

# Dosificación del Fósforo según Tipos de Suelos \*

Ing. Agr. MSc. César E. Quintero  
Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER.  
CC 24, Paraná (3100), Entre Ríos.  
cquinter@arnet.com.ar

Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N°16, Diciembre 2002

## Introducción

En Argentina, las áreas con deficiencia de fósforo se han ido extendiendo en los últimos años, por la continua remoción que realizan los cultivos, en áreas originalmente bien dotadas (García, 2001). En la Provincia de Entre Ríos, la deficiencia de P es generalizada, debido a los bajos contenidos de este elemento en los materiales originarios (Boschetti et al. 2000). Sin embargo, las habituales fertilizaciones que se realizan desde hace algunos años, han provocado una disminución de la frecuencia de valores de P extraíble (Pe) inferiores a 5 mg kg<sup>-1</sup>. Esto no ha sido suficiente, empero, para alcanzar valores adecuados, existiendo sólo, en la actualidad, 10 a 15 % de suelos bien provistos (Quintero et al. 2000).

## El factor capacidad o poder buffer

En el suelo existen distintas y variadas formas minerales y orgánicas de fósforo que se encuentran en un equilibrio dinámico. El modelo simplificado podría ser descripto por el esquema propuesto por Larsen en 1967 (Figura 1). El **P lábil** representa a los fosfatos adsorbidos, los minerales de mayor solubilidad, y a las formas orgánicas de fácil y rápida mineralización, que están en equilibrio con el P en solución. El **P no lábil** no está en equilibrio con la solución y constituye la reserva de P en formas minerales y orgánicas estables, donde se encuentra más del 90 % del P total del suelo.

La concentración de un nutriente en la solución del suelo representa la **Intensidad (I)** del mismo, en este caso, los fosfatos en solución. La cantidad del elemento que está en la fase sólida, en equilibrio con la solución, es el factor **Cantidad (Q)**. Para el fósforo, esta es la fracción lábil. La relación dinámica entre la cantidad y la intensidad es conocida como el factor **Capacidad (C)** o capacidad "buffer". La Capacidad "buffer" o Amortiguadora es la propiedad que posee un suelo para resistir los cambios en la concentración de P en solución, en estado de equilibrio, al extraer o agregar P.

La expresión matemática es:  $C = - Q / I$

El factor capacidad es importante en la nutrición de las plantas: un suelo de alta capacidad amortiguadora repondrá rápidamente el P agotado de su solución, por las plantas. Por otro lado, en suelos con diferente capacidad amortiguadora se requieren distintas cantidades de fertilizante para alcanzar un mismo nivel de P en solución (Novais et al., 1994; Prabhakaran Nair, 1996).

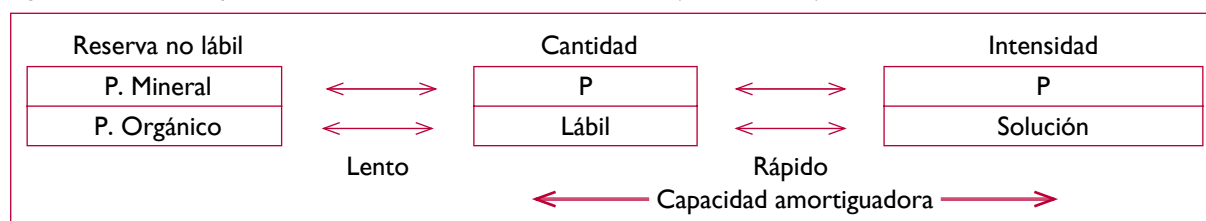
La capacidad de retención de fósforo es una propiedad de cada suelo, relacionada con el porcentaje de arcilla y óxidos libres (Boschetti et al., 1998; Quintero et al., 1999). A partir de las experiencias que hemos realizado, podemos afirmar que la mayoría de los suelos que se cultivan en Argentina tienen de mediana a baja capacidad de adsorción de P. En la Figura 2 se puede apreciar todo el rango posible de explorar, en lo que respecta a fijación de fósforo. La máxima capacidad de retención se observa en los andosoles de México, que pueden adsorber más de 1000 mg kg<sup>-1</sup> de P. En el rango medio a alto se encuentran los latosoles de Brasil, mientras que los suelos de Argentina, afortunadamente, poseen baja a muy baja capacidad de fijación de P, siendo la adsorción máxima inferior a 500 mg kg<sup>-1</sup>.

