

FOSFORO ADSORBIDO: SU RELACIÓN CON EL P Bray y Olsen EN GRANDES GRUPOS DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

OLGA S. HEREDIA, LIDIA GIUFFRÉ y R. ROTONDARO¹

Recibido: 02/12/97

Aceptado: 26/12/97

RESUMEN

Muestras de suelos no fertilizadas pertenecientes a diferentes Grandes Grupos de suelos de la provincia de Buenos Aires fueron analizadas para la determinación de P extraíble por Bray y Kurtz N°1 y Olsen y P adsorbido con el agregado de 25 µg de P. Se analizaron para todas las muestras las siguientes variables edáficas: pH, carbono orgánico, Capacidad de Intercambio Catiónico, cationes intercambiables y textura.

Los resultados demuestran que para todos los suelos existió una alta correlación entre los valores de P Bray 1 y Olsen ($r = 0,786$ $P < 0,0001$). P-25ml (P remanente en la solución de equilibrio) correlacionó con P Bray y P Olsen pero estos no correlacionaron con medidas de adsorción. Tanto la extracción de P como la adsorción estuvieron asociados con distintas propiedades de los suelos, variables según el Gran Grupo considerado.

El grado de asociación entre las distintas variables analizadas fue diferente según el Gran Grupo de suelo y las pendientes de las ecuaciones de regresión no fueron coincidentes entre los grupos de suelos ni con el conjunto de suelos, por lo que la extrapolación de datos sólo sería posible en taxones homogéneos.

Palabras clave: Grandes Grupos, P Olsen, P Bray 1, P adsorbido

ADSORBED PHOSPHORUS: RELATION WITH Bray and Olsen P IN GREAT GROUPS OF SOILS IN BUENOS AIRES PROVINCE

SUMMARY

Soil samples from different Great Groups of Buenos Aires Province were analyzed in order to determine Bray and Olsen extractable phosphorus, and adsorbed P (P25: adsorbed with a 25 µg P addition). Other edaphic properties were characterized: pH, organic carbon, exchangeable cation capacity, exchangeable cations and texture.

Results showed a high relationship between Bray and Olsen extractable P ($r = 0,786$ $P < 0,0001$). P25ml correlated with Bray and Olsen, but extractable values didn't correlate with adsorption measures. Adsorption and extraction were related to different soil properties, that varied according to Great Group into consideration.

Association with different properties was also variable for different Great Groups and slope for regression equations was not similar, so extrapolation is only possible in homogeneous conditions.

Key words: Great Groups, Olsen, Bray 1 and adsorbed phosphorus.

INTRODUCCION

En la provincia de Buenos Aires, la mayoría de los suelos tienen deficiencia de fósforo. En un estudio realizado por Darwich (1983), utilizando la

técnica de fósforo extraíble de Bray y Kurtz N°1 sobre 1200 sitios analizados en suelos pampeanos, se confirmó la falta generalizada de este nutriente en la provincia de Buenos Aires, especialmente en

¹Cátedra de Edafología, Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, UBA, Av. San Martín 4453, 1417, Buenos Aires, E-mail: giuffre@ifeva.edu.ar

la zona Este y Sudeste, mientras que hacia el Norte y Oeste el contenido de fósforo disponible es mayor. En estudios más recientes se observó un incremento en la superficie de la zona de deficiencia, cuyos límites avanzaron hacia el Oeste (Darwich, 1994).

Los extractantes más usados en la evaluación del fósforo disponible para los cultivos son el ácido clorhídrico 0,025N combinado con el fluoruro de amonio 0,03N propuesto por Bray y Kurtz (1945) y el bicarbonato de sodio 0,5 M tamponado a pH 8,5, propuesto por Olsen y Sommers (1982).

En el país el método clásico de evaluación de fósforo extraíble es el de Bray-Kurtz N° 1 y se han hecho algunas comparaciones del mismo con el de Olsen (Vázquez *et al.*, 1987; Mendoza y Marban, 1990; Echeverría *et al.*, 1991), pero restringidas a un área determinada y con un bajo número de muestras.

En el exterior Cruz y Etchevers (1991), han efectuado estudios comparativos entre los métodos de Bray y de Olsen, indicando que sería deseable que los resultados obtenidos con un procedimiento, pudieran ser expresados en términos del otro.

Sin embargo, existen evidencias de que el fósforo extraíble no siempre refleja la verdadera disponibilidad de fósforo para los cultivos, debido a la acción de diversos factores como la capacidad buffer de fosfatos, característica de cada suelo; la influencia de la gran variabilidad espacial de este nutrimento y los problemas de la estimación de la disponibilidad en relación a la residualidad en suelos muy fertilizados, (Heredia y Giuffré, 1995; Giuffré *et al.*, 1995; Giuffré *et al.*, 1995).

