



Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca



Seminario: “PFAS y otros contaminantes emergentes, nuevo reto en el sector del agua”

**TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA ELIMINAR
CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUA**

Madrid, 9 de Octubre de 2025

Pedro Simón Andreu
Director Técnico ESAMUR



Experiencias en Región de Murcia

- 2008 empezamos a medir CE
- Diferencias en eliminación entre tipos de plantas
- Variabilidad muy alta en tiempo y localización
- La falta de indicadores era un hándicap
- Pruebas con pilotos de muchos tipos de tratamiento



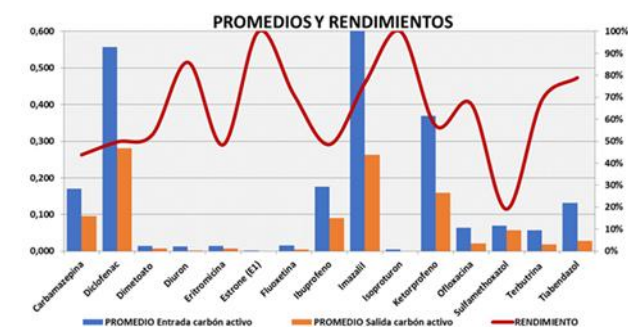


Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca

Tratamientos cuaternarios escala real



esamur
Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia



Carbón activo en polvo afectaría uso lodo



Advanced technologies



Encapsulated adsorbents



Hollow-fibre nanofiltration membranes



Advanced Oxidation UV-LED reactor

