



## **ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES MEDIANTE SISTEMAS COMBINADOS FOTOCATALÍTICOS Y BIOLÓGICOS**

**Degano, M. Candela**

*Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química INTEC-UNL  
Predio CONICET "Dr. Alberto Cassano"*

*Directora: Manassero, Agustina  
Co-Directora: Satuf, M. Lucila*

Área: Ingeniería

Palabras claves: contaminantes emergentes, fotocatálisis, oxidación biológica.

### **INTRODUCCIÓN**

La presencia de contaminantes emergentes (CEs) en agua representa un grave problema ambiental. Los CEs comprenden una amplia gama de compuestos químicos no regulados que se encuentran diseminados en el ambiente. La naturaleza refractaria de muchos de estos compuestos impide que los sistemas de tratamiento convencionales logren eliminarlos eficientemente favoreciendo su ingreso a los cuerpos de agua. La fotocatálisis con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) ha demostrado un gran potencial para la degradación de diferentes tipos de contaminantes, especialmente aquellos CEs que no son completamente biodegradables, como el ácido clofíbrico (CA) (Salgado, R. 2019). El AC es el metabolito principal del clofibrato, un fármaco que se utiliza para disminuir el nivel de triglicéridos en la sangre. Desafortunadamente, una desventaja de la fotocatálisis es su alto costo operativo. La combinación de fotocatálisis con un tratamiento biológico posterior es una buena alternativa para mejorar la rentabilidad del proceso global. En el presente trabajo se evalúa la remoción de AC presente en agua empleando fotocatálisis heterogénea con  $\text{TiO}_2$  en combinación con un proceso biológico.

Título del proyecto: Tratamiento fotocatalítico-biológico integrado para la remoción de fármacos presentes en agua  
Instrumento: PICT – Investigador Joven  
Año convocatoria: 2021  
Organismo financiador: ANPCyT  
Directora: Manassero, Agustina



## OBJETIVOS

- Estudiar la degradación de un contaminante emergente (AC) presente en agua.
- Evaluar la factibilidad de aplicar un tratamiento biológico a un efluente procedente de un pretratamiento fotocatalítico heterogéneo.
- Evaluar la utilización de biomasa en suspensión e inmovilizada en la etapa biológica.

## METODOLOGÍA

### Fotocatálisis heterogénea

La fotocatalisis se llevó a cabo en un reactor anular relleno con anillos de vidrio recubiertos con TiO<sub>2</sub>. El reactor se irradió tanto interna como externamente con un total de 40 lámparas LEDs (12 LEDs internos, 28 LEDs externos) que emiten en el UV (375 nm). El reactor es de tipo batch con reciclo y posee un volumen total de 600 mL. Los ensayos experimentales se llevaron a cabo utilizando las condiciones experimentales óptimas determinadas en trabajos previos (Manassero, A., 2017): los anillos con 3 recubrimientos de catalizador, el pH natural de la solución (pH=5) y una concentración inicial de AC de 40 mg/L. Las experiencias tuvieron una duración de 6 horas.

### Tratamiento biológico

La etapa de degradación biológica se llevó a cabo en un reactor de tipo batch bajo condiciones aeróbicas con agitación orbital a 100 rpm y un volumen total de 300 mL. El consorcio bacteriano utilizado se extrajo de un suelo agrícola de la provincia de Santa Fe y se incubó en un medio líquido de sales minerales (MSM) (Castillo Díaz, J.M., 2016). El consorcio bacteriano obtenido se utilizó para evaluar la degradación de: (i) el contaminante sin tratamiento fotocatalítico previo (solución de AC de 40 mg/L) y (ii) el efluente obtenido en el fotorreactor. Además, se evaluaron otras variables como: la utilización de la biomasa en suspensión e inmovilizada sobre anillos de silicona y el empleo de glucosa (4 g/L) como fuente de carbono adicional. El período requerido para inmovilizar la biomasa sobre los soportes fue de 3 meses y los ensayos de degradación biológica tuvieron una duración de 39 días. En la *Tabla 1* se presentan las condiciones experimentales de los ensayos biológicos.

**Tabla 1.** Condiciones experimentales de los reactores biológicos.

<b>Reactor</b>	<b>Biomasa</b>	<b>Fuente de carbono</b>	<b>Muestra a degradar</b>
<i>R1</i>	Suspendida	AC	AC= 40 mg/L
<i>R2</i>	Suspendida	AC + glucosa	AC= 40 mg/L
<i>R3</i>	Suspendida	AC	Efluente Fotorreactor
<i>R4</i>	Suspendida	AC + glucosa	Efluente Fotorreactor
<i>R5</i>	Inmovilizada	AC + glucosa	AC= 40 mg/L
<i>R6</i>	Inmovilizada	AC + glucosa	Efluente Fotorreactor

En la *Figura 1* se muestran los esquemas de los dispositivos experimentales utilizados en

ambas etapas.



