



Universidad de Concepción

Dirección de Postgrado

Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile

Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales mención Sistemas Acuáticos Continentales

**REDUCCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y NUTRIENTES CONTENIDOS EN  
PURINES DE CERDO A TRAVÉS DE TECNOLOGÍAS COMBINADAS Y SU  
EFECTO EN BIOINDICADORES ACUÁTICOS**

**MARISOL ANDREA BELMONTE SOTO**

**CONCEPCIÓN – CHILE**

**2012**

Profesor Guía: Dra. Gladys Vidal Sáez

Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile,

Universidad de Concepción, Chile

Profesor Co-Guía: Dra. Anuska Mosquera Corral

Dpto. de Ingeniería Química, Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Santiago de Compostela, España

## RESUMEN

El incremento en la producción intensiva de carne de cerdo a nivel mundial, de un 58% (de 64060 a 101215 miles Ton) durante los últimos 18 años, ha significado también la generación de purines como residuo principal (1,7 billones Ton/año). Este residuo causa una serie de problemas ambientales, a nivel de suelo (saturación debido al exceso de materia orgánica y nutrientes), agua (eutrofización), atmósfera (emisión de gases de efecto invernadero), biota (cambios en la estructura trófica), y potenciales problemas a la salud humana (metahemoglobinemia). Los purines de cerdo presentan características físico-químicas, microbiológicas y toxicológicas que varían de acuerdo a las condiciones de cada plantel, pero en general, presentan un alto contenido en materia orgánica (demanda química de oxígeno o DQO > 16,1 g/L) y nutrientes (nitrógeno total o NT > 1,5 g/L; nitrógeno amoniacal o  $\text{N-NH}_4^+$  > 0,9 mg/L), lo que equivale a una elevada relación DQO/N (> 10 g/g), lo que dificulta su disposición final en los ecosistemas.

Para minimizar los impactos ambientales ocasionados por este residuo, se han desarrollado diversas tecnologías de tratamiento. De acuerdo a esto, la digestión anaeróbica corresponde al proceso más utilizado para reducir el contenido de materia orgánica en aguas residuales con una elevada relación DQO/N (11,6 – 19 g/g), como los purines de cerdo, y la tecnología de tipo UASB (digestor de flujo ascendente con manto de lodos) es la más utilizada para la aplicación de este proceso (eficiencia de eliminación de la DQO: 19 - 87%). Sin embargo, estos sistemas son ineficientes para eliminar el nitrógeno (N) presente en el purín de cerdo, obteniendo un efluente tratado con una relación DQO/N entre 2 y 10 g/g, y con un alto contenido en amonio (> 500 mg/L). El purín de cerdo tratado mediante digestión anaeróbica, puede ser empleado como fertilizante en suelos, si se dispone de terreno, dependiendo de la calidad y las exigencias ambientales; sin embargo, ante la escasez de suelos, debe ser reducido el contenido de N para minimizar los impactos ambientales asociados a este compuesto. El proceso más adecuado, cuando las aguas residuales tienen una relación DQO/N > 5, es la nitrificación-desnitrificación convencional, con eficiencias de eliminación > 70%. No obstante, para aguas residuales con una relación DQO/N < 5, los procesos de nitrificación parcial-desnitrificación (NP-D), son los más adecuados para la eliminación biológica del nitrógeno.

Por todo lo anterior, la presente tesis tuvo como objetivo principal el evaluar la eficiencia en la reducción de la materia orgánica y nitrógeno contenidos en los purines de cerdo, empleando un sistema combinado de tratamiento: digestión anaeróbica - nitrificación parcial - desnitrificación. La calidad del efluente tratado por estos tres procesos, así como su disposición final, generan un efecto sobre el suelo o sobre los ecosistemas acuáticos. En la presente tesis, se evalúa este efecto mediante un bioindicador acuático: *Daphnia magna*.

Los resultados obtenidos en esta tesis, indican que la fracción líquida del purín de cerdo se caracteriza por presentar un alto contenido en materia orgánica (DQO > 14,6 g/L), nitrógeno (NT: 2,4 g/L,  $\text{N-NH}_4^+$ : 2,2 g/L), y coliformes fecales ( $3,0 \times 10^7$  NMP/100 mL), entre otros, presentando una relación DQO/N mayor a 10 g/g. El residuo a nivel toxicológico, provoca toxicidad aguda en *Daphnia magna*, a concentraciones bajas de purín de cerdo ( $\text{LC}_{50}$  48 h: 3,3 – 3,7%). Las principales causas de la toxicidad está relacionada con la presencia de compuestos iónicos en el purín de cerdo, tales como:  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{LC}_{50}$  48 h: 51,4 – 57,7 mg/L), y cloruros (Cl<sup>-</sup>) ( $\text{LC}_{50}$  48 h: 40,6 – 45,5 mg/L) identificados mediante el TIE (*Toxicity Identification Evaluation*).

