

## AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA DEPURACIÓN DE AGUA

**Prof. Jose Manuel Poyatos Capilla**, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Instituto del Agua, Universidad de Granada. Email: [jpoyatos@ugr.es](mailto:jpoyatos@ugr.es)

Se va a realizar un análisis de cómo ha avanzado la tecnología de depuración en los últimos años, centrándonos en investigaciones que se están realizando por parte de nuestro grupo de investigación en el ámbito del tratamiento de aguas residuales urbanas.

En primer lugar, se hará un pequeño recorrido histórico de cómo hemos llegado a los sistemas de depuración actuales.

En el Siglo XVIII, concretamente en 1858 el gran hedor (o gran peste) del Támesis, se hizo un tratamiento del río con productos químicos, viéndose ya la necesidad de hacer tratamiento de las aguas residuales de las ciudades. Por otro lado el desarrollo de la microbiología, con distintos descubrimientos como pueden ser, Pasteur 1857 que descubrió el rol de los microorganismos en cuanto al consumo de sustrato y producción nuevos productos (fermentaciones) o en 1876, Robert Koch estableció que determinados microorganismos pueden causar enfermedades, hizo la necesidad del desarrollo de la ingeniería sanitaria para evitar enfermedades y por lo tanto el desarrollo de las tecnologías de depuración.

Aparecieron distintas tecnologías relacionadas con el consumo de la materia orgánica por parte de microorganismos:

- 1891 Massachusetts lechos bacterianos (Sistemas de biopelícula).
- Fangos activos proceso más extendido a nivel mundial (Inglaterra, ingenieros Edward Arden y William T. Lockett, en 1914).

Comentar que gran parte de las instalaciones de aguas residuales existentes actualmente son sistemas derivados de estos estudios de finales del siglo XIX y principios del XX.

Por otro lado, las tecnologías de separación de membrana se fueron desarrollando desde el siglo XVIII. Ya en el siglo XX el desarrollo de **membranas sintéticas** asimétricas (1960), hizo que el interés en los procesos de membrana para el tratamiento del agua haya crecido rápidamente.

El crecimiento global de la aplicación de membrana en el tratamiento de aguas puede ser atribuido al menos a tres factores:

- Incremento de la presión jurídica que regula el tratamiento tanto para aguas potables como residuales.
- Incremento de la demanda de agua y escasez de agua.
- Fuerzas de mercado que rodean el desarrollo y comercialización de las tecnologías de membrana.

Estas tecnologías tienen asociados unas ventajas e inconvenientes que se podrían resumir de la siguiente forma:

➤ **VENTAJAS**

- Altos estándares de calidad
- Requerimientos mínimos de espacio para la depuración,
- Versatilidad de unidades de tratamiento,
- Un amplio rango de aplicación, que abarca aguas de secado de fangos, aguas residuales, aguas en fase de potabilización.

➤ **INCONVENIENTES**

- El precio unitario de las membranas (Costes de instalación)
- La frecuencia de reposición de las mismas (Costes de explotación)
- La energía eléctrica consumida (Costes de explotación)

A continuación, nos vamos centrar en las líneas de investigación que hemos ido desarrollando en los últimos años en el grupo de investigación de la Escuela de Caminos de la Universidad de Granada, siendo estas:

- Tecnologías de membrana aplicados al tratamiento de aguas residuales (Biorreactores de Membrana y Biorreactores de Lechos fluidificado-BRM)
- Procesos de Oxidación Avanzados para el tratamiento y regeneración de agua (eliminación de compuestos recalcitrantes)

En la figura 1 se puede observar la diferencia existente entre los Biorreactores de membrana y los procesos de fangos activos, donde se sustituye el decantador secundario por una membrana de ultrafiltración o Microfiltración, mejorando en proceso en cuanto a la capacidad de realizar la separación sólido líquido necesaria para obtener un efluente sin sólidos en suspensión y recircular biomasa al reactor para que se puedan producir los procesos bioquímicos y así eliminar la materia orgánica biodegradable.