## Diagnóstico de fertilidad y recomendaciones de fertilización

Habitualmente recomendamos realizar un análisis de suelo previo a la siembra, para estimar los requerimientos de fertilizante. En el caso del fósforo, la mayoría de los laboratorios en la región pampeana, evalúan su disponibilidad por Bray y Kurtz. Este método, ha sido calibrado para los cultivos más importantes de la región, permitiéndonos una interpretación válida de los resultados. Así es que, en términos generales, podemos decir que valores por debajo de 5 mg kg<sup>-1</sup> son muy bajos, entre 5 y 10 mg kg<sup>-1</sup> son bajos, entre 10 y 20 mg kg<sup>-1</sup> medios y por encima de 20 a 25 mg kg<sup>-1</sup>, pueden considerarse adecuados.

Los ensayos realizados nos permiten sostener

Figura 1. Modelo simplificado de las formas de fósforo en el suelo (Larsen, 1967).



que, para la mayoría de los cultivos, existe una alta probabilidad de respuesta a la fertilización cuando la disponibilidad de P-Bray es inferior a 10-15 mg kg<sup>-1</sup>. Sin embargo, no disponemos de herramientas apropiadas para el cálculo de la dosis a aplicar en cada caso. En principio aplicamos dosis más altas de fertilizante en los suelos con menor disponibilidad de P, lo cual parece lógico. Pero..... ¿No deberíamos tener en cuenta el poder de retención o de fijación de fósforo que tienen los suelos?

La capacidad buffer de P o poder amortiguador del suelo tiene un efecto directo sobre la cantidad de fertilizante que pasará a formas no disponibles para las plantas. En suelos de media a alta capacidad buffer, como los suelos rojos de Misiones o norte Corrientes, un 70% del P adicionado puede pasar rápidamente a formas no lábiles y poco disponibles. Suelos franco limosos a franco arcillosos tienen baja capacidad de retención, quedando un 40 a 50% del P aplicado fácilmente disponible para las plantas. Mientras que en los suelos de texturas gruesas, solo 30 a 40% pasa a formas no lábiles (Quintero et al., 1999). Esto puede ser fácilmente interpretado a partir de la Figura 3. Allí se puede observar que, dependiendo del tipo de suelo, la cantidad de fertilizante que hay que aplicar para alcanzar un determinado valor de P disponible, es diferente.

### Dosis Equivalente e índice de retención

La inversa de la pendiente de las rectas de la Fig. 3, expresa los kilos de fertilizante que se requieren para lograr un incremento en el fósforo disponible de una unidad, valor que podríamos denominar como "Dosis Equivalente" (De). Esta pendiente, está estrechamente relacionada con las características del suelo que hacen a su poder de fijación (contenido de arcillas, óxidos libres, etc) o medidas del poder buffer (Figura 4).

El Índice de Retención de Fósforo es una medida práctica y sencilla, que ha mostrado ser representativa

y descriptiva del poder buffer de un suelo (Bolland et al., 1996; Quintero et al., 1999). Para su estimación, sólo es necesario una solución de 60 mg kg<sup>-1</sup> de P y determina la cantidad que permanece en ella, luego de agitar una hora en contacto con el suelo. El índice es igual a la cantidad de P adsorbida por el suelo (mg kg<sup>-1</sup>) dividida por el logaritmo de la concentración de P (mg L<sup>-1</sup>) en la solución de equilibrio.

Conociendo el Índice de Retención de Fósforo podemos estimar la dosis equivalente. La dosis a aplicar (kg ha<sup>-1</sup>) será igual a la diferencia entre el P considerado como meta u óptimo (P<sub>ef</sub>) y el disponible a la siembra (P<sub>ei</sub>), multiplicada por los kg/ha requeridos para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> de P Bray (De).

$$\text{Dosis a aplicar} = (P_{ef} - P_{ei}) \cdot D_e$$

A modo de ejemplo, supongamos que el cultivo a implantar requiere de 25 mg kg<sup>-1</sup> de Pe para obtener un buen rendimiento y si el Pe es de 10 mg kg<sup>-1</sup> y el índice de retención de P de 150; podemos estimar la dosis equivalente, que es 3,2 kg P/ha (Fig. 4). Es decir que la cantidad de P requerida para que ese suelo llegue a 25 mg kg<sup>-1</sup> es de (25-10) x 3,2 = 48 kg/ha, esto representa unos 240 kg/ha de fosfato diamónico o superfosfato. Esta cantidad permite que toda la masa del suelo en sus primeros 15 cm llegue a 25 mg kg<sup>-1</sup> de disponibilidad y presupone una aplicación al voleo incorporando el fertilizante.

### Consideraciones finales

Se puede decir finalmente que el método de Bray resulta apropiado para valorar la disponibilidad de P para las plantas, pero no es eficiente por sí solo para orientarnos acerca de cuánto fertilizante aplicar. Es un método de gran versatilidad que ha mostrando muy buenas relaciones con el rendimiento y el P absorbido por las plantas, en distintos suelos. Sin embargo, las recomendaciones de fertilización requieren de alguna determinación o índice, que evalúe el poder de retención de fósforo del suelo.

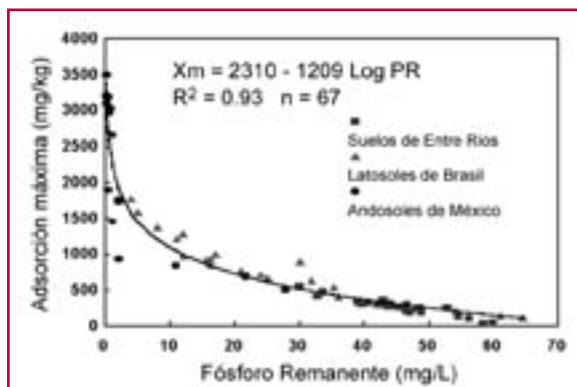


Figura 2. Relación entre la capacidad máxima de adsorción de P y el fósforo remanente en el equilibrio, luego de agitar una solución de 60 mg kg<sup>-1</sup> de P. (Boschetti et al., 1998).

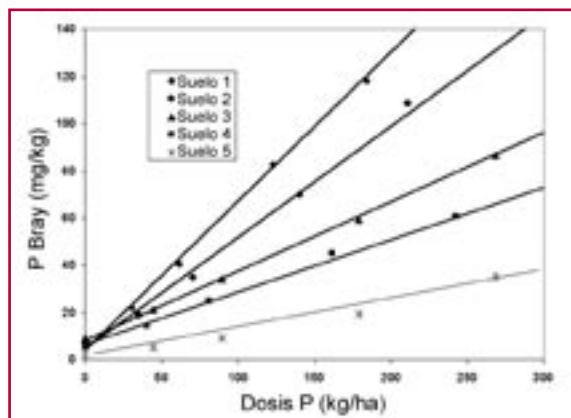


Figura 3. Relación entre la dosis de fósforo aplicado y su disponibilidad a los 60 días.

## Dosificación del Fósforo

El procedimiento propuesto permite la estimación de la dosis a aplicar teniendo en cuenta la disponibilidad del nutriente en el suelo junto con la naturaleza de los sedimentos que lo constituyen. De esta manera es probable que se realicen recomendaciones más acertadas.

