



LIFE16 ENV/ES/000169



## Aplicación de polímeros y procesos de oxidación avanzada en la eliminación de contaminantes emergentes en las aguas residuales

Validation of adsorbent materials and advanced oxidation techniques to remove emerging pollutants in treated wastewater



# Contaminantes emergentes en aguas regeneradas

## Situación Actual

- El agua es un recurso natural escaso e indispensable para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente
- A diario se vierten al agua sustancias biológicamente activas, sintetizadas para su uso en la medicina, industria, agricultura, veterinaria, etc.
- Durante décadas, la comunidad científica y la Administración han centrado sus esfuerzos en el estudio de los contaminantes cuya presencia en el medio ambiente ha estado regulada en las distintas legislaciones, (hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados, PCBs, dioxinas, etc, etc).
- En los últimos años, el desarrollo de nuevos y más sensibles métodos de análisis ha permitido alertar de la presencia de otros contaminantes, potencialmente peligrosos, denominados emergentes (CEs).

### Contaminantes Emergentes

- Efectos poco conocidos
- Origen y tipología variables
- Nuevos contaminantes
- Sustancias activas
- Poco detectables
- Persistentes
- Vertido continuo
- Baja biodegradabilidad
- Poca regulación

# Contaminantes emergentes en aguas regeneradas



LIFE16 ENV/ES/000169



## Situación Actual

La lista de CE's incluye una amplia variedad de productos de uso cotidiano, con aplicaciones tanto industriales como domésticas.

Su efecto en el medioambiente dependerá de su concentración, actividad, persistencia, la bioacumulación, el tiempo de exposición, biodegradabilidad, etc. Sin embargo, es necesario señalar que debido a la elevada producción, consumo y a la continua introducción en el medio ambiente, mucho de estos contaminantes no necesitan ser persistentes para ocasionar efectos negativos.

La fuente principal de estos CE's son las aguas residuales urbanas, que finalmente se vierten a las EDAR para su depuración.

Los tratamientos convencionales aplicados en las EDAR no son efectivos en su eliminación, por ello estos CE's alcanzan los ecosistemas acuáticos y terrestres.

## Contaminantes Emergentes

- Efectos poco conocidos
- Origen y tipología variables
- Nuevos contaminantes
- Sustancias activas
- Poco detectables
- Persistentes
- Vertido continuo
- Baja biodegradabilidad
- Poca regulación

# REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS



LIFE16 ENV/ES/000169



## RD 1620/2007, de reutilización de las aguas depuradas

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				OTROS CRITERIOS
	NEMATODOS INTESINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	
<b>2.- USOS AGRÍCOLAS<sup>1</sup></b>					
<b>CALIDAD 2.1<sup>2</sup></b> a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>3</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de <b>sustancias peligrosas</b> deberá asegurarse el respeto de las <b>NCA</b> . <i>Legionella</i> spp. 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia ( <i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000
<b>CALIDAD 2.2</b> a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c) Acuicultura.	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>3</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de <b>sustancias peligrosas</b> deberá asegurarse el respeto de las <b>NCA</b> . <i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i> : 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia ( <i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
<b>CALIDAD 2.3</b> a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de <b>sustancias peligrosas</b> deberá asegurarse el respeto de las <b>NCA</b> . <i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L

## Normas de Calidad Ambiental (NCA)

Directiva 2008/105/CE recogida en el RD 60/2011, relativa a las NCA en el ámbito de la política de aguas. Su objeto es establecer normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y para otros contaminantes, con el objetivo de conseguir un buen estado químico de las aguas superficiales



# REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS



LIFE16 ENV/ES/000169



## Nueva propuesta de Reglamento requerimientos mínimos para reutilización de agua depurada



Brussels, 28.5.2018  
COM(2018) 337 final  
2018/0169 (COD)

Proposal for a

REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

on minimum requirements for water reuse

(Text with EEA relevance)

{SEC(2018) 249 final} - {SWD(2018) 249 final} - {SWD(2018) 250 final}

Reclaimed water quality class	Indicative technology target	Quality requirements				
		<i>E. coli</i> (cfu/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Other
<b>A</b>	Secondary treatment, filtration, and disinfection	≤10 or below detection limit	≤10	≤10	≤5	<i>Legionella</i> spp.: <1,000 cfu/l where there is risk of aerosolization in greenhouses
<b>B</b>	Secondary treatment, and disinfection	≤100	According to Council Directive 91/271/EEC  (Annex I, Table 1)	According to Directive 91/271/EEC  (Annex I, Table 1)	-	Intestinal nematodes (helminth eggs): ≤1 egg/l for irrigation of pastures or forage
<b>C</b>	Secondary treatment, and disinfection	≤1,000			-	
<b>D</b>	Secondary treatment, and disinfection	≤10,000			-	

# REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS



LIFE16 ENV/ES/000169



## Nueva propuesta de Reglamento requerimientos mínimos para reutilización de agua depurada



Brussels, 28.5.2018  
COM(2018) 337 final

2018/0169 (COD)

Proposal for a

REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

on minimum requirements for water reuse

(Text with EEA relevance)

{SEC(2018) 249 final} - {SWD(2018) 249 final} - {SWD(2018) 250 final}

Tipo de agua	Microorganismo indicador (*)	Objetivo de rendimiento en la cadena de tratamiento (reducción log <sub>10</sub> )
A	<i>E. coli</i>	≥ 5.0
	Colifagos totales / F-colifagos específicos / colifagos somáticos / colifagos (**)	≥ 6.0
	<i>Esporas Clostridium perfringens / bacterias sulfatoreductoras formadoras de esporas(***)</i>	≥ 5.0

(\*) Los patógenos de referencia Campylobacter, Rotavirus y Cryptosporidium también pueden usarse para propósitos de monitoreo y validación en lugar de los microorganismos indicadores propuestos. Luego deben aplicarse los siguientes objetivos de rendimiento de reducción log<sub>10</sub>: Campylobacter (≥ 5.0), Rotavirus (≥ 6.0) y Cryptosporidium (≥ 5.0).

