



## II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

### TRATAMIENTO COSTO-EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE REACTORES DE MEMBRANA BASADOS EN BIOPELICULAS (MBfR)

MARCELO AYBAR<sup>1</sup>  
ALEX SCHWARZ<sup>2</sup>

#### RESUMEN EXTENDIDO

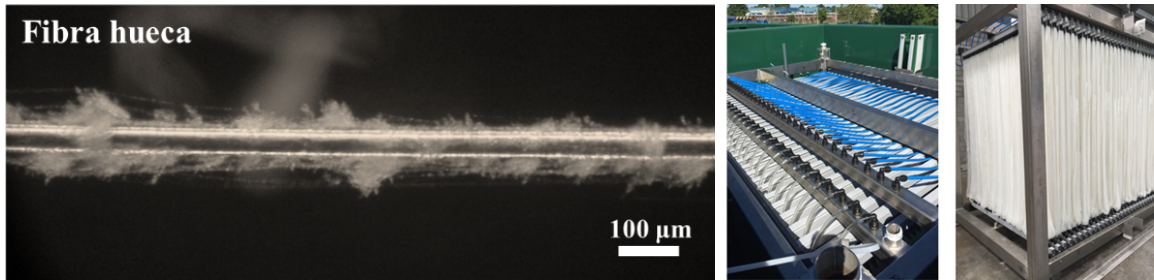
El tratamiento de aguas residuales convencional basado en lodos activos es confiable y efectivo, y se ha convertido en el estándar de la industria para el tratamiento de aguas en el mundo. Sin embargo, el sistema de lodos activos es extremadamente ineficiente en términos del **consumo energético**. En una planta típica, alrededor del 40-60% de la energía total es consumida únicamente por el sistema de aireación que suministra oxígeno a los reactores biológicos, tradicionalmente a través de dispositivos mecánicos o difusivos (Tchobanoglous et al., 2003). No obstante, la transferencia efectiva de oxígeno al agua sólo alcanza entre 5-25%. Al mismo tiempo, el aumento sostenido en la demanda de tratamiento de aguas, requiere de costosas inversiones para ampliar la capacidad existente de sistemas de tratamiento en operación. Por este motivo, existe una urgente necesidad de alternativas eficientes desde el punto de vista del consumo de energía y recursos.

La tecnología **MBfR** (Membrane Biofilm Reactor) es un método altamente eficiente para la transferencia de gases – oxígeno/hidrógeno/metano - dependiendo del contaminante (Buer et al., 2008) y puede alcanzar prácticamente 100% de eficiencia (Ahmed y Semmens, 1992; Martin y Nerenberg, 2012). Estudios recientes estimaron ahorros de hasta un 85% en costos de energía comparando un MBfR con un tratamiento convencional de lodos activos (Aybar et al., 2014). Por otro lado, módulos de membranas pueden aumentar la capacidad de procesos convencionales o pueden ser utilizados en nuevos sistemas centralizados o descentralizados de tratamiento de aguas (Sorensen, 2017) (Figura 1).

---

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción /maybar@udec.cl

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción /alexschwarz@udec.cl



**Figura 1:** Izquierda: Imagen microscópica de biopelícula en MBfR. Derecha: Módulos de membranas a escala real.

Un creciente número de artículos científicos han estudiado el desempeño de reactores MBfR para el tratamiento de residuos orgánicos y nutrientes. Las tasas de remoción de DQO reportadas varían entre  $1-64[\text{gDQO m}^{-2} \text{ d}^{-1}]$ , mientras que para remoción de amonio varían entre  $0.5-10[\text{gNH}_4^+-\text{N m}^{-2} \text{ d}^{-1}]$  (Syron y Casey, 2008). Asimismo, la tecnología MBfR ha sido aplicada exitosamente, a escala de laboratorio, para remover sales aniónicas tales como el sulfato. Estudios recientes realizados por el grupo de investigación del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Concepción obtuvieron resultados promisorios para la remoción de sulfato de aguas provenientes de la industria minera en base a MBfRs hidrogenotróficos. Se logró disminuir de manera considerable la concentración de sulfato desde  $1.500[\text{mg L}^{-1}]$  hasta niveles bajo los permitidos por las normas chilenas de riego y agua potable,  $250[\text{mg L}^{-1}]$  y  $500[\text{mg L}^{-1}]$  respectivamente, sin la generación de corrientes concentradas (recuperación total del agua).

Desde hace algunos años los MBfR han comenzado a aplicarse comercialmente (Peeters et al., 2017). Desafíos actuales para la implementación a mayor escala son, por ejemplo, el control de la biopelícula, la evaluación de la vida útil de las membranas (que incide en los costos de inversión), la optimización del suministro de gases y el estudio del rendimiento en el tiempo (efecto del ensuciamiento).

Este trabajo presentará las ventajas y desafíos de la innovadora tecnología MBfR dando especial énfasis en su costo-eficiencia energética y los recientes avances en la optimización del suministro de gases y la aplicación a la remoción de contaminantes de origen minero.

## Referencias

- Ahmed, T., Semmens, M.J., 1992. Use of sealed end hollow fibers for bubbleless membrane aeration: experimental studies. *J. Memb. Sci.* 69, 1–10.
- Aybar, M., Pizarro, G., Boltz, J.P., Downing, L., Nerenberg, R., 2014. Energy-efficient wastewater treatment via the air-based, hybrid membrane biofilm reactor (hybrid MbFR). *Water Sci. Technol.* 69, 1735–1741.
- Buer, T., Adams, N. and Hong, Y. 2008. High Efficiency Oxygen Transfer Membrane Supported Biofilm Reactor for Wastewater Treatment, 2008 IWA North American Membrane Research, Amherst, Massachusetts.
- Martin, K.J., Nerenberg, R., 2012. The membrane biofilm reactor (MBfR) for water and wastewater treatment: Principles, applications, and recent developments. *Bioresour. Technol.* 122, 83–94.



Peeters, J., Adams, N., Long, Z., Côté, P., Kunetz, T., 2017. Demonstration of innovative MABR low-energy nutrient removal technology at Chicago MWRD. *Water Pract. Technol.*

Sorensen, S.J., 2017. Biofilm Reactor Technologies – When Should We Apply Them? 10<sup>th</sup> International Conference on Biofilm Reactors, University College Dublin, Ireland.

Syron, E., Casey, E., 2008. Membrane-aerated biofilms for high rate biotreatment: Performance appraisal, engineering principles, scale-up, and development requirements. *Environ. Sci. Technol.* 42, 1833–1844.

Tchobanoglous, G., Burton, F., and Stensel, H. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th edn. McGraw-Hill Companies