**Figura 1. Evolución del proceso de fangos activos a biorreactor de membrana**

Al igual que todas las tecnologías presenta sus ventajas e inconvenientes:

➤ **Ventajas Biorreactor de Membrana**

- Reducción de la superficie necesaria para la implantación de la tecnología al poder prescindir de la decantación secundaria, así como aplicar bajos tiempos de retención hidráulica, con la consiguiente reducción de volumen del reactor biológico (Xing et al, 2000; Poyatos et al, 2007; Poyatos et al, en 2008)
- El sistema puede trabajar con elevada edad de fango, lo cual favorecerá la nitrificación y la eliminación de fango (Bouhabila et al, en 1998; Poyatos, en 2007).

- La calidad del efluente, con baja presencia de microorganismos patógenos, permitirá su directa reutilización (Ueda and Horan, en 1999; Molina-Muñoz et al., en 2007)

➤ **Problemas de Explotación de los Biorreactores de Membrana:**

- Ensuciamiento de las Membranas debido a la formación de biopelículas en la superficie de las membranas
- La ineficacia en la oxigenación debido a trabajar a MLSS superiores a 5000 mg/L

En los últimos años se han ido desarrollando los sistemas de BRM para minimizar los problemas de explotación, mejorando la velocidad de ensuciamiento de las membranas y el coste de explotación, siendo actualmente una tecnología económicamente competitiva a nivel mundial, sobre todo si se va a reutilizar el agua.

Otra mejora de los procesos de fangos activos son las tecnologías de lechos móviles, donde se introduce un relleno en el reactor biológico, para además de depurar con los microorganismos en suspensión también actuaran en el proceso los microorganismos adheridos al relleno incorporado, aumentando la biomasa total del sistema y consecuentemente el rendimiento en eliminación de materia orgánica.

En la figura 2, se muestra un estudio realizado por nuestro grupo de investigación, se observó como mejoraba el rendimiento de eliminación de materia orgánica introduciendo relleno en suspensión en el reactor biológico.

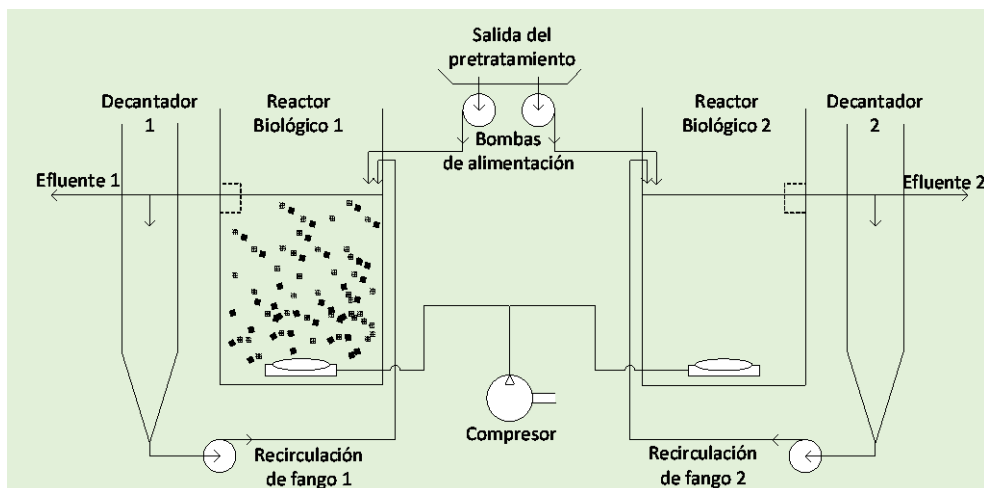


Figura 2. Estudio comparativo de un sistema de lecho en suspensión con respecto a un proceso de fangos activos.

Una innovación que se introdujo para minimizar las desventajas de los BRM fue la combinación de los procesos de Lecho móvil con BRM, con lo que se lograba:

- Aumento de la biomasa en el reactor por biopelícula formada en el relleno
- Disminución de MLSS en el reactor biológico manteniendo condiciones de operación TRH, TRC

También dentro de esta línea de investigación de trabajo con sistemas de eliminación biológica de nitrógeno y fósforo, en la figura 3 se puede apreciar los sistemas de lechos móviles -BRM del estudio, con distintas cámaras en el reactor biológico (aeróbicas, anóxicas y anaeróbicas), para lograr la desnitrificación y la eliminación biológica de los fosfatos.

