

## MINERALIZACION DE FOSFORO EN MOLISOLES PAMPEANOS

L GIUFFRE, M S ZUBILLAGA, O S HEREDIA, F MISSART

Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453. 1417 Buenos Aires, Argentina

### SOIL PHOSPHORUS MINERALIZATION IN PAMPEAN MOLLISOLS (ARGENTINA)

The objective of this paper was to evaluate phosphorus organic fractions and phosphate forms produced by mineralization in soils of Buenos Aires Province (Argentina). Organic fraction was 22.8% of the evaluated fractions, with special relevance of labile organic phosphorus forms (71 % of total organic forms), indicating the importance of biological equilibrium in recycling this macronutrient. Incubation experiments demonstrated mobilization of organic fractions with main destination into inorganic labile forms in an Hapludoll, and a great increase in extractable forms measured by Bray and Olsen soil tests, with decrease of adsorbed Phosphorus in Argiudolls.

**Key words:** Mineralization - Organic phosphorus - Labile phosphorus - Mollisols

### INTRODUCCION

El creciente interés en lograr la sustentabilidad de los agroecosistemas ha incrementado la atención acerca del rol de las interacciones biológicas en los procesos de liberación de nutrientes y mantenimiento de la estructura del suelo. La consideración del suelo como un organismo vivo con estabilidad y resiliencia características, hace que se focalice la importancia del ciclo de nutrientes en ecosistemas naturales, en los cuales existe una cierta capacidad reguladora contra los estrés ambientales. En estos sistemas las caídas en la provisión de nutrientes podrían ser suplementados por nutrientes almacenados en la materia orgánica o poblaciones microbianas (Doran 1996).

Dentro de los factores que determinan la disponibilidad de fósforo del suelo, no puede dejarse de lado la importante función de las formas orgánicas como parte del reciclado de este nutrimento (Andersohn 1996, Szott, Palm 1997). Aunque el fósforo orgánico está sometido a una extensiva estabilización en el suelo, existe también un activo reciclado a partir de la fracción orgánica (Magid *et al.* 1996). En trabajos recientes, Dalal (1997) estudió las tendencias en las reservas y formas de fósforo afectadas por el cultivo de cereales en Australia, y Handreck (1997) consideró que los análisis deben incluir formas orgánicas lábiles de este nutrimento.

A pesar de la nutrida bibliografía internacional sobre el fósforo del suelo, existen menos estudios referidos a las fracciones orgánicas, aunque las mismas involucren a más del 50% del fósforo total, existiendo pocos antecedentes de su estudio en suelos argentinos (Mestelan, Culot 1993, Hepper *et al.* 1996).

Los balances de P en sistemas agrícolas y ganaderos argentinos realizados hasta el momento han resultado negativos (Chaneton 1996). La consideración del fósfo-

ro orgánico dentro del sistema, puede proveer de información útil para evitar una fertilización excesiva, con sus indeseables consecuencias ambientales, y una posterior cuantificación de la mineralización del fósforo en distintas condiciones, permitirá la inclusión de datos reales en los modelos utilizados.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la participación de fracciones orgánicas de fósforo respecto a inorgánicas en suelos pampeanos, efectuando un seguimiento de las mismas en ensayos de incubación.

### MATERIALES Y METODOS

#### Fraccionamiento de formas orgánicas e inorgánicas de fósforo del suelo

Se efectuó siguiendo la técnica de Hedley *et al.* (1982). En este estudio se consideraron las tres primeras fracciones propuestas por ser de mayor importancia en cuanto a la biodisponibilidad: fósforo en solución de equilibrio con resinas de intercambio (PI resina), bicarbonato de sodio (PO bicarbonato y PI bicarbonato) e hidróxido de sodio (PO hidróxido, PI hidróxido). Se trabajó sobre una muestra compuesta superficial (0-20 cm) de un Hapludol Típico de Trenque Lauquen (Pcia. de Buenos Aires), cuyo pH fue de 6,5 y su nivel de carbono (determinado por Walkley-Black) de 1,5%.