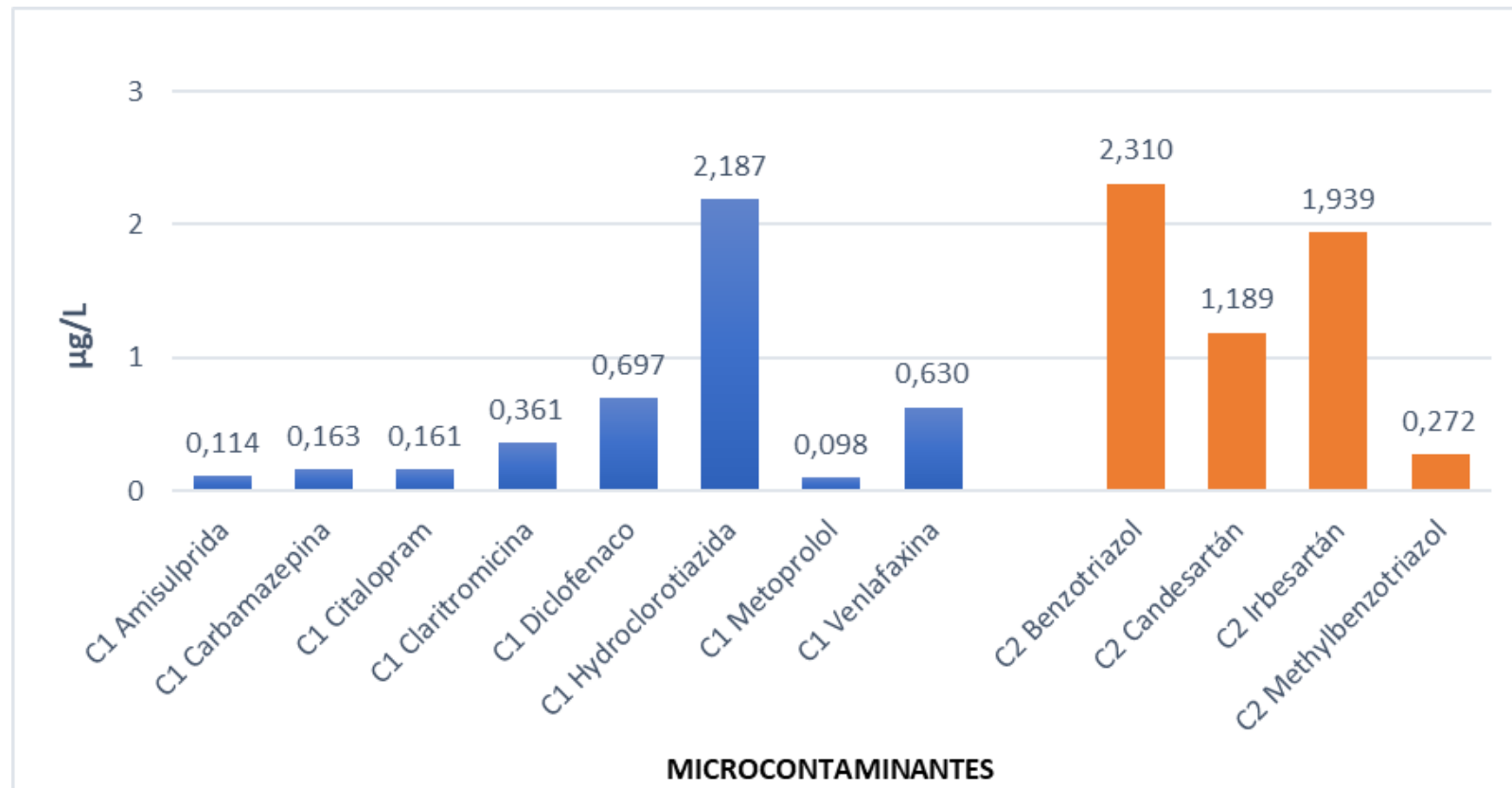


Artificial intelligence based soft sensors



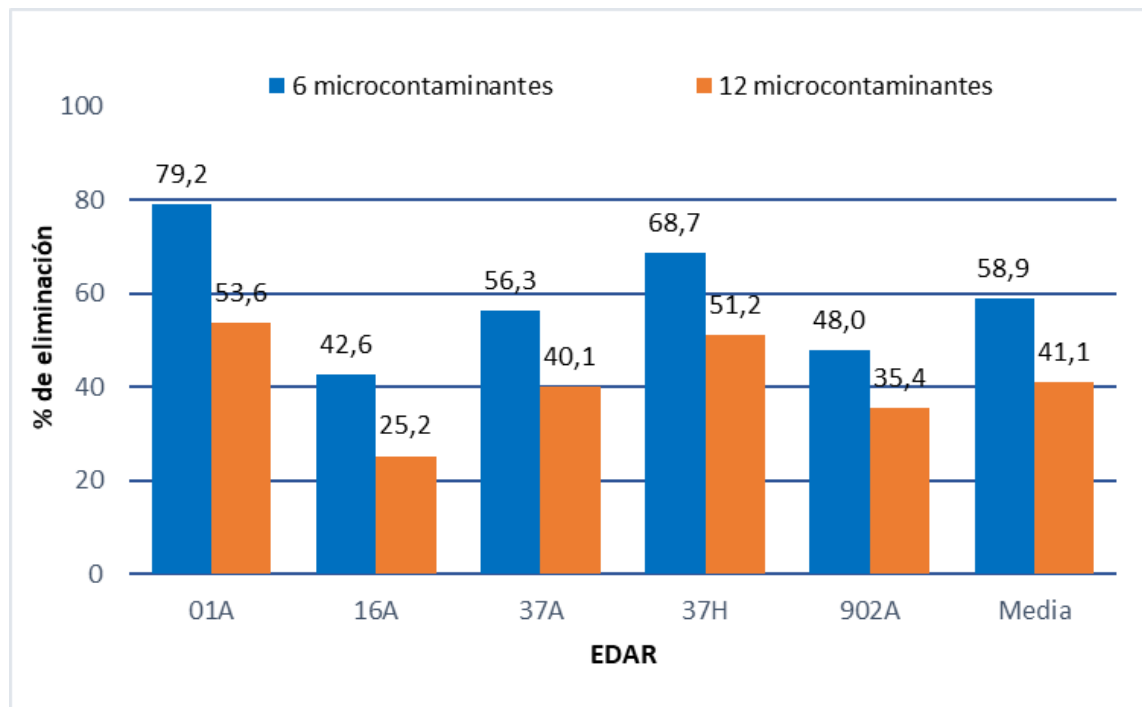


Concentración en el influente

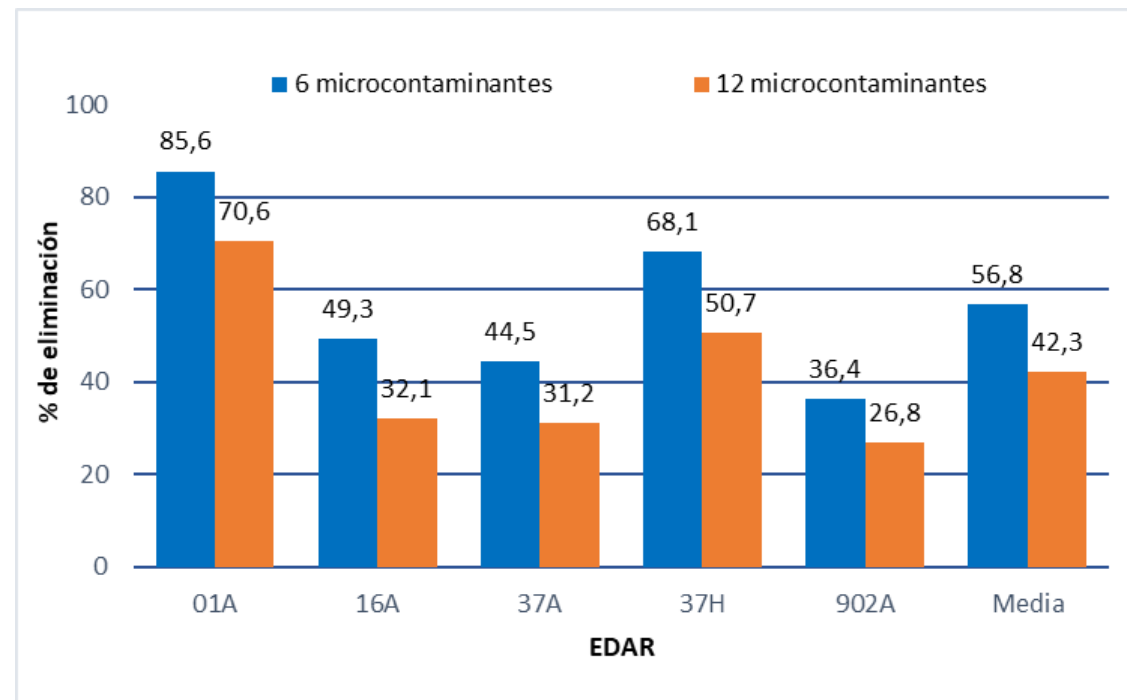




Cálculos DMA



Cálculos IPPC



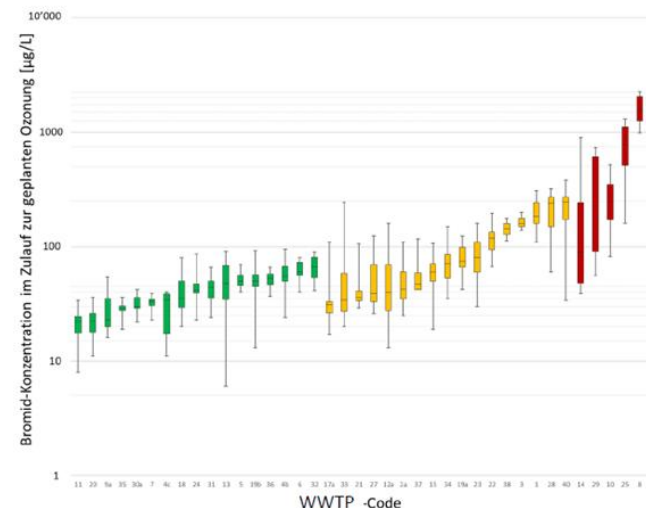
- Límites cuantificación muy variables
- Cálculos con distintas metodologías son muy diferentes
- Rendimientos negativos a veces
- ¿Se puede cambiar los indicadores elegidos a nuestra elección?

