

## Dynamics of phosphorus in wetlands with different degree of eutrophication: experimental results in mesocosms

## Dinámica del fósforo en humedales con diferente grado de eutrofización: resultados experimentales en mesocosmos

M.C. Tercero<sup>\*1</sup>, J. Álvarez-Rogel<sup>1</sup>, M.N. González-Alcaraz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria. Área de Edafología y Química Agrícola. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica-UPCT. Paseo Alfonso XIII, 48, Cartagena, 30203 Murcia, Spain.

<sup>2</sup>Department of Ecological Science. Faculty of Earth and Life Sciences. Vrije Universiteit. De Booleaan 1085, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands.

### Abstract

The objective was to determine the response of wetlands against high concentrations of P, assessing their retention capacity. This was tested in mesocosms that were flooded with waters of different eutrophication levels (low level -BN: 6.1 mg L<sup>-1</sup> PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>; high level -AN: 61 mg L<sup>-1</sup> PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) for 1 year. Treatments: BN + not plant; AN + not plant; BN + *Phragmites australis*; AN + *Phragmites*. The concentrations of PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> were measured in soil solution and drainage samples and the different P fractions retained by the soil were determined. After 24 h of flooding the concentrations of PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in the soil solution were decreased ~90% compared to the flooding water, regardless the eutrophication level and the presence of *Phragmites*. The soil acted as a sink of P that was mainly fixated by the Ca/Mg compounds and the metal oxides.

**Keywords:** P sequential extraction; *Phragmites australis*; Mar Menor; green filters.

### Resumen

El objetivo fue conocer la respuesta de humedales frente a elevadas concentraciones de P, valorando su capacidad de retención. Se ensayó en mesocosmos que se inundaron con aguas de diferente nivel de eutrofización (bajo nivel -BN: 6,1 mg L<sup>-1</sup> PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>; alto nivel -AN: 61 mg L<sup>-1</sup> PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) durante 1 año. Tratamientos: BN + no planta; AN + no planta; BN+ *Phragmites australis*; AN + *Phragmites*. Se midió PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> en el agua de poro y drenajes y las fracciones de P retenido en el suelo. A las 24 h de haber inundado ya se había producido una reducción del ~90% del PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> del agua de inundación, independientemente de la carga de nutrientes y la presencia de *Phragmites*. El suelo actuó como sumidero de P, que quedó retenido sobre todo en los compuestos de Ca/Mg y óxidos metálicos.

**Palabras clave:** extracción secuencial de P; *Phragmites australis*; Mar Menor; filtros verdes.

\* E-mail: carmen.tercero@upct.es

## 1. INTRODUCCIÓN

Numerosos trabajos han demostrado que el Mar Menor y los humedales de su entorno reciben aguas con altas concentraciones de P y otros nutrientes, cuyo origen se ha atribuido a lixiviados y efluentes procedentes de actividades agrícolas y urbanas [1]. Se ha demostrado también que los humedales costeros de la zona contribuyen a depurar éstas aguas cuando discurren a través de ellos [2]. Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) valorar en qué medida el sistema suelo-planta de estos humedales es capaz de depurar aguas con elevadas concentraciones de P cuando son sometidos a condiciones de inundación-desección, 2) establecer si la capacidad de depuración está influida por la presencia de *Phragmites australis* y, 3) conocer qué componentes del suelo son los principales responsables de la fijación del P.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Experimento

Se recogieron muestras de suelo, arena y *Phragmites* de la Marina del Carmolí, el mayor saladar costero del Mar Menor. El material recogido se introdujo en 12 mesocosmos (cajones de metacrilato de 0,5x0,5x1 m<sup>3</sup>) creando dos horizontes edáficos: superficial (suelo, 25 cm de espesor) y subsuperficial (arena, 15 cm espesor). Los mesocosmos se equiparon según [3]. Los tratamientos ensayados fueron: 1) bajo nivel de nutrientes + no planta (BNNP), 2) bajo nivel de nutrientes + *Phragmites* (BNP), 3) alto nivel de nutrientes + no planta (ANNP), y 4) alto nivel de nutrientes + *Phragmites* (ANP) (n=3). El régimen hídrico consistió en inundar (~5 cm sobre la superficie del suelo) los mesocosmos durante 3-4 semanas (fases de inundación) y en drenarlos durante las siguientes 3-4 semanas (fases de desecación). Los ciclos de inundación-desección se repitieron 6 veces durante 44 semanas. Para los tratamientos con BN se preparó un agua con 20 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 0,5 mg L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 6,1 mg L<sup>-1</sup> de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> y 10 mg L<sup>-1</sup> de carbono orgánico disuelto (COD). Los tratamientos AN presentaban una concentración 10 veces mayor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> y COD que el agua BN. A lo largo del experimento se recogieron muestras del agua de poro. Cada mesocosmos tenía un grifo para la recogida de los drenajes al final de cada fase de inundación. En todas las muestras de agua recogidas se analizaron las concentraciones de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> [4]. Al inicio y final del experimento se tomaron muestras de suelo para el análisis de las concentraciones de P ligadas a diferentes componentes edáficos [5]. El P total se calculó por suma de las diferentes fracciones obtenidas.

