

DESTINO DEL FÓSFORO PROVENIENTE DE DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZANTE FOSFATADO EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Norma G. Boschetti¹, Cesar E. Quintero¹, René A. Benavidez¹, Lidia Giuffré²

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la redistribución de las fracciones de P del suelo luego de la aplicación de distintas fuentes de fertilizante fosfatado en suelos con características físico - químicas contrastantes de la Provincia de Entre Ríos (Argentina). Se realizó un ensayo en macetas, con un suelo Pelluderte árgico y un Haplumbrepte fluvéntico, a los que se les incorporó una dosis de 240 mg de P/maceta, la que equivale a 197 mg de P kg⁻¹ en el suelo Vertisol y a 138 mg de P kg⁻¹ en el suelo Inceptisol. Se usaron tres fuentes de fertilizante fosfatado: superfosfato triple de calcio (20% P), roca fosfórica (13% P) y cama de pollo (2% P). Luego de un período de reacción de los fertilizantes con el suelo de 90 días, se tomaron muestras de los distintos tratamientos y se caracterizó el P por su labilidad por el método de Hedley *et al.*, (1982). La proporción de P soluble que permaneció en las formas lábiles estuvo entre el 70% y 80%. El principal destino del P de la roca fosfórica fue la fracción inorgánica ligada al calcio y la redistribución hacia las fracciones más lábiles varió con el tipo de suelo; en el Vertisol se incrementaron las fracciones más lábiles en un 22%, mientras que en el Inceptisol solo en un 12%.

En el suelo Vertisol se mineralizó la mayor parte del P orgánico incorporado y en el suelo Inceptisol solamente el 30%.

Palabras clave: fósforo - fertilización fosfatada - fraccionamiento de Hedley

SUMMARY

Destination of the phosphorus applied from different sources of p fertilizing in soils of the province of Entre Ríos

The objective of this work was to evaluate the changes in soil phosphorus fractions after the application of different sources of P fertilizer in soils with contrasting physical and chemical characteristics in the Province of Entre Ríos (Argentina). A greenhouse experiment was carried out using plastic pots with two soils: an Argic Pelludert and a Fluventic Haplumbrept. Every pot received a dose of 240 mg equivalent to 197 mg of P kg⁻¹ in the Vertisol soil, and 138 mg of P kg⁻¹ in the Inceptisol soil. Three sources of phosphate fertilizers, Triple Superphosphate (20% P), Phosphate Rock (13% P) and Chicken Litter (2% P), were incorporated. Samples of the different treatments were taken 90 days after a fertilizer reaction period with soil; and soil P fractions were characterized for their lability using the Hedley *et al.*, (1982) P fractionation method.

¹Docentes Investigadores Cátedra Edafología. Facultad Ciencias Agropecuarias - UNER. C.C. 24 - (3100) Paraná, Entre Ríos, República Argentina.

¹Docente Investigadora Cátedra Edafología. Facultad Agronomía. UBA. Avenida San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, República Argentina.

The proportion of soluble P that remained in labile forms was between 70% and 80%. The main destination of the Phosphate Rock P was the inorganic P fraction bound to Ca, and the redistribution towards the more labile fractions varied according to the soil. In the Vertisol soil, the labile forms were increased by a 22%, while in the Inceptisol soil only by a 12%. In the Vertisol soil most of the incorporated organic P was mineralized and only 30 % in the Inceptisol soil.

Key words: Phosphorus - P fertilizer - Hedley's fractionation method

Introducción

El fósforo es un elemento que se encuentra en los suelos tanto en las formas orgánicas como inorgánicas, siendo su solubilidad condicionada por reacciones físico - químicas y biológicas, las que a su vez afectan la productividad de los mismos. Una alternativa para caracterizar las diferentes fracciones en que se encuentra este elemento en el suelo ha sido la propuesta por Hedley *et al.* (1982), que es una técnica de fraccionamiento que remueve progresivamente desde las formas más lábiles hasta las menos disponibles para las plantas en cada sucesiva extracción. Dicha técnica permite estudiar la dinámica de las transformaciones del P en el suelo, como así también ha mostrado ser apropiada para dar información acerca de cual es el destino del fósforo proveniente del fertilizante.