En consecuencia, tanto el conocimiento de los niveles críticos de fósforo en solución, como la utilización de medidas de adsorción del citado nutrimento, relacionados con la capacidad buffer y la residualidad, han sido reconocidas como medidas que deben complementarse en la interpretación de análisis de suelos (López Camelo y Heredia, 1988).

En el país no existen aún adecuadas guías de fertilización para cada suelo, cultivo y manejo, por lo que es necesario generar la información base necesaria para orientar el uso adecuado del recurso

natural suelo, de manera de determinar las dosis adecuadas de fertilización con fósforo, para evitar los posibles efectos colaterales adversos sobre el medio ambiente (Heredia *et al.*, 1996; Sharpley *et al.*, 1996)

Los objetivos del presente trabajo fueron:

* Evaluar la disponibilidad de fósforo en suelos de distintos Grandes Grupos de la provincia de Buenos Aires, por los métodos de Bray I y Olsen.

* Estudiar la relación entre las medidas de P extraíble, la adsorción de fósforo, y otras variables edáficas.

MATERIALES Y METODOS

Se analizaron muestras compuestas, del horizonte superficial, no fertilizadas, provenientes de distintas localidades de la provincia de Buenos Aires.

Estos suelos se han desarrollado sobre loess como principal material original, aunque, por efecto de distintas ingresiones marinas existen zonas con enriquecimiento de sodio o carbonato de calcio (Moscatelli, 1991).

Los Grandes Grupos estudiados fueron: Argiudoles, Argialboles, Natracuoles, Hapludoles, Rendoles y Udipsamientos (Soil Taxonomy, 1996). Las características de estos Grandes Grupos pueden observarse en la Figura 4.

- Determinaciones analíticas: se realizaron los siguientes análisis en todas las muestras
- pH en agua, relación suelo-agua 1:2,5 (Jackson, 1964).
- Carbono orgánico (Ct %): método de Walkley-Black (1934).
- Cationes intercambiables: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na), método del Acetato de amonio 1N, pH 7 (Richter *et al.*, 1982).
- Textura : método de la pipeta (Day, 1965).
- P extraíble: Bray y Kurtz N° 1 (1945).
- P extraíble: método de Olsen (California Soil Testing, 1972).
- Índice de sorción de P (P-25-2 hs) : fósforo adsorbido con el agregado de una solución de CaCl₂, 0,01M conteniendo 25 µg de P, con un tiempo de agitación de 2 hs.

Denominados: P25: porcentaje de fósforo adsorbido, P25g: P adsorbido por gramo de suelo y P25ml: P por mililitro en la solución de equilibrio (es el que queda como remanente del P agregado en la solución de equilibrio).

Esta determinación se realizó siguiendo la técnica descrita en un trabajo anterior (López Camelo y Heredia, 1988), evaluando el contenido de P mediante la colorimetría de azul de molibdeno (Murphy y Riley, 1962).

- Análisis estadístico: se realizaron análisis de correlación y regresión simple y múltiple entre las variables analizadas. Se efectuó con el programa STATISTIX 4.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

a- Caracterización general de la provisión de fósforo:

El mayor valor de P extraíble por Bray I se encontró en la localidad de San Vicente (Argiudol) y fue de 126,5 $\mu\text{g/g}$ P y el menor valor correspondió a Saladillo (Hapludol) y fue de 1,1 $\mu\text{g/g}$ P. En el caso de P Olsen los valores coincidieron con las muestras antes mencionadas, y oscilaron entre 52,7 y 0,52 $\mu\text{g/g}$ P.

Las categorías de provisión de P-Bray fueron:

suelos muy pobres:	< 7 $\mu\text{g/g}$,	32% de los suelos	
		estudiados	
pobres:	7-12 $\mu\text{g/g}$,	34%	“ “
moderados:	12-19 $\mu\text{g/g}$,	20%	“ “
bien provistos:	> 20 $\mu\text{g/g}$,	14%	“ “

Considerando la extracción según Olsen:

suelos muy pobres:	< 5 $\mu\text{g/g}$,	43% de los suelos	
		estudiados	
pobres:	5-10 $\mu\text{g/g}$,	41%	“ “
moderados a buenos:	> 10 $\mu\text{g/g}$,	16%	“ “

La distribución de frecuencias, para Bray I y Olsen puede observarse en las Figuras 1 y 2, para los Grandes Grupos: Argiudol, Argialbol, Hapludol y Natracuol. Los dos extractantes mostraron diferencias en su comportamiento, lo que se reflejó en las tendencias observadas al considerar los Grandes Grupos de suelos.

b- P extraíble y adsorbido en los distintos Grandes Grupos de suelos:

La distribución de frecuencias para P25 (P adsorbido con el agregado de 25 μg de P a la solución de equilibrio) se presentan en la Figura 3.

