



“Desarrollo de estrategias operacionales para la estabilidad y mejoramiento del proceso de remoción de nitrógeno en presencia de carbono orgánico”

Tesis presentada a la

DIRECCIÓN DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

para optar al ***Grado de Doctorado en Cs. de la Ingeniería con mención en Ingeniería Química***

Dr. Romel Jiménez Concepción, Director del Programa de Graduados en Ciencias de la Ingeniería, con mención en Ingeniería Química, saluda atentamente y tiene el agrado de invitarle al Examen de Grado de la ***Srta. Elisa Amanda Giustinianovich Campos***, que se efectuará en el Auditorio Prof. Hugo Segura Gómez, 2do piso, Edificio Gustavo Pizarro Castro, el día jueves 24 de mayo a las 11.20 hrs.

Profesor Guía:

Marlene Roedel von B., Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.

Profesor Co-Guía:

José Luis Campos G., Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibáñez.

Profesor Comisión Interna:

Juan Gallardo R., Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.

Profesor Comisión Externa:

David Jeison N., Escuela de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Valparaíso.

Concepción, 17 de mayo de 2017.

RESUMEN

El proceso de Nitrificación parcial (NP)/Anammox es una tecnología avanzada que permite la remoción autotrófica de nitrógeno de aguas residuales. Esta tecnología comparada con el método tradicional de nitrificación-desnitrificación, permite ahorrar costos asociados a requerimientos de oxígeno, adición de materia orgánica y disposición de lodos. Ha sido implementada principalmente en plantas de tratamiento de aguas urbanas y en algunos efluentes industriales amoniacales, específicamente en el sobrenadante proveniente de digestores anaerobios por su alto contenido amoniacal y bajo contenido orgánico. Su aplicación se ha visto limitada a efluentes de baja razón de Demanda Química de Oxígeno a Nitrógeno (DQO/N) debido al desarrollo de bacterias heterotróficas promovido por la presencia de DQO, las cuales compiten con las bacterias autótrofas por sustratos (oxígeno, amonio y nitrito) y espacio disponible. Por otra parte, se ha detectado la presencia de bacterias desnitrificantes en algunos sistemas de NP-Anammox con carbono orgánico, lo cual ha llevado a sugerir que la eficiencia de remoción de nitrógeno puede ser mejorada mediante la desnitrificación del nitrato producido por la reacción Anammox. Sin embargo, aún se desconocen las condiciones que promueven la desnitrificación en sistemas de NP-Anammox.

Mediante un diseño experimental, este trabajo se enfocó en encontrar estrategias operacionales que permitieran mejorar las eficiencias de remoción de nitrógeno y obtener operaciones estables en sistemas de NP-Anammox en presencia de carbono orgánico. La investigación se enfocó en el estudio del tiempo de residencia hidráulico (TRH), el régimen de aireación y de alimentación aplicados al sistema, evaluando el efecto de estas variables sobre el desempeño, la eficiencia y las dinámicas poblacionales de los microorganismos fundamentales.

Se realizaron cinco experimentos independientes en reactores de NP-Anammox a escala laboratorio y piloto, evaluando la calidad del efluente para la determinación de las velocidades y eficiencias de remoción de nitrógeno y COD mediante balances globales. Se determinó además la contribución de los grupos bacterianos principales (oxidantes de amonio aeróbicas y anaeróbicas, nitrito oxidantes, heterotróficas y desnitrificantes) en la remoción de nitrógeno global, basado en la estequiometría de las reacciones. Estos resultados fueron complementados con análisis de las comunidades microbianas a lo largo de la operación para detectar composición, abundancia y posibles dinámicas poblacionales.

Fue posible hallar un rango de operación estable para sistemas de NP-Anammox con carbono orgánico basado en el TRH (45 a 9.6 h) que permite el establecimiento de un sistema de biomasa híbrida compuesta por agregados bacterianos autótrofos (gránulos y flóculos) y bacterias heterótrofas no agregadas en suspensión. La mantención de un TRH de 30 h permitió obtener altas eficiencias de remoción de nitrógeno (74 a 86%) y una operación estable hasta al menos una razón DQO/N de 3.

Además, se desarrolló una estrategia que permite promover la desnitrificación en sistemas de NP-Anammox con afluente de carbono orgánico, permitiendo el desarrollo de un sistema SNAD (Nitrificación, Anammox y Desnitrificación Simultánea) de alta eficiencia (85 a 96% de remoción de nitrógeno para razones de DQO/N de 2.3 y 0.57 respectivamente). Este hallazgo permite mejorar la eficiencia de remoción de nitrógeno y a su vez, disminuir los costos de aireación asociados a la oxidación aeróbica del carbono orgánico.

Las estrategias desarrolladas permiten además mantener la composición y dominancia de las bacterias oxidantes de amonio aeróbicas y anaeróbicas en la biomasa granular de sistemas de NP-Anammox. La factibilidad del proceso de NP-Anammox fue probada con digestato de estiércol de gallina y efluentes de industria conservera de productos marinos, siendo exitosa en términos de estabilidad del proceso y eficiencias obtenidas en ambos casos.

En esta tesis ha sido posible demostrar que estrategias de operación basadas en el TRH, régimen de alimentación y de aireación permiten mejorar la remoción autotrófica de nitrógeno de efluentes con alta razón DQO/N mediante sistemas NP-Anammox de biomasa granular. Estas estrategias pretenden contribuir a la expansión de esta tecnología a nuevos efluentes industriales de alta carga amoniacal y contenido orgánico sin perder eficiencia y estabilidad debido a la presencia de carbono orgánico en el afluente.