

# Eficiencia de depuración de purines de cerdo mediante humedales artificiales con dos tiempos de retención hidráulica

(Recibido: 01/04/2015; Aceptado: 19/05/2015)

L. González-Ángel, M.A. Muñoz, M. Gómez-Garrido, M.A. Terrero, A. Faz  
Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica  
Grupo de Investigación Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de Suelos y Aguas (GARSA)  
Teléfono: 673969273  
Email: lauragonzalezdeangel@gmail.com

**Resumen.** El sector agropecuario europeo y español ha experimentado una intensificación incrementando la presión global derivada de la sobreutilización y producción de nitrógeno. La normativa europea, refleja la necesidad de proteger las aguas de la contaminación causada por los nitratos. Esta investigación tiene como objetivo determinar la eficiencia de la eliminación del nitrógeno y otros contaminantes en el purín de cerdo, a través de humedales artificiales, para dos tiempos de retención hidráulica (3 y 7 días). Los resultados pusieron de manifiesto, en general, mayor eliminación para 7 días de retención. El sistema de tratamiento mostró altas eficiencias de depuración, excepto para  $Cl^-$  y  $Na^+$ .

**Palabras clave.** Eficiencia de depuración; Humedales artificiales; Purines; Tiempo de retención hidráulica.

**Abstract.** The increase in the European and Spanish agricultural and livestock sector has intensified the global pressure from overuse and production of nitrogen. European normative reflects the need to protect water against pollution caused by nitrates. This research aims to study the efficiency of nitrogen and other pollutants removal in pig slurry through constructed wetlands with two hydraulic retention times (3 and 7 days). Results pointed out higher removal for 7 days of retention. The system of treatment showed high efficiencies of purification, except for  $Cl^-$  and  $Na^+$ .

**Keywords.** Constructed Wetlands; Hydraulic Retention Times; Purification efficiency; Slurry.

## 1. Introducción

El sector agropecuario europeo y español ha experimentado una intensificación incrementando la presión global derivada de la sobreutilización y producción de nitrógeno. España es el segundo país de la Unión Europea en concentración de porcino, con una producción de purín que ocasiona graves problemas medioambientales. La Directiva 91/676/EEC [4] refleja la necesidad de proteger las aguas de la contaminación causada por los nitratos.

En los estiércoles generados por la actividad ganadera se encuentran elementos esenciales para la nutrición vegetal [7] [12]. De esta forma, la utilización agronómica del purín es una práctica que ha adquirido una gran importancia en zonas donde conviven la ganadería y agricultura. Sin embargo, la aplicación descontrolada de este subproducto presenta un riesgo potencial como consecuencia del carácter acumulativo de ciertos compuestos y su transferencia a sistemas terrestres y acuáticos.

Los humedales artificiales están descritos como un tratamiento efectivo para la remoción de ciertos contaminantes siendo considerados como sistemas de bajo coste, con una alta integración medioambiental y mayor resistencia a las variaciones de carga que los sistemas convencionales [9] [13].

El objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia de la eliminación del nitrógeno y otros contaminantes en el purín, a través de humedales artificiales, para dos tiempos de retención hidráulica (3 y 7 días).

## 2. Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en una granja localizada en la Diputación de "El Hinojar", Lorca, Murcia. La granja consta de un sistema de depuración de efluentes porcinos compuesto por separador de fases, humedal artificial de flujo subsuperficial y balsas de almacenamiento (Fig. 1). El humedal tenía 3 celdas de 27 m de largo x 2,5 m de ancho y 1 m de profundidad, con diferentes capas de grava. La especie fitodepuradora utilizada fue *Phragmites australis*, con una densidad de plantación de 10 plantas/m<sup>2</sup> [2] [3].

Se recogieron muestras a la entrada y a la salida de cada una de las tres celdas, transcurridos los dos tiempos de retención hidráulica (TRH) de 7 y 3 días. Se realizaron 3 ciclos de tratamiento (llenado y vaciado) por cada TRH, resultando 9 réplicas para cada TRH. Las muestras se recogieron en envases estériles etiquetados, resultando 36 muestras en total. Las eficiencias de eliminación para cada parámetro se calcularon a partir de los valores medios a la entrada y salida de las celdas para cada TRH.