#### Ensayos de incubación

Las muestras utilizadas fueron secadas al aire y tamizadas por malla de 2 mm. La incubación se efectuó en pots plásticos a 28°C en estufa. La humedad de los suelos se mantuvo en niveles cercanos a la capacidad de campo, mediante riegos con agua destilada con control de peso diario. El diseño utilizado fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se efectuaron dos ensayos de incubación: 1) con el suelo Hapludol Típico de Trenque Lauquen: testigo y fertilizado con 28 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, con muestreos a los 15, 30, 60 y 90 días. Este suelo presentó un contenido de carbono de 1,5% y su pH fue 6,5. 2) con dos Argiudoles Típicos provenientes de Lobería y San Andrés de Giles, estos suelos presentaron valores de pH de 5,6 y 5,7 y contenido de carbono (Walkley-Black) de 2,4 y 1 % respectivamente. Los tratamientos fueron: testigo y fertilizado con dosis

equivalente a 20 y 40 kg de fósforo por hectárea. Las muestras de los ensayos de incubación fueron extraídas sin reposición, secadas a estufa (a una temperatura semejante a la de incubación), mortereadas y tamizadas, y sobre ellas se efectuaron distintos análisis de fósforo: en el ensayo 1 se realizaron las determinaciones correspondientes al método de Hedley *et al.* (1982), anteriormente descrito. Sobre la base de los resultados obtenidos, en el ensayo 2 se determinaron fósforo extractable según Bray 1 y Olsen, y fósforo adsorbido mediante el índice puntual P25 (Heredia *et al.*, 1998). Los métodos estadísticos utilizados fueron análisis de varianza entre fechas de incubación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Fraccionamiento de fósforo

En este estudio se obtuvieron los valores de fósforo según el esquema de fraccionamiento de Hedley. Dichos valores fueron agrupados según el esquema de Tiessen *et al.* (1984), de acuerdo a su velocidad de ciclado en el suelo, obteniéndose las fracciones: fósforo inorgánico lábil (PIL): (PI resina + PI bicarbonato); fósforo inorgánico moderadamente resistente (PIRM): (PI hidróxido); fósforo orgánico lábil (POL) (PO bicarbonato); fósforo orgánico moderadamente resistente (PORM): (PO hidróxido).

La fracción inorgánica (Hapludol) representó el 78,2% del fósforo total estudiado, equilibrándose en ambas formas inorgánicas: lábiles y resistentes. El fósforo orgánico, a pesar de encontrarse en una menor proporción, es una fracción importante en magnitud, y debe destacarse que en este caso el PO lábil representa un 71,3% del orgánico total. Esto indicaría que la dinámica del fósforo en este tipo de suelos es rápida, y que la reposición de este nutrimento a corto plazo puede provenir no sólo de las fracciones inorgánicas, sino que cobra también especial importancia el reciclado a partir de formas relacionadas con los materiales orgánicos del suelo.

En un estudio anterior (Giuffré *et al.*, 1997) se observó el impacto de distintas rotaciones y labranzas sobre el fósforo orgánico total del suelo, destacándose

esta fracción porque al disminuir el fósforo proveniente del pool inorgánico, los equilibrios biológicos pasan a la fracción en el reciclado de fósforo en suelos bajo cultivo.

### Ensayos de incubación

Hapludol: la incubación de las muestras de suelo produjo movilización de las diferentes fracciones inorgánicas y orgánicas evaluadas en este ensayo. Al existir diferencias significativas en la variación del fósforo orgánico total, se comprobó la mineralización de fosfatos (Tabla 1).

El PI lábil fue el principal destino de los productos de mineralización, incrementando significativamente su valor al finalizar el ensayo, mientras también resultó significativa la disminución del fósforo orgánico lábil, lo que está de acuerdo con los resultados de Vázquez *et al.* (1991) en Molisoles de Santa Fé.