Por otra parte, al determinar la relación DQO/N en el residuo, permite establecer el proceso biológico a aplicar para el tratamiento de la fracción líquida del purín de cerdo. De acuerdo a esto, una relación mayor o igual a 10 g/g, el proceso biológico más adecuado para eliminar la materia orgánica, corresponde al tratamiento anaeróbico, en este caso, mediante un UASB. La eficiencia de reducción de la materia orgánica fue entre un 45 y 86%, característico para este tipo de reactores. Se estudió mediante la técnica molecular FISH (*Fluorescence in situ Hybridization*) las poblaciones que se encontraban en el UASB, dónde se identificó que el proceso, fue realizado principalmente por microorganismos pertenecientes al Dominio *Archaea* (> 70%), siendo identificada la especie *Methanosarcina* spp., presente en este estudio bajo condiciones de elevada concentración de  $\text{NH}_3$  (> 150 mg/L). Sin embargo, el sistema UASB resulta ineficiente para reducir los compuestos nitrogenados (< 21%), generando un efluente con un alto contenido en amonio (> 500 mg  $\text{N-NH}_4^+$ /L), y una relación DQO/N menor a 10 g/g (hasta 2,2 g/g).

La calidad del efluente de purín de cerdo con tratamiento anaeróbico previo (DQO/N < 5 g/g), permitió la aplicación de procesos de nitrificación parcial-desnitrificación (NP-D) para eliminar el nitrógeno. La combinación de estos procesos, fue llevado a cabo mediante un reactor de tipo SBR (*Sequencing Batch Reactor*) ampliamente utilizado como tecnología de tratamiento, alternando fases óxicas y anóxicas para favorecer el crecimiento de las bacterias nitrificantes y desnitrificantes, encargadas de la biodegradación del nitrógeno. En este caso, la máxima eliminación de nitrógeno, en el tratamiento de la fracción líquida del purín de cerdo fue de un 54%, a velocidades de carga nitrogenada (VCN) de 0,15 g N/L·d. A VCN menores a 0.09 g N/L·d se observó acumulación de nitrato, característico en procesos de NP. Los microorganismos identificados mediante análisis de FISH, asociadas al proceso de nitrificación correspondieron a *Nitrosomonas* sp. (BOA) y microorganismos pertenecientes al *Phylum Nitrospirae* (BON) y *Nitrobacter* (BON), mientras que, en el proceso de desnitrificación, la biomasa del sistema SBR está constituida principalmente por microorganismos pertenecientes al *Phylum Chloroflexi* (70%). Estos microorganismos son característicos en sistemas de tratamiento para la eliminación del nitrógeno.

La utilización de tecnologías combinadas (digestión anaeróbica - nitrificación parcial - desnitrificación) para el tratamiento biológico del purín de cerdo, permitieron reducir el contenido de materia orgánica (entre 45 y 86%) y nitrógeno (entre 14 y 54%), obteniendo un efluente sin toxicidad aguda en *D. magna*. Al evaluar la disposición final del efluente obtenido en los distintos tratamientos, la calidad del efluente tratado mediante el sistema UASB, permite su posible aprovechamiento en suelos o para uso de riego (Decreto Supremo o D.S. 46/02, NCh 1333 Of.78) como un residuo con alto contenido en nitrógeno (> 500 mg/L). No obstante, ante la escasez de suelos disponibles para la aplicación del purín de cerdo, el efluente tratado mediante el sistema SBR de NP-D podría ser vertido de manera directa a sistemas acuáticos, si cumple la normativa (D.S. 90/00). Por los resultados obtenidos en esta tesis, el efluente tratado por NP-D genera un vertido cuya calidad físico-química no cumple con los límites máximos establecidos por la normativa ambiental vigente, esto a pesar de que a nivel toxicológico, la calidad de este efluente no provoca toxicidad aguda sobre *D. magna*. Por lo tanto, se concluye que la sustentabilidad del sector industrial porcino está estrechamente ligada a la agricultura, de tal manera de utilizar el efluente del tratamiento anaeróbico como agua de riego con un contenido de nutrientes en cultivos, que considerarlo como un residuo.