Estudios realizados ESAMUR (Agustín Lahora)



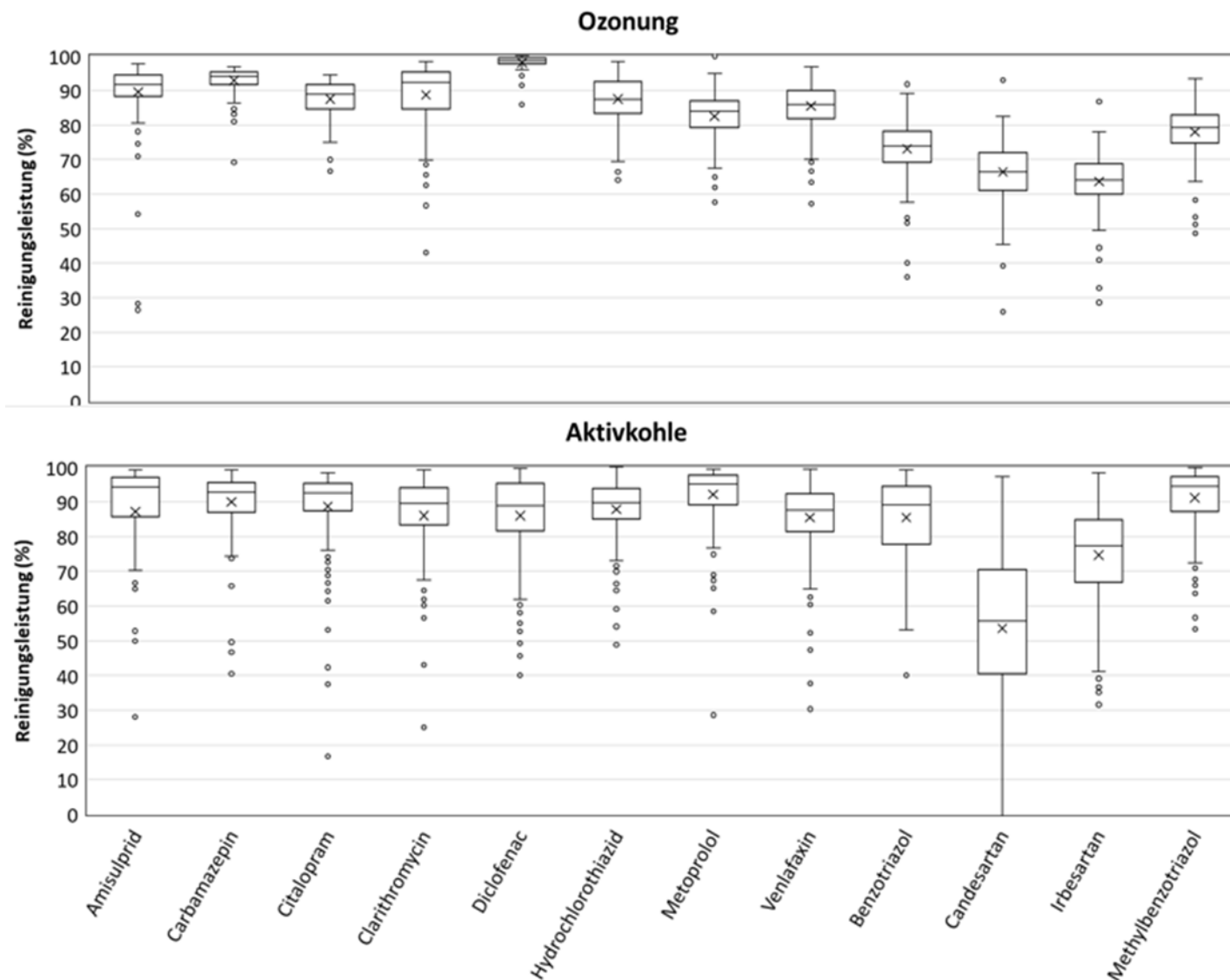
Selección entre ozono y carbón activo

- Excelente calidad agua previa (nitritos, M.O., etc) es fundamental
- Producción subproductos **tóxicos** por tratamiento con ozono (bromatos a partir de bromuros y otros)
- Coste electricidad (aire u oxígeno líquido)
- Coste **carbón activo** seleccionado y **número de renovaciones**



- Bromide concentrations:
- <100µg/L: unproblematic
 - 100-400µg/L: unclear – look for source
 - >400µg/L: conspicuous

Datos VSA (Suiza)





OZONO

- Características de agua influente
- Estudio toxicidad (no detectada hasta ahora en nuestros estudios) de efluente
- Optimización de dosis (sensores, transferencia, fabricantes,...)
- Partiendo de aire u oxígeno
- Combinación con desinfección
- COSTE ENERGÍA
- Huella de carbono
- ...



CARBÓN ACTIVO

- Cientos de carbones activos con características muy distintas (procedencia, número de poros, tamaño de poros, activado o no,...)
- **TASA DE RENOVACIÓN** (Estudios actuales ESAMUR con SACYR y Univ Alicante): Búsqueda protocolos (azul de metileno, iodo, medidor indicador, ...)
- Dificultades operativas importantes para la extracción y reposición del carbón activo
- Protocolos limpieza carbón activo
- ¿Regeneración carbón activo? (Estudios huella de carbono y pérdida efectividad)
- (Desorción brusca en algunas ocasiones)
- ...