Ambos tratamientos demostraron un comportamiento similar, evidenciando un destino final del fertilizante primordialmente hacia las formas inorgánicas lábiles y medianamente resistentes, y la mineralización de las fracciones orgánicas de distinta labilidad, incluso de la fracción moderadamente resistente al principio de la incubación.

En el caso del Argiudol, se decidió realizar determinaciones complementarias de las anteriores, evitando la repetición de la técnica de Hedley debido a su complejidad. Puede observarse en la Figura 1, tanto en el suelo testigo como en el fertilizado, que las formas extraíbles según Bray y Olsen aumentaron en forma significativa durante la incubación, mientras que las formas adsorbidas, medidas con P25, disminuyeron. Estos resultados coinciden con un ensayo de incubación de López Hernández y Niño (1993), quienes encontraron que las tasas de mineralización y el aumento del fósforo intercambiable serían las razones por las cuales aumentó en forma notable el nivel de fósforo extraíble. Mizuno

Tabla 1: Fracciones de fósforo en muestras testigo y fertilizadas sometidas a incubación ( $\mu\text{gPg}^{-1}$ ).

| Días de incubación | Fracciones de fósforo |             |              |             |             |             |              |             |
|--------------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|                    | PIL Testigo           | Fertilizado | PIMR Testigo | Fertilizado | POL Testigo | Fertilizado | PORM Testigo | Fertilizado |
| 0                  | 43,3 a                | 43,3 a      | 42,3 a       | 42,3 a      | 16,9 a      | 16,9 a      | 6,9 a        | 6,9 a       |
| 15                 | 48,6                  | 49,2        | 48,3         | 44,4        | 9,5         | 10,8        | 8,9          | 9,5         |
| 30                 | 47,9                  | 55,7        | 43,3         | 45,1        | 10,4        | 7,1         | 8,8          | 7,6         |
| 60                 | 58,3                  | 58,9        | 41,4         | 42,5        | 9,2         | 7           | 7,2          | 7,5         |
| 90                 | 58,4 b                | 60,1 b      | 41,2 a       | 45,5 a      | 8,0 b       | 7,1 b       | 6,3 a        | 7,6 a       |

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) dentro de cada fracción, entre la primer y última fecha. PIL: Fósforo inorgánico lábil. PIMR: Fósforo inorgánico moderadamente resistente. POL: Fósforo orgánico lábil. PORM: Fósforo orgánico moderadamente resistente.



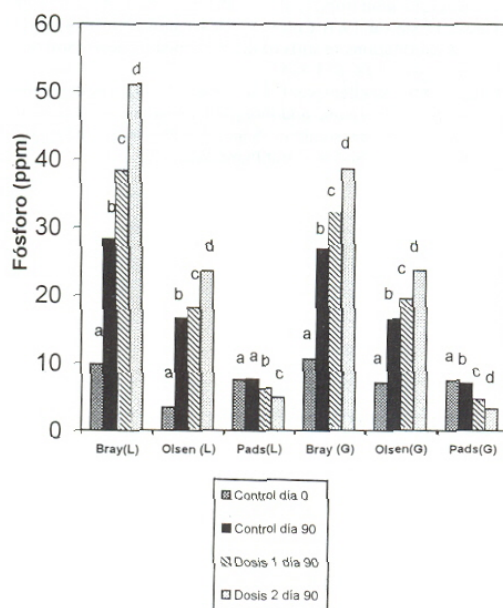


Figura 1. Fósforo extractable para los suelos de Lobería (L) y San Andrés de Giles (G). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre el control (testigo) al principio y final de la incubación, y las dos dosis de fertilización al final de la incubación

(1981) encontró una producción de fosfatos continua durante 2 meses en un ensayo de incubación, extrayendo con resinas de intercambio los fosfatos que se producían por mineralización.

Las mayores dosis de fertilización provocaron un incremento del fósforo extraíble con el tiempo, lo que está de acuerdo con los resultados de De Blas Varela (1989). La sincronización entre la mineralización del fósforo orgánico y la demanda vegetal de nutrientes es crucial para determinar la disponibilidad actual del fósforo movilizado microbianamente, siendo que el fósforo inorgánico puede únicamente ser tomado desde muy cortas distancias y reacciona con la matriz del suelo al tiempo que se vuelve menos soluble (Magid *et al.* 1996).

