

## ¿Es el proceso ANAMMOX aplicable a aguas industriales?

Alfonsina Fernández\*, Elena Castelló

\*alfonfer@fing.edu.uy, Biotecnología de los procesos para el ambiente (BioProA) Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UdelAR.

Palabras claves: anammox, efluentes industriales

Área temática: Gestión ambiental y sostenibilidad

### 1) Introducción

En los años 90, luego del descubrimiento de las bacterias Anammox (Anaerobic Ammonium Oxidation, AMX), surgió como alternativa, la remoción de nitrógeno de forma autótrofa. Las bacterias anammox utilizan amonio y nitrito como dador y aceptor de electrones respectivamente para transformarlos en nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ). Dado que el nitrógeno en las aguas residuales se encuentra como amonio, se requiere que previamente la mitad del amonio se oxide a nitrito (nitrificación parcial, NP). Estos procesos pueden llevarse a cabo en diferentes reactores, uno aerobio para la nitrificación parcial y otro anóxico para la etapa anammox, denominados dos etapas, o en bajo ciertas condiciones de operación acoplarse en una sola unidad, una etapa.

La tecnología de NP/AMX es de interés para efluentes con alto contenido de amonio y bajo contenido de carbono, y se ha transformado en una alternativa para la remoción de nitrógeno en la línea secundaria (Figura 1), es decir luego de la digestión anaerobia de lodos biológicos, con muchos reactores a escala real instalados a la fecha.

Actualmente se encuentra en estudio su uso en la línea principal de plantas de tratamientos de efluentes cloacales.

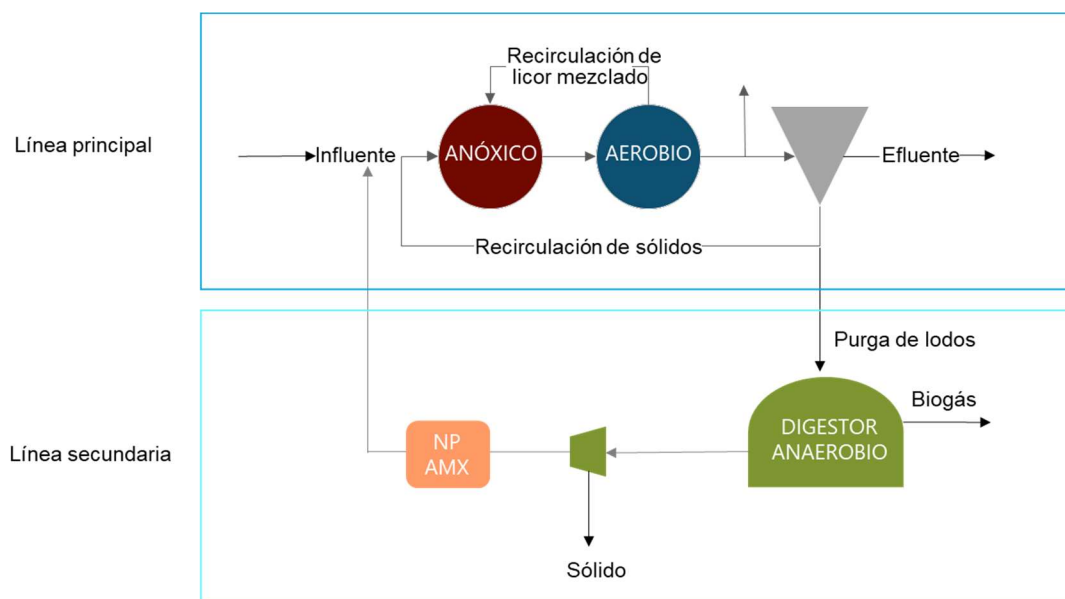


Figura 1 Diagrama de flujo de planta de tratamiento de efluentes convencional, distinción entre línea principal y línea secundaria

La remoción de nitrógeno autótrofa en la línea principal tendrá como ventaja, la posibilidad de desacoplar la remoción de materia orgánica de la de nitrógeno (figura 2), permitiendo valorizar la materia orgánica mediante la digestión anaerobia sin que una fracción sea oxidada a  $\text{CO}_2$  durante la desnitrificación.

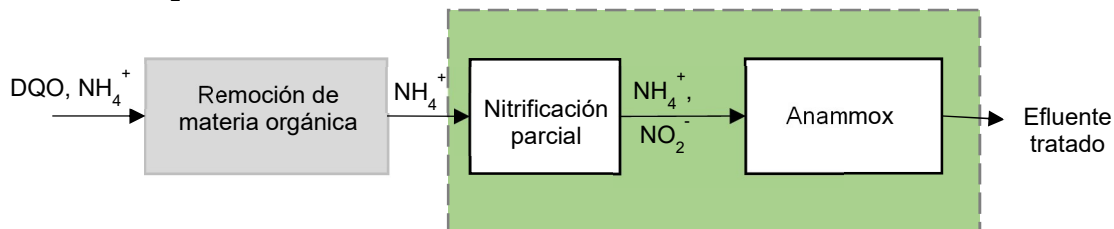


Figura 2 Remoción de carbono desacoplada de la remoción de nitrógeno en la línea principal

Además, presenta una disminución en el consumo de oxígeno y en la generación de lodo biológico lo que repercute en menores costos operativos.

