

Primeros resultados del proyecto LIFE15-EMPORE “Desarrollo de una metodología eficiente y sostenible para la eliminación de contaminantes emergentes de EDAR’s” (EMPORE-LIFE15 ENV/ES/000598)

Ponente: María de los Ángeles Bernal-Romero del Hombre Bueno, Universidad de
Alicante
ma.bernal@ua.es

JORNADA TÉCNICA (12 DE FEBRERO DE 2019):

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES
EMERGENTES EN EFLUENTES DE ESTACIONES
DEPURADORAS URBANAS



**LIFE
EMPORE**
Life is water.



LIFE15 ENV/ES/000598

Caracterización del influente/efluente EDAR Benidorm (B1)

- Presencia de CEs: muestreo nov. 2016 a dic. 2017 (acción B1)

**20 CEs
seleccionados**

Sustancias prioritarias
incluidas en la Directiva
2013/39/EU

- DEHP
- Clorpirifós
- 4-t-OP
- Trifluralina
- Isoproturón
- Diurón

Sustancias incluidas en la
lista de observación
2013/39/EU:

- Diclofenaco
- 17-a-etinilestradiol
- 17-b-estradiol
- Eritromicina

Otros ECs no incluidos en las
categorías anteriores

- Estrona
- Cloranfenicol
- Carbamazepina
- Ibuprofeno
- Fluoxetina
- Sulfometoxazol
- Ketoprofeno
- AMPA
- Glifosato
- Estriol

Impacto de las acciones del proyecto (C)

□ Impacto ambiental de la eliminación de CEs (C1)

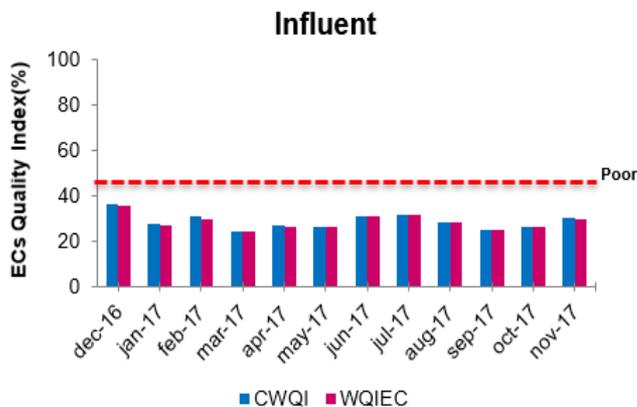
✓ Estudio de la calidad del agua en base a la concentración de cada compuesto (indicadores 1.3-01 a 1.3-20)

✓ Estudio de la calidad del agua en base a un índice general adimensional (escala 0 a 100) que tiene en cuenta las concentraciones de los CEs estudiados (indicador 1.3-21)

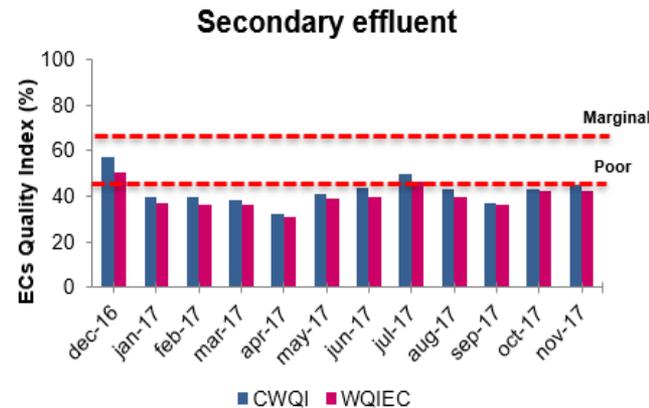
- Modelo: Índice Canadiense de Calidad del Agua (CWQI)
 - Adaptación con penalización en función de la naturaleza de los ECs (WQIEC)

• 25/11/2016 a 4/12/2017

$$CWQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$



Nº variables	Muestras	Media mensual	Calidad
20	54	CWQI	28.3 Baja
		WQIEC	27.9 Baja



Nº variables	Muestras	Media mensual	Calidad
20	54	CWQI	42.4 Baja
		WQIEC	39.7 Baja

✓ El tratamiento en la EDAR mejora la calidad del agua residual; no obstante, la calidad del efluente del decantador secundario es marginal-baja, por lo que es necesario aplicar un tratamiento terciario para eliminar los ECs presentes.

