

## CORRECCION DE LA ACIDEZ Y DINAMICA DEL FOSFORO EN DOS ULTISOLES DE MISIONES

Lidia G. de López Camelo; I. Mizuno; A. Ruiz y Zulema M. de Sesé (1)

Recibido: 5/10/84  
Aceptado: 3/12/84

### RESUMEN

En dos Udults de la provincia de Misiones se llevaron a cabo ensayos de incubación y de invernáculo, analizándose las muestras sometidas a distintos tratamientos de encalado y fertilización fosfatada para verificar los cambios en el pH y las repercusiones de los distintos tratamientos en la dinámica del fósforo.

### LIMING AND PHOSPHORUS DYNAMICS IN TWO ULTISOLS FROM MISIONES PROVINCE

#### SUMMARY

Two Udults from Misiones province were used to carry out incubation and greenhouse experiments. The soils were limed and fertilized with phosphorus to verify pH changes and consequences in phosphorus dynamics.

### INTRODUCCION

Los suelos ácidos de áreas tropicales y subtropicales presentan problemas que limitan el desarrollo agrícola. La mayoría de los mismos se caracterizan por una deficiencia general de macro y micronutrientes y toxicidad de aluminio y/o manganeso (Salinas, 1982). En la Argentina estos suelos se encuentran en la provincia de Misiones y norte de Corrientes.

Dentro de la estrategia para el manejo de suelos de este tipo puede citarse el encalado, cuyas consecuencias se traducen en la dismi-

nución de las deficiencias de P y la desaparición de la toxicidad del aluminio. Esta práctica se combina en algunas oportunidades con fertilización fosforada.

El requerimiento de cal para un suelo puede estimarse por diversos métodos que se basan en principios muy diferentes.

Recientemente se ha reconocido al Al como catión dominante en los suelos ácidos y se recomienda la necesidad en cal de acuerdo a la cantidad necesaria para neutralizar al Al intercambiable (Kamprath, 1970; Rojas, 1977; Méndez y Kamprath, 1978; Farina *et al.*, 1980; Pavan *et al.*, 1982; Oates y Kamprath, 1983).

1) Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina.

Existen además métodos clásicos, como la curva de titulación (Abruña, 1955) que siguen utilizándose como método de referencia (Fox, 1980; Ssali, 1981) y otros basados en el uso de soluciones buffer como el SMP (Shoemaker, Mc Lean y Pratt, 1961), apropiado para suelos que presentan alto contenido de Al intercambiable.

Algunos autores consideran este procedimiento conveniente para un amplio rango de suelos minerales (Tran *et al.*, 1982), e incluso lo utilizan en suelos tropicales (Ssali *et al.*, 1981; Bandopadhyay *et al.*, 1982).

Con el presente trabajo se ha intentado reunir información acerca de la eficiencia para la determinación de necesidad en cal de dos métodos clásicos y el estudio de las interacciones del encalado y la fertilización en la dinámica del fósforo del suelo.

## MATERIALES Y METODOS

### Suelos

Se utilizaron muestras de los horizontes superficiales (0 a 20 cm) de 2 Ultisoles de la Pcia. de Misiones cuyas características figuran en el Cuadro 1.

### Métodos de laboratorio

- pH en agua 1: 2,5
- Determinación rápida de humedad equivalente. (Mizuno *et al.*, 1978).
- Necesidad en cal.

- Método de Abruña y Chandler, con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0,03 N (Black, 1965).
- Método del buffer, de Shoemaker, Mc Lean y Pratt (Black, 1965).
- Carbono total: método de Walkley-Black (Black, 1965).
- Aluminio de cambio: acetato de amonio 1 N pH 4,8 (Black, 1965).
- P total: digestión con ácido perclórico y colorimetría con ácido vanadomolibdico (Jackson, 1964).
- P extractable: método de Bray-Kurt N° 1 (Jackson, 1964).
- Isotermas de adsorción de fósforo (López Camelo *et al.*, 1984).
- Fraccionamiento de P inorgánico: método de Chang y Jackson (1957) modificado por Williams (1967). En la determinación de P soluble en reductores se utilizó la metodología de Petersen (1966).
- Capacidad de fijación de fosfatos: adaptación de la técnica de Fassbender e Igue (1967), utilizando 2,5 g de suelo y 25 ml de solución patrón de P de 50 ppm, con un tiempo de agitación de 6 horas.