Entre los numerosos factores que influyen sobre el rendimiento de los cultivos se encuentra la disponibilidad del fósforo que posea un suelo. En Argentina las áreas con deficiencias de P se han extendido en los últimos años (Darwich, 1994), mientras que en la provincia de Entre Ríos la deficiencia de este elemento es generalizada debido a los bajos contenidos en los materiales originarios (Boschetti *et al.*, 2000), por lo que el aprovisionamiento de P resulta una limitante para la producción. Es por ello que se ha observado respuesta ante el agregado de fertilizante fosfatado, tanto para pasturas como para cultivos (Quintero *et al.*, 1995; Quintero *et al.*, 1997; Mistrorigo *et al.*, 1993; Valenzuela *et al.*, 1993). El avance en el conocimiento del comportamiento del fósforo proveniente del fertilizante en suelos de la región permitiría apuntar a un uso más eficiente de la fertilización fosfatada, por lo que el objetivo de este trabajo

fue evaluar la redistribución de las fracciones de fósforo luego de la aplicación de distintas fuentes de fertilizante fosfatado en suelos con características físico - químicas contrastantes de la Provincia de Entre Ríos (Argentina).

Materiales y métodos

Se realizó un ensayo en macetas, utilizando dos suelos provenientes de la provincia de Entre Ríos, uno clasificado como Peluderte árgico, Serie San Gustavo (INTA - Gobierno de Entre Ríos. 1990) con clase baja en su factor capacidad de fósforo y un suelo Haplumbrepte fluvéntico, Serie Puerto Yerúa (INTA - Gobierno de Entre Ríos. 1993) con clase muy baja en su factor capacidad de fósforo (Boschetti *et al.*, 1998). Para la caracterización inicial de los mismos se extrajeron muestras de suelo de áreas no cultivadas ni fertilizadas, a una profundidad de 15 cm, las cuales fueron secadas al aire y pasadas por un tamiz de 2 mm previo a la realización de los análisis. Las características físicas, químicas y físico-químicas de los suelos utilizados se presentan en el Cuadro 1.

Se aplicó una dosis de fósforo de 240 mg de P/maceta, la que equivale a 197 mg de P kg⁻¹ de suelo en el Vertisol y a 138 mg de P kg⁻¹ de suelo en el Inceptisol, usando tres fuentes fosfatadas distintas, que luego de su homogeneización con el suelo se dejaron reaccionar durante un período de incubación de 90 días, en las condiciones de invernadero a una temperatura media de 25 ° C y manteniendo la humedad a capacidad de campo. De esta manera el ensayo quedó configurado por 4 tratamientos y 3 repeticiones, en un diseño experimental completamente aleatorizado.

Los fertilizantes incorporados fueron Superfosfato Triple de Calcio (20 % de P), Roca Fosfórica (13 % de P) y Cama de Pollo (2% de P), contemplándose un testigo sin agregado de fertilizante. La roca fosfórica usada fue un fosfato natural de origen sedimentario, proveniente de roca reactiva de Gafsa, en Túnez.

Cuadro 1. Características físicas, químicas y fisico-químicas de los suelos estudiados

Clasificación Sub Grupo ⁽¹⁾	Serie	Are	Arc G	CC kg ⁻¹	CO	CIC	Ca cm _(c)	Mg kg ⁻¹	K	Pe mg kg ⁻¹	pH
Peluderte Árgico	San Gustavo	67	473	422	41,8	38,3	23,5	3,5	0,6	7	5,8
Haplumbrepte fluvéntico	Puerto Yeruá	902	48	52	7,6	4,3	1,6	0,6	0,1	5	5,6

⁽¹⁾Key to Soil Taxonomy, 1994. Are: arena; Arc: arcilla (Robinson); CC: Capacidad de Campo (Richard); CO: carbono orgánico (Walkley-Black); CIC: capacidad intercambio catiónica (Acetato de amonio 1 N pH:7); Ca, Mg, K: intercambiables (Acetato de amonio 1 N pH: 7); Pe: fósforo extraíble (Bray-Kurtz 1); pH en agua: relación 1:2,5 (potenciometría).