✓ Las diferencias entre los índices CWQI y WQIEC indican la presencia de sustancias prioritarias y/o compuestos de la 1ª lista de observación en concentraciones superiores a su valor máximo establecido.



Demostración en la EDAR Benidorm (B4): jul.18 a jun.19



Periodo	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18
1ª / 2ª nivel:	Filtración (pre/UF) + Ósmosis inversa + Carbón activado			
2ª nivel AOPs:	PROCESO 1: O3	PROCESO 2: O3/UV	PROCESO 3: O3/H2O2	PROCESO 4: H2O2/UV
3ª nivel EAOPs:	EAOPs			

Periodo	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19
1ª / 2ª nivel:	Filtración (pre/UF) + Ósmosis inversa + Carbón activado			
2ª nivel AOPs:	PROCESO 1: O3	PROCESO 2: O3/UV	PROCESO 3: O3/H2O2	PROCESO 4: H2O2/UV
3ª nivel EAOPs:	EAOPs			

Periodo	mar-19	abr-19	may-19	jun-19
1ª / 2ª nivel:	Filtración (pre/UF) + Ósmosis inversa + Carbón activado			
2ª nivel AOPs:	PROCESO 1: O3	PROCESO 2: O3/UV	PROCESO 3: O3/H2O2	PROCESO 4: H2O2/UV
3ª nivel EAOPs:	EAOPs			

□ Ultrafiltración

- ✓ Flujo: $\sim 52 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (LMH)
- ✓ Conductividad: $3453 \pm 326 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$

□ Ósmosis inversa

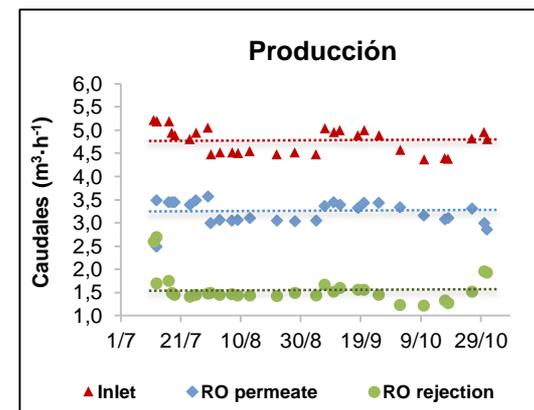
- ✓ Conversión: $67.0 \pm 5.6 \%$
- ✓ Rechazo de sales: $96.2 \pm 1.1 \%$
- ✓ Conductividad permeado: $133 \pm 43 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$
- ✓ Conductividad rechazos: $8009 \pm 2082 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$

□ Procesos de oxidación avanzada

O ₃ disuelto (mg·L ⁻¹)	UV (W·m ⁻²)	H ₂ O ₂ 17% (L·h ⁻¹)
0.18 – 0.61	28.1 – 50.8	2 - 4

□ Procesos electroquímicos (EAOPs):

- ✓ Voltaje y corriente de trabajo: 5 V y 10 A



Demostración en la EDAR Benidorm (B4)

❑ Eliminación de sustancias prioritarias (5/07/18 - 31/10/18)

Efluente decantador secundario)

- Trifluralina, 4-t-octilfenol, DEPH e isoproturón: no detectados
- Clorpirifós: concentraciones por debajo de su LOQ ($< 0.030 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) y algunos días puntuales de agosto 2018, por encima de los valores máximos admisibles de la Directiva 2013/39/UE.
- Diurón: detectado a concentraciones por debajo del umbral de la Directiva 2013/39/UE ($0.070 \pm 0.018 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).



DEMO

✓ Primer nivel de tratamiento

- ❑ Clorpirifós y diurón permanecieron presentes en el agua tras la ultrafiltración (UF). Remoción no significativa.

✓ Segundo nivel de tratamiento

- ❑ Tras la ósmosis inversa (OI) no se detectaron sustancias prioritarias en los efluentes del segundo nivel de tratamiento.