### Ensayo de incubación

Se incubaron 400 g de muestra del suelo N° 2 a 37°C, manteniéndolas en capacidad de campo mediante pesadas diarias.

Se llevaron a cabo, por duplicado, los siguientes tratamientos:

Dosis 0: testigo sin agregado de CaO.

Muestra N°	Clasificación taxonómica	Textura	pH	Carbono total (%)	Humedad equivalente (%)
1	Udult, serie Posadas	Franca	4,9	1,60	22,6
2	Udult, serie Cerro Azul	F. arc. arenoso	5,5	1,56	27,6

Dosis 1: con agregado de 134,5 mg CaO/400 gramos (873,6 kg CaO/ha).

Dosis 2: con agregado de 336 mg CaO/400 gramos (2184 kg CaO/ha).

Dosis 3: con agregado de 672 mg CaO/400 gramos (4368 kg CaO/ha).

Las extracciones de muestras fueron realizadas con un tubo plástico de 2 cm de diámetro y se llevaron a cabo a los 30, 60, 90 y 120 días.

En las muestras se determinaron pH, Al de cambio, Ct, Pt, P extractable, fracciones inorgánicas de P y capacidad de fijación de fosfatos.

Dosis 1: con agregado de 571 mg CaO/800 gramos (1856,4 kg/ CaO/ha).

Dosis 2: con agregado de 941 mg CaO/800 gramos (3057,6 kg CaO/ha).

Dosis 3: con agregado de 1613 mg CaO/800 gramos (5241,6 kg CaO/ha).

Se utilizó como planta índice el tomate (*Lycopersicon esculentum* var. platense). La cosecha se realizó a los 50 días.

Las determinaciones realizadas en las muestras fueron: pH, Ct, P extractable, fraccionamiento de P e isothermas de adsorción de fósforo.

### Ensayo de invernáculo

Se realizó con el suelo N° 1 utilizando macetas que contenían 800 g de suelo.

El diseño experimental fue un arreglo factorial en tres bloques.

En todos los casos se aplicó una fertilización nitrogenada equivalente a 100 kg/ha de N en forma de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , y una fertilización fosforada equivalente a 100 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , en forma de  $\text{H}_2\text{NaPO}_4$ .

El encalado se realizó 20 días antes de la siembra y las dosis de OCa utilizadas fueron:

Dosis 0: testigo sin agregado de CaO.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Corrección de la acidez

Para el cálculo de necesidad en cal, los resultados obtenidos mediante el método de Abruña y Chandler y por el método del buffer figuran en el Cuadro 2.

Al conjugar los resultados logrados por ambas técnicas y llevándolos a la práctica se llega a los valores del Cuadro 3, observándose discrepancias entre ambos métodos para lograr un pH similar.

Las dosis para los ensayos fueron calculadas en función de los resultados obtenidos

CUADRO 2: Valores, de pH obtenidos en las determinaciones de necesidad en cal.

Muestra N°	pH								
	A				B				
	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (buffer)
1	5	5,6	6,5	7,1	7,9	8,2	9,3	4,8	6,0
2	5,7	6,5	7,1	7,6	8,2	8,4	9,3	5,2	6,3

(A) Método de Abruña y Chandler: Valores de pH al agregar cantidades crecientes de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0,03 N  
(B) Método del buffer.

CUADRO 3: Cantidades de Ca para obtener el pH requerido.