### 2.2 Análisis estadístico de los datos

Se realizó con SPSS 17.0. Para cada horizonte, y con el fin de comparar la evolución de las concentraciones de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> a lo largo del tiempo y entre los diferentes tratamientos ensayados, se llevó a cabo un ANOVA de medidas repetidas. Las concentraciones de P en el suelo al inicio y al final del experimento se compararon con un T-test. En todos los casos el nivel de significación fue p=0,005.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto en los tratamientos BN como AN las concentraciones de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> en el agua de poro disminuyeron significativamente durante los ciclos de inundación-desección, en superficie y en profundidad, independientemente de la presencia de *Phragmites* (Fig. 1). Los horizontes superficiales presentaron concentraciones de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> más elevadas que los subsuperficiales en el agua de poro (Fig. 1), lo que indica que la mayor parte del P no alcanzó los horizontes inferiores. En superficie, las concentraciones de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tuvieron una bajada muy brusca en las primeras horas de inundación (disminución del 94-97% en las primeras 24 h). Los drenajes reflejaron la retirada

de  $\text{PO}_4^{3-}$  del medio al presentar concentraciones ~97-99% más bajas que el agua de inundación (datos no mostrados).

El P total fue más alto en los horizontes superficiales y aumentó significativamente en los tratamientos con alto nivel de nutrientes (Fig. 2). En dichos horizontes superficiales la fracción mayoritaria de P fueron los compuestos de Ca/Mg (~30 a 45%) y el P orgánico (~40 a 50%), mientras que en los subsuperficiales ~90% del P fue orgánico, seguido de la fracción ligada a compuestos metálicos de Fe/Mn/Al (~5%). Para todos los tratamientos ensayados hubo un incremento significativo del P lábil (P soluble y ligado al complejo de cambio) entre el inicio y el final del experimento.

#### 4. CONCLUSIONES

Aunque la adición de P con el agua de inundación se reflejó en un aumento del P lábil del suelo, todos los tratamientos ensayados fueron efectivos en la retención del  $\text{PO}_4^{3-}$ , independientemente de la presencia de *Phragmites* y de la carga de nutrientes del agua de inundación. Por tanto, el suelo actuó como un sumidero de P, que quedó retenido en las fracciones más reactivas (óxidos metálicos de Fe/Mn/Al y los compuestos de Ca/Mg). Si *Phragmites* contribuyó a la retirada de P del medio, su papel debió de ser irrelevante.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Proyecto financiado por el MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN (CGL2010-20214.)