(\*\*) Se seleccionan los colifagos totales como el indicador viral más apropiado. Sin embargo, si el análisis de colifagos totales no es factible, se debe analizar al menos uno de ellos (colifagos somáticos o F-específicos).

(\*\*\*) Las esporas de Clostridium perfringens se seleccionan como el indicador de protozoos más apropiado. Sin embargo, las bacterias sulfatoreductoras formadoras de esporas son una alternativa si la concentración de esporas de Clostridium perfringens no permite validar la eliminación de log<sub>10</sub> solicitada.

# REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS



LIFE16 ENV/ES/000169



Nueva propuesta de Reglamento requerimientos mínimos para reutilización de agua depurada



Brussels, 28.5.2018  
COM(2018) 337 final

2018/0169 (COD)

Proposal for a

REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

on minimum requirements for water reuse

(Text with EEA relevance)

{SEC(2018) 249 final} - {SWD(2018) 249 final} - {SWD(2018) 250 final}

- **Requerimientos específicos sobre la calidad y gestión del agua adicionales o mas estrictos que los mencionados en el Anexo I.**
  - **Metales pesados**
  - **Plaguicidas**
  - **Productos de desinfección**
  - **Productos farmacéuticos**
  - **Otras sustancias de interés emergente**
  - **Resistencia microbiana**
- **Medidas preventivas**
  - **Control de acceso**
  - **Desinfección adicional o medidas de eliminación de contaminantes**



LIFE16 ENV/ES/000169



## Validation of Adsorbent Materials and Advanced Oxidation Techniques to Remove Emerging Pollutants in Treated Wastewater

Los contaminantes emergentes (CEs) que, a través de las aguas residuales urbanas y los efluentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), llegan a los ecosistemas acuáticos y terrestres ocasionan efectos negativos en los servicios ecosistémicos. LIFE CLEAN UP pretende mejorar la depuración de aguas con una tecnología eficaz y respetuosa con el medio ambiente para obtener aguas depuradas exentas de CEs.

El objetivo principal es validar y demostrar un sistema de eliminación de CEs y otros microorganismos patógenos que no son eliminados por los sistemas actuales de gestión de aguas, ocasionando un gran impacto ambiental y sobre la salud humana.

Para ello, se validará un sistema de tratamiento de agua EDARs que permite la eliminación total de CEs gracias a un material adsorbente que retendrá elevadas concentraciones de CEs. A la salida, el agua será sometida a un procedimiento de oxidación avanzada (POA) para degradar contaminantes no retenidos y patógenos. El sistema no genera residuos (los materiales son reutilizables), se alimentará con energía renovable y es fácilmente replicable, ya que su instalación es compatible con los sistemas de depuración de aguas residuales actuales.

01 Se probará la tecnología diseñada en una EDAR donde se captará agua en continuo y se introducirá en un filtro relleno de material adsorbente.

02 A la salida de este proceso de adsorción se instalará un equipo de fotocatalisis para eliminar por oxidación cualquier resto de contaminante no retenido.

03 El producto de la desorción cargado en contaminantes se acumulará en un tanque de rechazos para su tratamiento posterior por medio de un sistema de pulsos de luz que destruirá los contaminantes arrastrados.

04 La aplicación de este sistema de tratamiento en una EDAR tendrá carácter demostrativo y permitirá su aplicación en otras plantas con el fin de eliminar los CEs de las aguas residuales de salida.

“ La consecución de una mejor calidad del agua depurada dará soporte a la futura normativa que regule la presencia de contaminantes emergentes de en el agua. ”



LIFE CLEAN UP LIFE16 ENV/ES/000169

# Validation of adsorbent materials and advanced oxidation techniques to remove emerging pollutants in treated wastewater



## Presentación del Consorcio



LIFE16 ENV/ES/000169



Para el desarrollo del proyecto **LIFECLEANUP** cuenta con un consorcio sólido constituido por tres centros de investigación especializados en la temática del proyecto:

- **UCAM** - Grupo de Investigación Reconocimiento y Encapsulación Molecular (REM) - Coordinador del proyecto
- **CTC** - Departamento de Medioambiente y Agua del Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación.
- **UNIBA** – Universidad de Bari

y la participación de tres empresas de la Región de Murcia que representan tres sectores importantes de la industria de tratamiento y gestión de recurso hídricos y energía:

- **HIDROGEA**
- **HIDROTEC**
- **REGENERA**



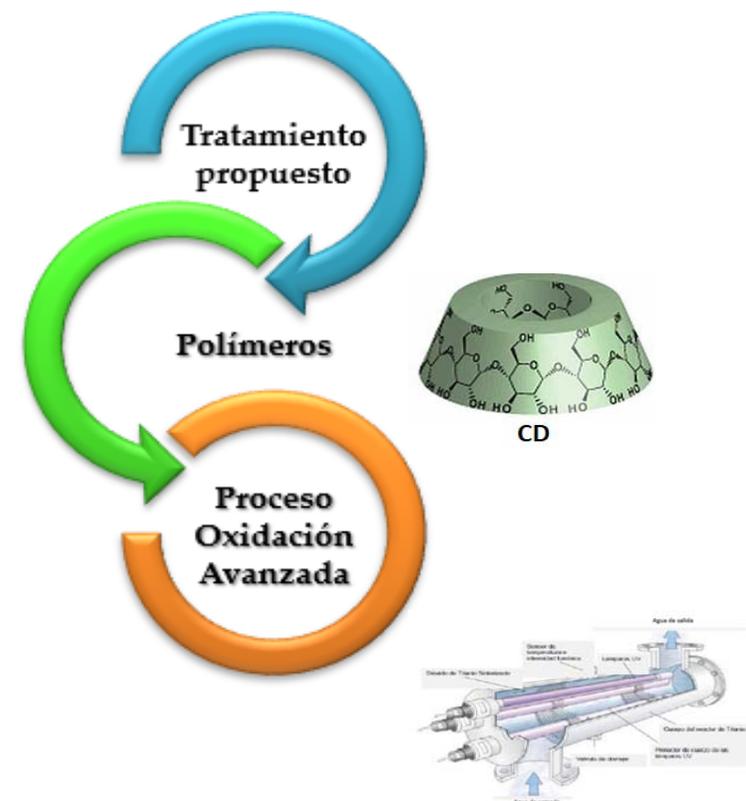
## Objetivo del proyecto



LIFE16 ENV/ES/000169



El objetivo principal del proyecto consiste en lograr la eliminación de CE's de las aguas residuales tratadas mediante el paso a través de un polímero de ciclodextrinas, que atraparán dichos compuestos, sometiendo al agua, tras su paso por el polímero, a un POA para degradar los posibles contaminantes no retenidos.



## Analítica realizada

### Trihalometanos – THM

- ✓ Compuestos químicos volátiles que se generan durante el proceso de desinfección del agua por la reacción de la materia orgánica con el cloro utilizado.
- ✓ Los THM's están recogidos en el Real Decreto 140/2003, del 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- ✓ El cloroformo, éste también está recogido en la Directiva 2013/39/UE como sustancia prioritaria en el ámbito de la política de aguas.

### Tricloroeteno y Tetracloroeteno

- ✓ El tetracloroeteno se forma por cloración directa de compuestos orgánicos con 1-3 átomos de a T<sup>a</sup> altas
- ✓ Utilizado fundamentalmente como producto de limpieza para el desengrase de metales y diversas aplicaciones en el procesado textil

Trihalometanos
Bromodichlorometano
Bromoformo
Cloroformo
Dibromoclorometano
Compuestos organoclorados
Tetracloroeteno
Tricloroetileno

# Analítica realizada

## Compuestos Farmacéuticos:

- ✓ La presencia de estos compuestos en el agua se debe tanto al uso doméstico u hospitalario, como al uso veterinario.
- ✓ El uso generalizado de los productos farmacéuticos provoca una descarga continua de esos productos y sus metabolitos en las aguas residuales
- ✓ En muchos casos muy resistentes a los sistemas de tratamiento convencionales.



Productos farmacéuticos
Atenolol
Carbamazepina
Ciprofloxacino
Diclofenaco
Eritromicina
Fenobarbital
Ketoprofeno
Norfloxacino
Paracetamol
Roxitromicina
Sulfametoxazol
Sulfatiazol
Tetraciclina
Trimetoprima
Warfarina

Compuesto	Familia	Origen del contaminante
Atenolol	$\beta$ -bloqueante	$\beta$ -bloqueante utilizado en el tratamiento de la hipertensión arterial, angina de pecho, arritmias cardíacas e infarto agudo de miocardio en humanos y animales.
Carbamazepina	Antiepilépticos	Anti-epiléptico y estabilizador del estado de ánimo utilizado, principalmente, para controlar las crisis epilépticas y el trastorno bipolar.
Ciprofloxacino	Antiinflamatorios no esteroideos	Antibiótico usado en infecciones del tracto respiratorio, tracto urinario, prostatitis crónica, piel y en infecciones de huesos y articulaciones producidas por bacterias en humanos y animales.
Diclofenaco	Antiinflamatorios no esteroideos	Antiinflamatorio no esteroide con acción analgésica y antipirética de extenso uso en veterinaria (grandes animales: Bovino, porcino y equino) y en salud humana para el tratamiento de trastornos musculoesqueléticos como osteoartritis o artritis reumatoide.
Ketoprofeno	Ácidos propiónicos	Antiinflamatorio usado para aliviar el dolor, sensibilidad, inflamación (hinchazón) y la rigidez causada por la artritis, también en períodos menstruales, dolor de muelas, dolores musculares, etc. Indicado no solo para humanos, sino también para perros y gatos.
Norfloxacino	Fluoroquinolonas	Antibiótico usado en el tratamiento de infecciones bacterianas de la próstata y de las vías urinarias.
Paracetamol	Fluoroquinolonas	Analgésico y antipirético eficaz para el control del dolor leve o moderado causado por afecciones articulares, otalgias, cefaleas, dolor odontogénico, neuralgias, procedimientos quirúrgicos menores, etc. También es eficaz para el tratamiento de la fiebre.
Sulfametoxazol	Sulfonamida	Sulfametoxazol se utiliza junto a la Trimetoprima en una proporción 5:1 como medicamento antibacteriano para el tratamiento de infecciones urinarias o neumonía, entre otras.
Trimetoprima	Diaminopirimidinas	