✓ Tercer nivel de tratamiento

- ❑ Trifluralina, 4-t-octilfenol y DEPH no se detectaron en los rechazos de UF/OI.
- ❑ Diurón, clorpirifós e isoproturón: detectados en los rechazos a concentraciones por debajo de los umbrales de la Directiva 2013/39/EU. Tras EAOPs:
 - Clorpirifós: no detectado en el efluente de la planta;
 - Diurón e isoproturón: detectados en el efluente de EAOPs en muestras puntuales (eliminación variable: 0-81%).

Demostración en la EDAR Benidorm (B4)

❑ Eliminación de compuestos 1ª lista observación (5/07/18 - 31/10/18)

Efluente decantador secundario)

- 17-a-etinilestradiol y 17-b-estradiol: no detectadas (< LOD)
- Diclofenaco: siempre detectado; concentración muy variable ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$):
 - jul.18 (0.875 ± 1.102), ago.18 (0.496 ± 0.049), sep.18 (0.590 ± 0.163), oct.18 (0.805 ± 0.176)
- Eritromicina: detectada en todas las muestras; concentración: $0.060\pm 0.015 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

✓ Primer nivel de tratamiento

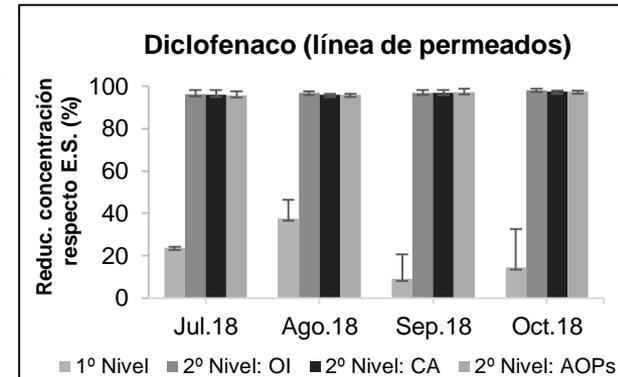
- ❑ Diclofenaco y eritromicina: presentes en el agua tras la UF. Reducción variable de la concentración respecto a E.S.:
 - Diclofenaco: 0-48%; eritromicina: 0-66%

✓ Segundo nivel de tratamiento

- ❑ Eritromicina: no detectada tras la OI (concentraciones < $0,017 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).
- ❑ Diclofenaco: detectado tras la OI en algunas muestras a concentraciones inferiores a su LOQ (< $0,030 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Eliminado tras carbón activado (CA).

✓ Tercer nivel de tratamiento

- ❑ 17-a-etinilestradiol y 17-b-estradiol: no detectadas (< LOD)
- ❑ Diclofenaco y eritromicina: presentes en los rechazos.
- ❑ Eliminación variable:
 - Diclofenaco: $48\pm 41\%$; eritromicina: $44\pm 34\%$;



	Compuesto	Concentraciones ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)			
		Jul. 18	Ago. 18	Sep. 18	Oct. 18
Rechazo	Diclofenaco	0.993 ± 0.242	1.02 ± 0.21	1.22 ± 0.24	1.55 ± 0.44
	Eritromicina	0.158 ± 0.052	0.157 ± 0.103	0.157 ± 0.017	0.143 ± 0.024



DEMO

Demostración en la EDAR Benidorm (B4)

Eliminación de otros CEs (5/07/18 - 31/10/18)

**Efuente
dec. secundario)**

- Estriol y cloranfenicol: no detectados (< LOD).
- Estrona: detectada algunos días (0.010-0.071 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).
- Ibuprofeno y ketoprofeno: detectados en julio 2018 (0.133 \pm 0.048 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ y 0.098 \pm 0.040 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Compuesto	Concentraciones ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)			
	Jul. 18	Ago. 18	Sep. 18	Oct. 18
Carbamazepina	0.776 \pm 1.06	0.354 \pm 0.145	0.331 \pm 0.050	0.346 \pm 0.065
Sulfametoxazol	0.728 \pm 1.254	0.243 \pm 0.089	0.216 \pm 0.068	0.255 \pm 0.042
AMPA	8.71\pm0.936	8.85\pm4.13	6.88\pm2.64	4.37\pm2.89
Glifosato	0.514 \pm 0.247	0.468 \pm 0.174	0.354 \pm 0.065	0.364 \pm 0.115
Fluoxetina	0.066 \pm 0.003	0.064 \pm 0.020	0.066 \pm 0.004	0.076 \pm 0.011