Las ventajas expuestas, lo convierten en una alternativa interesante para efluentes industriales por lo que, brevemente se presenta el estado del arte para la aplicación de la remoción de nitrógeno autótrofa en aguas residuales industriales y complejas.

## 2) Efluentes complejos

La mayoría de los trabajos publicados que estudian la aplicación del proceso anammox para efluentes distintos a los cloacales se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Lixiviado de relleno sanitario,
- Licor posterior a la digestión anaerobia de estiércol de ganado,
- Aguas industriales de orígenes variados

### 2.1) Lixiviado de relleno sanitario

La disposición final de los residuos sólidos urbanos, en la modalidad de relleno sanitario es la forma más común tanto en Uruguay como en el mundo. Los lixiviados se generan como consecuencia de las precipitaciones y escorrentía en el relleno, así como también por la descomposición de la materia orgánica. Este tipo de efluente contiene altas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno y en muchos casos metales. Para rellenos considerados maduros (> 10 años), el lixiviado tiene en general una baja concentración de materia orgánica, ya que esta ha sido transformada a metano en el propio relleno (degradación anaerobia) pero una alta concentración de amonio. Los sistemas convencionales de nitrificación/des-nitrificación, son de difícil aplicación ya que no se cuenta con suficiente de materia orgánica para la etapa de desnitrificación.

En consecuencia, la remoción autótrofa de nitrógeno resulta de gran interés para el tratamiento del lixiviado de relleno sanitario maduro, con aplicaciones a escala real. De las investigaciones relevadas se obtiene que los sistemas NP/AMX son mayoritariamente de una etapa y el rango de carga de nitrógeno aplicada está entre 0,27-1,2 kg N/m<sup>3</sup>/d. Las eficiencias reportadas son buenas cuando se trabaja cercano a 30°C. Dado que este efluente se genera en bajos caudales la opción de calentamiento puede ser considerada.

## 2.2) Licor de la digestión anaerobia de estiércol de ganado

En muchos países, el estiércol de ganado porcino y vacuno es digerido anaeróbicamente y luego el licor es aplicado en los cultivos como fertilizante. Si bien la materia orgánica es transformada a metano en el proceso de digestión anaerobia, el contenido de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) no se ve modificado. La aplicación sostenida de este tipo de efluentes con alto contenido de nitrógeno en cultivos puede ocasionar la contaminación del agua subterránea y la acumulación de nutrientes en el suelo. Es por ello que se encuentra en estudio el uso de sistemas de NP/AMX para este tipo de efluentes ya que el contenido de C/N es bajo, generalmente menor a uno.

La mayoría de los trabajos encontrados refiere a purines de cerdo y se concluye que los sistemas en dos etapas son los más reportados con un amplio rango de cargas aplicadas: 2,58-3,8kgN/m<sup>3</sup>/d (NP) y 2,2-4,1kgN/m<sup>3</sup>/d (AMX). Las eficiencias de remoción están entre 77-96 % y 80-96% para nitrógeno total y amonio respectivamente en la nitrificación parcial. Para el reactor anammox las eficiencias están entre 57-80%.

Si bien estos valores son prometedores, la mayoría de los trabajos fueron realizados con efluentes sintéticos y no se encontraron trabajos a escala real.

## 2.3) Efluentes industriales

Los trabajos encontrados para efluentes industriales, son muy diversos y sobre industrias particulares, por lo que no es posible concluir al respecto. Para el acercamiento sobre la aplicación de la remoción autótrofa de nitrógeno en efluentes industriales es de utilidad separarlos en efluentes con alto ( $\geq 0.5$ ) y bajo ( $<0.2$ ) contenido de DQO/N. Para efluentes con baja relación DQO/N se considera que este tipo de tecnología es aplicable, sin embargo, para efluentes con alta relación DQO/N, es necesario continuar con las investigaciones y el uso de efluentes reales en los trabajos de laboratorio. Se destaca la falta de información sobre la aplicación de este tipo de sistemas en efluentes agroindustriales del tipo de los que se generan en nuestro país, en particular el efecto de la materia orgánica en el proceso.

## 3) Conclusiones

- La remoción autótrofa de nitrógeno para los lixiviados de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos maduros, resulta una buena alternativa dado el bajo contenido de materia orgánica, y en consecuencia la dificultad de aplicar un sistema de nitrificación desnitrificación convencional.
- Para el caso del licor de la digestión anaerobia del estiércol porcino, es necesario profundizar en los estudios para evaluar la viabilidad de esta tecnología.
- La aplicación de la tecnología NP/AMX para efluentes industriales con baja relación DQO/N ( $<0.2$ ) parece una buena alternativa, en cambio para los efluentes industriales con alta relación DQO/N (entre 0.5 a 1) es necesario profundizar en su aplicación y en particular en el efecto de la materia orgánica en el proceso.