## ACCIÓN A1.-

### Caracterización de contaminantes en aguas residuales tratadas de EDAR's



LIFE16 ENV/ES/000169



(µg/L)	Date Sampling	EDAR 1	EDAR 2	EDAR 3	EDAR 4º	EDAR 5	EDAR 6
Chloroform	24/10/2017	2,15	2,45	1,99	1,21	4,16	7,11
Bromodichloromethane		ND	ND	ND	ND	ND	0,46
Chlorodibromomethane		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bromoform		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phytosanitary		Acetamidrid 0,57	Chlorpyrifos 0,12	Dodine 0,67	Chlorpyrifos 0,11	Acetamidrid 0,25	Acetamidrid 0,42
		Chlorpyrifos 0,48	Dodine 0,32		Dodine 0,52	Chlorpyrifos 0,23	Chlorpyrifos 0,26
		Dodine 0,29			Metomilo 0,12	Dodine 0,37	Dodine 0,49
Drugs		Atenolol 0,22	Atenolol 0,20	Atenolol 0,22	Atenolol 0,22	Atenolol 0,22	Atenolol 0,22
		Carbamacepine 0,18	Carbamacepine 0,19	Carbamacepine 0,18	Carbamacepine 0,22	Carbamacepine 0,18	Carbamacepine 0,18
		Ciprofloxacín 0,36	Ketoprofen 0,23	Ciprofloxacín 0,12	Ciprofloxacín 0,16	Ciprofloxacín 0,36	Ciprofloxacín 0,37
		Ketoprofen 1,28	Diclofenac 0,43	Ketoprofen 1,88	Diclofenac 0,97	Diclofenac 0,76	Ketoprofen 3,45
		Diclofenac 0,88		Diclofenac 0,88	Sulfametoxazole 0,19	Sulfametoxazole 0,15	Diclofenac 0,58
		Sulfametoxazole 0,15		Sulfametoxazole 0,02	Norfloxacín 0,34	Norfloxacín 0,24	Sulfametoxazole 0,19
		Norfloxacín 0,24			Trimetoprim 0,15	Trimetoprim 0,01	Norfloxacín 0,48
			Paracetamol 0,028		Trimetoprim 0,011		

## ACCIÓN A1.-

### Caracterización de contaminantes en aguas residuales tratadas de EDAR's



LIFE16 ENV/ES/000169



(µg/L)	Date Sampling	EDAR 1	EDAR 2	EDAR 3	EDAR 4º	EDAR 5	EDAR 6
Cloroform	02/11/2017	ND	2,21	ND	0,81	2,85	5,22
Bromodichloromethane		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chlorodibromomethane		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bromoform		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phytosanitary		Dodine 0,27	Dodine 0,41	Chlorpyrifos 0,16	Dodine 0,42	Dodine 0,40	Dodine 0,39
		Penconazol 0,32	Imidacloprid 0,19	Dodine 0,54		Propoxur 0,21	Spinosad 0,09
				Metil tiofanato 0,14			
Drugs		Atenolol 0,20	Atenolol 0,26	Atenolol 0,21	Atenolol 0,23	Atenolol 0,31	Atenolol 0,25
		Carbendazim 0,31	Carbamacepine 0,18	Carbamacepine 0,24	Carbamacepine 0,31	Carbamacepine 0,17	Carbamacepine 0,19
		Ciprofloxacino 0,28	Ketoprofen 0,23	Ciprofloxacino 0,13	Ciprofloxacino 0,23	Ciprofloxacino 0,28	Ciprofloxacino 0,25
		Ketoprofen 2,30	Diclofenac 0,52	Ketoprofen 1,93	Sulfametoxazole 0,21	Diclofenac 0,79	Ketoprofen 2,35
		Diclofenac 0,75		Diclofenac 0,59	Norfloxacino 0,27	Sulfametoxazole 0,17	Diclofenac 0,60
		Sulfametoxazole 0,18		Sulfametoxazole 0,13	Trimetoprim 0,14	Norfloxacino 0,20	Sulfametoxazole 0,21
				Paracetamol 0,06		Trimetoprim 0,12	Norfloxacino 0,52
					Paracetamol 0,10	Trimetoprim 0,17	

## ACCIÓN A1.-

### Caracterización de contaminantes en aguas residuales tratadas de EDAR's



Most frequent compounds
Chlorpyrifos
Dodine
Atenolol
Carbamazepine
Ciprofloxacin
Diclofenac
Ketoprofen
Norfloxacin
Sulfamethoxazole
Trimethoprim

- **Presencia de CE en todas las muestras** → no es necesaria la persistencia para provocar efectos negativos.
- **Mayor frecuencia de fármacos** respecto a fitosanitarios.
- Presencia de **fitosanitarios** es más **dispersa** y más dependiente de la estación del año.
- **No presencia de THM** por que las depuradoras evaluadas no desinfectaban mediante cloración. (Sin embargo el cloroformo aparece frecuentemente en bajas concentraciones).

# ACCIÓN A1.- Fichas técnicas EDAR's



### EDAR 1

La EDAR de **San Javier** se encuentra situada en la carretera de San Javier en Cartagena, Murcia, en zona agrícola. Posee una capacidad de 35.000 m<sup>3</sup>/día. El agua es de origen principalmente urbano.

La EDAR cuenta con un depósito de laminación para regular el caudal de entrada a pretreamiento. Cuenta además con cuatro decantadores circulares, dos para la decantación primaria y dos para la secundaria, dos reactores rectangulares para el tratamiento biológico, y un laberinto de cloración para realizar el tratamiento terciario.

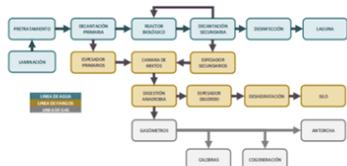


Figura 3. Diagrama de flujo EDAR

Otros datos de interés:

Menor caudal durante la estación veraniega.

