

## ¿Qué medimos cuando analizamos el fósforo extractable del suelo?

A. Iturri<sup>1,2\*</sup>, N. Kloster<sup>1,3</sup>, M. Pérez<sup>3</sup>, M. Díaz-Zorita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fac. de Agronomía UNLPam, <sup>2</sup>INCITAP (CONICET-UNLPam), <sup>3</sup>EEA INTA Anguil

\*[antonelaiturri@hotmail.com](mailto:antonelaiturri@hotmail.com)

El manejo de la nutrición de cultivos para una mayor y mejor producción, disminuyendo riesgos ambientales y económicos, contempla entre otros factores conocer los niveles extractables de nutrientes. Para ello, resulta indispensable conocer la dinámica en el suelo del elemento nutriente de interés, para definir la mejor estrategia de muestreo de los sitios de cultivo y el método más adecuado de análisis, tanto para la extracción del elemento como para su determinación.

En los suelos de la región semiárida pampeana, el fósforo (P) se encuentra en niveles frecuentemente por debajo de los necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos de cosecha. El diagnóstico para su suplementación por fertilización requiere conocer su nivel en la unidad de manejo, definida, por ejemplo, según diferentes rendimientos aparentes dentro de un lote. El P, dada su limitada solubilidad en agua, se comporta como un nutriente de poca movilidad en los suelos y tiende a estratificarse próximo a la superficie, donde se localizan los fertilizantes y los mayores depósitos de residuos orgánicos de las plantas (raíces, rastrojos, defoliaciones). Es así que para evaluar los niveles extractables de este elemento como indicador de necesidades de nutrición fosfatada de los cultivos, se recomienda tomar muestras de los 20 cm superficiales de los suelos contemplando los criterios habituales de muestreo. Estos, en general, se basan en identificar áreas representativas de la unidad de manejo, tomar en sectores uniformes de cada una de estas áreas un número elevado de submuestras (“palada” o “pique”), las cuales por mezclado (dentro de cada área y no mezclando áreas diferentes) determinarán la muestra que se envíe al laboratorio. El transporte se aconseja que se realice lo antes posible, protegiendo la muestra de la luz directa. Una vez en el laboratorio, la solicitud del análisis supone una dificultad: los métodos de extracción y de análisis, ya que de su adecuada selección resultará un resultado que requiere de su interpretación agronómica, para establecer la estrategia de manejo de la nutrición del cultivo propósito del diagnóstico.

Las plantas incorporan el P desde la solución del suelo, el cual está presente en formas inorgánicas, mayormente, como fosfatos. Sin embargo, en los suelos este elemento se encuentra en equilibrios dinámicos con distintas especies químicas de mayor o menor labilidad o contribución a la solución del suelo. En el esquema presentado en la figura 1 se simplifican algunas de estas formas. Las principales reservas inorgánicas de P en los suelos son los fosfatos de calcio (apatitas) mientras que el P orgánico (constituyente de la materia orgánica del suelo) también abunda, en proporciones que pueden llegar hasta un 50 % del P total. Sin embargo, sólo una fracción del P total del suelo puede encontrarse en formas potencialmente asimilables para los cultivos. Estas formas son el P presente en la solución del suelo (el que está disuelto en la solución del suelo) y el P mineral lábil (el que es relativamente fácil de solubilizar) bajo las especies químicas fosfatos (distintas proporciones de fosfatos, fosfatos ácidos y diácidos, según su solubilidad a distintos valores de pH del suelo).

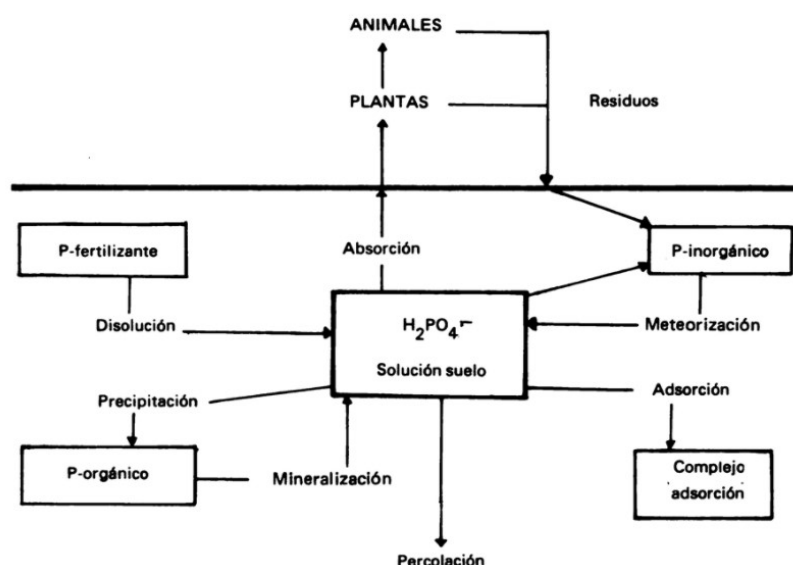
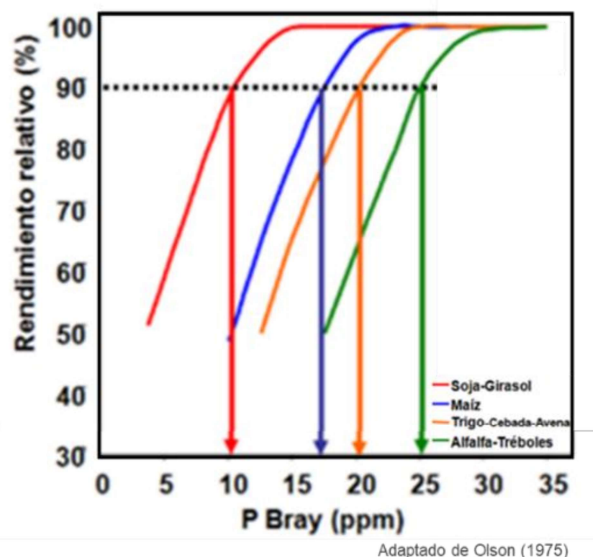


Figura 1: Esquema de las interrelaciones entre las principales formas de fósforo del suelo en sistemas agropecuarios.

En la medición del P extractable se intenta cuantificar la contribución de estas formas de P a la solución del suelo, ya que se relacionan con el comportamiento de los cultivos a la aplicación de fertilizantes fosfatados. Son varias las metodologías de extracción selectiva del P de los suelos que se desarrollaron para tal fin y se calibraron para diferentes tipos de suelos y cultivos. En Argentina, el método rápido para estimar formas de P disponible que está ampliamente aceptado para el diagnóstico de fertilidad de suelos es el desarrollado por Bray y Kurtz y que fue inicialmente publicado en 1945. En la actualidad, este método contempla algunas modificaciones inicialmente propuestas por el INTA Balcarce y ha sido calibrado para su uso con los principales cultivos y en la mayoría de los suelos agrícolas del país. En la figura 2 se resumen la interpretación de la relación entre el rendimiento relativo de cultivos según niveles de P extractable.



Adaptado de Olson (1975)

**Figura 2: Rendimiento relativo de cultivos y pasturas al fertilizar con P según niveles del elemento extraídos según la metodología de Bray y Kurtz 1.**

### ¿Qué significa y cómo hacemos una extracción selectiva de P?

Como indicamos, en la literatura abundan varios métodos de extracción de P que indican niveles de P potencialmente asimilables por las plantas. Sin embargo, en Argentina son sólo dos los métodos normalizados, es decir, que definen el procedimiento para esta determinación: Olsen y Bray Kurtz 1. Ambos métodos miden una parte del P total presente en el suelo correspondiente a la fracción más activa y de significación más inmediata para el crecimiento de las plantas, pero difieren en las características de la solución extractiva. En tal sentido, es útil tener presente que el pH de la solución extractiva del método a emplear para solubilizar el P extractable en suelos debe ser similar al pH del suelo.

La norma IRAM-SAGyP 20570-2, método Olsen, propone el uso de una solución extractiva que tiene un pH alcalino y capacidad de solubilizar los fosfatos más activos por disminución de la actividad del calcio, hierro y aluminio (los cuales en el suelo "retienen" al P mineral lábil, ese que dijimos es relativamente fácil de solubilizar). Por ello, puede emplearse en todo tipo de suelos (esto es, suelos en todo el rango de pH). La norma IRAM-SAGyP 20570-1, método Bray-Kurtz 1, propone el uso de una solución extractiva que tiene un pH ácido y una composición tal de disolver los fosfatos de calcio más activos y liberar el fosfato retenido en el suelo por el aluminio y el hierro (estos últimos que abundan en suelos de pH levemente ácido). Por ello, su uso se recomienda en suelos levemente ácidos, no calcáreos (carbonato de calcio < 2%) y no alofánicos (Figura 3).



**Figura 3:** Los métodos de determinación de P extractable en suelos que están normalizados en Argentina difieren en su etapa de extracción, la cual debe seleccionarse en función del pH y del tipo de suelo, pero se asemejan en la etapa de cuantificación.

Hay estudios publicados que intentan describir una relación entre los resultados obtenidos cuando se usa la solución extractiva de Olsen y la de Bray Kurtz 1, y no se desaconseja su uso, principalmente, en suelos de pH mayor a 7 o con presencia de material calcáreo. Sin embargo, la mayoría de los suelos con producción de cultivos presentan niveles de pH neutro a levemente ácido y, como los estudios de calibración de respuestas a la fertilización con P se realizaron empleando la metodología de extracción de Bray Kurtz 1, en estudios de rutina y al diagnosticar la condición de fertilidad fosfatada de los suelos, resulta conveniente emplear este procedimiento de extracción del P. La aplicación del método de Olsen aún requiere de análisis de calibración e interpretación local y es escasa la información disponible para tal propósito. Además, si por condiciones de tipo de suelo y pH que se alejen del intervalo recomendado para Bray Kurtz 1 resultara necesario optar por Olsen, habría que preguntarse primero sobre la aptitud agrícola del sitio a diagnosticar.

Una vez realizada la extracción de los fosfatos del suelo, la cuantificación del P se hace por un único método: una espectroscopia visible. Este método usa la reacción del fosfato con un reactivo que tiene la capacidad de desarrollar un color azul más intenso a mayor concentración de P en el extracto obtenido con las soluciones extractivas (la de Olsen o la de Bray Kurtz 1). La intensidad de color azul desarrollada se relaciona directamente con la concentración de fosfatos en el extracto y, a partir de estas lecturas, se cuantifica la cantidad extraída de P del suelo expresándose en unidades de partes por millón (ppm) o mg de P por kg de suelo seco. Los resultados de estas mediciones en distintos laboratorios muestran diferencias que se asocian a variaciones menores durante la aplicación de los procedimientos de extracción y de medición. Para mejorar la consistencia en las evaluaciones los laboratorios de suelos disponen, y participan, de Interlaboratorios de análisis de suelos (PROINSA, <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/>).

El resultado de la medición del P extractable del suelo es un indicador de la probabilidad de limitaciones de este elemento para el normal crecimiento de las plantas. Los valores resultantes de esta medición son de limitada utilidad para estimar la dosis de fertilizante a aplicar y menos aún la magnitud de la respuesta del cultivo a esta práctica. Por lo tanto, su interpretación agronómica para la decisión de aplicación de fertilizantes con P requiere disponer de información adicional del sitio a manejar. Es así como es importante que en el momento de solicitar el análisis de P para el diagnóstico de fertilidad de suelos se acuerde (se conozca) cuál es el método de extracción a emplear, tal que sus resultados sean representativos del sitio (tipo de suelo, pH) y agronómicamente interpretables. En la mayoría de los suelos agrícolas pampeanos la metodología sugerida, de aplicación directa y sin estimaciones derivadas de otros métodos, es el de Bray y Kurtz 1. Otras extracciones de P pueden derivar en resultados de limitada aplicabilidad agronómica.