Muestra Nº	pH buscado	Curva de titulación		Buffer	
		kg de Ca/ha	kg CaO/ha	kg Ca/ha	kg CaO/ha
1	5,5	1.326	1.856,4	2.670	3.738
	6,0	2.184	3.057,6	3.360	4.704
	6,8	3.744	5.241,6	4.650	6.510
2	6,0	624	873,6	2.320	3.248
	6,5	1.560	2.184	2.750	3.850
	7,0	3.120	4.368	3.180	4.452

CUADRO 4: Determinaciones realizadas en las muestras correspondientes al ensayo de incubación.

Tratamiento	pH en agua					Ct (%)		Aluminio cambiante (ppm)				
	Período de extracción (días)					Período de extracción (días)		Período de extracción (días)				
	0	30	60	90	120	0	120	0	30	60	90	120
Testigo	5,5	4,9	4,7	4,6	4,3	2,38	1,94	12	10	12	12	12
Dosis 1		5,3	5,0	4,8	4,6		1,84		9	7,5	7,5	6,0
Dosis 2		6,0	5,7	5,1	4,8		1,92		5,5	5,0	5,0	5,2
Dosis 3		6,3	6,1	5,6	5,3		1,80		5,1	6,0	4,5	4,4

por la curva de titulación, ya que por el método del buffer se requerirían cantidades sensiblemente superiores de CaO para la corrección.

Las determinaciones efectuadas en el ensayo de incubación figuran en el Cuadro 4.

Para lograr un pH de 6 en el suelo, se requerían 873 kg de CaO/ha según el método de Abruña y Chandler, y 3248 de CaO/ha según el método de buffer. En el ensayo de incubación este pH se logró a los 30 días con una dosis de 2184 kg/ha de CaO; sin embargo, sucesivas extracciones de muestras a los 60, 90 y 120 días indicaron una disminución en el pH, llegándose a una acidificación mayor que el punto de partida tanto en el testigo como en las mayores dosis.

El ritmo de mineralización de la materia

orgánica no explica las diferencias señaladas.

Se evidenció un bajo nivel de aluminio cambiante en el suelo (Conti, 1970; Sesé, 1974), lo que puede explicarse ya que a pH 5,5 comienza a disminuir su concentración.

En este ensayo se observó un marcado descenso al aumentar la dosis de CaO, pero su evolución en el tiempo no se relaciona con los valores de pH. Cabe acotar que desde el punto de vista práctico la dosis 2 puede estimarse como la más conveniente para bloquear el aluminio en la muestra utilizada.

En invernáculo se trabajó con la muestra Nº 1, lográndose los resultados que figuran en el Cuadro 5.

En este caso las dosis calculadas tampoco coincidieron con los valores de pH obtenidos, ya que la dosis mínima lleva el pH a 7.

**CUADRO 5: Determinaciones realizadas en las muestras provenientes del ensayo de invernáculo.**

Tratamiento	pH actual	pH potencial	Ct (%) (Carbono total)
T	5,1	4,8	1,24
T + P	5,0	4,8	1,13
1	7,0	6,4	1,25
1 + P	6,7	6,0	1,18
2	7,3	6,7	1,02
2 + P	7,0	6,3	1,07
3	7,7	7,2	0,84
3 + P	7,5	7,0	0,98

Se evidenció asimismo un mayor ritmo de mineralización de la materia orgánica a medida que aumentaban las dosis de  $\text{CaO}$ , lo que puede explicarse por un incremento de la actividad microbiana con el encalado.

## 2. Dinámica del fósforo

Los resultados obtenidos en el ensayo de incubación figuran en el Cuadro 6.

La fracción extractable disminuyó con el tiempo en los tratamientos con  $\text{CaO}$ . Esto se debería al efecto de sobreencalado citado por Kamprath (1971) y Sánchez (1981), debido al cual los suelos fuertemente lixiviados presentan problemas en la disponibilidad de fósforo al ser encalados hasta neutralidad.

En cuanto a la capacidad de fijación de fosfatos, no varió en función del encalado y del tiempo. Este resultado podría explicarse por la baja sensibilidad del método empleado.

