

Estudio y modelación matemática del cambio metabólico de las bacterias responsables de la eliminación en el tratamiento de aguas residuales

Resumen

El fósforo es de gran importancia para la vida debido a que desempeña un papel esencial en los procesos biológicos. El principal uso del fósforo está en la industria de los fertilizantes en forma de fosfatos. Estos fosfatos provienen principalmente de las rocas fosfáticas, las cuales podrían llegar a agotarse entre los próximos 50 y 100 años. La sobreexplotación de la roca fosfática, ha generado una disminución en la calidad de las reservas, y ha elevado el coste de su extracción, procesamiento y transporte marítimo.

Por otra parte, el fósforo proveniente de las aguas residuales, de la disolución de las rocas fosfáticas y de los suelos con excesivo aporte de fertilizantes, se deposita en los cuerpos de aguas superficiales produciendo un grave problema de contaminación llamado eutrofización.

Uno de los sistemas más empleados para reducir los niveles de fósforo en el agua residual es el proceso de eliminación biológica de fósforo (EBPR). Este proceso implica capturar biológicamente, alternando entre condiciones anaerobias óxicas/anóxicas, el fósforo del agua residual mediante organismos acumuladores de fósforo (PAOs). Sin embargo, uno de los principales problemas de este proceso, es la competencia de las PAOs con los organismos acumuladores de glucógeno (GAOs) por los ácidos grasos volátiles (AGV). Aunque si bien se han realizado muchos estudios sobre los factores que afectan la competencia entre PAOs y GAOs, existen aún muchas preguntas sin respuesta en relación al metabolismo de las PAOs cuando estas carecen de reservas energéticas en forma de polifosfatos intracelulares (poli-P) y a su efecto sobre la dinámica de las poblaciones de PAOs y GAOs en un sistema de fangos activados.

Es por ello que el objetivo principal de esta tesis doctoral consiste en: estudiar a corto y largo plazo el comportamiento metabólico de las PAOs al cambiar el contenido en poli-P; analizar la dinámica poblacional de los microorganismos implicados en el proceso de EBPR; modelizar matemáticamente dicho comportamiento metabólico y por último evaluar la posible recuperación de fósforo mediante la extracción del poli-P presente en las PAOs.

En el estudio a corto y largo plazo se observó un cambio metabólico correlacionado con el contenido en poli-P, de forma que a bajos contenidos de poli-P las PAOs se comportaban metabólicamente como las GAOs, pero sin que estas últimas se llegaran a desarrollar de forma significativa. A pesar de observar el mismo comportamiento metabólico en ambos estudios, desde el punto de vista microbiológico se observaron diferencias. A corto plazo, las PAO tipo II mostraron claramente el cambio metabólico, mientras que a largo plazo fueron las PAO tipo I.

A partir de los experimentos realizados, se desarrollaron las expresiones necesarias (estequiométricas y cinéticas) para incluir los nuevos comportamientos observados (cambio metabólico) en los modelos metabólicos existentes en la actualidad. Expresiones tipo Monod fueron desarrolladas e implementadas en el modelo de las PAOs para representar el cambio entre los parámetros estequiométricos típicos del metabolismo PAO y GAO. El modelo fue calibrado y validado mostrando la capacidad de representar correctamente el cambio metabólico de las PAOs a concentraciones bajas de poli-P.

Al observar que las PAOs tienen la habilidad de cambiar su metabolismo a bajas concentraciones de poli-P, sin que se deteriorara el proceso por el desarrollo de las GAOs, se evaluaron dos estrategias de operación para la obtención de una corriente rica en fósforo que permita su posterior recuperación. Las estrategias estudiadas se diferenciaban en el nivel de extracción de poli-P de las PAOs. En la primera estrategia se extraía menos del 40% de poli-P, mientras que en la segunda estrategia se llegaba a extraer más del 90% de poli-P. La segunda estrategia mostró una eficacia de extracción superior, consiguiendo recuperar hasta el 81% del fósforo presente en el agua residual.

Como resultado del trabajo realizado se han generado cuatro artículos, tres de ellos publicados en revistas de especial relevancia (2 en la revista *Water Research* y 1 en la revista *Chemical Engineering Journal*) que constituyen el cuerpo central de la presente tesis doctoral.