Actualmente, sistema de cloración no operativo.

Tabla 6. Parámetros físico-químicos del agua de entrada y salida de la EDAR

Parámetro	Oktubre	
	Entrada	Salida
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	20.960	9,36
DBO (ppm)	537,1	46,43
DQO (ppm)	871,7	2,37
Sólidos en suspensión (ppm)	327,9	7,35
pH	7,23	2,093
Conductividad (µS/cm)	2.387	14,35
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	54,2	0,79
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,8	26,50
N total (mg/l)	9,1	1,56

### EDAR 2

La EDAR de **Murcia** se encuentra situada en el polígono industrial Murcia. Posee una capacidad de 8.000 m<sup>3</sup>/día. El agua es de origen urbano, industrial y agrícola.

Posee dos líneas independientes de tratamiento de aguas residuales: una línea convencional, con una capacidad de hasta 5.000 m<sup>3</sup>/día, y una línea MBR con una capacidad de hasta 1.800 m<sup>3</sup>/día. Posee un poco de gruesos a la entrada de los efluentes. Para la línea convencional cuenta con un desmenuzador previo a la decantación primaria, y tras la decantación secundaria, el agua se hace pasar por un banco de filtración y un laboratorio de cloración para realizar el tratamiento terciario.



Figura 1. Diagrama de flujo EDAR

Otros datos de interés:

Mayor caudal durante la estación veraniega.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos del agua de entrada y salida de la EDAR

Parámetro	Primario				Secundario			
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	102,75	8,20	4.006,70	4,83	102,84	25,07	8.294,10	8,30
DBO (ppm)	1.046,94	29,20	107,00	34,74	492,04	9,34	494,63	33,34
DQO (ppm)	1.036,00	4,81	770,00	10,94	488,84	8,20	107,17	10,04
pH	7,47	7,81	7,36	7,36	7,34	7,47	7,41	7,48
Conductividad (µS/cm)	3.468,00	2.285,00	3.292,00	3.090,00	3.497,21	3.492,21	3.108,42	3.170,79
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	44,00	27,60	42,00	44,00	44,00	10,80	10,80	10,80
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N total (mg/l)	4,00	4,00	3,30	3,30	4,00	4,00	4,00	4,30
N total (mg/l)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
P total (mg/l)	0,00	0,75	0,41	0,70	0,10	0,00	0,00	0,00

- ✓ Ubicación y origen de las aguas residuales
- ✓ Diagrama de flujo: tecnologías utilizadas
- ✓ Aspectos de interés
- ✓ Caudales
- ✓ Parámetros físico-químicos del agua de entrada y salida
- ✓ Presencia de contaminantes emergentes

## ACCIÓN A2.-

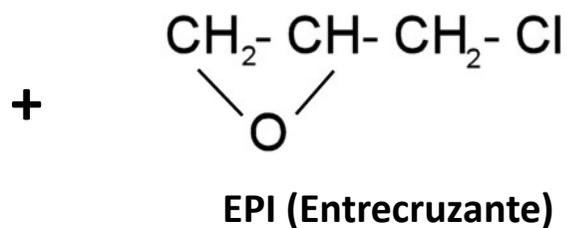
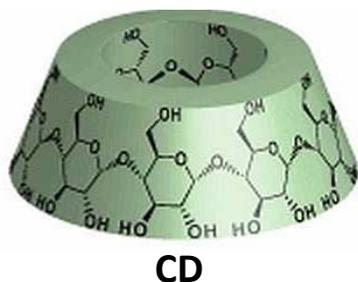
Optimización del proceso de obtención de diferentes materiales adsorbentes de base polimérica

## ACCIÓN A2.-

Optimización del proceso de obtención de diferentes materiales adsorbentes de base polimérica

### SINTESIS DE MATRICES POLIMÉRICAS CON CICLODEXTRINAS

#### Polímeros de CDs entrecruzados con epiclorhidrina



#### Polímero de ciclodextrina



COMPOSICION	Peso
EPI	132 g
CD	12g
NaBH <sub>4</sub>	30 mg
NaOH	40% w/w

## ACCIÓN A2.-

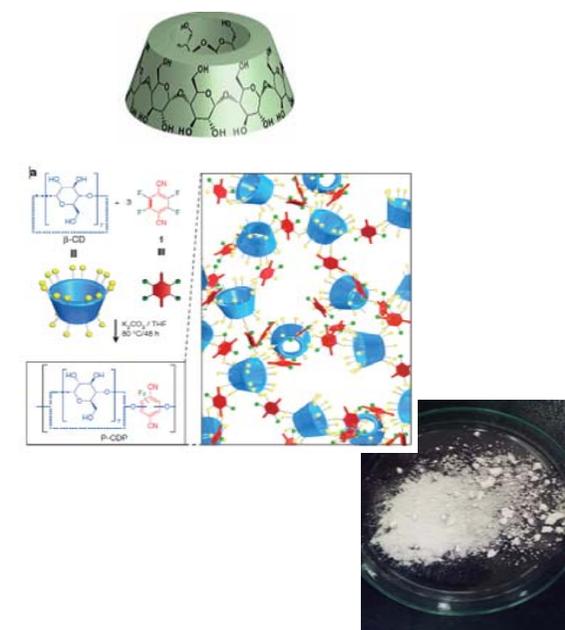
Optimización del proceso de obtención de diferentes materiales adsorbentes de base polimérica

