



## Extensión de los tratamientos de aguas residuales convencionales

### Breve descripción

A pesar de los grandes esfuerzos realizados en las últimas décadas, el sector industrial sigue siendo un importante consumidor de agua (20% del agua empleada a nivel mundial). Aunque la implementación de las mejores tecnologías disponibles ha disminuido el impacto de los efluentes industriales, el desarrollo de nuevas metodologías para la reutilización y reciclado del agua es todavía una necesidad importante. Las aguas de proceso entran en contacto con una gran variedad de productos químicos, que en algunos casos presentan elevada toxicidad y/o están clasificados como compuestos prioritarios/emergentes. Estos compuestos son recalcitrantes a los tratamientos convencionales, limitan el cierre de los circuitos de agua y pueden ocasionar un elevado impacto medioambiental aún en bajas concentraciones.

El **grupo de investigación de Celulosa, Papel y Tratamientos Avanzados de Aguas** de la Universidad Complutense de Madrid desarrolla y aplica nuevos conocimientos para resolver problemas específicos relacionados con el tratamiento de aguas de proceso, concentrados y efluentes y la regeneración de efluentes para su reutilización en distintos usos. Los tratamientos investigados incluyen **Procesos de Oxidación Avanzados** (POAs) como **procesos Fenton, fotocátalisis, electrooxidación y ozonización**, junto con tecnologías biológicas como **biorreactores aeróbicos de membrana**. Estas soluciones permiten una mayor eliminación de contaminantes emergentes, microcontaminantes y materia orgánica recalcitrante.

### ¿Cómo funciona?

La tecnología combina distintos tratamientos, seleccionados según el tipo de agua y los contaminantes presentes:

- **Biorreactores de membrana aeróbicos (MBR):** Combinan tratamiento biológico con filtración por membranas, logrando una depuración eficiente y un efluente de alta calidad sin sólidos.
- **Fotocátalisis:** Luz UV y catalizadores como  $\text{TiO}_2$ , genera radicales que oxidan compuestos orgánicos persistentes.
- **Electrooxidación:** Corriente eléctrica para generar agentes oxidantes *in situ*, degradan contaminantes complejos.
- **Ozonización:** Inyecta ozono, oxidante potente, que elimina color, olores, patógenos y contaminantes resistentes.
- **Tratamientos biológicos convencionales:** Utilizan microorganismos en condiciones aeróbicas o anaeróbicas para eliminar la carga orgánica biodegradable.
- **Ensayos de biodegradabilidad:** ensayos con *Pseudomona Putida*, respirometría, DBO, ensayos de Zhan Wellens,...).
- **Ensayos de toxicidad:** Incluye métodos biológicos con bacterias luminiscente (*Vibrio fischeri*), medidas basadas en la inhibición de *Vibrio fischeri*, por reducción de la luminiscencia. Esto es importante para determinar la toxicidad de los efluentes tratados con POAs cuando los contaminantes no se mineralizan totalmente.
- El diseño modular permite aplicar el proceso por separado o en combinación, según las características del efluente.

### ¿Qué problema resuelve?

Los tratamientos investigados **superan las limitaciones de los tratamientos convencionales**, eliminando contaminantes recalcitrantes, reduciendo la toxicidad del efluente y mejorando su calidad para su vertido o reutilización. También mejoran la eficiencia operativa y reducen la generación de subproductos.

### ¿Qué productos futuros resultarán?

Las investigaciones realizadas en la extensión de los tratamientos de aguas convencionales permiten el desarrollo de diferentes sistemas y/o herramientas:

- Sistemas modulares de tratamiento terciario/cuaternario.
- Reactores avanzados portátiles para uso en hospitales, laboratorios o industrias.
- Sistemas combinados con energías renovables para tratamiento autónomo.
- Monitorización y control en tiempo real de parámetros críticos.

- Reactores compactos y modulares para pequeñas y medianas instalaciones.
- Herramientas digitales de control y optimización en tiempo real.

Los resultados obtenidos permiten su **aplicación** en diferentes sectores como:

- Estaciones depuradoras urbanas (EDAR) como tratamiento terciario y cuaternario.
- Industria farmacéutica, cosmética, textil, alimentaria.
- Hospitales y laboratorios (tratamiento en origen).
- Regeneración de agua para riego o usos urbanos no potables.
- Situaciones de emergencia o zonas remotas con infraestructura limitada.

## Ventajas competitivas frente a otras investigaciones

- Integración de tratamientos para cierre de circuitos y reutilización de efluentes.
- Eficiencia elevada en la eliminación de microcontaminantes.
- Modularidad, escalabilidad y fácil integración con sistemas existentes.
- Reducción del consumo de reactivos y producción de residuos y subproductos.
- Operación automatizada y adaptable a distintas calidades de agua.
- Posibilidad de reutilización del agua tratada conforme a normativa.

## ¿Dónde se ha desarrollado?

El **Grupo de Celulosa, Papel y Tratamientos Avanzados de Aguas** UCM tiene capacidad de integrar esta tecnología para facilitar la eliminación integral de contaminantes por diversas vías. Cuenta con los equipos y las instalaciones necesarias para llevar a cabo estudios de laboratorio y pilotos de **fotocatálisis** (figura 1), **electrooxidación** (figura 2) y **ozonización** (figura 3), junto con tecnologías biológicas como **biorreactores de membrana** (figura 4).



*Figura 2. Instalación de electrooxidación*



*Figura 1. Instalación de electrooxidación*



*Figura 3. Generador de ozono y columna de ozonización.*



*Figura 4. MBR de laboratorio*

## Y además...

Las soluciones desarrolladas permiten afrontar los **retos de calidad del agua, normativa ambiental y economía circular**. Su carácter modular y adaptable permite su implantación tanto en grandes infraestructuras como en contextos descentralizados o de difícil acceso.

## Responsable de la investigación

Ángeles Blanco, [ablanco@ucm.es](mailto:ablanco@ucm.es)

Departamento: **Ingeniería Química y de Materiales. Grupo de Celulosa, Papel y tratamiento Avanzado de Aguas.**

Facultad: Ciencias Químicas