Carbón activo granular

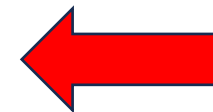
Datos orientativos coste **1 reposición:**

EDAR 5000 m³/día: 25.000 €

EDAR 22500 m³/día: 150.000 €



Energy and cost calculation for advanced treatment



Costs include investment (amortization) and operation

	Energy WWTP kWh/m ³	Primary energy kWh/m ³	Costs CHF/m ³ 14'400 p.e.	Costs CHF/m ³ 590'000 p.e.	Costs CHF/p.e./y 14'400 p.e.	Costs CHF/p.e./y 590'000 p.e.
<u>Ozonation</u> (5 g/m ³)	0.06	0.27	0.15-0.19	0.04-0.06	27-33	4.5-7
<u>Ozonation</u> (5 g/m ³) with sand filtration	0.10	0.39	0.32-0.36	0.09-0.11	57-63	11-13
<u>PAC</u> (10 g/m ³)	0.02	0.32	0.25-0.3	0.1-0.15	44-53	12-18
<u>PAC</u> (10 g/m ³) with sand filtration	0.06	0.44	0.42-0.47	0.15-0.2	74-84	18-24

Current energy consumption of WWTP: 0.33 kWh/m³ (41 kWh/cap/y)

Current costs: 0.80 CHF/m³ for a small, 0.55 CHF/m³ for a large WWTP

- cost increase for a small WWTP by 20-50%
- Cost increase for a large WWTP by 10-20%

*Abegglen and Siegrist (2012) Report BAFU
Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1214.*

Datos VSA (Suiza)

Costes y dosis Suiza, que no tienen que coincidir con los nuestros

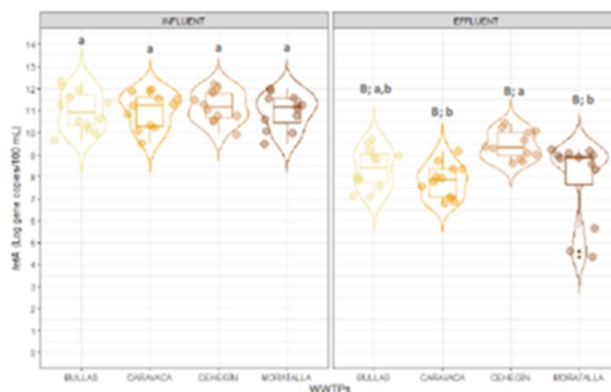


Otras líneas investigación ESAMUR

Efecto balsas (almacenamiento) sobre CE



Bacterias y genes resistencia antibióticos



Efectos CE (presencia productos agrícolas, suelos, etc), cómo eliminar de suelo,...