- Argiudoles: Los valores medios de P extraíble por Bray I (12,2 $\mu\text{g/g}$) resultaron moderados y los de P extractable por Olsen (6,7 $\mu\text{g/g}$) serían pobres. El valor medio de adsorción de P fue de 53,9% del P agregado.

- Argialboles: Los valores de P Bray y P Olsen fueron mayores que en los Argiudoles, siendo de 16,1 y 11,3 $\mu\text{g/g}$ respectivamente. La adsorción de P fue de un 53% (semejante a Argiudoles).

- Hapludoles: Bray I presentó un valor medio de 9,9 $\mu\text{g/g}$ y para Olsen fue de 5,3 $\mu\text{g/g}$. La adsorción fue del 45,8%, lo que refleja el cambio textural que se manifiesta en este Gran Grupo de suelos.

- Natracuoles, el valor medio de P extraíble por Bray resultó 11,2 $\mu\text{g/g}$ y por Olsen 7,0 $\mu\text{g/g}$. La adsorción media fue de 26%, considerablemente menor a los otros dos Grandes Grupos. Esta tendencia puede deberse a la saturación sódica, que actúa favoreciendo la solubilidad del P (Curtin *et al.*, 1992a).

- Rendoles: los métodos utilizados se comportaron en forma diversa en cuanto a la capacidad del extractante para disolver el P, ya que por Bray I el valor promedio de P fue de 5,8 $\mu\text{g/g}$ (muy pobre) mientras que para Olsen este valor fue de 10,9 $\mu\text{g/g}$ (moderado). El diferente comportamiento se debería a que el método de Olsen extraería más eficientemente el P-Ca, que Bray I (Diez, 1980; Curtin *et al.*, 1992b).

La adsorción de P fue del 70% del agregado, lo que puede explicarse por fijación o precipitación del fosfato a la superficie activa de los carbonatos.

- Udipsamentes: los valores medios de P extractable fueron 21,0 $\mu\text{g/g}$ por Bray I, y 7,9 $\mu\text{g/g}$ por Olsen. La fijación de fosfatos fue del 19,3%, lo que se debería al alto contenido de arena de estos suelos (90% en promedio).

El P-Bray presentó la siguiente secuencia de extracción: Udipsament > Argialbol > Argiudol > Natracuol > Hapludol > Rendol.

Para el P-Olsen el orden de extracción fue: Argialbol > Rendol > Udipsament > Natracuol > Argiudol > Hapludol.

La adsorción de P disminuyó con la secuencia: Rendol > Argiudol > Argialbol > Hapludol > Natracuol > Udipsament.

c- Correlaciones :

En la Figura 4 pueden verse los valores medios de las variables edáficas analizadas para cada uno de los Grandes Grupos.