✓ Primer y segundo nivel de tratamiento

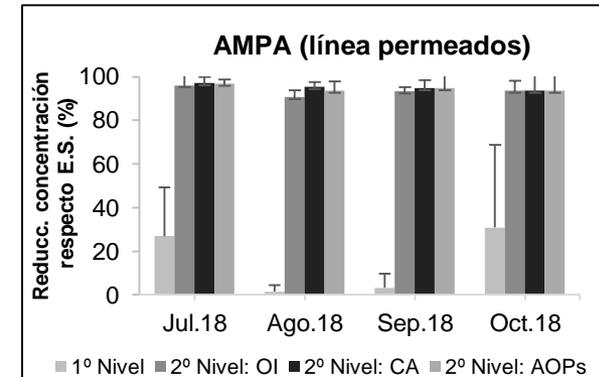
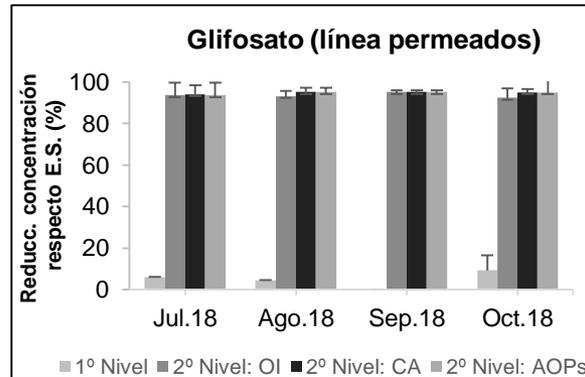
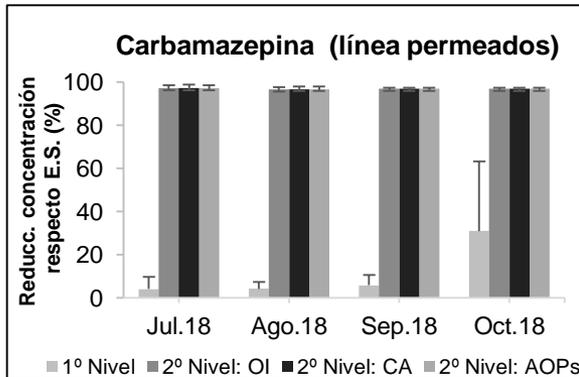
❑ Primer nivel:

- Remoción variable respecto a E.S.: < 40% carbamazepina, AMPA, glifosato y sulfametoxazol.

❑ Segundo nivel:

- Cloranfenicol, ibuprofeno, fluoxetina, estrona, ketoprofeno, sulfametoxazol y estriol: no detectados tras OI.
- Carbamazepina, glifosato: no detectados tras CA.
- AMPA: detectado tras CA; AOPs contribuye a su eliminación. Compuesto más persistente

DEMO



Demostración en la EDAR Benidorm (B4)

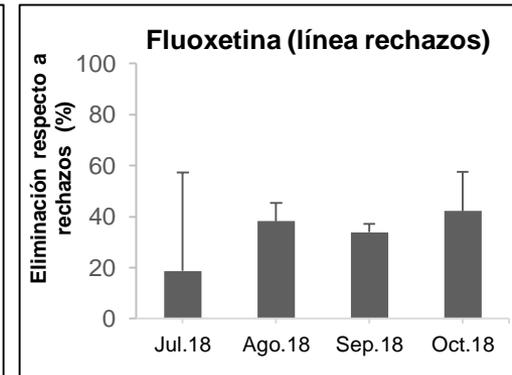
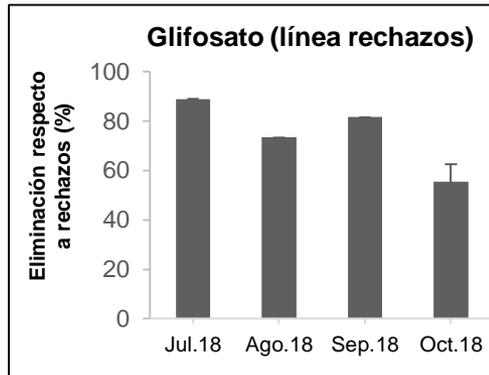
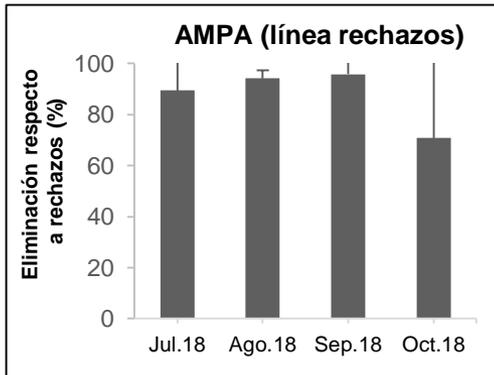
❑ Eliminación de otros CEs

