

# CONTENIDOS DE FÓSFORO TOTAL EN SUELOS CON CARACTERÍSTICAS VÉRTICAS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

N. G. BOSCHETTI<sup>1</sup>; R. VALENTI<sup>1</sup>; C. VESCO<sup>1</sup> y M. SIONE<sup>2</sup>

## RESUMEN

En Entre Ríos, los suelos con características vérticas ocupan el 69 % del total de la superficie provincial, sin contar el Delta del río Paraná (Proyecto PNUD/FAO/INTA, 1980), generalmente estos suelos son deficientes en fósforo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de fósforo total y su distribución en las fracciones orgánicas e inorgánicas en perfiles de suelos con características vérticas de Entre Ríos. Se tomaron muestras de suelo provenientes de cuatro Vertisoles, tres Alfisoles y un Molisol con características vérticas. En superficie los contenidos de fósforo total (Pt) de los suelos de los tres ordenes estudiados fueron de 200 a 300 mg kg<sup>-1</sup>. Del P total superficial de estos suelos predomina la fracción de P orgánico (Po) en relación a las formas inorgánicas (Pi). La distribución del P orgánico total en el perfil sigue un patrón general de disminución con el aumento de la profundidad, mientras que el Pi tiene una tendencia opuesta. Los horizontes C mostraron valores de P inorgánico de 150 a 200 mg de P kg<sup>-1</sup> de suelo, reduciéndose aproximadamente a la mitad en los horizontes superficiales. Como resultado de este estudio, se puede concluir que los suelos del centro norte de la provincia de Entre Ríos presentan valores bajos de Pt. En estos suelos son importantes las proporciones de Po en superficie, las cuales oscilan entre el 60% el 70 % del Pt.

**Palabras clave.** Fósforo total - Fósforo orgánico e inorgánico - Suelos vérticos.

## CONTENTS OF TOTAL PHOSPHORUS IN SOILS WITH VERTICS CHARACTERISTIC OF THE ENTRE RÍOS PROVINCE

### SUMMARY

In Entre Ríos, soils with vertics characteristic occupy 69% of the total provincial surface, without counting the Delta of Paraná river (UNDP Project / FAO / INTA, 1980). Generally these soils are deficient in phosphorus. The objective of this work was evaluated the total phosphorus content and its distribution in the organic and inorganic fractions in soil profiles with vertics characteristic from Entre Ríos. Soil samples were taken from four Vertisoles, three Alfisoles and a Molisol with vertics characteristic. In surface, the total phosphorus contents (Pt) of soils of the three studied orders were of 200 to 300 mg kg<sup>-1</sup> and the organic phosphorus (Po) was among 60 to 70 % of them. The distribution of total organic P in the profile shows a decrease with increase in soil depth, while the Pi has an opposite trend. Parent materials of horizons C show values of inorganic P of 150 to 200 mg of P kg<sup>-1</sup> of soil, being reduced approximately to half in the superficial horizons. As results of this study, we concluded that soils of north center of Entre Ríos province present low values of Pt. In these soils are important the proportions of Po in surface.

**Key words.** total phosphorus, organic e inorganic phosphorus, vertic soils

### INTRODUCCIÓN

El P es un elemento limitante para la producción de cultivos y pasturas, por lo que un mejor conocimiento de las formas del P en el suelo

permitiría elaborar estrategias de manejo más apropiadas acorde a las particularidades de cada suelo. Muchos suelos con características vérticas de la provincia de Entre Ríos son deficientes en P, es por

<sup>1</sup>Cátedra Edafología. Departamento Ciencias de la Tierra. Facultad Ciencias Agropecuarias UNER. CC 24. (3100) Paraná – Entre Ríos. E-mail: gboschet@arnet.com.ar

<sup>2</sup>Becaria Iniciación a la Investigación y Formación de Recursos Humanos UNER. CC 24. (3100) Paraná- Entre Ríos.

ello, que se ha observado respuesta ante el agregado de fertilizante fosfatado, tanto para pasturas como para cultivos (Quintero *et al.*, 1995, Mistrorigo *et al.*, 1993, Quintero, 1998).

Las características vérticas son aquellas inherentes al alto contenido de arcillas expandibles de estos suelos, tales como la presencia de grietas, bloques cuneiformes, caras de fricción, el movimiento en masa o el microrelieve gilgai. Del total de la superficie provincial, sin contar el área de delta del río Paraná, los suelos con características vérticas representan el 69% (PNUD/FAO/INTA, 1980). En estos suelos, se ha estudiado la disponibilidad de P inorgánico del suelo (Quintero *et al.*, 1999) y caracterizado el factor capacidad de adsorción de fósforo (Boschetti *et al.* 1998). Sin embargo, muy poco se conoce sobre el contenido de P total y su distribución en las formas orgánicas e inorgánicas.

Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de fósforo total y su distribución en las fracciones orgánicas e inorgánicas en perfiles de suelos con características vérticas del centro norte de la provincia de Entre Ríos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de suelos provenientes de cuatro Vertisoles, tres Alfisoles y un Molisol con características vérticas, derivados de materiales parentales pobres en P, representativos de los suelos del centro norte de la provincia de Entre Ríos. En cada sitio, seleccionados por responder al perfil tipo de la serie, se realizaron las descripciones morfológicas de los perfiles de suelo, para luego proceder al muestreo de los distintos horizontes reconocidos. Las muestras fueron extraídas de áreas no cultivadas ni fertilizadas.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire y pasadas por tamiz de 2 mm para la realización de los análisis químicos y físicos y por un tamiz de 0,5 mm para el análisis de P total, P orgánico total y P inorgánico total.

Se determinó el fósforo inorgánico (Pi) y orgánico (Po), por el método de Saunders y Williams (1955) y el fósforo total (Pt) por Bowman (1988). El fósforo ocluido se obtuvo de restar al Pt la suma del Pi + Po (Galantini y Rosell, 1997). El P inorgánico en los extractos fue determinado colorimétricamente por el

procedimiento de Murphy y Riley (1962), previo a neutralizar el extracto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características físico químicas superficiales de los suelos estudiados se muestran en el Cuadro N° 1. Como puede observarse, a pesar de tratarse de suelos pertenecientes a tres Ordenes diferentes, no tienen características contrastantes, lo que se evidencia por los bajos coeficientes de variación que presentan las variables medidas, a excepción de los porcentajes de arena.

Las mayores valores de capacidad de intercambio catiónica (CIC) corresponden a las muestras provenientes de suelos Vertisoles, tal como era de esperar, donde la CIC varía desde 30 a 40  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ . Todos los suelos están bien provistos de carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (Nt) aún los Alfisoles, lo que puede explicarse por el hecho que se trabajó con muestras de suelos que no están en uso agrícola. Respecto a las distintas fracciones texturales se destaca el alto contenido de limo del suelo Molisol. La cantidad de fósforo extraíble (Pe) es muy baja para todos los Ordenes estudiados, no superando los 5  $\text{mg kg}^{-1}$ .

### 1. Fósforo Total Superficial

Los contenidos de fósforo total promedio en las muestras superficiales de los suelos pertenecientes al orden Alfisol y Vertisol fueron de 200 a 300  $\text{mg kg}^{-1}$  (Cuadro N° 2). Cross y Schlesinger (1995) encontraron para Alfisoles valores que están en el rango de 196 a 820  $\text{mg kg}^{-1}$  y para Vertisoles de 289 a 736  $\text{mg kg}^{-1}$ . Comparando sus resultados con los obtenidos en este estudio, se evidencia que los suelos pertenecientes a Alfisoles y Vertisoles tienen contenidos bajos de Pt.

En un trabajo realizado por Conti *et al.*, (1975), donde se cuantificó el contenido de P total de tres suelos Vertisoles de Entre Ríos, se encontraron valores de Pt similares a los de este trabajo.

El Molisol, mostró un contenido de Pt cercano a los 300  $\text{mg kg}^{-1}$ , el cual es bajo respecto a los valores encontrados para otros Molisoles que no

**Cuadro N° 1. Algunas características químicas y físicas de las muestras superficiales de los suelos evaluados.**

Suelos Clasificación Taxonómica (*)	pH	C. O. %	N t %	CIC Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Arena %	Limo %	Arcilla %	Pe mg kg <sup>-1</sup>
1. Peluderte argiudólico	6,0	2,46	0,293	40,97	8,3	58,45	34,35	2,85
2. Peluderte argiacuólico	5,9	3,01	0,214	32,33	24,13	34,05	34,56	3,74
3. Peluderte mólico	6,0	2,33	0,237	31,44	1,82	60,10	37,68	3,99
4. Peluderte argiacuólico	5,8	2,67	0,299	36,90	1,53	53,99	39,72	3,16
5. Ocracualfe vértico	6,0	1,82	0,205	23,43	0,87	57,93	34,55	1,91
6. Ocracualfe mólico	6,0	2,22	0,255	31,03	1,08	52,00	37,92	4,75
7. Ocracualfe vértico	5,7	3,2	0,257	33,93	1,20	54,30	38,71	3,21
8. Argiacuol vértico	5,2	3,01	0,262	25,12	0,79	70,30	28,90	4,62
Media	5,8	2,59	0,253	31,89	5,00	55,14	35,80	3,5
Coeficiente Variación (%)	4,7	18	13	18	164	18	9,7	26,8