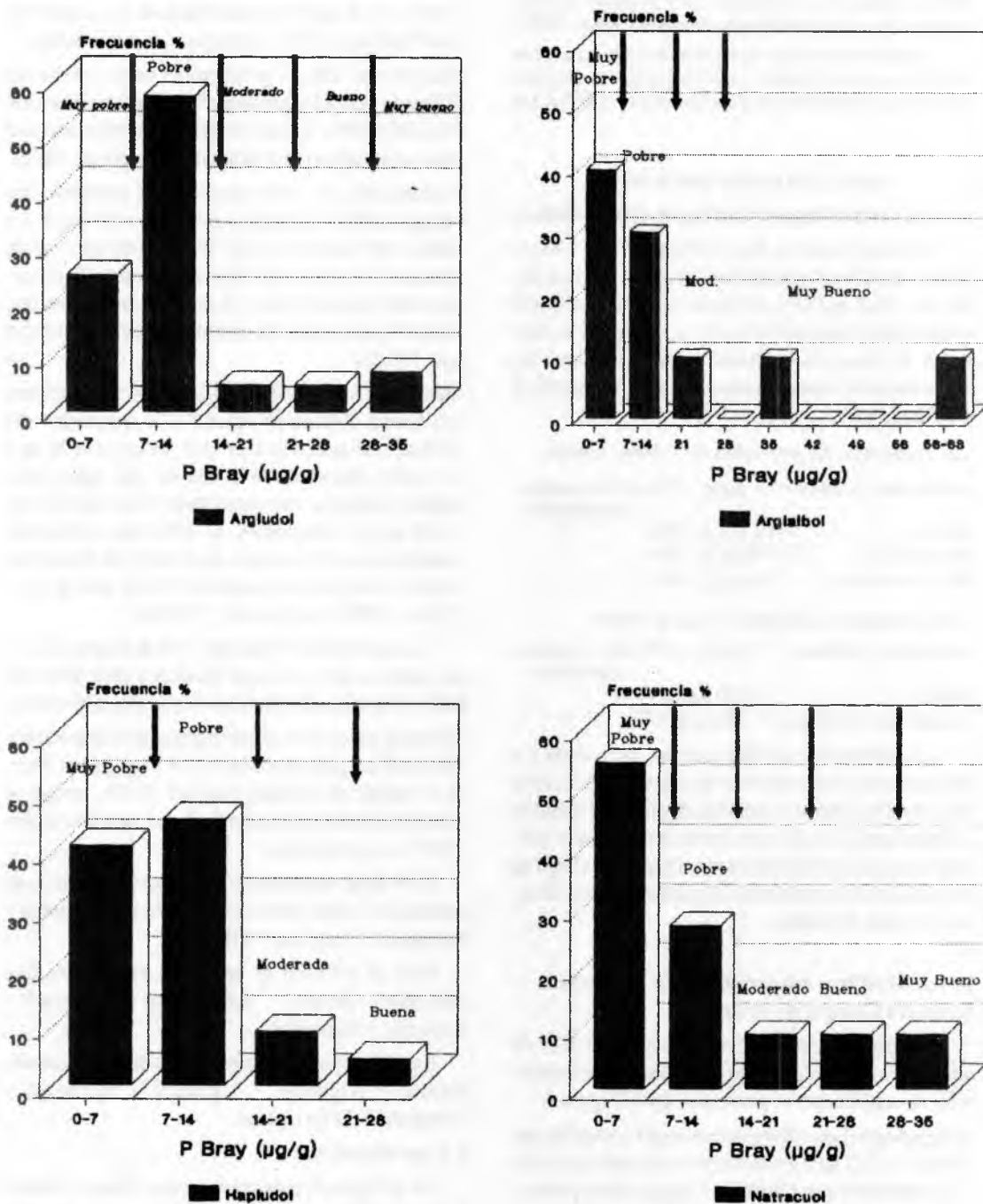


Figura 1: Distribución de frecuencias para fósforo Bray 1