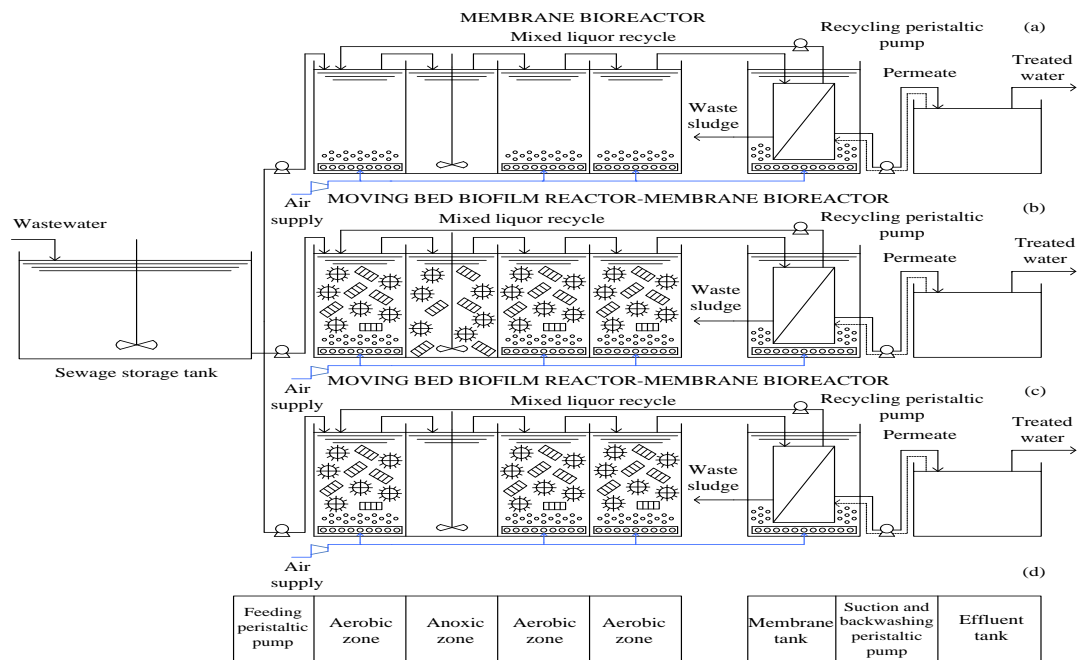


Figura 3. Lecho móvil-biorreactor de membrana para la eliminación biológica de nitrógeno y fósforo.

Por otro lado, existe una gran problemática actual, relacionada con los contaminantes emergentes que son sustancias que presentan un riesgo significativo para las aguas (tanto para el ser humano como para el medio natural), y muchos de ellos son compuestos que no son capaces de tratarse con tecnología convencionales de depuración.

La unión europea publica periódicamente una lista de contaminantes prioritarios, actualmente existen 45, y una Lista de observación de sustancias de preocupación, la última fue la DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2018/840, donde existen 8 sustancias que deben ser seguidas y analizadas para ver su impacto en el ser humano y en las aguas. El origen de estas sustancias son medicamentos, productos de higiene personal e insecticidas y plaguicidas.

Como he comentado anteriormente muchas de ellas no son fácilmente biodegradables por lo que hay que recurrir a otras tecnologías como pueden ser los procesos de oxidación avanzados (POA), para poder eliminarlas del medio.

Los POA, son procesos que mediante la adición de un oxidante más energía (puedes ser un proceso catalizado o no) podemos obtener radicales hidroxilos, que son capaces de oxidar los compuestos orgánicos recalcitrantes a sustancias inertes.

Por último y a modo de conclusión me gustaría responder de forma directa a las preguntas siguientes que se ha ido viendo a lo largo de la presente discusión:

### ¿Dónde estamos y que hacemos?

La mayoría de los sistemas implantados a nivel mundial son de procesos de Fangos activos o Sistemas de biopelícula, con los que somos capaces de eliminar materia orgánica y nutrientes (donde hay depuradoras y funcionan bien).

### ¿Qué necesitamos?

Mejorar los procesos de depuración, no solo para eliminar la materia orgánica sino también para eliminar aquellas sustancias que puedan ser perjudiciales para el medio ambiente y el ser humano. Además, se debe de tener sistemas donde el agua sea reutilizada directamente y todo ello dentro de una sostenibilidad económica y medioambiental.

### **¿Cómo lo hacemos?**

Lo anterior se puede conseguir con tecnología actualmente existente (adecuándola y optimizándola) y apostando por la Investigación, Desarrollo e Innovación para desarrollar las tecnologías del futuro.