En el Cuadro 2 se observan la distribución en las diferentes fracciones del total del P contenido en las tres fuentes fertilizantes utilizadas en el

ensayo, las cuales fueron evaluadas por el método de Hedley *et al.* (1982).

Cuadro 2. Distribución en las diferentes fracciones del fósforo contenido en los fertilizantes (porcentaje del total)

Fertilizante	Pi	Pi	Po	Pi	Po	Pi	P
	MIA	NaHCO ₃	NaHCO ₃	NaOH	NaOH	HCl	Residual
SFT	85	2,5	0	0,75	0	10,8	1
Roca	0	0,15	0	0,02	0	97,7	2,1
Cama	24	6,3	0,7	4,5	11	48	5

Referencias: SFT, super fosfato triple de Ca (20 % de P); Roca, roca tunecina (13 % de P); Cama, cama de pollo (2 % de P)

Se determinaron las fracciones inorgánica de fósforo por el procedimiento de extracción secuencial de Hedley *et al.*, (1982), en las muestras extraídas previo al período de incubación y en las que se tomaron posteriormente al mismo. Las formas de fósforo extractadas fueron: fósforo orgánico e inorgánico lábil (Pi-MIA - membrana de intercambio aniónica-, Pi- NaHCO₃ y Po-NaHCO₃); fósforo moderadamente lábil (Pi -NaOH y Po -NaOH); fósforo inorgánico ligado al calcio (Pi-HCl 1 M) y el fósforo residual (P-H₂SO₄). El fósforo total de cada extracto fue determinado luego de realizar una digestión con persulfato de amonio [(NH₄)₂S₂O₈]. El fósforo orgánico fue calculado a partir de la diferencia entre el total y el inorgánico.

Para la cuantificación del fósforo en los extractos se utilizó el método de Murphy-Riley (1962), después de ajustar el pH a 5,4 usando paranitrofenol como indicador.

Se realizó análisis de ANOVA y Test de Diferencias de medias de Tuckey con la ayuda del programa SAEG 5.0 (Sistema para Análisis Estadísticos y Genéticos) de la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

Resultados y discusión

La adición de los diferentes tipos de fertilizantes incrementó los niveles de fósforo comparados con el testigo, en todas las fracciones inorgánicas, con excepción del pool residual. Los cambios en las concentraciones de P de las fracciones luego del período de incubación se

muestran en el Cuadro 3 para el suelo Vertisol y los correspondientes al suelo Inceptisol en el Cuadro 4.

El análisis de varianza mostró que luego de 90 días de incubación, la adición de las tres fuentes

de fertilizante en el suelo Vertisol produjeron diferencias muy altamente significativas ($P < 0,001$) respecto al testigo en todas las fracciones inorgánicas de fósforo, excepto en la residual (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cambios en los niveles de las fracciones del P del suelo (mg. kg^{-1}) luego de la incubación en el suelo Vertisol

Fracciones de fósforo	de Pi MIA	Pi NaHCO_3	Po NaHCO_3	Pi NaOH	Po NaOH	Pi HCl	P Residual	P total Suma
Inicial								
Testigo	18	12	17	13	76	20	177	333
90 días								
Testigo	12 c	10 c	24 a	14 d	83 a	17 c	167 a	327 b
SFT	114 a	58 a	23 a	48 a	76 a	46 b	159 a	524 a
Roca	43 b	26 b	20 a	21 c	81 a	167 a	160 a	518 a
Cama	104 a	49 a	22 a	38 b	86 a	65 b	167 a	531 a

Los valores acompañados de letras diferentes en las columnas difieren significativamente entre sí (Tuckey $P < 0,001$).