(\*) PNUD/FAO/INTA, 1980; pH en agua, relación suelo:agua 1:2,5; C.O: carbono orgánico, Walkley-Black; Nt: nitrógeno total, Kjeldhal; CIC: capacidad de intercambio catiónico, Jackson (1976); Fracciones texturales: pipeta de Robinson, Pe: fósforo extraíble, Bray-Kurtz 1.

tienen características vérticas; donde el Pt varía entre 600 mg kg<sup>-1</sup> para Argiudoles típicos (López Camelo *et al.*, 1996) hasta alrededor de 700 mg kg<sup>-1</sup> para Molisoles énticos (Hepper *et al.*, 1996) cuando se trata de suelos en uso agrícola, llegando a los 1.000 mg kg<sup>-1</sup> en suelos vírgenes.

**Distribución del P total superficial en las fracciones orgánicas e inorgánicas**

Del P total superficial de los suelos Vertisoles predomina la fracción de P orgánico (Po) (70 %) en relación a las formas inorgánicas (Pi), disminu-

yendo ligeramente esta proporción (60 %) en los Alfisoles y el Molisol (Cuadro N° 2).

Los resultados obtenidos permiten conocer las proporciones de Po de estos suelos que ocupan un área significativa de la provincia de Entre Ríos, y que como se evidencia en la Cuadro N° 1, tienen bajo P disponible. Aunque las plantas toman fósforo inorgánico en su nutrición fosfórica, la importancia del P orgánico como un reservorio de fósforo disponible ha sido reconocida por varios autores (Tiessen *et al.*, 1982; Sharpley, 1985). Es de esperar que si los porcentajes de Po son elevados, sea

**Cuadro N° 2. Fósforo total y su distribución en las fracciones orgánicas e inorgánicas en superficie**

Suelos	P Inorgánico mg kg <sup>-1</sup>	P Ocluido mg kg <sup>-1</sup>	P Orgánico Mg kg <sup>-1</sup>	P Total mg kg <sup>-1</sup>	P Inorgánico %	P Orgánico %
1. Peluderte argiudólico	36	32	172	240	28	72
2. Peluderte argiacuólico	29	35	186	250	25	75
3. Peluderte mólico	24	52	143	219	35	65
4. Peluderte argiacuólico	19	99	150	268	45	56
5. Ocracualfe vértico	19	35	104	158	34	66
6. Ocracualfe mólico	29	66	128	223	43	57
7. Ocracualfe vértico	26	72	186	284	34	66
8. Argiacuol vértico	44	71	179	294	39	61

significativo el aporte de P inorgánico disponible para las plantas proveniente de la mineralización. Bowman y Cole (1978) señalan que el P orgánico constituye una reserva que es gradualmente utilizada de acuerdo al equilibrio del elemento en el suelo.

### Distribución en el perfil del P total en las fracciones orgánicas e inorgánicas

En la figura 1 se muestra la distribución en profundidad de las formas del Pt en dos de los perfiles estudiados que son representativos de lo que ocurre en los restantes. El Pt disminuye en la zona de mayor consumo de P por las plantas (25 cm a 50 cm de profundidad).

En algunos suelos (Cuadro N° 3), a esta profundidad se encuentran valores P total cercanos a la mitad de los valores del horizonte superficial, siendo la fracción más afectada la del P inorgánico más lábil, lo que indica que se produce una redistribución de éstas formas del P respecto al material original, a medida que nos acercamos a la superficie.

El P ocluido aumenta en porcentaje respecto al P total con un aumento en la profundidad.

En los horizontes A, hay un importante aumento de la fracción orgánica, que da como resultado una mayor cantidad de Pt. Walbridge *et al.*, 1991 consideran que la acumulación de Po en la superficie del suelo es acompañada por un neto incre-

mento del P total, como resultado de ciclo del P debido al aporte de los residuos vegetales en la superficie del suelo.

La distribución del P orgánico total en el perfil sigue un patrón general de disminución con el aumento de la profundidad, mientras que el Pi tiene una tendencia opuesta. Los horizontes C muestran valores de P inorgánico total entre 150 a 200 mg de P/kg de suelo, reduciéndose aproximadamente a la mitad en los horizontes superficiales.