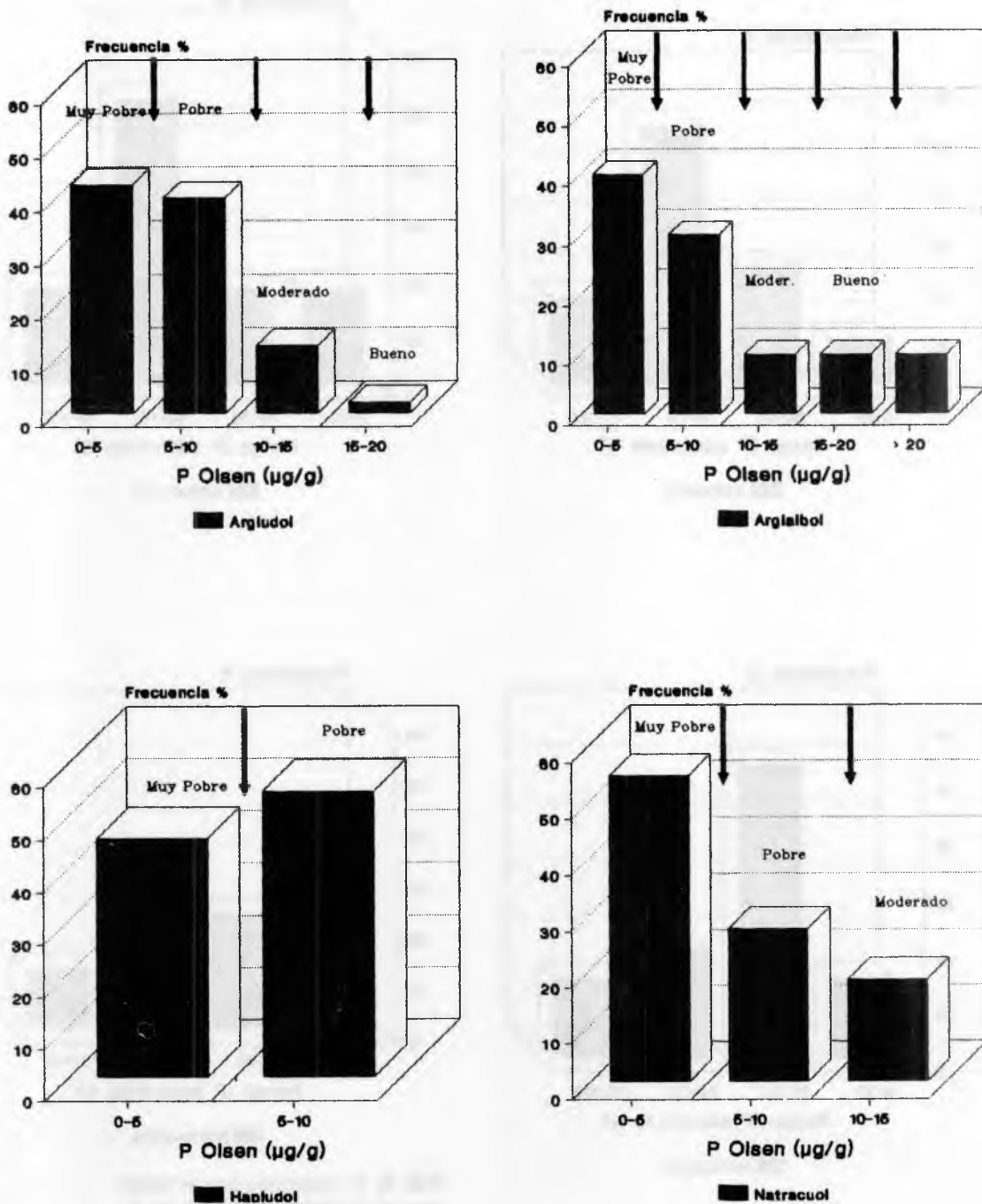
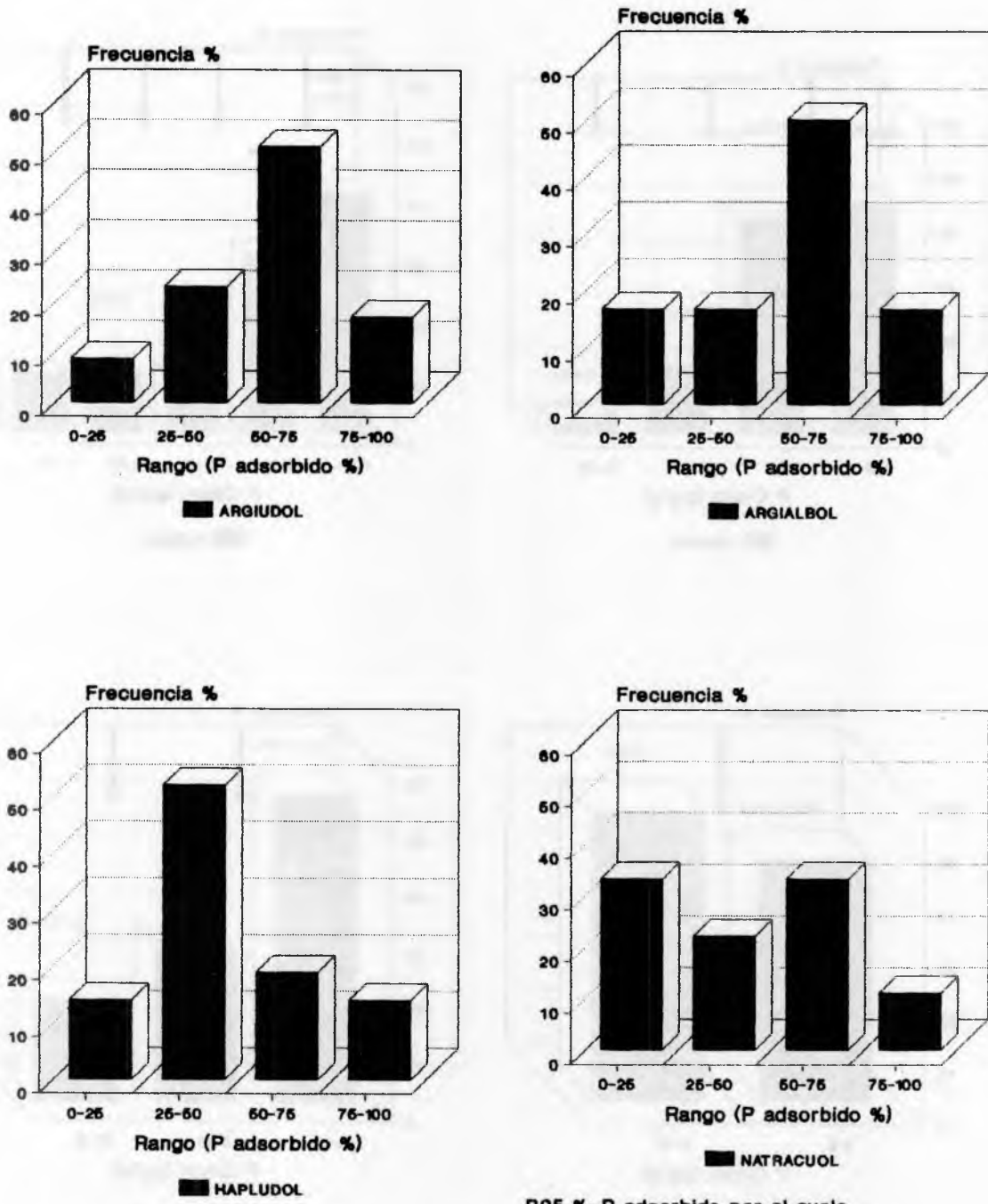