FASE DE REUTILIZACIÓN

Sustancias de preocupación emergente y subproductos de desinfección



		MUESTROS VERDE				
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
MUESTRO 1	Captación	Benzofurona 1,7 DDE p p' 2,0 DDE p p' 2,0 Metabolitos A,B Tolueno 5,0	Ácido Salicílico 5,875	0,31	0,007	<100
	Parte aérea	<10	Ácido Salicílico 10 Carbamazepina 0,07 Clotrimazol 5,15	0,016	<0,01	<100
	Captación 1	Amoxiciclina 0,4 Benzofurona 16 Benzocaina 1,3 DDE p p' 2,07 DDE p p' 2,07 Difenciclor 0,07 Indometacina 1,97 Metabolitos A,B Pseudoefedrina 0,87 Progesterona 5 Tolueno 5,7	Ácido Salicílico 4,67 Verapamil 0,13	0,12	<0,01	<100 Clotrimazol 1,0
	Parte aérea 1	Benzofurona 4,7 Pseudoefedrina 1 Progesterona 5,9	Ácido Salicílico 0,64 Carbamazepina 0,1	0,091	<0,01	<100
MUESTRO 2	Captación	Amoxiciclina 0,33 Benzofurona 25,3 Benzocaina 1,7 DDE p p' 3,07 DDE p p' 3,07 Difenciclor 0,03 Indometacina 1,3 Metabolitos A,B Pseudoefedrina 0,78 Progesterona 4,31 Tolueno 1,1	Ácido Salicílico 3,39 Verapamil 0,11	0,27	<0,01	<100 Clotrimazol 0,1
	Parte aérea 2	Benzofurona 1,8 Pseudoefedrina 1,3 Progesterona 5,9	Ácido Salicílico 0,49 Carbamazepina 0,1	0,071	<0,01	<100

XIII CONGRESO INTERNACIONAL AEDYR, GRANADA 2023

PFAS

	PM-2811	PM-2812	PM-1	PM-3605	PM-387	PM-5200	PM-14	PM-391	PM-3785	PM-7901
	Entrada	Salida	Riego	Entrada	Salida	Riego	Entrada	Salida	Superficial	Subterránea
Suma de 4 PFAS	<0,08	0,010	0,007	0,011	0,011	0,011	0,034	0,007	0,009	0,014
Suma de 20 PFAS	<0,75	0,017	0,017	0,165	0,062	0,040	0,220	0,031	0,023	0,023
PFOA	<0,02	0,008	0,005	0,008	0,006	0,007	0,006	0,005	0,005	0,002
PFOS	<0,02	<0,002	<0,002	0,009	0,004	0,008	0,012	0,004	0,003	0,004

0,07 µg/L en potable

0,10 µg/L en potable

prioritaria NCA 0,00065 µg/L

CONCLUSIONES

- Sistemas y optimización de eliminación de CE: **Nos queda trabajo por hacer y seguir aprendiendo**
- Los estudios tienen que hacerse caso por caso
- Hay que seguir trabajando en huella de carbono y toxicidad
- Alerta con fórmulas de validación del rendimiento
- Investigar honradamente y con objetividad en el conocimiento de los “efectos”. No principio de precaución **sin adecuado fundamento**
- **PREVENCIÓN: Reducción en origen y biodegradabilidad compuestos como objetivos prioritarios**



Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca

esamur
Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia



MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN



Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería y Pesca

esamur
Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia