

# COMPORTAMIENTO DEL FÓSFORO INORGÁNICO Y ORGÁNICO DE UN SUELO VERTISOL FRENTE A CONDICIONES DE ACTIVA MINERALIZACIÓN Y EXTRACCIÓN VEGETAL

M. S. ZUBILLAGA y L. GIUFFRÉ<sup>1</sup>

## RESUMEN

La limitada eficiencia de la fertilización fosfatada puede mejorarse por medio del conocimiento de los cambios de las fracciones del P con el tiempo (Zhang and Mc Kenzie, 1997). Este estudio examinó: I) la distribución de las fracciones fosfatadas según el fraccionamiento de Hedley *et al.* (1982), y II) los cambios secuenciales en el fósforo orgánico (PO) e inorgánico (PI) de un suelo Peluderte argiacuólico, tanto en condiciones propicias para la mineralización como en condiciones de agotamiento por parte de un cultivo, con y sin fertilización fosfatada. El suelo se caracterizó por el predominio de P moderadamente resistente, tanto en su fracción orgánica como inorgánica. Ante condiciones favorables para la mineralización se observó una importante disminución del PO moderadamente resistente, favorecida aún más por la incorporación de fertilizante. La disminución del P total evaluado ante situaciones de agotamiento, fue debida principalmente a la fracción inorgánica, siendo significativa esta disminución tanto en su fracción lábil como moderadamente resistente tanto al principio como al final del ensayo de extracción. El principal destino de la fertilización, tanto en situación de activa mineralización como de agotamiento fueron ambas fracciones del fósforo inorgánico.

**Palabras clave.** destino del fertilizante, dinámica del P, fracciones inorgánicas y orgánicas del P del suelo.

## BEHAVIOR OF INORGANIC AND ORGANIC PHOSPHORUS IN A VERTISOL SOIL IN FAVORABLE CONDITIONS FOR MINERALIZATION AND VEGETABLE EXTRACTION

### SUMMARY

The limited efficiency of P fertilization can improve through the knowledge of P fractions changes with the time (Zhang & Mc Kenzie, 1997). This study examined the distribution of the P fractions according to Hedley's fractionation scheme in a Argiacuólic Peludert, so much under favorable conditions for the mineralization like under conditions of depletion, with and without P fertilization. The soil was characterized by the prevalence of moderately resistant P, so much in its organic as inorganic fractions. In the presence of favorable conditions for the mineralization an important decrease of the moderately resistant OP was observed, favored even more for the fertilizer incorporation. The decrease of the total evaluated P before situations of depletion, was due mainly to the inorganic fraction, being significant this decrease so much in its labile fraction as moderately resistant so much at the beginning as at the end of the experiment. The main destination of the fertilization, in both situation (active mineralization as well as depletion) were both fractions of the inorganic P.

**Key words.** fate of fertilizer, P dynamics, soil P organic and inorganic fractions.

### INTRODUCCIÓN

Los suelos con características vérticas se caracterizan por poseer media a baja capacidad buffer de fosfatos (Boschetti *et al.*, 1998), con predominio de esmectitas. Estudios micromorfológicos han revelado una elevada vida media de materiales orgánicos debido a su intensa relación con coloides arcillosos 2:1.

La evaluación de la disponibilidad de fosfatos para las plantas en suelos argentinos se realiza frecuentemente mediante el método de Bray y Kurtz, pero esta metodología no llega a evaluar las fracciones de P inorgánico menos disponibles y el P orgánico.

La técnica de fraccionamiento del P del suelo,

<sup>1</sup>Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes; <sup>2</sup>Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UBA. Avda San Martín 4453. Capital Federal. e-mail= zubillag@mail.agro.uba.ar

propuesta por Hedley *et al.* (1982), consiste en la obtención de cinco fracciones inorgánicas, tres orgánicas y el P residual. Este procedimiento ha sido adoptado por numerosos grupos de investigación en diferentes estudios de este elemento en el suelo. Según diversas experiencias (Trasar Cepeda *et al.*, 1986; Wagar *et al.*, 1986; Pavan y Carneiro Leal, 1995) este fraccionamiento es válido para conocer la velocidad de reciclado del P orgánico en experiencias de incubación. También fue utilizado en estudios sobre el efecto de distintas prácticas agrícolas en la dinámica del P del suelo (Brossard, 1994; Andersohn, 1996; Hettiarachchi *et al.*, 1997) y el efecto de la aplicación de fertilizantes fosfatados sobre las fracciones fosfatadas de suelos altamente meteorizados (Ball-Coelho, *et al.*, 1993 y Beck y Sanchez, 1994).

El objetivo de este estudio fue evaluar: I) la distribución de las fracciones fosfatadas según el fraccionamiento de Hedley *et al.* (1982), y II) los cambios secuenciales en el PI y PO de un suelo Peluderte argiacuólico, bajo condiciones propicias para la mineralización por un lado y bajo condiciones de agotamiento por otro, con y sin fertilización fosfatada.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado sobre un suelo Vertisol (Peluderte argiacuólico) de la localidad de Federal, Pcia de Entre Ríos, con las siguientes características: pH (1:2,5): 5,8; C.E. ( $\text{dS m}^{-1}$ ): 0,45; P (Bray y Kurtz):  $7 \mu\text{P g}^{-1}$ ; C (Walkley-Black): 2,5%; N Total (Kjeldahl): 0,24%. Se obtuvo una muestra compuesta de suelo prístino (0-10 cm de profundidad) para las determinaciones analíticas y ensayos experimentales. La muestra compuesta ( $n=10$ ) fue seca al aire y tamizada por malla de 2 mm.

**Ensayo de Incubación:** se emplearon 20 g de suelo humedecido hasta 80% de su humedad equivalente con agua destilada en el tratamiento testigo y con solución de  $\text{KII}_2\text{PO}_4$  a una dosis equivalente a  $50 \text{ kg P ha}^{-1}$  en el tratamiento fertilizado. Fueron incubados en potes plásticos a  $28^\circ\text{C}$  en estufa

durante 15, 30, 60 y 90 días. Durante la incubación la humedad fue mantenida mediante riegos diarios con agua destilada. El diseño utilizado fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. En cada uno de los periodos de muestreo se extrajeron 3 potes de cada tratamiento, continuando los demás la incubación hasta las fechas correspondientes.

**Ensayo de Invernáculo:** se realizó un ensayo extractivo con *Lolium perenne* (ryegrass), en macetas con 200 g de suelo a una densidad de 200 semillas germinadas/maceta. Se realizaron 3 siembras sucesivas, cosechando todo el material vegetal a los 30 días desde la emergencia. Los tratamientos fueron: testigo sin fertilizar y fertilizado con  $50 \text{ kg P ha}^{-1}$ , en un diseño en tres bloques completamente aleatorizados. Los análisis químicos fueron realizados al finalizar el primero y último período de cosecha, sobre una muestra compuesta.

**Fraccionamiento de P edáfico:** Sobre las muestras de suelo extraídas de los ensayos anteriores se determinaron las formas orgánicas e inorgánicas del P mediante el esquema de fraccionamiento de Hedley *et al.* (1982). En este estudio se consideraron las tres primeras fracciones por ser las de mayor importancia en la biodisponibilidad. El PO se calculó por diferencia entre el P total y PI, previa digestión nítrico-perclórica.

Las fracciones inorgánicas se agruparon según Tiessen *et al.* (1984) de acuerdo a su labilidad en PI lábil (integrado por PI resina y bicarbonato), PI moderadamente resistente (integrado por PI hidróxido), mientras que el PO se agrupó según Bowman y Cole (1978) en: PO lábil (integrado por PO bicarbonato) y PO moderadamente resistente (integrado por PO hidróxido), siendo P total evaluado la sumatoria de las fracciones extraídas por éste fraccionamiento. La determinación colorimétrica se efectuó mediante la técnica de Murphy y Riley.

La capacidad buffer (PBC y  $X_m$ : coeficiente de la ecuación de Langmuir) son valores de un trabajo anterior (López Camelo *et al.*, 1986).

El análisis estadístico comprendió análisis de varianza y prueba de comparación de medias según Tukey.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón de distribución de las fracciones de P evaluadas se observa en la Figura 1, donde se puso en evidencia el predominio del P inorgánico (73,3%) principalmente el PI moderadamente resistente (75% del P inorgánico total). El PO también se caracterizó por su alto contenido en la fracción moderadamente resistente (67% del PO). Así, la fracción moderadamente resistente total fue la principal característica de este suelo, alcanzando el 62% del P total evaluado. Esto induciría a pensar que la dinámica del P en este suelo es lenta.

En un intento de comprobar lo enunciado para esta situación, se analizaron los resultados de la incubación en el suelo control y fertilizado (Figura 2).

En el suelo control, el P total evaluado no varió durante la incubación ( $p < 0,05$ ). Se observó una significativa mineralización de la fracción moderadamente resistente del PO, variando su contenido en un 43%.

El fósforo inorgánico total extraído aumentó significativamente (13%), aunque sus formas ais-

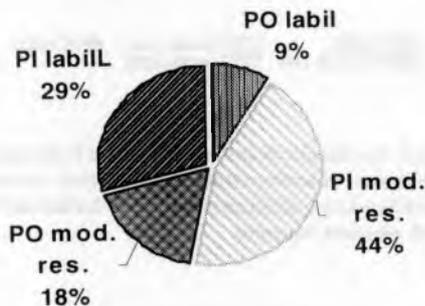


Figura 1. Distribución de las fracciones de fósforo.

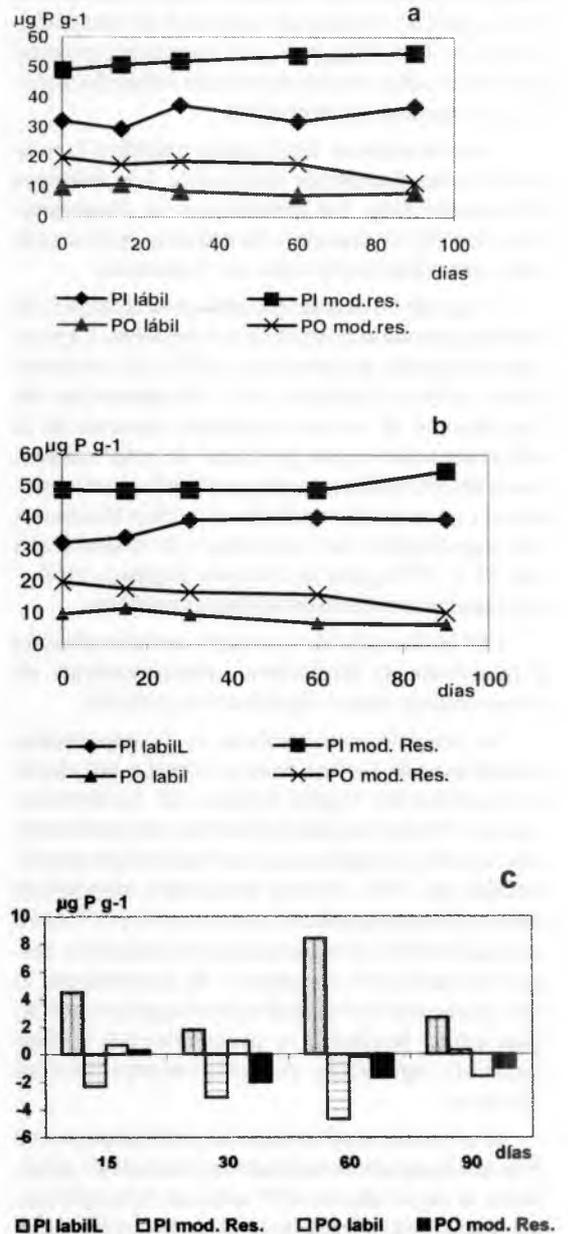


Figura 2. Evolución de las fracciones de P durante la incubación. a) muestras control; b) muestras fertilizadas; c) efecto del fertilizante durante la incubación, diferencia entre tratamiento fertilizado y control

ladas no manifestaron variación significativa. Debido a las características de sorción de este suelo,  $X_m$ : 0,2 y PBC:  $5 \mu\text{g P g}^{-1}$ , que regulan la provisión de fósforo lábil, éste no manifiesta variación significativa durante la incubación.