Al observar los resultados del testigo, la comparación entre el punto de partida ( $t_0$ ) y los 120 días revelaron un pequeño descenso en el fósforo extractable y aumento en el ocluido, diferencia esta última que es coincidente con la que se observa en la suma de las distintas formas inorgánicas.

La comparación entre los resultados del testigo y los tratamientos con  $\text{CaO}$  ponen de manifiesto para las dosis mayores de  $\text{Ca}$  y, a los 120 días, un ligero incremento del P-Fe, un aumento más significativo en la forma P-red, y una leve disminución en la forma P ocluido.

**CUADRO 6: Cantidades de fósforo extraído en las muestras provenientes del ensayo de incubación.**

Muestra	P total (ppm)	P						Suma de las fracciones de $\text{P}_i$ (ppm)	
		extract. (ppm)	P ads. (%)	P-Al (ppm)	P-Fe (ppm)	P-ocl. (ppm)	P-red (ppm)		P-Ca (ppm)
$T_0$	714	3,5	86,0	5,0	148	144	375	10	682
T 60		3,5							
T 90		3,5							
T 120	714	1,7	84,5	5,0	145	162	375	14	701
1 (30)		3,5							
1 (60)		3,5							
1 (90)	714	0	85,0	5,0	148	119	437	10	719
1 (120)	714	1,7	84,5	5,0	156	125	462	14	762
2 (30)		3,5							
2 (60)		3,5							
2 (90)	714	0	85,5	5,0	161	131	462	14	773
2 (120)	714	0	85,5	5,0	168	131	437	14	755
3 (30)		3,5							
3 (60)		3,5							
3 (90)	714	0	86,5	5,0	158	127	462	18	770
3 (120)	714	0	85,0	5,0	171	125	515	22	838

**CUADRO 7: Cantidades de fósforo extractable y fracciones inorgánicas de fósforo en las muestras provenientes del ensayo de invernáculo.**

Tratamiento	P extractable (ppm)	P-Al		P-Fe		P-ocluido	
		(ppm)	(%)	(ppm)	(%)	(ppm)	(%)
T	10,9	14,2	3,6	127,3	32,4	113	28,7
T + P	50,1	62,3	12,8	196,4	40,5	67,5	13,9
1	7,7	13,3	3,3	92,4	22,7	66,1	16,2
1 + P	44,9	66,6	15,3	175	40,1	70	16,0
2	7,7	17,3	5,3	97,9	29,9	57,9	17,7
2 + P	40,4	49,5	8,8	193,3	34,4	76,2	13,6
3	7,0	15	4,1	77,4	21,3	53,3	14,6
3 + P	46,2	70,2	13,0	165,1	30,6	77,1	14,3

Tratamiento	P-red		P-Ca		Suma de fracciones inorgánicas de P (ppm)
	(ppm)	(%)	(ppm)	(%)	
T	113	28,7	25,3	6,4	392,8
T + P	126,3	26,0	32,6	6,7	485
1	179,5	44,1	56	13,7	407
1 + P	68,6	15,7	56	12,8	436
2	126,3	38,6	28	8,6	327
2 + P	208,3	37,1	34,6	6,1	561,9
3	168,4	46,3	50	13,7	364
3 + P	194,7	36,1	32,6	6,0	539,7

Puede además observarse que la suma de las distintas formas es variable en cada tratamiento y no coincide con el valor de fósforo total obtenido. Ello es atribuible al método de fraccionamiento de Chang y Jackson, cuya problemática mencionaran Mizuno (1978) y Cuccia y Nijensohn (1984).

En el ensayo de invernáculo se obtuvieron los datos que figuran en el Cuadro 7.

El fósforo extractable disminuyó ligeramente con el encalado mientras que con el agregado de fertilizante y encalado, la tendencia fue de una leve disminución del extractable por el agregado de CaO, efecto que se acentuó con la máxima dosis.

