

# MÉTODOS DE ANÁLISIS DE FÓSFORO DISPONIBLE EN SUELO PARA EL CULTIVO DE ARROZ

Quintero, César E.<sup>1</sup>; Boschetti, Norma G.<sup>1</sup>; Befani, María R.<sup>1</sup>; Zamero, María A. A.<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVES:** arroz, fósforo, incubación anaeróbica, máximo fósforo liberado en anaerobiosis.

## INTRODUCCIÓN

La inundación del suelo tiende a incrementar la disponibilidad de fósforo (P) para las plantas, tanto por difusión más rápida del P hacia las raíces como por el P que se vuelve más soluble como resultado de una disolución reductiva de los óxidos de hierro (Fe) (Huguenin-Elie, *et al.* 2003). La mayoría de los estudios realizados indican que los compuestos de Fe-P son la principal fuente de P para las plantas de arroz inundadas (Shahandeh *et al.* 1994). Scalenghe *et al.* (2002) observaron que la liberación de P en suelos inundados estuvo relacionada al grado de saturación con P, el contenido de materia orgánica y al grado de cristalinidad del Fe y el Al amorfo. La materia orgánica juega un rol fundamental al incrementar las condiciones reductoras, dado que actúa como donadora de electrones y libera fósforo orgánico. Recientes trabajos han mostrado un significativo incremento en las cantidades de P disponible para las plantas en función de la cantidad de materia orgánica de los suelos (Quintero *et al.* 2007). Todos estos estudios indican que las cantidades de P que pueden ser liberadas luego de la inundación son dependientes de las características de los suelos, tales como materia orgánica, pH, concentración y cristalinidad del Fe y Al.

En Entre Ríos (Argentina), a pesar de que se presentan muy bajos valores de P disponible en el suelo, los trabajos de De Battista (2014) han mostrado aumentos de rendimientos sólo en el 35 % de los casos. Por otra parte el contenido de P disponible por el método de Bray no estuvo relacionado con la respuesta del arroz a la fertilización; los autores relacionaron esto con el incremento de la disponibilidad de fósforo en condiciones anaeróbicas y la mineralización del P orgánico. Similares resultados encontró Quintero *et al.* en 2015. Recientemente en Uruguay, Hernández *et al.* 2013, realizaron 43 experimentos en campos de arroz evaluando el P disponible por los métodos de Bray I, Mehlich 3, Olsen, Ácido Cítrico. A pesar de que la mitad de los suelos presentaron valores de P disponible bajos, solamente en dos sitios se verificó una respuesta a la fertilización con P superior al 15%. Ellos concluyen que para Bray, Ácido Cítrico y Mehlich un nivel crítico similar de 6-8 ppm es suficiente para el arroz.

El objetivo de este trabajo fue comparar diferentes métodos de evaluación de la disponibilidad de P para arroz y su capacidad para estimar el P disponible en condiciones anaeróbicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se tomaron 37 muestras de suelo de 4 campos arroceros de Argentina. Tres de la provincia de Corrientes (DMA, OSC, ITC) y uno de Santa Fe (SJO). Las características principales de los suelos se muestran en la tabla 1:

Tabla 1: Resultados de análisis de suelo.

Campo	pH	M.O. (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	CIC	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )
DMA	4,7 - 5,5	1,76 - 3,57	5,6 - 20,8	5,5 - 9,7	111 - 212
OSC	5,8 - 7,3	2,38 - 4,90	2,3 - 10,5	15,1 - 35,3	20 - 98
ITC	5,0 - 5,6	1,52 - 3,57	2,0 - 10,7	7,2 - 19,1	26 - 178
SJO	5,3 - 6,7	1,90 - 4,60	4,9 - 26,0	7,0 - 9,3	43 - 115

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER. CC 24 Paraná, E.R. (3.100), Argentina. cquintero@fca.uner.edu.ar

Los suelos se incubaron, en condiciones de anaerobiosis, durante 42 días y se mantuvo a temperatura constante en estufa a 30 °C. Se determinó el P extraído con membranas de intercambio luego de 8, 21 y 42 días de incubación anaeróbica. Para esto se colocó un gramo de suelo y 5 cm<sup>2</sup> de membrana de intercambio aniónico en un tubo de 15 ml, se completó el volumen con agua y se tapó con taponé de goma, cuidando que no quede aire dentro para obtener las condiciones deseadas. La solución de extracción fue agua con membranas de intercambio, con una relación de suelo/solución 1/10 con tiempo de agitación de 48 horas. Además se determinó el P disponible sin incubar, por los métodos tradicionales de Bray I (solución extractante 0,03N NH<sub>4</sub>F + 0,025N HCl, con pH 2,5, relación 1/7 y agitación 5 minutos), Olsen (extractante NaHCO<sub>3</sub> 0,5M, pH 8,5, relación 1/20 y agitación 30 minutos) y Acido Cítrico al 0,5% (relación 1/10 y tiempo de agitación 30 minutos).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de la incubación anaeróbica sobre la disponibilidad de fósforo

Todos los suelos mostraron variaciones en la disponibilidad de P como producto de la incubación anaeróbica a lo largo del tiempo (Figuras 1 a, b, c y d). En algunos casos el máximo valor de P extraído con las membranas se observó a los 8 días de incubación y en otros suelos el máximo recién se alcanzó a los 41 días.

Hubo suelos donde el valor de P MIA disminuyó con el tiempo, siendo poco entendible dado que la membrana se colocó desde el inicio y extrae el P que se va liberando. Esto se observó en algunos lotes de OSC hacia el final de la incubación y en todos los casos de ITC a los 8 días (Figuras 1b y 1c). En el período considerado la mayoría de los suelos parece haber alcanzado un máximo de P liberado. Sin embargo en ITC y algunos lotes de DMA y SJO el P continuó aumentando hacia el final de la incubación.

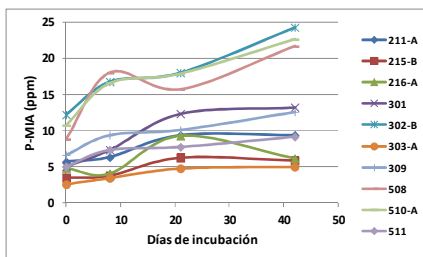


Figura 1a. Evolución del P extraído con MIA en el sitio de DMA.

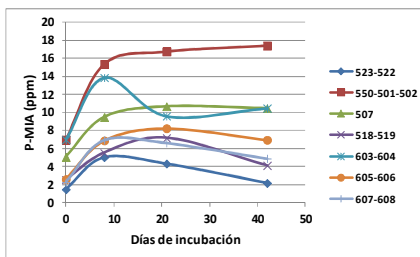


Figura 1b. Evolución del P extraído con MIA en el sitio de OSC.

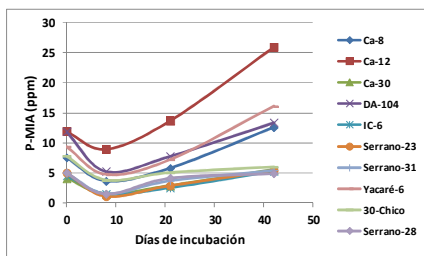


Figura 1c. Evolución del P extraído con MIA en el sitio de ITC.

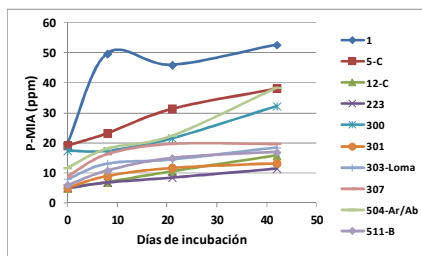


Figura 1d. Evolución del P extraído con MIA en el sitio de SJO.

### Estimación del P liberado en anaerobiosis.

El Máximo Fósforo Liberado en Anaerobiosis (MPLA) se calculó como la diferencia entre el máximo valor de P MIA observado en la incubación, menos el P MIA inicial. Este valor fue

de 0 a 32,9 mg kg<sup>-1</sup>. Dentro de los métodos utilizados de P disponible, el P extraído con Ac. Cítrico fue el que mejor estimó la máxima cantidad de P liberada (MPLA), Figura 3. Bray y Olsen tuvieron un comportamiento similar pero menor ajuste. Es notable que por debajo de 6-7 mg/kg de P cítrico, las cantidades de P liberadas fueron inferiores a 10 mg/kg (Figura 2). El ácido cítrico fue un buen estimador también del P-MIA a los 41 de incubación (Figura 3)

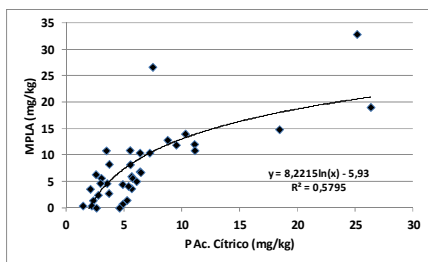


Figura 2. Relación entre la MPLA y el P extraído con A. Cítrico para todos los suelos.

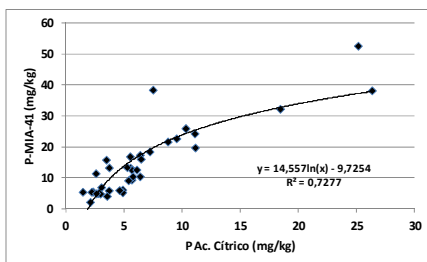


Figura 3. Relación entre el P extraíble con MIA y el P extraído con A. Cítrico para todos los suelos.

Dentro de otras variables analizadas en esta experiencia, la Materia Orgánica (MO) no fue un buen estimador el P liberado en la incubación anaeróbica. Sin embargo, los suelos con más de 3% de MO mostraron mayor disponibilidad e P (a excepción Lote 1 de SJO). El pH del suelo tampoco tuvo un efecto significativo sobre la liberación de P. Solamente se observó que los suelos con mayor pH y más de 10 cmol/kg de Ca, mostraron muy baja liberación de P.

### Evolución del pH y el potencial redox en incubación

El pH del suelo en anaerobiosis tendió a la neutralidad, tanto en los suelos ácidos como en los ligeramente alcalinos (Figura 4).

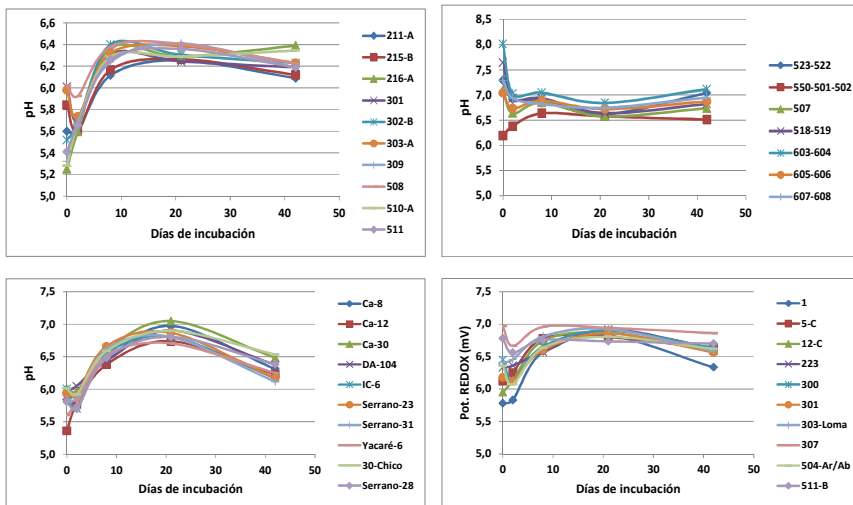


Figura 4. Evolución del pH del suelo en los distintos sitios

El potencial redox mostró una marcada disminución a los 21 días en la mayoría de los

suelos. Además se observó un aumento del potencial sobre los 42 días (Figura 5).