Rechazos UF/OI

- Cloranfenicol y estriol: no detectados en los rechazos (< LOD).
- Estrona, ibuprofeno, ketoprofeno, carbamazepina, AMPA, glifosato, fluoxetina y sulfametoxazol: presentes en los rechazos.

✓ Tercer nivel de tratamiento

- ❑ La electro-oxidación fue eficiente en la eliminación de AMPA y glifosato.
- ❑ Eficiencias muy variadas de eliminación para el resto de compuestos.



DEMO

Impacto ambiental de la eliminación de CEs (C1)

☐ Calidad de los efluentes obtenidos (5/07/18 - 31/10/18)

☐ Calidad del agua: **indicador 1.3-21**

✓ La calidad del efluente del decantador secundario de la EDAR Benidorm fue baja en el periodo de demostración debido a la presencia de ECs (sustancias prioritarias, 1ª lista de observación y otros CEs).

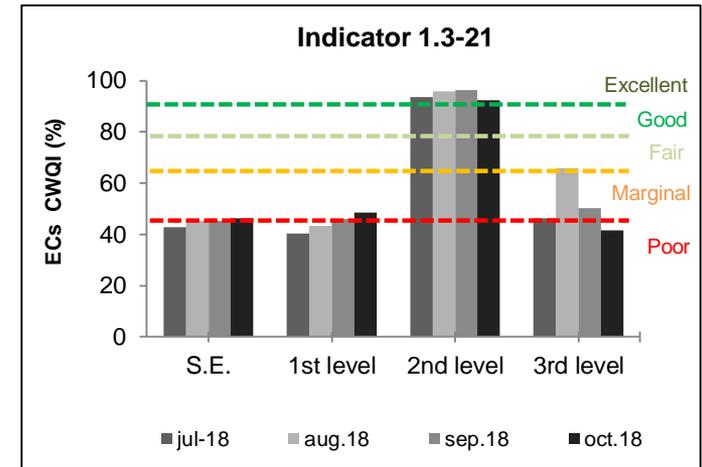
✓ Los procesos del **1er nivel de tratamiento** apenas contribuyeron en la eliminación de ECs pero sí acondicionaron los efluentes para los procesos del Segundo nivel, eliminando turbidez y sólidos en suspensión.

✓ Tras el **2º Nivel de tratamiento**, la calidad de los efluentes fue alta, con ausencia de sustancias prioritarias.

- La combinación de OI con CA permitió obtener efluentes libres de los ECs estudiados, excepto AMPA.
- Las concentraciones de AMPA fueron reducidas en los procesos AOPs.

✓ Los procesos de electro-oxidación (EAOPs) en el **3º Nivel de tratamiento** mejoraron la calidad de los rechazos obtenidos en UF/OI.

- Estos procesos fueron muy eficientes para la eliminación de AMPA y glifosato, y tuvieron una eficiencia variable para el resto de CEs.



Indicador 1.3-21 (Muestras: 17; Variables: 20)

Impacto socio-económico de la eliminación de ECs (C2)