Figura 2: Distribución de frecuencias para Olsen



P25 %: P adsorbido por el suelo con el agregado de 25 µg de P

Figura 3: Distribución de frecuencias para P 25

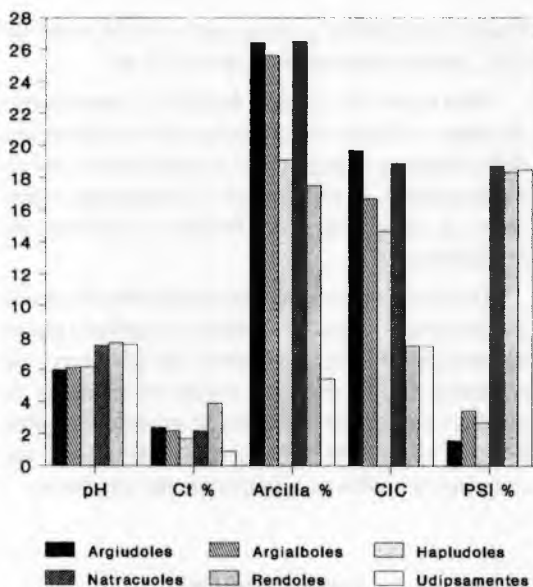


Figura 4: Valores medios de las variables edáficas en Grandes Grupos

Las correlaciones entre los valores de P extraíble (de todas las muestras analizadas) y las distintas variables edáficas, pueden observarse en la Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1: Correlación entre distintas formas de P y variables edáficas (para todos los suelos).

	P Bray	P Olsen	P25	P25 ml
Arcilla%	-0,049 ns	0,0109 ns	-0,001 ns	0,0007 ns
Ct %	-0,0247 ns	0,2209*	0,2214 ns	0,0723 ns
pH	-0,0628 ns	0,0002 ns	-0,1846 ns	0,0784 ns
CIC	-0,155 ns	0,1314 ns	0,2686*	-0,2034 ns
Ca	-0,106 ns	0,035 ns	0,3355**	-0,2372*
PSI %	0,08 ns	0,0494 ns	-0,3293**	0,3465**
P Olsen	0,786***	-----	-----	-----
P25	-0,1699 ns	0,01 ns	-----	-----
P25 ml	0,7973***	0,7424***	-0,9979***	-----

ns: No significativo * Significativo $P < 0,05$ ** Significativo $P < 0,01$ *** Significativo $P < 0,001$

Leyenda: Arcilla (%), Ct: carbono orgánico (%), pH en agua, CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol kg^{-1}), Ca: calcio intercambiable (Cmol kg^{-1}); PSI: Porcentaje de saturación de sodio. P Extraíble: P Bray y P Olsen ($\mu\text{g/g}$), P25: % P adsorbido con el agregado de $25 \mu\text{g}$ de P, P25ml: P remanente en la solución de equilibrio.

El P-Olsen correlacionó significativamente con P-Bray y con el contenido de carbono, no así con el valor de otras variables edáficas, con las que tampoco se relacionó el P-Bray.

Buondonno *et al.* (1992) observaron que los extractantes ácidos extraían menos P que el Olsen en suelos con carbonato de calcio, mientras que Cabalceta y Cordero (1995) no encontraron relación entre P extraíble por Bray y Olsen en distintos ordenes de suelos de Costa Rica, en contraposición a lo expresado por Olsen y Sommers (1982).

Echeverría *et al.* (1991), obtuvieron en Molisoles de la pradera pampeana resultados similares entre Olsen y Bray 1. Para Cruz y Etchevers (1991), los coeficientes de correlación entre P Olsen y P Bray se incrementaban a medida que disminuía la acidez del suelo, significando que la acción del fluoruro de amonio y del bicarbonato de sodio sobre el suelo se va haciendo similar a medida que el pH se acerca a la neutralidad.

Al considerar las medidas de P adsorbido y P en solución con un agregado de $25 \mu\text{g}$ de P (P-25 y P-25ml), P-Olsen y P-Bray resultaron altamente asociados a P-25ml (en solución), pero no existió una relación significativa con el P adsorbido.

Cuando el análisis de correlación se realizó por Gran Grupo de suelos, se encontraron las siguientes relaciones:

Para los Argiudoles, el P Olsen presentó una correlación significativa con Bray ($r = 0,69$, $P < 0,001$) y P-Bray se asoció en forma positiva con P-25ml ($r = 0,85$, $P < 0,001$), pero no existieron relaciones con las variables edáficas consideradas.

En los Hapludoles se encontró correlación entre Olsen y Bray ($r = 0,51$, $P < 0,05$) y entre P-Bray y P-25ml ($r = 0,50$, $P < 0,05$).