En el suelo Inceptisol, las diferencias muy altamente significativas ($P < 0,001$) se encontraron entre el testigo y los tratamientos SFT y Cama de pollo, ya que la incorporación de la roca fosfórica no logró elevar el contenido de P de las fracciones como para que se diferencie

del testigo, a excepción de la fracción del P ligada al calcio. Al igual que en el otro suelo, la fracción residual permaneció sin modificaciones por la incorporación de los fertilizantes (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cambios en los niveles de las fracciones del P del suelo (mg.kg^{-1}) luego de la incubación en el suelo Inceptisol

Fracciones de fósforo	de Pi MIA	Pi NaHCO_3	Po NaHCO_3	Pi NaOH	Po NaOH	Pi HCl	P Residual	P Total Suma
Inicial								
Testigo	10	5	21	11	52	9	42	150
90 días								
Testigo	4 c	8 b	20 a	13 b	46 b	9 d	53 a	153 b
SFT	83 a	35 a	20 a	25 a	41 b	20 c	47 a	271 a
Roca	15 c	11 b	25 a	12 b	41 b	126 a	45 a	275 a
Cama	60 b	28 a	25 a	29 a	52 a	35 b	51 a	280 a

Los valores acompañados de letras diferentes en las columnas difieren significativamente entre sí (Tuckey $P < 0,001$).

Se calculó el fósforo recuperado del agregado con los fertilizante de acuerdo a la siguiente fórmula (Sattell y Morris 1992):

Fósforo recuperado = $[(F_i P_2 - F_i P_1) / \sum_j (F_j P_2 - F_j P_1)] \cdot 100 \%$, donde:

$F_i P_2$ y $F_i P_1$ son los contenidos de fósforo en la fracción iésima del tratamiento fertilizado y del tratamiento testigo, respectivamente. La diferencia entre el pool de fósforo inorgánico en el tratamiento fertilizado y en el tratamiento

testigo de cada una de las fracciones se expresó como relativa al fósforo total recuperado del fertilizante.

Este análisis permitió establecer qué porcentaje de lo aplicado se recuperó en las distintas fracciones. De los 197 mg de P kg⁻¹ de

superfosfato triple de calcio agregados al suelo Vertisol, el 70 % permaneció en las formas lábiles (Pi-MIA y Pi-NaHCO₃), el 17 % en la forma moderadamente lábil y el 13 % (Fig. 1) se encontró en las fracciones más resistentes (Pi-HCl).

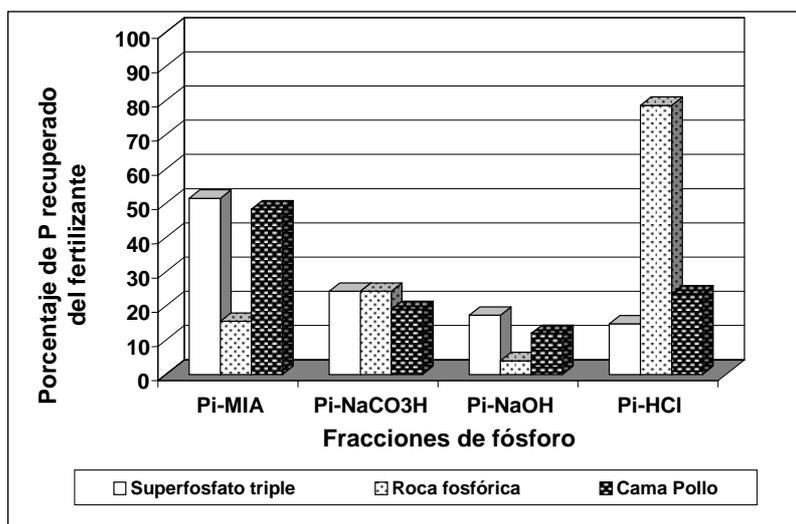


Figura 1. Porcentaje de P recuperado en las fracciones inorgánicas de fósforo del suelo a los 3 meses de la incorporación de diferentes fuentes de fertilizante en el suelo Vertisol

El fósforo soluble adicionado al suelo que no es absorbido por las raíces de las plantas o inmovilizado por los microorganismos puede ser adsorbido sobre las superficie de los minerales o precipitar como compuestos secundarios de fósforo (Havlin *et al.*, 1999). En el caso de éste estudio, donde no hubo extracción por parte de las raíces y donde no aumentaron las formas orgánicas de este elemento, el incremento del P inorgánico moderadamente lábil ante la adición de fósforo soluble, luego de la incubación, es atribuible a la adsorción o a la precipitación del mismo en forma de minerales secundarios de hierro y aluminio, indicando una conversión del P del fertilizante a una forma menos lábil.

