



**Universidad de Concepción**

Dirección de Postgrado

Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile

Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales mención Sistemas Acuáticos Continentales

**ABATIMIENTO DE MACROCONTAMINATES DERIVADOS  
DE LA INDUSTRIA PORCINA MEDIANTE EL USO DE  
HUMEDALES ARTIFICIALES**

Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales con mención en  
Sistemas Acuáticos Continentales

**MARÍA CATALINA PLAZA DE LOS REYES DEL RÍO**  
CONCEPCIÓN-CHILE

2013

Profesor Guía: **Dra. Gladys Vidal Sáez**  
Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile  
Universidad de Concepción, Chile

## RESUMEN

Según el último censo agropecuario y forestal (2009), el número de cabezas de cerdos distribuidos a lo largo del país corresponde a 1.118.104 animales, representando las empresas de pequeña y mediana escala, un 40,1% de la producción nacional. El principal residuo generado en el proceso productivo corresponde a los purines, mezcla de heces y excretas, cuya composición fisicoquímica es heterogénea en cuanto al contenido de macrocontaminantes, destacándose la presencia elevada de materia orgánica (demanda química de oxígeno total o DQOT >16,1 g/L) y Nitrógeno (nitrógeno total o NT >1,5 g/L; nitrógeno amoniacal o  $\text{N-NH}_4^+$  >0,9 mg/L). Se ha señalado que la mayor vía de incorporación de estos compuestos al ambiente se asocia a la aplicación de purines vía riego en suelos de cultivo como manejo tradicional de estos residuos, representando esto una amenaza para la calidad del suelo, el agua, aire y la salud tanto humana como animal de no presentar una adecuada gestión. Por lo que se hace primordial el tratamiento de dichos residuos, aumentando de esta forma la demanda de nuevas tecnologías que permitan la reducción en el origen, la revalorización de productos, el control de olores y la recuperación de energía. El tipo de tecnología específica para el tratamiento de los purines de cerdo corresponde a una secuencia de sistemas anaeróbicos y de eliminación de nutrientes o bien, sistemas que contemplen ambos procesos. Sin embargo, a pesar de su buena eficiencia muchas veces no son aplicables a pequeñas y medianas instalaciones, debido a su alto costo de implementación y operación, por lo que el uso de sistemas combinados anaeróbico – humedales artificiales como tecnología no convencional, se presenta como una alternativa tangible y viable para el abatimiento de macrocontaminantes en este tipo de instalaciones. Este tipo de sistema se caracteriza por ser un sistema natural de tratamiento, capaz de generar efluentes acondicionados para su utilización en cultivos, minimizando los impactos en suelos y cuerpos de agua. Sin embargo, se ha discutido sobre el efecto de la materia orgánica en relación a los procesos relacionados a la eliminación de nitrógeno en humedales artificiales, por lo que es de

esperar que un control adecuado de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) permitirá mejorar la eficiencia en este tipo de sistemas.

El objetivo de esta tesis fue analizar la operación y la viabilidad de implementación de humedales artificiales como tecnologías no convencionales para el abatimiento de macrocontaminantes presentes en purines de cerdos, con la finalidad de generar un efluente que pueda ser utilizado en procesos de fertirrigación, sin provocar efectos ambientales adversos, mediante a la reducción conjunta de materia orgánica y nitrógeno. Para lo cual, se estudiaron tres sistemas de humedales artificiales, considerando la variación del influente según la relación C/N, basada en el aumento progresivo de la velocidad de carga de nitrógeno (VCN). De esta forma, se consideró como alimentación; purín crudo diluido ( $C/N > 10$ ), purín tratado en una laguna anaeróbica ( $C/N = 5-9$ ) y finalmente, purín tratado en un reactor anaeróbico ( $C/N = 2-5$ ). Durante el periodo de experimentación se evaluó la calidad de los efluentes, el comportamiento de *Typha latifolia* L. y el análisis de los sedimentos, en base a la relación C/N aplicada para cada uno de los sistemas.

Los resultados obtenidos señalan que la presencia de materia orgánica para las relaciones de alimentación  $C/N > 10$  y  $C/N = 5-9$ , genera una inhibición en los procesos de nitrificación, a consecuencia de un agotamiento del el oxígeno disuelto disponible utilizado para la degradación de la materia orgánica por parte de los microorganismos heterótrofos. Contrariamente, para una relación de alimentación  $C/N = 2-5$ , la ausencia de carbono orgánico dificulta los procesos de desnitrificación, predominando de esta forma los procesos de volatilización de amonio principalmente a VCN altas ( $> 25 \text{ kg NT/ha}\cdot\text{d}$ ). Por otra parte, el crecimiento y producción de *Typha angustifolia* L. se rige por un comportamiento estacional, favorecido por el tiempo de establecimiento y la robustez alcanzada en el tiempo. Encontrándose efectos de fitotoxicidad para los tres sistemas estudiados en un rango entre  $300,0 - 496,0 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{L}$ . Siendo el sistema menormente afectado, aquel alimentado con una relación  $C/N = 5-9$ . Sin encontrarse diferencias significativas entre la incorporación de nutrientes y la producción de biomasa. Por otro lado, la incorporación de NT en los sedimentos, varió en un rango entre  $2,7 - 16,9 \text{ g/m}^2$ . Representando estos valores  $< 6,0\%$  del NT incorporado. La relación C/N presente en los sedimentos indica que la mayor parte del NT en el sistema alimentado con una relación  $C/N = 5-9$  se encuentra

inmovilizado (~80,0%), por lo que la relación C/N en los sedimentos se encuentra estrechamente relacionada al tiempo de operación y establecimiento del sustrato en sistema.

De esta forma, la utilización de humedales artificiales para el tratamiento de purines de cerdo permite la reducción promedio de materia orgánica entre 59,4 – 70,7% y nitrógeno entre 34,8 – 45,2%, con un rango de VCN entre 2,0 – 30,2 kg NT/ha·d. Sin embargo, según los balances para ambos compuestos, dichas eficiencias se encuentran limitadas según la relación C/N del influente y a los potenciales efectos ambientales generados principalmente en la producción de gases con efecto invernadero (GEI). Destacándose la producción de metano para una relación de alimentación de  $C/N > 10$  (2,7 – 41,6 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha·d) y las tasas de volatilización de amonio para una relación de alimentación  $C/N = 2-5$ , principalmente a  $VCN > 25,0$  kg NT/ha·d (22,4 – 40,2 kg NT/ha·d).

Finalmente, los resultados indican que el sistema que genera un menor impacto al medio ambiente es la configuración Laguna anaeróbica–Humedal artificial ( $C/N = 5-9$ ). Permitiendo en base a una gestión adecuada, la utilización del efluente final en procesos de fertirrigación y enmienda de suelos. Sin embargo, considerando las tasas de producción de metano (0,3 – 15,9 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha·d) y la dilución del influente para contrarrestar los efectos de fitotoxicidad sobre las especies macrófitas, hacen de este tipo de configuración un sistema en retirada si se pretende dar cumplimiento a los requerimientos establecidos con el ingreso de nuestro país a la OCDE y al compromiso voluntario de reducción de un 20,0% en las emisiones de GEI al año 2020.