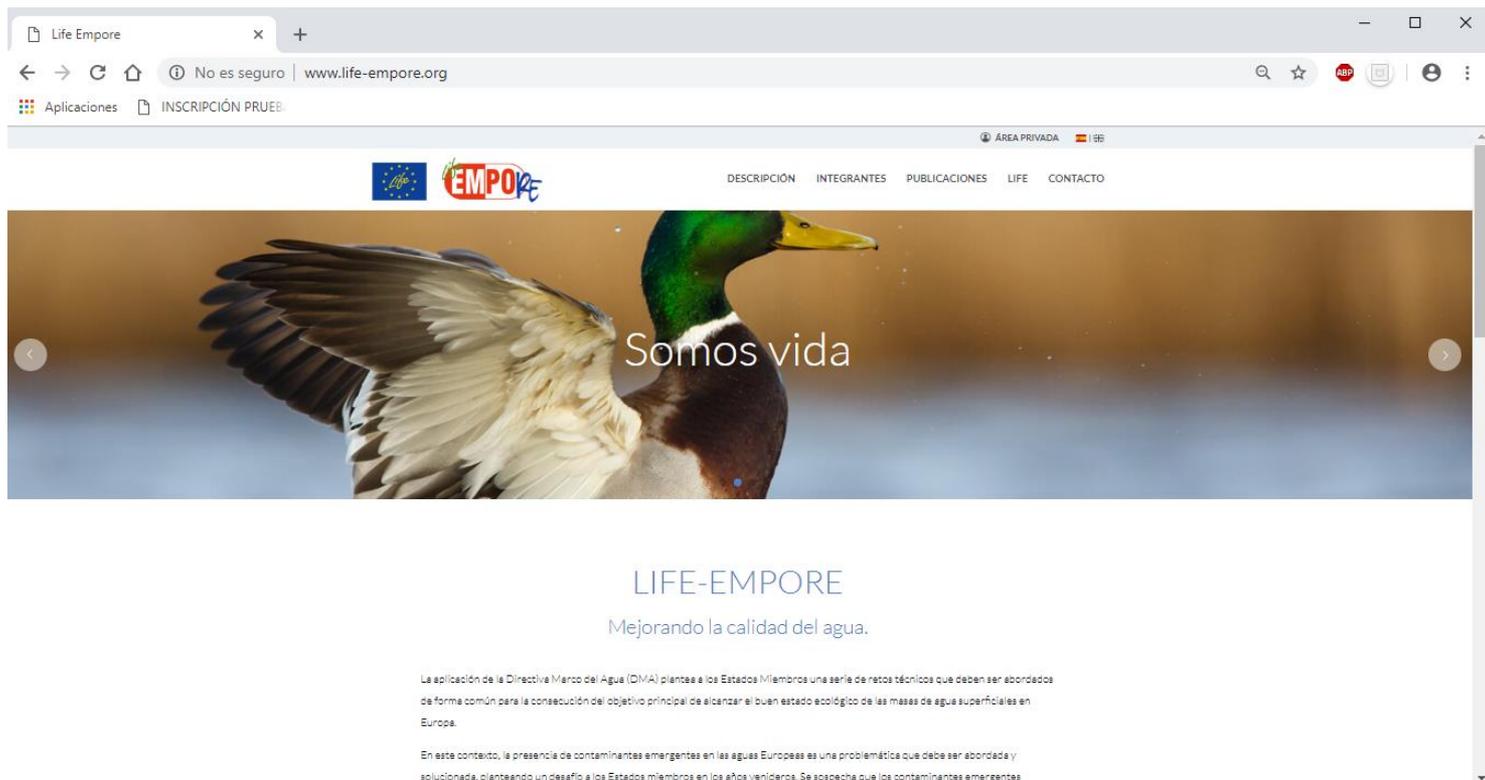
□ Indicadores:

Indicador	Descripción	Información obtenida
12.1.1	Número de entradas en la web	Interés despertado por el proyecto
12.1.2	Registro del número de eventos/exposiciones en los que se ha invitado a los miembros del proyecto a promover las tecnologías propuestas en la planta	
12.1.3	Encuesta sobre la aceptación del agua utilizada para el riego	
13.1	Networking y otras jornadas de contacto profesional o educativas	Difusión de resultados EMPORE
15.5	Incorporación de las tecnologías propuestas en tratamientos terciarios avanzados para la eliminación de ECS	Incorporación de las tecnologías en empresas/instituciones
16.1	Disponibilidad de agua tratada libre de ECS para su reutilización	Producción de agua libre de ECs
15.1	Costes de operación durante la ejecución del proyecto y esperados durante su continuación/replicación/ transferencia	Costes

Impacto socio-económico de la eliminación de CEs (C2)

Objetivo: Analizar el interés generado por el proyecto

➤ 12.1.1 Visitas a la página web EMPORE



Impacto socio-económico de la eliminación de CEs (C2)