La aplicación de fertilizantes modificó la relación de las fracciones fosforadas. Las mayores diferencias entre los tratamientos se observaron entre los 30 y 60 días de la incubación, provocando una redistribución de todas las fracciones.

Luego de 90 días de aplicado el fertilizante, las diferencias con el control fueron menores. La principal variación se observó en el PI lábil, actuando como principal destino de la incorporación de fertilizantes. A su vez se observó aumento de la mineralización como producto de esta adición, tanto del PO lábil como del moderadamente resistente. La variación registrada de ambas fracciones fue significativa con porcentajes de disminución del 34 y 47% para la fracción orgánica lábil y moderadamente resistente respectivamente.

El P lábil total si bien aumentó con la incubación y la adición de fertilizante, estadísticamente no presentó incremento significativo ( $p < 0,05$ ).

Se cuantificaron cambios en la importancia cuantitativa de las fracciones evaluadas por efecto de la extracción vegetal (Figura 3a). La disminución del P total evaluado fue debida principalmente a la fracción inorgánica, la cual registró una disminución del 24%. Ambas fracciones inorgánicas disminuyeron significativamente en 31 y 19% para su fracción lábil y moderadamente resistente, respectivamente. En este proceso de agotamiento, la alta protección de los materiales orgánicos por las esmectitas, posibilitó la protección del fósforo orgánico impidiendo el abastecimiento para los vegetales.

El efecto de la aplicación del fertilizante en este proceso de agotamiento pone nuevamente de manifiesto la importancia del PI como destino del mismo, tanto para su fracción lábil como la moderadamente resistente (Figura 3b). La fracción orgánica del fósforo no varió significativamente por la adición de fertilizante a lo largo del agotamiento (Figura 3c). Así mismo, las diferencias entre el tratamiento control y testigo disminuyeron con el agotamiento del suelo.

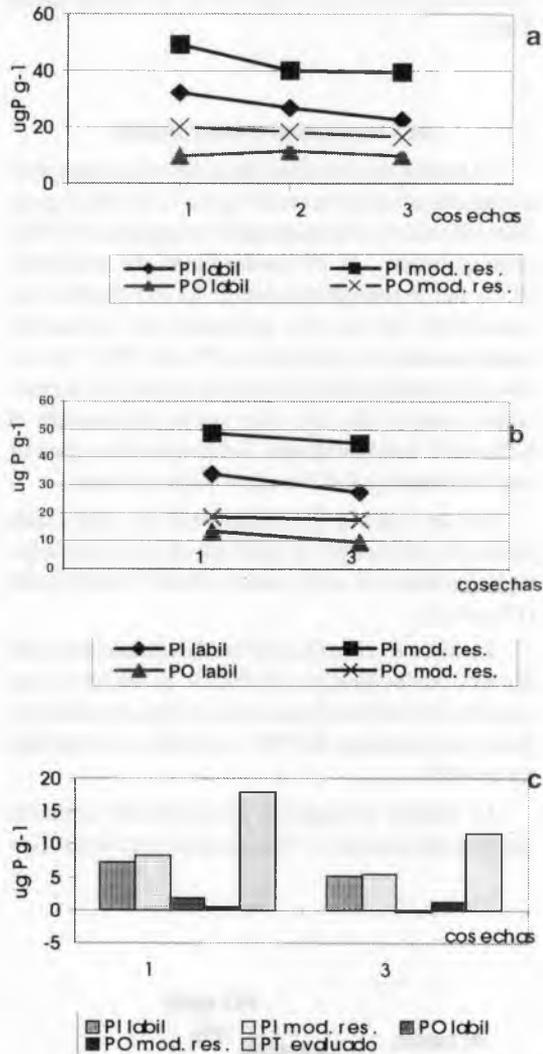


Figura 3: Evolución de las fracciones de P durante el ensayo de invernáculo. a) muestras control; b) muestras fertilizadas; c) diferencias entre P fertilizado y P control, en cada fracción.