En el Gran Grupo de los Argialboles también existió una alta correlación entre Olsen con Bray ($r = 0,98$, $P < 0,001$), y con P25ml ($r = 0,99$, $P < 0,001$), para Bray y P25ml fue de $0,97$, $P < 0,001$.

En los Natracuoles hubo correlación entre los dos métodos de extracción ($r = 0,71$, $P < 0,05$), de Bray y Olsen con P-25 ml ($r = 0,61$, $P < 0,05$ y $0,80$, $P < 0,01$, respectivamente).

Las correlaciones no se calcularon para los

Cuadro N° 2: Ecuaciones de regresión simple y múltiple entre las distintas formas de P y las variables analizadas

General:	
Bray = 1,762 + 1,478 Olsen	R ² = 0,617
Olsen = - 0,721 + 6,72 P25ml + 0,168 CIC	R ² = 0,577
Olsen = 0,497 + 6,5 P25ml + 0,865 Ct	R ² = 0,579
P25ml = 0,128 + 0,48 Bray	R ² = 0,64
P25ml = 0,123 + 0,083 Olsen	R ² = 0,55
Argiudoles	
Olsen = 2,74 + 0,325 Bray	R ² = 0,487
Olsen = - 2,4024 - 0,91 Ca + 0,974 CIC	R ² = 0,47
Argialbol	
Bray = - 0,417 + 1,53 Olsen	R ² = 0,97
P25ml = - 0,27 + 0,198Ct + 0,586 Bray	R ² = 0,952
P25 = 42,473 - 0,96 Ca + 18,71 Mg	R ² = 1
Natracuol	
Bray = -1,089 + 1,787 Olsen	R ² = 0,51
Bray = - 7,204 + 1,77 pH	R ² = 0,50
Olsen = 1,883 + 4,12 P25ml	R ² = 0,65

Udipsamentes y Rendoles, debido al escaso número de muestras.

d -Ecuaciones de regresión:

Pueden observarse en la Cuadro N° 2, en forma general y para los Grandes Grupos de suelos considerados, donde las ecuaciones fueron estadísticamente representativas.

Puede notarse que el P Olsen presentó en general una asociación con P Bray, hecho que se repite en todos los Grandes Grupos, excepto los Hapludoles (R² = 0,39, no siendo estadísticamente este valor un buen ajuste). El valor de carbono sirvió para explicar parte de la varianza obtenida por

Olsen en el análisis general, así como el valor de CIC, ambos combinados con el P25 ml.

Para cada Gran Grupo de suelos, aparecieron distintas variables relacionadas con la extracción de P como por ejemplo, CIC en Argiudoles, pH en Natracuoles. Con respecto al P-25ml puede destacarse su asociación con P-Bray y carbono en Argialboles.

Quedan entonces establecidas diferencias entre estos Grandes Grupos de suelos, en cuanto al grado de asociación y las pendientes de las rectas de regresión, lo que debe ser tenido en cuenta si se intentan extrapolar los datos de un método a otro (Ping y Michelson, 1986), esto sólo podría ser correcto en suelos genéticamente homogéneos.

CONCLUSIONES

Los valores de P extraíble por Bray I variaron de mayor a menor en los grandes grupos de la siguiente forma: Udipsament > Argialbol > Argiudol > Natracuol > Hapludol > Rendol.

Para Olsen el orden fue el siguiente: Argialbol > Rendol > Udipsament > Natracuol > Argiudol > Hapludol.

Para P25 la secuencia de adsorción para los grandes grupos fue: Rendol > Argiudol > Argialbol > Hapludol > Natracuol > Udipsament.

Tanto la extracción como la adsorción de P estuvieron asociados con distintas propiedades de los suelos, variables según el Gran Grupo considerado.

Los valores de P extraíble con Olsen y Bray correlacionaron significativamente para todos los suelos estudiados, pero el grado de asociación y las pendientes de las ecuaciones de regresión no fueron coincidentes entre los grandes grupos ni con el conjunto de suelos, por lo que la extrapolación de datos sólo sería posible en taxones homogéneos.