Fig. 1. Situación de los elementos del sistema de depuración de purines en "El Hinojar".

En campo se midieron los siguientes parámetros físicos: temperatura (T), pH y conductividad eléctrica (CE), utilizando sondas portátiles. En el laboratorio se analizaron el resto de parámetros físico-químicos siguiendo la metodología establecida por American Public Health Association (2012) [1] con las adaptaciones descritas por Peters *et al.*, (2003) [11] para purín. Tanto la Demanda Química de Oxígeno (DQO) como nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y el fósforo total (P-total) se midieron con Kits, Nanocolor® cod 1500, Nanocolor® nitrato 50, y Nanocolor® fosfato total 50 respectivamente. Los sólidos totales en suspensión (STS) mediante filtrado de la muestra empleando una bomba de vacío. El nitrógeno Kjeldahl (NK) se determinó según el método descrito por Duchaufour (1970) [6] y el nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) mediante destilación y valoración con ácido clorhídrico. Tanto

para el catión sodio ( $\text{Na}^+$ ) como para los metales (Cu, Zn) la medida se realizó directamente por absorción atómica, mientras que el anión cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) se determinó por cromatografía iónica.

### 3. Resultados

En la Tabla 1 se observan los valores medios y la desviación estándar para cada parámetro. Además, se muestra la eficiencia en la eliminación de los diferentes contaminantes, para cada TRH.

Se observa una eliminación de DQO de 34,8% para TRH = 7 días y 12,9% para TRH= 3 días. Para NK y  $\text{N-NH}_4^+$ , los porcentajes de eliminación fueron de 35,5% y 38,2%, respectivamente, para 7 días, mientras que para 3 días fueron 17,5% y 13,8%, respectivamente. La eliminación del P fue del 14% para 7 días y del 40,5% para 3 días. Por su parte, el Zn aumentó un 93% con 7 días de retención. El catión  $\text{Na}^+$  se incrementó un 8% a la salida para 7 días y 2,8% para 3 días. El anión  $\text{Cl}^-$  aumentó un 4% para 7 días y 1,5% para 3 días (Tabla 1).

### 4. Discusión

Los resultados muestran que la temperatura permaneció muy similar para ambos TRH a la salida, poniendo de manifiesto la capacidad de amortiguación del humedal [8]. En cuanto al pH y la CE se observó una eficiencia de depuración muy parecida para los dos TRH, por lo que estos parámetros no se veían afectados por este factor. En los siguientes parámetros: DQO, NK,  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  se observó una mayor eficiencia de depuración para el TRH de 7 días, aunque no se registró eliminación de nitratos para TRH de 3 días.

Tabla 1. Media y desviación estándar para cada parámetro (n=9). Eficiencias de depuración de los humedales para los TRH de 7 y 3 días.

Parámetros (unidades)	Entrada 7 días	Salida 7 días	Eficiencia (%)	Entrada 3 días	Salida 3 días	Eficiencia (%)
T (°C)	20,8 ± 5,1	18,2 ± 1,3	12,5	14,7 ± 1,3	18,9 ± 2,0	-28,7
pH	7,8 ± 0,1	7,6 ± 0,1	2,2	7,9 ± 0,1	7,8 ± 0,1	2,4
CE (dS m <sup>-1</sup> )	15,9 ± 1,6	14,7 ± 1,4	7,8	14,3 ± 1,4	13,5 ± 0,3	5,6
STS (mg L <sup>-1</sup> )	1497 ± 344,7	1076,1 ± 571,3	28,1	1479,4 ± 571,3	1056,7 ± 630,0	28,6
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	5123,3 ± 1048,9	3338,9 ± 340,4	34,8	4372,2 ± 340,4	3810 ± 255,2	12,9
NK (g L <sup>-1</sup> )	0,96 ± 0,09	0,6 ± 0,15	35,5	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1	17,5
$\text{N-NH}_4^+$ (g L <sup>-1</sup> )	0,8 ± 0,1	0,5 ± 0,03	38,2	0,9 ± 0,03	0,7 ± 0,1	13,8
$\text{NO}_3^-$ (mg L <sup>-1</sup> )	104,8 ± 14,5	96,0 ± 25,9	8,5	61,0 ± 25,9	69,4 ± 38,7	-13,7
P Total (mg L <sup>-1</sup> )	67,4 ± 18,8	57,9 ± 13,7	14	73,9 ± 13,7	44,0 ± 13,3	40,5
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,03	4,3	0,7 ± 0,03	0,6 ± 0,1	14,5
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	0,6 ± 0,2	1,2 ± 0,1	-93	1,7 ± 0,1	1,3 ± 0,2	21,9
$\text{Na}^+$ (mg L <sup>-1</sup> )	794,4 ± 39,1	857,7 ± 41,2	-8	809,9 ± 41,2	832,9 ± 28,0	-2,8
$\text{Cl}^-$ (mg L <sup>-1</sup> )	1338,3 ± 3,0	1391,9 ± 57,6	-4	1403,8 ± 57,6	1425,4 ± 60,0	-1,5