### Bibliografía

- **Benavidez R.A.; Boschetti N.G. y Quintero C.E.** 1997. "Diagnóstico de Fertilidad Fosfórica y Evaluación de la Recuperación Física Química y Biológica del suelo en Rotación". Ciencia Docencia y Tecnología 15 :91-116.
- **Benavidez R.A.; Boschetti N.G.; Quintero C.E.; Barrera R. y González A.** 2000. Evaluación de la fertilidad fosfatada de los suelos para los principales cultivos extensivos de Entre Ríos. Ciencia Docencia y Tecnología 21:221-266.
- **Bolland M.D.; Gilkes R.J.; Brennan R.F. y Allen D.G.** 1996. Comparison of seven phosphorus sorption indices. Aust. J. Soil Res. 34 : 81-89.
- **Boschetti N.G.; Quintero C.E. y Benavidez R.A.** 1996. Residualidad del fertilizante fosfatado en pasturas consociadas de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo. AAC. 14(1):20-23.
- **Boschetti N.G.; Quintero C.E. y Benavidez R.A.** 1998. Caracterização do fator capacidade-tampao de fosfatos em solos de Entre Ríos, Argentina. Revista Brasileira de la Ciencia do Solo. 22:95-99.
- **Boschetti N.; Valenti R.; Vesco C. y Sione M.** 2000a. Distribución en las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo en el suelos vérticos de la provincia de Entre Ríos. Revista Facultad de Agronomía. UBA 20 (1):53-58.
- **Boschetti N.G.; Quintero C.E. y Benavidez R.A.** 2000b. Caracterización de las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo en algunos suelos de la Mesopotamia. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.
- **García F.** 2001 Balance de fósforo en suelos de la región pampeana. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS. 9:1-3.
- **Larsen S.** 1967. Soil phosphorus. Advan. Agron. 19: 151-210.
- **Novais R.F.; Neves J.C. y Barros N.F.** 1994. Fósforo. Curso de Fertilidade e Manejo do solos. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS- UFV. Brasília. Imprensa Universitária. Universidad Federal de Vicosa. Brasil. 133 p.
- **Prabhakaran Nair K.P.** 1996. The buffering power of plant nutrients and effects on availability. Advances in Agronomy 57 :237-286.
- **Quintero C.E.; Boschetti N.G. y Benavidez R.A.** 1995. Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo. AAC. 13(2):60-65
- **Quintero C.E.; Boschetti N.G. y Benavidez R.A.** 1996. Estimación de la capacidad máxima de adsorción de fosfatos en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo 14(2):79-82.
- **Quintero C.E.; Boschetti N.G. y 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. y Benavidez R.A.** 1999. Phosphorus Retention in Some Soils of the Argentinian Mesopotamia. Comm. Soil Sci. Plant Ana. 30(9 y 10):1449-1461.
- **Quintero C.E.; Riso L.; Gonzalez A. y Izaguirre M.** 2000. Estado de fertilidad de los suelos de Entre Ríos. Principales limitaciones. Revista Facultad de Agronomía. UBA. 20 (1):15-19.

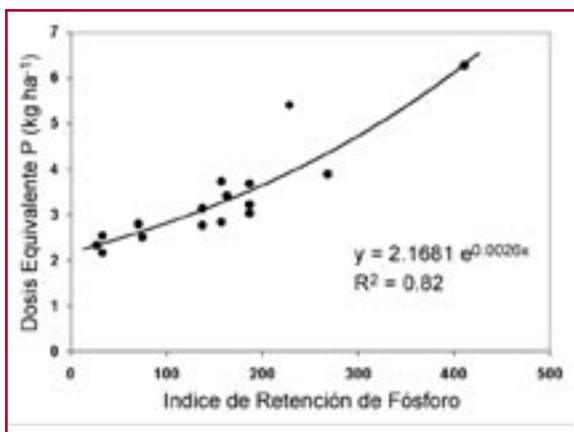


Figura 4. Relación entre el poder buffer del suelo y la dosis equivalente, para diferentes suelos de la Argentina.