubilidades diversas, el contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total 19.8% y 31.2%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hidrosoluble 0.007% y 0.013% y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble en citrato de amonio 12% y 7%, respectivamente.

### Fuente acidificante

Como fuente acidificante se utilizó flor de azufre con una pureza de 98.5%.

Formas de fósforo de los suelos y los fosfatos naturales.

Los suelos utilizados así como las rocas fosfóricas fueron analizadas en diferentes fracciones de fósforo.

Fósforo total extraído por ataque de ácido perclórico concentrado.

Fósforo "asimilable". Esta fracción fue determinada por el método Olsen, el cual se basa en la extracción de fósforo con NaHCO<sub>3</sub> 0.5 N a pH 8.5.

Fósforo orgánico. En este caso se utilizó el método propuesto por Saunders y Williams (1955), y que consiste en la transformación del fósforo orgánico en fósforo mineral por calcinación, y su posterior extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.5 N

Fósforo soluble en agua. Fósforo extraído de un gramo de roca fosfórica en 50 ml de agua.

En todos los casos la determinación de fósforo se hizo por colorimetría, del complejo fosfomolibdico después de la reducción con ácido ascórbico.

### Prueba en el invernadero

La eficacia de los fosfatos naturales fue probada en macetas que contenían 500 gramos de suelo tamizado a 2 mm y se utilizó como planta testigo el Rye Grass a razón de 0.5 gramos por maceta.

En cada tipo de suelo se compararon 6 tratamientos:

- Dos fosfatos naturales
- Dos fosfatos naturales adicionados con azufre
- El superfosfato triple
- Un testigo sin fósforo

Bajo un diseño completamente al azar con 5 repeticiones.

Los diferentes fertilizantes fosfatados se tamizaron a 0.1 mm y fueron aportados a una dosis de 100 mg de P/kg de suelo, el azufre fue aplicado a razón de 150 mg/kg de suelo.

A cada maceta se le aplicó una fertilización uniforme de N, K, Ca y Mg, al momento de la preparación del experimento y después de cada corte.

Se realizaron tres cortes del pasto a la 5<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> semanas después de la siembra; las partes aéreas cosechadas se secaron, pesaron y analizaron para calcular:

- La absorción de fósforo.
- El coeficiente de utilización de los fertilizantes, que es el porcentaje de fósforo absorbido relacionado a la cantidad de fósforo aplicado.
- El coeficiente de asimilación (eficiencia agronómica relativa):

$$\text{C.A.} = \frac{\text{absorción de P (trat)} - \text{absorción de P (testigo)}}{\text{absorción de P (SFT)} - \text{absorción de P (testigo)}} \times 100$$

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Únicamente se presentan los resultados de la suma de los tres cortes, los cuales son indicadores del comportamiento de los fosfatos naturales a medio plazo.

Los resultados se presentan en los Cuadros 2 y 3, y en ellos se observa que los rendimientos de materia seca del pasto en el suelo Feozem calcárico aumentan ligeramente en los tratamientos con fósforo, en cualquiera de sus formas con respecto al testigo; sin embargo, esta diferencia no es significativa. En el caso de Xerosol háplico, se puede observar que sólo la aplicación del fósforo soluble aumenta en forma significativa la producción de materia seca y en el caso de los otros tratamientos, aunque presenta algunas diferencias, éstas no lo son desde el punto de vista estadístico.

La comparación de la absorción de fósforo de los diferentes tratamientos en el suelo Feozem calcárico permite apreciar que las exportaciones más elevadas se obtienen con el fertilizante soluble, los fosfatos naturales presentan valores análogos al testigo, y sólo la aplicación de azufre tiene una acción posi-

**Cuadro 2. Resultados de la suma de los tres cortes del suelo Feozem calcárico.**

Tratamientos	M.seca mg	A. de P. mg	C.U. %	C.A. %
Testigo	5130 a	2777 c		
SFT	5520 a	4473 a	3.4	
Zimapan	5200 a	2800 c	0.05	1.36
Zimapan + S	5450 a	3480 b	1.41	41.45
Baja California	5270 a	2746 c		
Baja California + S	5440 a	3246 bc	0.94	27.60
C.V. %	4.5	9.8		

Las cifras con letras iguales no son estadísticamente diferentes al 5% de probabilidad según la prueba de Duncan.

**Cuadro 3. Resultados de la suma de los tres cortes en el Xerosol háplico.**

Tratamientos	M. seca mg	A. de P. mg	C.U. %	C.A. %
Testigo	3660 b	849.2 b		
SFT	5456 a	3088.7 a	4.47	
Zimapan	3120 b	696.2 b		
Zimapan + S	3176 b	770.6 b		
Baja California	2996 b	706.6 b		
Baja California + S	9142 b	714.7 b		
C.V. %	15.1	17.8		

Las cifras con letra igual no son estadísticamente diferentes al 5% de probabilidad según la prueba de Duncan.

va sobre la absorción de fósforo. En el caso del Xerosol háplico sólo la aplicación del superfosfato triple eleva la absorción de fósforo por la planta a lo largo de la experiencia, y no se observó ninguna influencia de las otras fuentes de fósforo sobre este parámetro.