En el suelo Inceptisol, más del 80 % del fósforo se mantuvo en las formas lábiles, mientras que el porcentaje restante se encontró en el Pi-NaOH y en el Pi-HCl (Fig. 2). Estos resultados reflejan la diferente capacidad de retrogradación del fósforo soluble que tienen los suelos, en función de sus características físicas y químicas. En el suelo con una clase de factor capacidad muy baja se mantuvieron mayores cantidades de fósforo en las formas lábiles,

coincidente con lo manifestado por Quintero *et al.*, (1999).

Cabe destacar, que a pesar del incremento del fósforo inorgánico registrado en la fracción moderadamente lábil que se produce luego de la incubación en ambos suelos, una proporción significativa de lo aplicado con el fertilizante permaneció en formas lábiles (Fig. 1 y 2).

El fósforo soluble aplicado al suelo por medio del fertilizante se disuelve fácilmente e incrementa la concentración de éste nutriente en la solución del suelo, siendo las fracciones orgánicas e inorgánicas quienes amortiguan ese incremento. La retención de fósforo es una secuencia continua de precipitación y adsorción en sitios reactivos superficiales. Las reacciones de adsorción y desorción son afectadas por el tipo de superficie mineral que está en contacto con el fósforo de la solución del suelo. También influye la cantidad y tipo de arcilla, ya que la mayor área superficial expuesta aumenta la tendencia a la adsorción, por ello los suelos con altos cantidades de arcilla fijan más fósforo que los suelos con bajos contenidos (Havlin *et al.*,

1999). Estos conceptos son válidos para explicar el diferente comportamiento de los suelos estudiados en cuanto a la retrogradación del fósforo soluble agregado, ya que como puede

observarse en el Cuadro 1, ambos suelos muestran diferencias muy importantes en sus características físicas, químicas y fisicoquímicas.

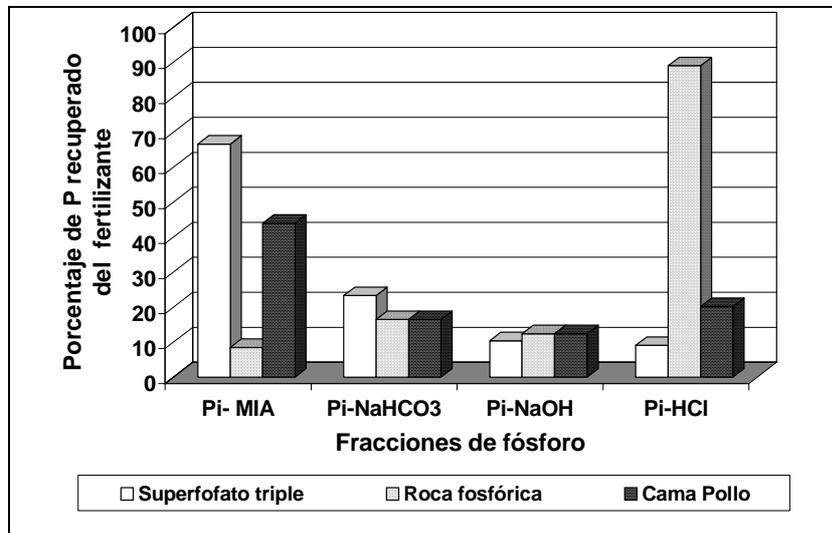


Figura 2. Porcentaje de P recuperado en las fracciones inorgánicas de fósforo del suelo a los 3 meses de la incorporación de diferentes fuentes de fertilizante en el suelo Inceptisol

El agregado de una fuente de fertilizante poco soluble como la roca fosfórica, produjo un notorio aumento de la fracción de Pi-HCl en los dos suelos. En el Vertisol, el 78 % del fósforo incorporado permaneció en esta fracción luego del período de incubación y el resto fue hacia formas más solubles, mientras que en el Inceptisol, el 90 % quedó en el pool estable ligado al calcio y solamente el 10 % se distribuyó en los pools lábiles y moderadamente lábiles (Fig. 1 y 2).