### CONCLUSIONES

Como resultado de este estudio, se puede concluir que los suelos del centro norte de la provincia de Entre Ríos presentan valores bajos de Pt, menores de 300 mg kg<sup>-1</sup>, siendo importantes las proporciones de Po en superficie que oscilan entre el 60% el 70 % del Pt.

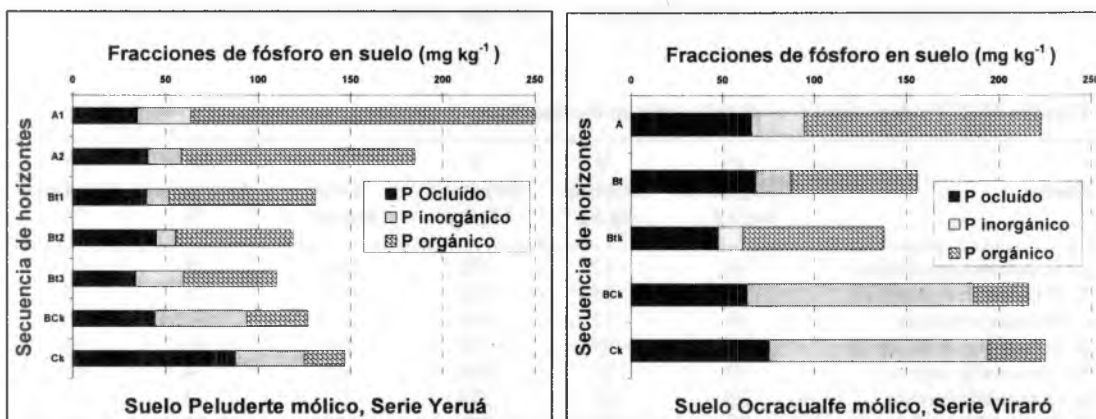


Figura 1. Distribución de las fracciones de fósforo en el suelo en profundidad.

**Cuadro N° 3. Distribución en el perfil del P total y sus fracciones orgánicas e inorgánicas**

Suelos	Secuencia y profundidad de horizontes (cm)	P Ocluido (mg kg <sup>-1</sup> )	P Inorgánico (mg kg <sup>-1</sup> )	P Orgánico total (mg kg <sup>-1</sup> )	P Total (mg kg <sup>-1</sup> )
Peluderte Argiudólico	A - 0 / 14	32	36	172	240
	B <sub>11</sub> - 14 / 30	29	26	108	163
	B <sub>12</sub> - 30 / 60	52	27	60	139
	BC <sub>k</sub> - 60/ 90	48	40	46	134
	C <sub>k</sub> - 90 a más	83	30	16	129
Peluderte Argiacuólico	A <sub>1</sub> - 0/ 13	35	29	186	250
	A <sub>2</sub> - 13/ 26	41	18	126	185
	B <sub>11</sub> - 26/ 50	40	12	79	131
	B <sub>12</sub> - 50/ 72	45	10	63	118
	B <sub>21</sub> - 72/ 87	34	26	50	110
	BC <sub>k</sub> - 87/ 117	45	50	33	128
	C <sub>k</sub> - 117 a más	88	37	22	147
Peluderte Mólico	A - 0/ 13	52	24	143	219
	B <sub>11</sub> - 13/ 50	63	29	76	168
	B <sub>12</sub> - 50/ 80	50	53	50	153
	BC <sub>k</sub> - 80/ 105	70	110	32	212
	C <sub>k</sub> - 105 a más	47	135	25	207
Peluderte Argiacuólico	A - 0/ 17	99	19	150	268
	B <sub>11</sub> - 17/ 38	66	14	66	146
	B <sub>12</sub> - 38/ 68	99	22	54	175
	BC <sub>k</sub> - 68/ 90	49	60	26	135
	C <sub>k</sub> - 90 a más	51	99	22	172
Ocracualfé Vértico	A - 00/ 10	35	19	104	158
	B <sub>11</sub> - 10/ 31	43	20	66	129
	B <sub>12</sub> - 31/ 51	25	18	60	103
	BC <sub>k</sub> - 51/ 80	61	45	44	150
	C <sub>k</sub> - 80 a más	105	80	28	213
Ocracualfé Mólico	A - 00/ 13	66	29	128	223
	B <sub>1</sub> - 13/ 56	68	19	69	156
	B <sub>12</sub> - 56/ 84	48	13	77	138
	BC <sub>k</sub> - 84/ 115	64	123	30	216
	C <sub>k</sub> - 115 a más	76	119	31	226
Ocracualfé Vértico	A - 00/ 14	72	26	186	284
	B <sub>11</sub> - 14/ 36	51	19	57	127
	B <sub>12</sub> - 36/ 50	73	24	45	142
	BC <sub>k1</sub> - 50/ 62	74	62	27	162
	BC <sub>k2</sub> - 62/ 82	59	71	23	153
	C <sub>k</sub> - 82 a más	74	75	25	174
Argiacuol Vértico	A - 00/ 20	71	45	179	295
	B <sub>11</sub> - 20/ 45	100	14	56	170
	B <sub>12</sub> - 45/ 83	104	25	44	173
	BC <sub>k</sub> - 83/ 100	85	32	33	150
	C <sub>k</sub> - 100 a más	65	70	25	160