Los coeficientes de utilización calculados a partir de la absorción del fósforo que proviene del fertilizante, muestran que los fosfatos son generalmente poco utilizados, estableciéndose una diferencia bien marcada entre los fosfatos naturales y el superfosfato triple, en el caso del suelo Feozem calcárico; para el Xerosol háplico sólo el coeficiente de utilización del SFT ha podido ser determinado. Los valores del coeficiente de asimilación muestran una variación muy amplia entre tratamientos, correspondiendo los valores más elevados a los fosfatos mezclados con azufre, y se sitúan en primer lugar el fosfato de Zimapán más azufre (41.4%). Los valores obtenidos varían en el mismo sentido que el coeficiente de utilización de los fosfatos naturales y muestran la eficacia de la aplicación de azufre en el suelo Feozem calcárico. Los coeficientes de asimilación de los fosfatos naturales no pudieron ser determinados en el Xerosol háplico.

Al final de la prueba en macetas se determinó el fósforo "aprovechable", el cual corresponde al fósforo no utilizado por la planta, y que queda disponible en el suelo. Los resultados del Cuadro 4, muestran que en general los tratamientos de materiales fosfatados enriquecen el suelo en fósforo "aprovechable" en el caso del suelo Feozem calcárico, lo cual indica un efecto residual de los materiales, aun estando considerados como insolubles; en el Xerosol háplico el efecto residual fue menos marcado y sólo se observa a nivel del superfosfato triple y de la roca fosfórica de Baja California, con y sin azufre.

**Cuadro 4. Fósforo aprovechable (Olsen) después de la prueba de invernadero.**

Tratamientos	P. aprovechable mg/g de suelo	
	Feozem calcárico	Xerosol háplico
Inicial	39	31
Testigo	25.7	19
SFT	51.9	36
Zimapán	41.4	21
Zimapán + S	61.8	20
Baja California	36	32
Baja California + S	49	36

## CONCLUSIONES

1. Los fosfatos naturales estudiados son de origen sedimentario; al ser probados con el objetivo de una utilización directa en la agricultura muestran grados de solubilidad muy variables, este comportamiento depende de sus características intrínsecas y de las características de los suelos a los cuales se van a aplicar.
2. Las rocas fosfóricas mezcladas con azufre son más eficaces que las mismas aplicadas en forma directa, lo que indica un ligero efecto del azufre sobre la solubilización de estos materiales, aun en los tipos de suelos utilizados.
3. El fósforo "disponible" se vió aumentado en los dos tipos de suelo por la aplicación de los materiales fosfatados; la cantidad dependió del tratamiento y del tipo de suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adán, G., L. Cajuste y R. Nuñez, E. 1980. Caracterización química mineralógica y evaluación agronómica de rocas fosfóricas de diferentes depósitos. *Revista Agrociencia* 41:95-112.
- Alvarez, E.V., R. Nuñez, E., L. Cajuste y R. Ferrera. 1981. Eficiencia agronómica relativa de rocas fosfóricas crudas y parcialmente aciduladas por métodos químicos y biológicos. *Revista Agrociencia* 45:25-52.
- Bangar, K.C., K.S. Yadav y M.N. Mishra. 1985. Transformation of rock phosphate during composting and the effect of humic acid. *Plant and Soil*. 85:259-266.
- Cepeda, D.J.M. 1984. Uso de isotermas de adsorción de fósforo para estimar los requerimientos de fertilizantes fosfatados en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en un suelo calcáreo. Tesis Maestría. Buenavista, Saltillo, Coah. México. UAAAN.
- Nuñez, E.R. 1987. Aplicación directa de roca fosfórica como fertilizante; experiencias en México. Memorias del Congreso Internacional de la Industria de los Fertilizantes (ADIFAL). México, D.F. 16-40.

Pichot, J., B. Truong y A. Traore. 1982. Influence du chaulage du sol sur la solubilisation et l'efficacité des phosphates naturels tricalciques d'Afrique de l'ouest. Etude en milieu contrôlé sur un sol ferrallitique de Madagascar. Agron. Trop. Vol. XXXVII 56- 67.

Truong, B., R. Bertrand, S. Burdin y J. Pichot. 1974. Contribution a l'étude du phosphore dans les sols dérivés de roches volcaniques de l'île de la Réunion (Mascareignes). Actions du carbonate et du silicate de calcium. Agron. Trop. Vol. XXIX 1- 12.