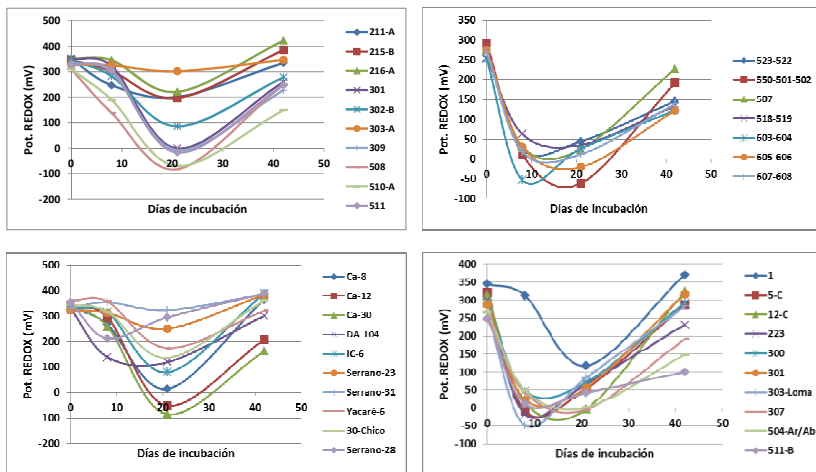


Figura 5. Evolución del Potencial Redox del suelo en los distintos sitios.

## CONCLUSIÓN

Esta experiencia ha podido demostrar que algunos suelos tienen un potencial de liberación de P disponible superior a otros. Ese potencial de liberación puede ser estimado en alguna medida por los métodos de evaluación de P disponible. Como lo ha planteado Huguenin-Elie (2003) el grado de saturación con P determina el potencial de liberación de P. En suelos con menos de 7 ppm de P disponible (Cítrico o Bray) la liberación de P es muy baja y la respuesta a P es más alta similar a lo manifestado por Hernández et al. (2013).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CALENGHE, R. S.; et al. The effect of reducing conditions on the solubility of phosphorus in a diverse range of European Agricultural soils. *European Journal of Soil Science*, September 2002, 53. DIVAPRA, Università degli Studi di Torino, Italy, and The Macaulay Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH, UK.
- DE BATISTA, Juan José. Fertilidad de suelos y fertilidad de cultivos. Arroz. INTA Ediciones. Colección Investigación, Desarrollo e Innovación. Segunda edición. Capítulo 23. Año 2014. Páginas 631 a 645.
- HERNÁNDEZ, J.; et al. Soil phosphorus tests for flooded rice grown in contrasting soils and cropping history. *Communications in soil science and plant analysis*. 19 april de 2013. London W1T 3JH, UK
- HUGUENIN-ELIE, O.; et al. Phosphorus uptake by rice from soil that is flooded, drained or flooded then drained. *European Journal of Soil Science*. First published: 21 February, 2003. National Soil Resource Institute, Cranfield University, Silsoe, Bedford MK45 4DT, UK
- QUINTERO, C.; et al. 2007. Effects of soil flooding on phosphorus availability in soils of Mesopotamia, Argentina. *J. Año 2007. Plant Nutr. Soil Science*, 170:500- 505.
- QUINTERO, C.; et al. Informaciones agropecuarias de Hispanoamérica, Internacional Plant Nutrition Institute (IPNI), versión Cono Sur, IAH 17, marzo 2.015. Fertilización balanceada de arroz en Entre Ríos. Páginas 20 a 23.
- SCALENGHE, R; et al. The effect of reducing conditions on the solubility of phosphorus in a diverse range of European agricultural soils. First published: 30 September 2002. Università degli Studi di Palermo, Italy.
- SHAHANDEH, H.; et al. A comparison of extraction methods for evaluating Fe and P in flooded rice soils. *Plant and Soil*. June 1994, Volume 165, Issue 2, pp 219–225