En los experimentos de adsorción (Figura 1) se observan mayores valores de P adsor-

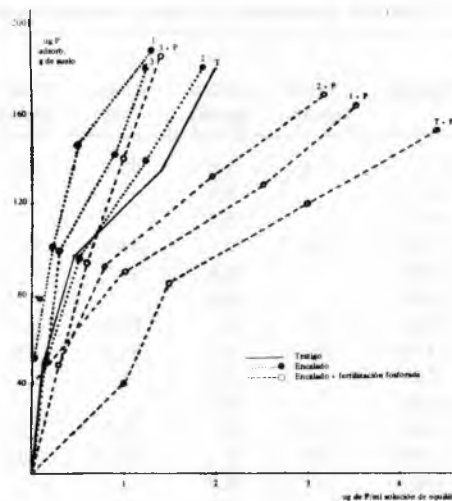


Figura 1: Isotermas de adsorción de fósforo del suelo N° 1.

bido con el agregado de Ca. Esto coincide con los resultados de Mokwunye, 1975 y Haynes, 1983, en cuanto a que el encalado a valores cercanos a la neutralidad aumenta la fijación de fósforo.

La combinación de P + Ca resulta en una menor fijación excepto en la dosis 3 + P.

Al considerar la serie de encalado sin agregado de fósforo, la tendencia fue el aumento en la forma P-Ca sin que el mismo fuera proporcional a la dosis de CaO. Asimismo se observaron aumentos en P-red y disminución de P-Fe y P ocluído, y con respecto al Al se verificó una leve variación.

El fosfato añadido pasó básicamente a engrosar las formas unidas al Al y al Fe, lo que coincide con los resultados de Conti *et al.* (1983); disminuyendo en forma relativa el fósforo ocluído.

### CONCLUSIONES

Los métodos de determinación de necesidad en cal estudiados arrojaron discrepancias en cuanto a los valores de CaO necesarios para llegar a un determinado pH. Al realizar ensayos de invernáculo y de incubación se observó que no se obtienen los resultados esperados utilizando las dosis de CaO calculadas mediante el método de la curva de titulación.

El aluminio intercambiable experimentó un marcado descenso con las mayores dosis de calcio.

Se evidenció un aumento en el ritmo de mineralización de la materia orgánica del suelo, lo que se explica por una mayor actividad microbiana debido al encalado.

El sobreencalado produjo una disminución del P asimilable y un aumento en la adsorción de este elemento.

El encalado y la fertilización disminuyeron el P ocluído y se observaron aumentos en otras fracciones inorgánicas más fácilmente disponibles.

### BIBLIOGRAFIA

- 1) Abruña, F.; J. Vicente, 1955. Requirement of a quantitative method for determining the lime requirement of soils. *Journal of Agric. Univ. Puerto Rico* 39: 41-45.
- 2) Bandopadhyay, B. K.; N. Goswami, 1982. Evaluation of lime requirement methods for some acid soils of India. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 30 (3): 296-302.
- 3) Black, C. A. (ed.), 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Am. Soc. Agr. 1572 pp.
- 4) Conti, M. E., 1970. Contenido de hierro y aluminio soluble y extractable de algunos suelos argentinos y su relación con el pH. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Buenos Aires*, 18: 85-90.
- 5) Conti, M. E.; G. Maccarini; S. Pena; M. González, 1983. Fertilizantes fosforados, movilidad y relación con las formas de fósforo del suelo. *Ciencia del Suelo*. 1 (2): 115-127.
- 6) Cuccia, S. M.; L. Nijensohn, 1984. Cuestionable validez de los fraccionamientos del fósforo edáfico. *Ciencia del Suelo* 2 (1): 31-35.
- 7) Chang, S. C.; M. L. Jackson, 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci* 84: 133-144.
- 8) Fassbender, H. W.; K. Igue, 1967. Comparación de métodos radiométricos y colorimétricos en estudios sobre retención y transformación de fosfatos en el suelo. *Turrialba* 17 (3): 284-287.
- 9) Farina, M. P. W.; M. E. Sumner; C. O. Plank; W. S. Letzsch, 1980. Exchangeable aluminum and pH as indicators of lime requirement for corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 1036-1041.
- 10) Fox, R. H., 1980. Comparison of several lime requirement methods for agricultural soils in Pennsylvania. *Commun. in Soil Sci. and Plant Analysis*, 11 (1): 57-69.
- 11) Haynes, R. J., 1983. Effect of lime and phosphate applications on the adsorptions of phosphate, sulfate and molybdate by a spodosol. *Soil Sci.* 135, No 4 221-227.
- 12) Jackson, M. L., 1964. Análisis químico de suelos. Ed. Omega; Barcelona, 662 pp.
- 13) Kamprath, E. J., 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 252-254.
- 14) Kamprath, E. J., 1971. Potential detrimental effects from liming highly weathered soils to neutrality. *Proc. Soil Crop. Sci. Soc.* 31: 200-203.
- 15) Méndez, J.; E. J. Kamprath, 1978. Liming of latosols and the effect on phosphorus response. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 86-88.