### Capacidad de absorción de las matrices poliméricas

#### Fitosanitarios

← Polímero →

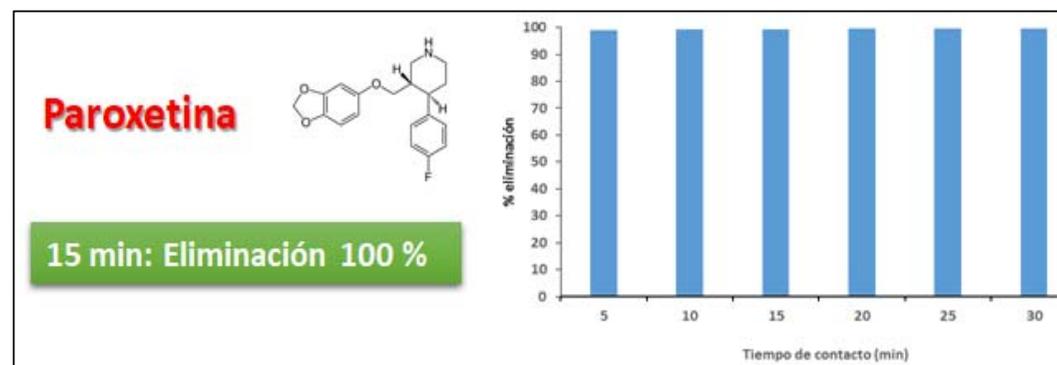
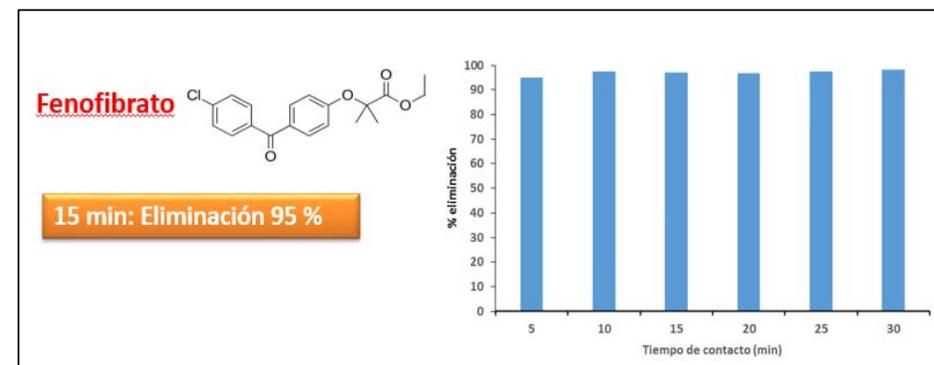
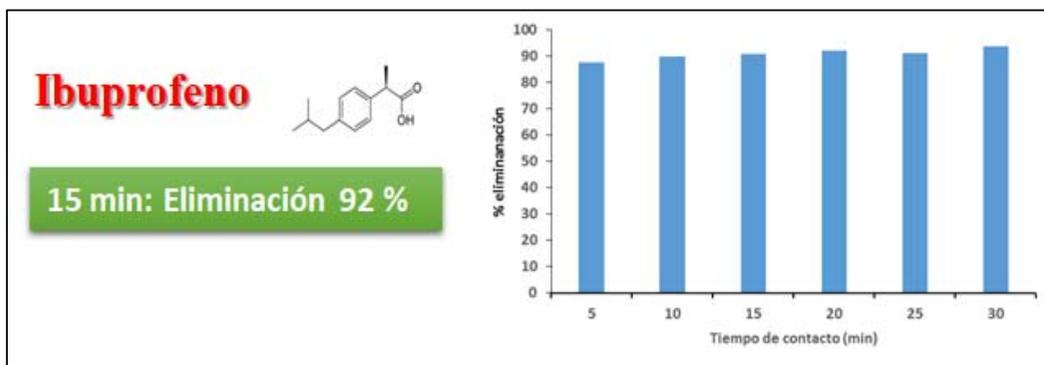
<i>Analito</i>	<i>α-EPI</i>	<i>β-EPI</i>	<i>γ-EPI</i>	<i>mix-EPI</i>
<b>Clorpirifos</b>	71.5%	74.1%	75.9%	80.5%
<b>Penconazol</b>	83.4%	79.5%	79.1%	82.5%
<b>Fluvalinato</b>	55.8%	96.9%	36.9%	95.6
<b>Inidacloprid</b>	100%	100%	100%	100%
<b>Metil-T</b>	100%	100%	*	91.2%



## ACCIÓN A2.-

Optimización del proceso de obtención de diferentes materiales adsorbentes de base polimérica  
**Capacidad de absorción de las matrices poliméricas**

## Fármacos



## ACCIÓN A3.-

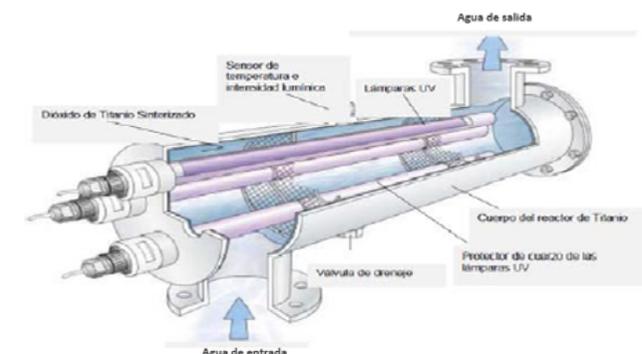
Optimización de innovadores Procesos de Oxidación Avanzada