## CONCLUSIONES

El suelo vertisol de Federal (Entre Ríos) estudiado se caracterizó por el predominio de P mo-

deradamente resistente, tanto en su fracción orgánica como inorgánica. Ante condiciones favorables para la mineralización se observó que el PO moderadamente resistente puede pasar a disponible. La incorporación de fertilizante estimuló la mineralización de ambas fracciones del fósforo orgánico. El principal destino de las aplicaciones fosfatadas, tanto en situación de activa mineralización como de agota-

miento, fueron diferentes fracciones del fósforo inorgánico.

La absorción de fosfatos por las plantas, medida como una disminución del P total evaluado ante situaciones de agotamiento, fue a partir de la fracción inorgánica, tanto lábil como moderadamente resistente.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, C. 1996. Phosphate cycles in energy crop systems with emphasis on the availability of different phosphate fractions in the soil. *Plant and Soil* 184:11-21.
- BALL-COELHO, B; H. TIESSEN AND J.W.B. STEWART. 1993. Short and long term phosphorus dynamics in a fertilized Ultisol under sugarcane. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1027-1034.
- BECK, M.A. AND P.A. SANCHEZ. 1994. Soil phosphorus fraction dynamics during 18 years of cultivation on a Typic Paleudult. *Soil Sci.* 34:1424-1431
- BOSCHETTI, N.G.; QUINTERO, C.E. Y BENAVIDEZ R.A. 1998. Caracterizacáo do fator capacidade de fosforo em solos de Entre Ríos, Argentina. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:95-99.
- BOWMAN, R.A. AND C.V. COLE. 1978. An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland soils. *Soil Sci.* 125, 95-101.
- BROSSARD, M. 1994. Formes et stabilité du phosphore de sols tropicaux argilleux. Exemple d'un vertisol. *Proc. 15Th World Congress of Soil Sci.* 8b:40-41.
- HEDLEY, M.J.; J.W.B. STEWART AND B.S. CHAUHAN. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:970-976.
- HETTIARACHCHI, G.M.; G.M. PIERZYNSKI AND J.L. HAVLIN. 1997. The influence of time on phosphorus supply characteristics of two Mollisols. *Soil Sci.* 162:265-274.
- HUE, N.V.; H. IKAWA AND J.A. SILVA. 1994. Increasing plant available P in an Ultisol with a yardwaste compost. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 25:3291-3303.
- LÓPEZ CAMELO, L.G.; O.S HEREDIA Y Z.M.M. DE SESÉ. 1986. Evaluación preliminar de la influencia de la materia orgánica sobre la adsorción de fósforo en algunos suelos argentinos. *Rev. Arg. de la Ciencia del Suelo* 4:125-131.
- PAVAN, MA. AND A CARNEIRO LEAL. 1995. Utilização de uma técnica de fraccionamento para caracterizar formas de fósforo em solo incubado com resíduos de Leucena. *Arq. Biol. Tecnol.* 38:375-383.
- TIESSEN, H, J.W.B. STEWART AND C.V. COLE. 1984. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:853-858.
- TRASAR-CEPEDA, M.C.; F. GIL SOTRES Y F. GUITIAN OJEA. 1986. Transformaciones del fósforo en suelos gallegos sometidos a incubación. *An. Edafol. Agrobiol.* XLV;311-326.
- WAGAR, B.I.; J.W.B. STEWART AND J.O. MOIR. 1986. Changes with time in the form and availability of residual fertilizer phosphorus on chernozemic soils. *Can. J. Soil Sci.* 66:105-119.
- ZHANG, T.Q. AND A.F. MACKENZIE. 1997. Changes of phosphorus fractions under continuous corn production in a temperate clay soil. *Plant and Soil* 192:133-139.