- 16) Mizuno, I., 1978. Aspectos problemáticos de la Ciencia del Suelo. *Ac. Nac. de Agr. y Vet.* t. XXXII N° 3.
- 17) Mizuno, I.; N. Arrigo; H. Svartz, 1978. Método rápido para la adeterminación de humedad equivalente. 8° Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires.
- 18) Mokwunye, U., 1975. The influence of pH on the adsorption of phosphate by soils from the Guinea and Savannah zones of Nigeria. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 1100-1102.
- 19) Oates, K. M.; E. J. Kamprath, 1983. Soil acidity and liming: II Evaluation of using aluminum extracted by various chloride salts for determining lime requirements. *Soils Sci. Soc. Am. J.* 47: 690-692.
- 20) Pavan Marcos, A.; F. T. Bingham; P. F. Pratt, 1982. Toxicity of aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with Ca CO<sub>3</sub>, Mg CO<sub>3</sub> and Ca SO<sub>4</sub> 2 H<sub>2</sub>O. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 1201-1207.
- 21) Petersen, G. W.; R. B. Corey, 1966. A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30, 563-565.
- 22) Rojas, I. L. de, 1977. Evaluación biológica de métodos químicos para determinar requerimientos de cal en suelos ácidos de Venezuela. *Agr. Trop.* 27 (4): 393-411.
- 23) Salinas, J. G., 1982. Tolerancia diferencial de las plantas a la acidez y bajo contenido de fósforo aprovechable en suelos ácidos. Curso de Fertilidad y Conservación de Suelos. Turrialba.
- 24) Sánchez, P. A., 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. 634 pp.
- 25) Sese, Z. M. M. de, (inédito). Estudio del contenido de potasio, aluminio, y calcio en suelos de Villa San Luis, Berazategui, Provincia de Buenos Aires.
- 26) Shoemaker, H. E.; E. D. Mc Lean; P. F. Pratt, 1961. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 25: 274-277.
- 27) Ssali, H.; J. K. Nwamanya, 1981. Buffer pH methods for estimation of lime requirement of tropical acid soils. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis* 12 (7): 643-659.
- 28) Tran, T. S.; Van Licrop, 1982. Lime requirement determination for attaining pH 5,5 and 6,0 of coarse texture soils using buffer-pH methods. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 46 (5): 1008-1014.
- 29) Williams, J. D. H.; J. K. Syers; T. W. Walker, 1967. Fractionation of soil inorganic phosphate by a modification of Chang and Jackson's procedure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31. 736-739.
- 30) López Camelo, L. G. de; O. Heredia; A. Nervi; Z. M. de Sese, 1984. Adsorción de fósforo en algunos suelos argentinos. 1. Condiciones experimentales e isotermas de adsorción. *Rev. Fac. Agr.* 5 (3): 165-174.