## ACCIÓN A3.-

Optimización de innovadores Procesos de Oxidación Avanzada

## Ventajas de las tecnologías de oxidación avanzada: Fotocatálisis

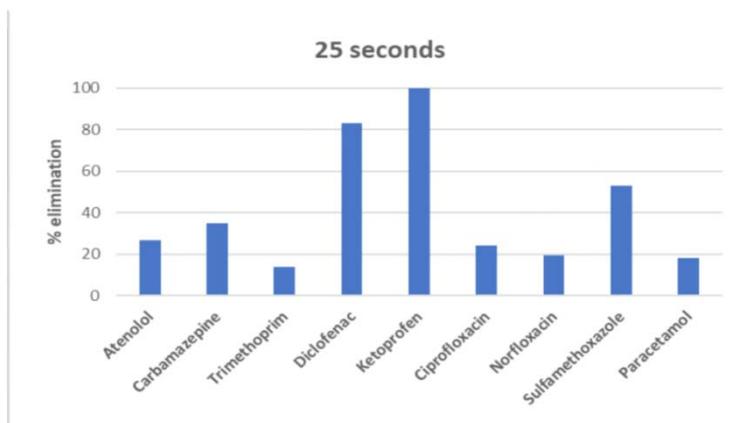
- Capacidad potencial para eliminar contaminantes orgánicos mediante la oxidación de los mismos hasta dióxido de carbono.
- Reactividad con la mayor parte de compuestos orgánicos.
- No incorporan productos al agua
- Pueden trabajar en continuo y en discontinuo
- Descomposición de los reactivos utilizados como oxidantes, en caso de que se utilicen como apoyo, en productos inocuos.
- Bajo coste



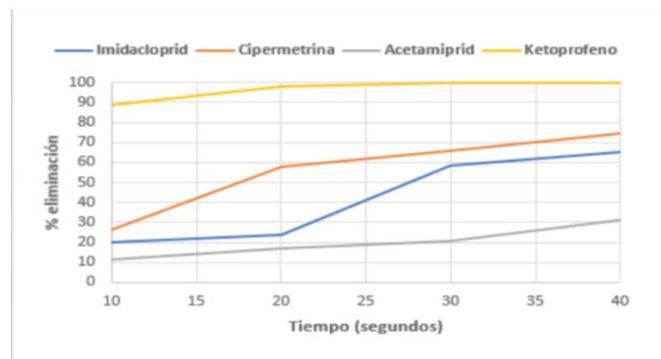
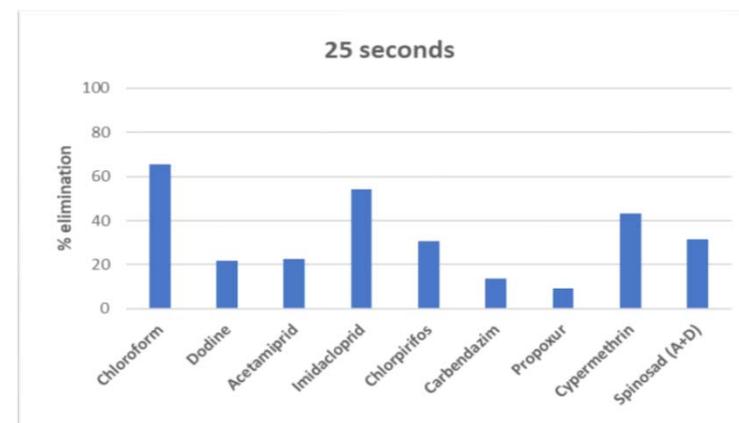
## ACCIÓN A3.-

Optimización de innovadores Procesos de Oxidación Avanzada

### Compuestos farmacéuticos



### Compuestos fitosanitarios



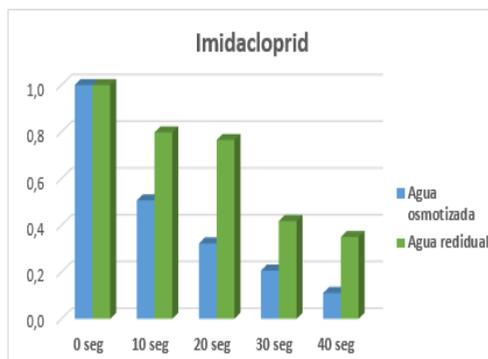
# ACCIÓN A3.-

Optimización de innovadores Procesos de Oxidación Avanzada

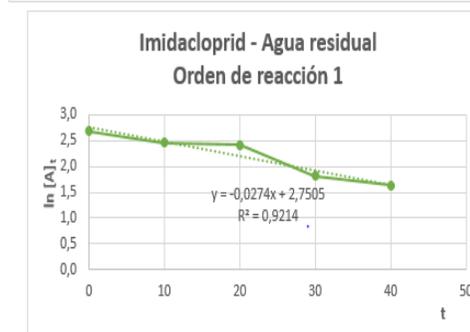
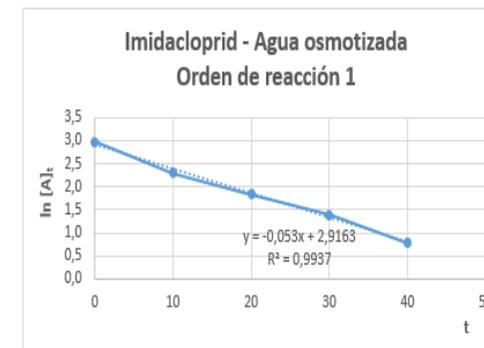


## Cinética eliminación de compuestos con fotocatalisis

IMIDACLOPRID (µg/L)		
Tiempo (segundos)	AGUA OSMOTIZADA	AGUA DEPURADA
0	19,58	14,65
10	9,92	11,69
20	6,32	11,21
30	4,05	6,13
40	2,17	5,13



		AGUA OSMOTIZADA	AGUA DEPURADA
Orden 0	K (s <sup>-1</sup> )	0,407	0,246
	R <sup>2</sup>	0,874	0,940
Orden 1	K (s <sup>-1</sup> )	0,053	0,027
	R <sup>2</sup>	0,994	0,921
Orden 2	K (s <sup>-1</sup> )	0,001	0,003
	R <sup>2</sup>	0,897	0,891



La velocidad de reacción de degradación de los diferentes compuestos (k) sigue, de forma clara, una cinética de primer orden.