El comportamiento de ambos Argiudoles fue distinto, lo que implica la importancia de condiciones intrínsecas de los suelos, que producen distinta cantidad de fosfatos con iguales condiciones externas, siendo suelos

clasificados en igual gran grupo de la Soil Taxonomía. Esto destaca la relevancia de caracterizar a nivel serie otras características que hacen a la dinámica del fósforo para complementar las medidas clásicas de fósforo extractable.

Los ensayos de incubación analizados demostraron una buena capacidad de mineralización en estos suelos. Son trabajos de simulación, de gran utilidad, ya que en corto plazo se puede tener idea de la tendencia de los procesos físicoquímicos y biológicos que ocurren en los suelos. Las principales limitantes son la falta de un estrés fosforado como el producido por la absorción de las plantas, o simulado mediante la incorporación de resinas de intercambio, y una mayor disolución de los fertilizantes fosforados en el campo (Hanafi y Syers 1993), que puede considerarse un sistema abierto, en contraposición al sistema cerrado representado en el ensayo de incubación.

#### AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue parcialmente subsidiado con el UBACYT T6 21/98

#### REFERENCIAS

- Andersohn 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
- Chaneton E J, J H Lemcoff y R S Lavado. 1996. N and P cycling in grazed and ungrazed plots of a temperate subhumid grassland in Argentina. *Journal of Applied Ecology* 33: 291-302.
- Dalal R C. 1997. Long term P trends in Vertisols under continuous cereal cropping. *Aust J. Soil Res.* 35: 327-329.
- De Blas Varela F, Gil Sotres F, Guitran Osea F. 1989. Las reacciones lentas del fósforo en suelos gallegos. *Anales de Edafología y Agrobiología* 68:377-390.
- Doran J W, Sanantonio M, Liebig M A. 1996. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy* 56:1-54.
- Giuffrè L, Heredia O, Pascale C, Carbajales M M. 1997. Formas del P del suelo y su relación con las rotaciones y labranzas. *Revista de la Facultad de Agronomía (UBA)* 17: 281-288.
- Handreck K A. 1997. P requirements of australian native plants. *Aust. J. Soil Res* 35: 241-289.
- 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 incubation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 970-976.
- Hepper E N, Hevia G G, Buschiazzi D E, Urioste A M y Bono A. 1996. Efectos de la agricultura sobre fracciones de P en suelos de la Región Semiárida Central. *Ciencia del Suelo* 14: 96-99.
- Heredia O S, Giuffrè L, Rotondaro R. 1998. P adsorbido: su relación con Bray y Olsen en Grandes Grupos de suelos de la Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía (UBA)* 17: 253-262

- López Hernández D, Niño M. 1993. P mineralization during laboratory incubation in soils derived from different textured parent materials. *Geoderma* 56: 527-537.
- Magid J, Tiessen H, Condron L M. 1996. Dynamics of organic P in soils under natural and agricultural ecosystems. Humic substances in terrestrial ecosystems. A. Piccolo (Ed). Elsevier: 429-466.
- Mestelan S A, Culot J P. 1993. Evolución de distintas fracciones de P en un suelo sometido a fertilización fosforada. XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 229-230.
- Mizuno I. 1981. Fósforo en suelos argentinos. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria (Argentina)* 30: 15p.
- Szott L T, Palm C A. 1996. Nutrient stocks in managed and natural humid tropics fallows. *Plant and Soil* 186: 293-309.
- Tiessen H, Stewart JWB, Cole C.V. 1984. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 853-858.
- Vazquez ME, Noellemeyer E, Coremberg P. 1991. The dynamics of different organic and inorganic phosphorus fractions in soils from the south of Santa Fé Province, Argentina. *Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.*, 22: 1151.