## BIBLIOGRAFÍA

- BOSCHETTI, G., C. QUINTERO y R. BENAVIDEZ. 1998. Caracterización do fator capacidade de fósforo em solos de Entre Ríos, Argentina. *R. Bras. Ci. Solo*, 22: 95-99
- BOWMAN, R. A. and C. V. COLE. 1978. Transformations of organic phosphorus substances in soil as evaluated by sodium-bicarbonate extraction. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 125: 49-54.
- BOWMAN, R. A. 1988. A rapid method to determine total phosphorus in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:1301-1304.
- CONTI, M., L. A. BARBERIS y E. CHAMORRO. 1975. Estado del fósforo en suelos de Entre Ríos, Buenos Aires y Santa Fe. *VII RACS, IDIA. Bahía Blanca. Buenos Aires*, pág. 62-68.
- CROSS, A. F. and W. H. SCHLESINGER. 1995. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, 64: 197-214.
- HEPPER, E. N., G. G. HEVIA, D. E. BUSCHIAZZO, A. M. URIOSTE y A. BONO. 1996. Efectos de la agricultura sobre las fracciones de fósforo en suelos de la Región Semiárida Pampeana Central (Argentina). *Ciencia del Suelo*, 14: 96-99.
- GALANTINI, J. A. y R. A. ROSELL. 1997. Organic fractions, N, P and S changes in an Argentine semiarid haplustoll under different crop sequences. *Soil & Tillage Research.*, 42:221-228.
- JACKSON, M. L. 1976. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 662p.
- LÓPEZ CAMELO, L. G., O. S. HEREDIA, H. MARELLI, C. PASCALE y M. M. CARBAJALES. 1996. Formas del fósforo del suelo y su relación con las rotaciones y labranzas. *Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Santa Rosa, La Pampa. pág. 119-120.
- MISTRORIGO, D., O. VALENTINUZ, R. MORESCO y N. KAHN. 1993. Diagnóstico de fertilización nitrogenada y fosforada en girasol. *Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Mendoza. pág. 117-118.
- MURPHY, J. and H. P. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta* 27: 31-36.
- QUINTERO, C., G. BOSCHETTI y R. BENAVIDEZ. 1995. Fertilización fosfatada en pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos (Argentina). *Ciencia del Suelo*, 13: 60-65.
- QUINTERO, C. 1998. Lino. Fertilizar N° 10. INTA. pág. 4-7.
- QUINTERO, C., G. BOSCHETTI and R. BENAVIDEZ. 1999. Phosphorus retention in some soils of the Argentinean Mesopotamia. *Commun. Soil Sci. Olan Anal.*, 30(9&10), 1449-1461.
- SAUNDERS, W. M. H. and E. G. WILLIAMS. 1955. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *J. Soil Sci.*, 6:254-267.
- SARPLEY, A. N. 1985. Phosphorus cycling in unfertilized and fertilized agricultural soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:905-911.
- TIESSEN, H., J. W. STEWART and J. R. BETANY. 1982. The effect of long term cultivation on the concentration and total amount of carbon, nitrogen and organic and inorganic phosphorus in threegrassland soils. *Agron. J.*, 74-831-835.
- PNUD/FAO/INTA. 1980. Suelos y erosión de la provincia de Entre Ríos. Tomo I y II. *Serie de relevamiento de recursos naturales N° 1*. EEA. Paraná. INTA.
- WALBRIDGE, M. R., C. J. RICHARDSON and W. T. SWANK. 1991. Vertical distribution of biological and geochemical phosphorus subcycles in two southern Appalachian forest soils. *Biogeochemistry*, 13: 61-85.