Por el contrario, para el P-total hubo una mayor eliminación con un TRH de 3 días, si bien este elemento es deficitario en el purín al ser utilizado como fertilizante. Para los metales (Cu, Zn) la mayor eficiencia se observó para 3 días de TRH, con un aumento de Zn a la salida después de 7 días de retención. En cambio el catión  $\text{Na}^+$  y el anión  $\text{Cl}^-$  presentaron eficiencias negativas para los dos TRH, es decir aumentó su concentración después del paso por el humedal, tal y como describen otros autores [10].

## 5. Conclusiones

Este sistema de tratamiento presentó altas eficiencias de depuración principalmente para DQO,  $\text{NK}$  y  $\text{N-NH}_4^+$ , con mayor eliminación, en general, para el TRH de 7 días. Para P total, Cu y Zn, el TRH de 3 días mostró eficiencias más elevadas. Sin embargo, los contenidos de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  se incrementaron tras el paso por el humedal para ambos TRH.

## Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo gracias al apoyo del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en el marco del proyecto Ref. TEC0003908. Asimismo, agradecemos a la Sociedad Agraria de Transformación, Alia, su colaboración.

## Referencias

- [1] APHA, AWWA, WEF. (2012) "Standard Methods for examination of water and wastewater". 22nd American Public Health Association (Eds.). Washington. 1360 pp. En: <http://www.standardmethods.org>.
- [2] Caballero A.M., Faz A., Lobera J. (2006) "Reutilization of pig slurries: water recycling by constructed wetlands. Symposium on Environmental Biotechnology" Leipzig-Alemania.
- [3] Caballero, A.M. (2013) "Sistema de depuración de aguas residuales de origen ganadero. Humedales artificiales" Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. 307 pp.
- [4] Directive 91/676/EEC of (12 December 1991) "Concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources". Official Journal L 375, 31/12/1991.
- [6] Duchaufour, PH (1970) "Precis de Pedologie". Masson. Paris. 481 pp.
- [7] Faz, A., Tortosa, J., Andújar, M., Llona, M., Lobera, J., Palop, A., Amat, S. (2005) "Application of Pig Slurry in the Guadalentin Valley for Brocoli and Water Melon production: preliminary results". Advances in Geoecology 36. Catena Verlag. Reiskirchen. 133-148 pp.
- [8] Hiley, P. (2003) "Performance of wastewater treatment and nutrient removal wetlands. En: Mander, U., Jenssen, P. (Eds.), Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Cold Climates, (Reedbeds) in Cold Temperature Climates". WIT Press, Southampton, pp. 1-18.
- [9] Kadlec, R.H., Wallace, S.D. (2009) "Treatment Wetlands". CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 1000 pp.
- [10] Kadlec, R., Knight, R.L., (1996) "Treatment Wetlands". Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 893 pp.
- [11] Peters, J., Combs, S.M., Hoskins, B., Jarman, J., Kovar, J.L., Watson, M.E., Wolf, A.M., Wolf, N., (2003) "Recommended Methods of Manure Analysis (A3769)". Soil Science Department. University of Wisconsin, Madison.
- [12] Sánchez, M., González, J.L. (2005) "The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation". Bioresource Technology 96, 1117-11123.
- [13] Vymazal, J., Greenway, M., Tonderski, k., Brix, H., Mander, U. (2006) "Constructed wetlands for wastewater treatment". Wetlands Nat. Resour. Manage. 190, 69-96.