Respecto al destino del P de la cama de pollo, se observó, que cerca de la cuarta parte del fósforo incorporado, se encontró en la fracción inorgánica ligada al calcio, resultado esperable pues el 48 % del fósforo contenido en la cama de pollo estaba en ésta forma (Cuadro 2) y el resto pasó a las fracciones más disponibles (Fig. 1).

En el caso del suelo Vertisol luego de la incubación hubo una marcada mineralización del P orgánico contenido en la cama de pollo, dado que los valores encontrados de éste en la fracción extraída con NaOH no difirieron del testigo, siendo que la cama de pollo contenía un 11% en ésta fracción (Cuadro 2), mientras que en el suelo Inceptisol, se produjo un pasaje desde las

fracciones orgánicas moderadamente lábiles a las lábiles, evidenciado por el 4% de P encontrado en la fracción orgánica lábil siendo que dicho fertilizante tenía un porcentaje mínimo (0,7 %) en esa fracción (Cuadro 2).

Al agregar cama de pollo se incorpora un material orgánico que puede ser utilizado fácilmente por los microorganismos del suelo, por lo tanto, en función de las características de los suelos se va a producir una mayor o menor mineralización. Si bien las condiciones de invernadero de temperatura y humedad fueron las apropiadas para la actividad microbiana, ciertas características intrínsecas de los suelos tales como sus características físicas y la riqueza de elementos nutritivos como fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, aluminio, que los organismos necesitan para su desarrollo, permiten explicar el diferente efecto que produce el agregado de esta fuente sobre los pools de fósforo orgánicos.

Los altos porcentajes de recuperación en las fracciones lábiles del fósforo soluble incorporado con el superfosfato triple, son coincidentes con los encontrados en suelos Molisoles (Wager *et al.*, 1986), Entisoles (Aulakh y Pasricha, 1991) y Alfisoles (Sattell y Morris, 1992) y contrastan

con los obtenidos en suelos Ultisoles (Linguist *et al.*, 1997); Beck y Sanchez, 1994; y Andisoles (Otani y Ae, 1997), donde más del 50 % del fósforo soluble agregado tiene como destino la fracción inorgánica moderadamente lábil.

El principal destino del fósforo de la roca fosfórica fue la fracción de Pi-HCl (Fig. 1y 2). En el suelo Inceptisol quedaron mayores proporciones de éste nutriente sin disolverse que en el Vertisol, aspecto asociado a la menor reactividad del fósforo en el suelo Inceptisol, propio de las características físicas y químicas que éste posee. Si bien el pH es uno de los factores que influencia la disponibilidad del fósforo proveniente de este fertilizante, los suelos estudiados tuvieron valores semejantes, de manera que el diferente comportamiento es atribuible a ciertas características de los mismos, tales como el contenido de arcilla, capacidad de intercambio catiónico y contenido de materia orgánica (Cuadro 1).

La distribución en las distintas fracciones del fósforo proveniente de la cama de pollo dependió de las características intrínsecas de los suelos, que influyeron sobre la mineralización de la fuente orgánica. En el suelo Vertisol se mineralizó la mayor parte del fósforo orgánico incorporado, el cual tuvo como destino la fracción moderadamente lábil, mientras que en el suelo Inceptisol solamente el 30 % de las formas orgánicas del fósforo se mineralizaron, el 35 % pasó a la fracción lábil y el 35 % restante permaneció en la forma original incorporada, que era la moderadamente lábil.

Conclusiones

- La proporción de fósforo soluble del superfosfato triple de Ca que permaneció en las formas lábiles estuvo entre el 70 % y 80 %, siendo en el suelo Vertisol donde se retrogradó mayor cantidad.
- El principal destino del fósforo de la roca fosfórica fue la fracción de Pi-HCl, y la redistribución hacia las fracciones más lábiles varió con el tipo de suelo; en el Vertisol se incrementaron las fracciones más lábiles en un 22%, mientras que en el Inceptisol solo en un 12 %.
- La distribución en las distintas fracciones del fósforo proveniente de la cama de pollo, dependió de las características intrínsecas de

los suelos, que influyeron sobre la mineralización de la misma. En el Vertisol, el fertilizante orgánico se mineralizó casi completamente luego del período de incubación, mientras que en el Inceptisol solamente en un 30%.