BIBLIOGRAFIA

- BRAY R. H., L. T. KURTZ. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- BUONDONNO A., E. COPPOLA, D. FELLECA, P. VIOLANTE. 1992. Comparing test for soil fertility: 1. Conversions equations between Olsen and Melich 3 as phosphorus extractants for 120 soils of south Italy. *Soil Sci. Plant Anal.* 23: 699-716.
- CALIFORNIA SOIL TESTING. 1972. Phosphorus: Olsen's bicarbonate extraction method: 72-73.
- CALBACETA G., A. CORDERO. 1994. Niveles críticos de fósforo en Ultisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Aridisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18: 147-161.
- CRUZ L.C.H., J.D.B. ETCHEVERS. 1991. Relacion entre los procedimientos Olsen y Bray 1 de extraccion de fosforo, evaluacion en suelos acidos de Tlaxcala. *TERRA*, 9: 237-240.
- CURTIN D., F. SELLES, H. STEPPUHM. 1992a. Influence of salt concentration and sodicity on the solubility of phosphate in soils. *Soil Sci.* 153: 409-416.
- CURTIN D., J. K. SYERS, N. S. BOLAN. 1992b. Phosphate sorption by soil in relation to exchangeable cation composition and pH. *Austr. J. of Soil Res.* 31: 137-149.
- DARWICH N. A. 1983. Niveles de P asimilable en suelos pampeanos. *IDIA* 1-5.
- DARWICH N. A. 1994. Los sistemas mixtos y la fertilidad de los suelos. Segundo *Simposio Tecnológico AACREA*.
- DAY Y. 1965. Particle fractionation and Particle-size analysis, Chapter 43: 545-567pp. In Black C. A. (ed): Method of soil analysis (part 1), 2 Ed., AASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- DIEZ J. A. 1980. Calcium effect on P-fixing in different types of clay. *Agrochimica* 24: 410-415.
- ECHEVERRIA N., T. GROSSI, M. COMMEGNA. 1991. Comportamiento de dos técnicas de determinacion del P disponible en suelos del Partido de Villarino, Provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo*, 9: 69-76.
- GIUFFRE L., O. HEREDIA, N. ARRIGO, M. E. CONTI, J. STORTI. 1995. Variacion espacial y temporal del P extractable en un ciclo de maíz sembrado bajo dos sistemas de labranzas, convencional y directa. *Rev. Agronomía Costarricense* 19: 57-60.
- GIUFFRE L., S. RATTO, O. HEREDIA, N. ESCANDON. 1995. Fertilizacion en soja. Efectos en la dinamica del P en suelo y planta e influencia sobre componentes del rendimiento. Primer Congreso Nacional de la Soja. Pergamino, octubre 1995. *Actas*, tomo II: 57-65.
- HEREDIA O.S., L. GIUFFRE. 1995. Capacidad buffer de fosfatos en suelos de la provincia de Buenos Aires. *Agricultura Técnica (INIA-CHILE)* 55: 273-277.
- HEREDIA O.S., L. GIUFFRE, L. BERASATEGUI, C. PASCALE. 1996. Fósforo extraíble e índices de sorción: posibles usos ambientales en suelos. *Ciencia del Suelo*, 14: 50-52.
- JACKSON M. L. 1964. Analisis químico de suelos. Ed. Omega. Barcelona, 622 p.
- LOPEZ CAMELO L. G., O. S. HEREDIA. 1988. Indices de sorcion de fosforo en algunos molisoles de la pradera pampeana. *Rev. Fac. Agr.*, 9: 145 - 154.
- MENDOZA R. E., L. MARBAN. 1990. Evaluacion del P residual en suelos fertilizados: comparacion entre Bray 1, Bray 2, Olsen y punto nulo (P en solucion). *Ciencia del Suelo* 8: 101-109.
- MOSCATELLI G. N. 1991. Los suelos de la Region Pampeana. Capítulo 1: 11-76p en El Desarrollo Agropecuario Pampeano. INDEC, INTA, IICA. 799 p.
- MURPHY J., J. P. RILEY. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27: 31-36.
- PING C. L., G. L. MICHELSON. 1986. Phosphorus sorption by major agricultural soils of Alaska. Comm. in *Soil Sci. Plant Anal.* 17: 299-320.
- OLSEN S. R., L. E. SOMMERS. 1982. Phosphorus. chapter 24, 403-430 pp. In Page A. L., (ed.). Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties 2 de., N° 9 (Part 2) in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA: 1159p.
- RICHTER M., M. CONTI, G. MACCARINI. 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables, acidez intercambiable, capacidad de intercambio catiónico en suelos. *Rev. de la Fac. de Agronomía, UBA*, 3: 145-155.

- SHARPLEY A. N., T.C. DANIEL, J.T. SIMS, D.H. POTE. 1996. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. *J. of Soil and Water Cons.*, 51: 160-166.
- SOIL SURVEY STAFF. 1996. Keys to soil taxonomy. 306 p.
- VAZQUEZ M., E. NEOLLEMEYER, A. STRUFOLINO, L. G. de LOPEZ CAMELO, L. A. BARBERIS. 1987. Métodos de medición del P extractable en suelos del Norte y Oeste de la Pradera Pampeana, su evaluación biológica. *Ciencia del Suelo*, 5: 19-30.
- WALKLEY A., I. A. BLACK. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and tritration method. *Soil Sci.*, 37: 29-38.