#### 6. REFERENCIAS

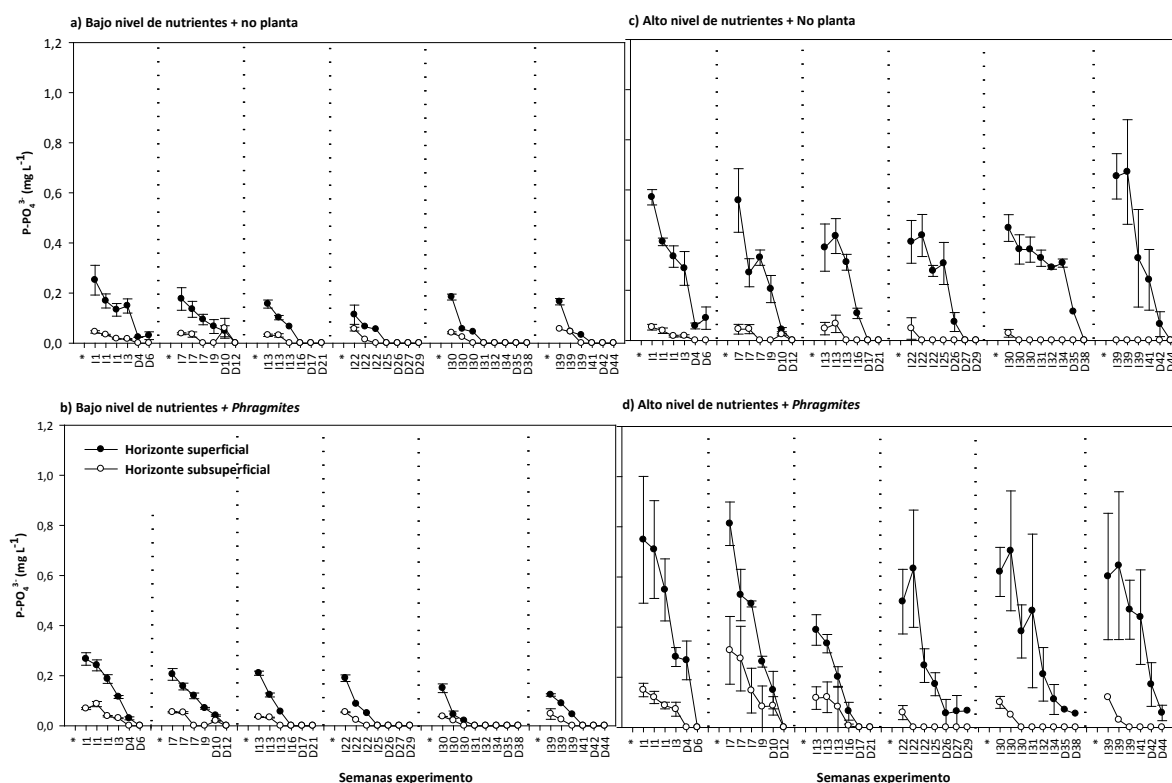
[1] Álvarez-Rogel, J., Jiménez-Cárceles, F. J., Egea-Nicolás, C. (2006). Phosphorus and nitrogen content in the water of a coastal wetland in the Mar Menor lagoon (SE Spain): relationships with effluents from urban and agricultural areas. *Water Air Soil Poll.* 173, 21-38.

[2] Jiménez-Cárceles, F. J., Álvarez-Rogel, J. (2008). Phosphorus fractionation and distribution in salt marsh soils affected by mine wastes and eutrophicated water: a case in SE Spain. *Geoderma* 144, 299-309.

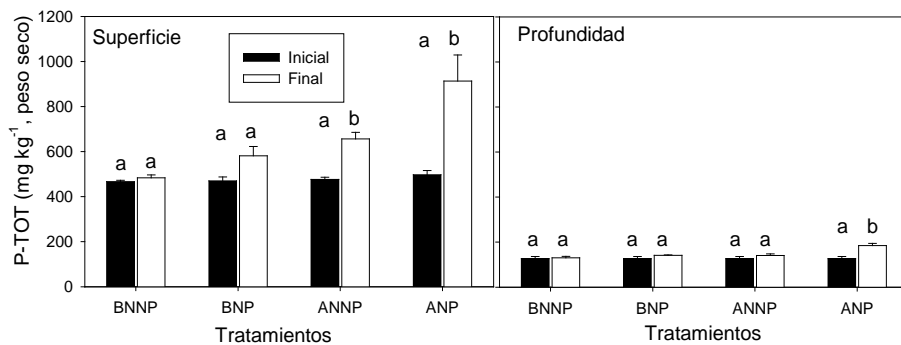
[3] Tercero, M. C., Álvarez-Rogel, J., González-Alcaraz, M.N. (2014). Ciclos biogeoquímicos en humedales con diferente grado de eutrofización y su relación con factores de cambio climático: resultados experimentales en mesocosmos. En: III Workshop en Investigación Agroalimentaria: -WiA3.14-. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, Servicio de Documentación, 2014. 275 p.

[4] Murphy, J., Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem.* 42, 1011-1026.

[5] Paludan, C., Morris, J. T. (1999). Distribution and speciation of phosphorus along a salinity gradient in intertidal marsh sediments. *Biogeochem.* 45, 197-221.



**Figura 1.** Evolución de la concentración de  $P-PO_4^{3-}$  en el agua de poro a lo largo del experimento en los horizontes de superficie y profundidad ( $n=3$ ). Los valores son la media  $\pm$  error estándar. I designa las fases de inundación y D las de desecación. El número que le sigue a cada letra se refiere a la semana del experimento. Los asteriscos indican la adición de agua eutrofizada.



**Figura 2.** Concentraciones totales de P en el suelo al inicio y al final del experimento en los horizontes de superficie y profundidad ( $n=3$ ). Los valores son las medias  $\pm$  error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas según el t-test, a  $p < 0,05$ . BNNP (bajo nivel de nutrientes + no planta). BNP (bajo nivel de nutrientes + *Phragmites*). ANNP (alto nivel de nutrientes + no planta). ANP (alto nivel de nutrientes + *Phragmites*).