**Figura 1.** Esquema de los dispositivos experimentales utilizados. Izquierda: Reactor fotocatalítico, Derecha: Reactor biológico.

En ambos reactores, se realizó la toma de muestras a intervalos definidos de tiempo y se determinó la concentración de AC y de los intermediarios de reacción mediante el uso de HPLC con detección UV (Waters). Adicionalmente, en el fotorreactor se evaluó el grado de mineralización empleando un analizador de carbono orgánico total (Elementar Vario TOC cube).

## RESULTADOS

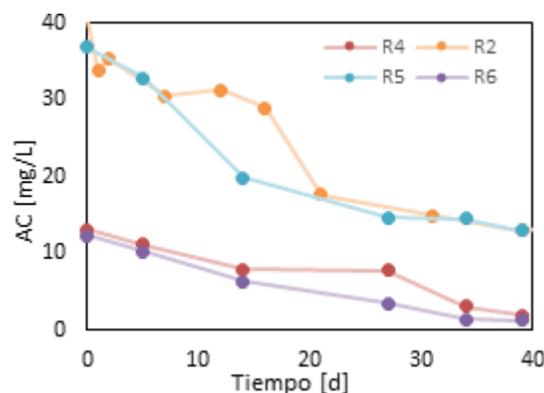
### Fotocatálisis heterogénea

Transcurridas 6 horas de tratamiento fotocatalítico, se alcanzó una degradación de AC de 60% y una mineralización de 30%. Se evidenció la presencia del compuesto 4-clorofenol (4-CF) como intermediario de reacción.

### Tratamiento biológico

En la *Figura 2* se presenta la variación de la concentración de AC con respecto al tiempo para cada reactor biológico. La degradación de AC en los reactores en los cuales no se añadió glucosa como fuente adicional de carbono fue poco significativa, 18% y 2% para los reactores R1 y R3, respectivamente.

En las experiencias en las que se agregó glucosa, se logró una degradación satisfactoria, indicando que es necesaria la presencia de la misma como co-sustrato. Los porcentajes de degradación de AC obtenidos al finalizar el tratamiento fueron 63, 85, 65 y 90% para los reactores R2, R4, R5 y R6, respectivamente.



**Figura 2.** Degradación de AC en reactores biológicos. Izquierda: sin agregado de glucosa. Derecha: con adición de glucosa.

En aquellos reactores en los que se utilizó el efluente proveniente del fotorreactor (R4 y R6), la concentración inicial de AC fue aproximadamente 3 veces menor a la utilizada en el resto de las experiencias. En dichos reactores se alcanzaron concentraciones de AC finales inferiores a 2 mg/L. Por otro lado, en las experiencias sin pre-tratamiento fotocatalítico (R2 y R5), se obtuvieron concentraciones de AC finales de aproximadamente 14 mg/L. En lo que respecta a los intermediarios de reacción, en los reactores R2 y R5 se evidenció la presencia de 4-CF, mientras que en R4 y R6 se identificaron, además, los compuestos 4- clorocatecol y benzoquinona.

En relación a las condiciones de la biomasa, no se observaron diferencias significativas entre los reactores con biomasa suspendida y los de biomasa inmovilizada.

## CONCLUSIONES

La tecnología de fotocatalisis heterogénea logró degradar el contaminante en un 60% en 6 horas de tratamiento. El tratamiento biológico logró degradar satisfactoriamente el efluente proveniente del fotorreactor alcanzando una concentración final de AC inferior a 2 mg/L luego de un período de 39 días. La combinación de ambos tratamientos alcanzó una degradación del contaminante superior al 95%. Mientras que el proceso biológico por sí solo alcanzó un 65% de degradación. Se concluye que la aplicación de fotocatalisis como pretratamiento resultó muy beneficiosa para la degradación del AC.

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

**Salgado, R. Oehmen, A., Noronha Reis, M., 2012.** Biodegradation of clofibric acid and identification of its metabolites. *Journal of Hazardous Materials*, 182,241-242.

**Manassero A., Satuf, M.L., Alfano, O.M., 2017.** Photocatalytic degradation of an emerging pollutant by TiO<sub>2</sub>-coated glass rings: a kinetic study. *Environmental Science and Pollution Research* 24, 6031-6039.

**Castillo Díaz, J.M., Delgado-Moreno, L., Núñez, R., Nogales, R., 2016.** Enhancing pesticide degradation using indigenous microorganisms isolated under high pesticide load in bioremediation systems with vermicomposts. *Bioresource Technology* 214, 234-241.