## ACCIÓN A3.-

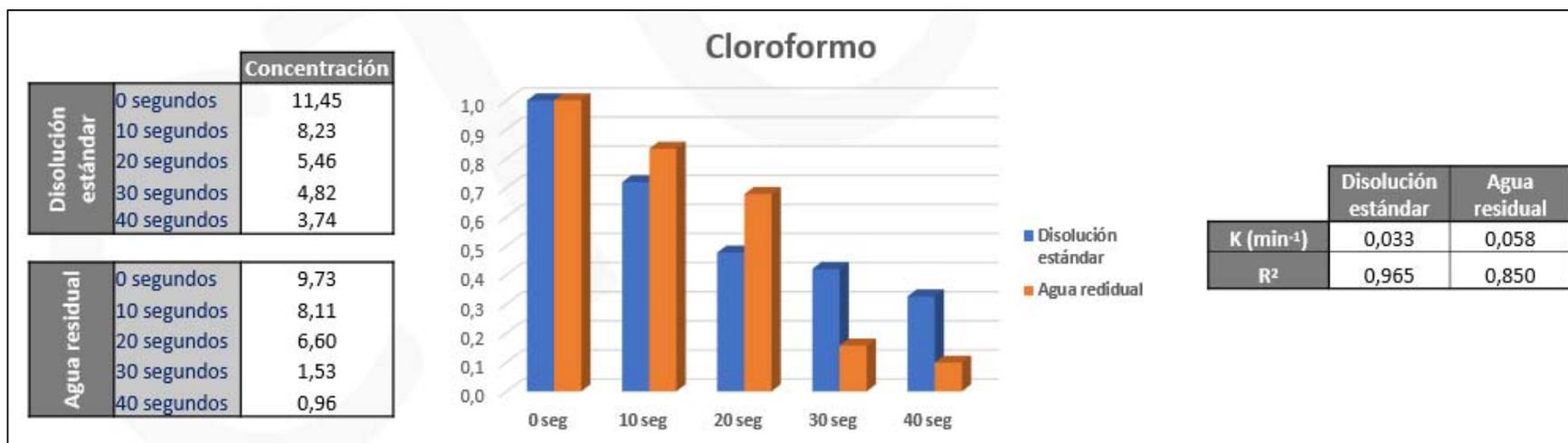
Optimización de innovadores Procesos de Oxidación Avanzada



LIFE16 ENV/ES/000169



### Cinética eliminación de compuestos con fotocatalisis

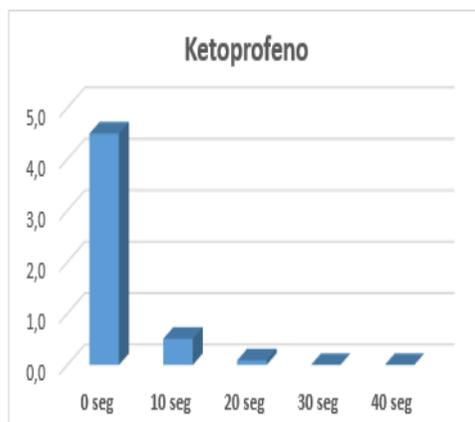


## ACCIÓN A3.-

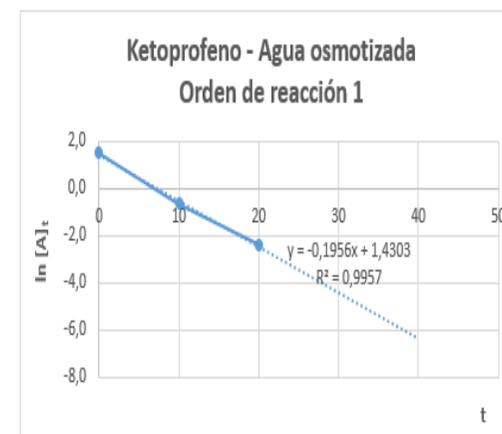
Optimización de innovadores Procesos de Oxidación Avanzada

### Cinética eliminación de compuestos con fotocatalisis

KETOPROFENO (µg/L)	
Tiempo (segundos)	AGUA OSMOTIZADA
0	40,46
10	28,46
20	26,55
30	15,91
40	11,66



AGUA OSMOTIZADA		
Orden 0	K (s <sup>-1</sup> )	0,095
	R <sup>2</sup>	0,591
Orden 1	K (s <sup>-1</sup> )	0,196
	R <sup>2</sup>	0,996
Orden 2	K (s <sup>-1</sup> )	0,544
	R <sup>2</sup>	0,866



## Próximos pasos

- Analizar con mayor profundidad la capacidad de regeneración y número de ciclos útiles de adsorción/desorción de los polímeros
- Ensayo con nuevos contaminantes emergentes
- Planta piloto: Puesta a punto en EDAR
- Ajuste de la planta para trabajo en continuo con un caudal tratado entre 3-5 m<sup>3</sup>/hora



# Muchas gracias



Life 16 ENV/ES/000169

Departamento de agua y Medioambiente

E-mail: [ayuso@ctnc.es](mailto:ayuso@ctnc.es)

[www.ctnc.es/](http://www.ctnc.es/)