Referencias bibliográficas

- AULAKH, M. S.; PASRICHA, N. S.** (1991). Transformations of residual fertilizer P in a semi-arid tropical soil under eight-year peanut-wheat rotation. *Fert. Res.*, 29: 145-152.
- BECK, M. A.; SANCHEZ, P. A.** (1994). Soil phosphorus fraction dynamics during 18 years of cultivation on a Typic Paleudult. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 1424-1431.
- BOSCHETTI, N. G.; QUINTERO, C. E.; BENAVIDEZ, R.** (1998). Caracterizaçãõ do fator capacidade de fósforo em solos de Entre Ríos, Argentina. *R. Bras. Ci. Solo.* 22: 95-99.
- BOSCHETTI, N. G. ; VALENTI, R. A. ; VESCO, J. J. ; SIONE, M.** (2000). Contenidos de fósforo total en suelos con características vérticas de la provincia de Entre Ríos. *Rev. Facultad de Agronomía*, 20(1) : 53-58.
- DARWICH, N. A.** (1994). Los Sistemas Mixtos y la Fertilidad de los suelos. 2do. *Simposio Tecnológico AACREA*, Buenos Aires. 16 p.
- HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.** (1999). Phosphorus. (p. 154-195). In: Soil fertility and fertilizers. An Introduction to Nutrient management. Sixth edition. *Prentice Hall*, New Jersey, USA, 499 p.
- HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S.** (1982). Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 970-976.
- INTA - GOBIERNO DE ENTRE RÍOS.** (1993). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Concordia, provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. *INTA Paraná - Subsecretaría de Asuntos Agrarios (Dirección de Producción Vegetal y Recursos Naturales)*.
- INTA - GOBIERNO DE ENTRE RÍOS.** (1990). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento La Paz, provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. Tomos II. *INTA Paraná* -

Subsecretaría de Asuntos Agrarios (Dirección de Suelos y Aguas).

KEY TO SOIL TAXONOMY. (1994). Natural Resources Conservation Service. Unites States *Department of Agriculture*. Sixth Edition.

LINQUIST, B. A.; SINGLETON, P. W.; CASSMAN, K. G. (1997). Inorganic and organic phosphorus dynamics during a build-up and decline of available phosphorus in an Ultisol. *Soil Sci.*162: 254-264.

MISTRORIGO, D.; VALENTINUZ, O.; MORESCO, R., KAHN, N. (1993). Diagnóstico de fertilización nitrogenada y fosforada en girasol. *Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Mendoza. p. 117-118.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27: 31-36.

OTANI, T.; AE, N. (1997). The status of inorganic and organic phosphorus in some soils in relation to plant availability. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43 (2) : 419-429.

QUINTERO, C. E.; BOSCHETTI, N. G.; BENAVIDEZ, R. A. (1995). Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos (Argentina). *Ciencia del Suelo.* 13(2): 60-65.

QUINTERO, C. E.; BOSCHETTI, N. G.; BENAVIDEZ, R. A. (1997). Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas implantadas en Entre Ríos (Argentina). *Ciencia del Suelo.* 15: 1-5.

QUINTERO, C. E.; BOSCHETTI, N. G.; BENAVIDEZ, R. A. (1999). Phosphorus retention in some soils of the Argentinean mesopotamia. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30 (9-10): 1449-1461.

SATTELL, R. R.; MORRIS, R. A. (1992). Phosphorus fractions and availability in Sri Lankan Alfisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1510-1515.

VALENZUELA, O.; GALLARDO, C.; KAHN, N. (1993). Calibración del fósforo extractable para el cultivo de lino (*Linum usitatissimum*) en suelos de la provincia de Entre Ríos. *Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Mendoza. p. 113-114.

WAGER, B. I.; STEWART, J. W. B.; MOIR, J. O. (1986). Changes with time in the form and availability of residual fertilizer phosphorus on Chernozemic soils. *Can. J. Soil Sci.* 66:105-119.

Recibido: 21-08-01

Aceptado: 20-11-01