❑ Objetivo: Analizar el interés generado por el proyecto

➤ 12.1.2 Registro del número de eventos/exposiciones en los que se ha invitado a los miembros del proyecto a promover las tecnologías propuestas en la planta

DATE	MEMBER	DESCRIPTION	CATEGORY
17/05/2018	AIDIMME	Publication of the III Follow up meeting-Seminar of EMPORE project in Delft.	OWN PUBLICATION
01/06/2018	AIDIMME	Publication AIDIMME introduces LIFE-EMPORE Project at the Regional LIFE Jofodax .	OWN PUBLICATION
01/06/2018	LTL	Publication AIDIMME introduces LIFE-EMPORE Project at the Regional LIFE Jofodax .	OWN PUBLICATION
09/06/2018	LTL	Attendance to JPI Conference 2018. Oral Communication.	CONGRESS
09/06/2018	LTL	Publication of the participation in the JPI Conference 2018.	OWN PUBLICATION
12/06/2018	LTL	First contact with the Coordinator of a non-LIFE Project WATINTECH in order to start networking activities.	NETWORKING
14/06/2018	UA	Publication of the EMPORE leaflets in IUACA newsletter.	OWN PUBLICATION
19/06/2018	UA	Attendance to META Leon Conference 2018. Oral Communication.	CONGRESS
19/06/2018	UA	Attendance to META Leon Conference 2018. Publication in META Leon 2018 website	PUBLICATION
11/07/2018	LTL	Publication of the demonstration of EMPORE LIFE in AGUAS RESIDUALES.	PUBLICATION
13/07/2018	UA	Publication of the EMPORE leaflets in IAGUA.	PUBLICATION
03/08/2018	LTL	Publication of the visit of the external team of the European Commission to LIFE EMPORE demonstration plant.	OWN PUBLICATION

❑ 76 eventos

- ✓ Publicaciones en revistas online y páginas web (50);
- ✓ Participación en congresos (13);
 - ✓ Water JPI 2018, META LEÓN 2018, XII Congreso AEDYR...
- ✓ Entrevistas (2);
- ✓ Networking eventos con empresas y otros proyectos LIFE (11)

Datos a 30/11/2018



Impacto socio-económico de la eliminación de ECs (C2)

□ Objetivo: Aceptación social del agua reutilizada

➤ 12.1.3 Encuesta sobre aceptación del agua

□ **Encuesta I**

- ✓ *Objetivo:* Estudio de la aceptación social del agua regenerada para reutilización considerando la calidad actual
- ✓ *Número de encuestas realizadas:* 114
- ✓ *Evento:* “XIV Congreso Nacional de Comunidades de Regantes”, Torrevieja (España).
- ✓ *Perfil:* expertos y usuarios del agua para riego
- ✓ *Metodología:* entrevista personal realizada por un equipo de 6 encuestadores entre el martes 15 y miércoles 16 de mayo de 2018

Impacto socio-económico de la eliminación de ECs (C2)

□ Objetivo: Aceptación social del agua reutilizada

➤ 12.1.3 Encuesta sobre aceptación del agua

□ *Encuesta I*

- ✓ En torno a un 50% de los encuestados afirmaron que su comunidad de regantes, empresa o institución **reutiliza aguas depuradas**, situando el porcentaje de agua reutilizada entre < 30% y 30-50%.
- ✓ Para la mayoría, la reutilización de las aguas regeneradas tiene **efectos positivos sobre el medio ambiente** y es un recurso actualmente disponible para las empresas/comunidades de regantes en España. Preocupa la calidad del agua regenerada. **Inconvenientes:** el precio del agua, la dificultad para garantizar la trazabilidad y seguridad alimentaria, las infraestructuras de uso requeridas y las normativas de uso y regulación.
- ✓ Algunos usuarios (~40% de los encuestados) manifestaron haber tenido problemas con el uso de aguas regeneradas, principalmente debido al **bombeo y al abastecimiento**. En menor medida, otros problemas fueron: contaminación de otros tipos de agua, contaminación del suelo, descenso en rendimiento y productividad de cultivos, y toxicidad de los cultivos.
- ✓ Para aumentar la disponibilidad de agua para riego, la opción de los trasvases fue la mejor valorada, seguida de la reutilización, el uso de aguas subterráneas y la desalación.
- ✓ Casi la mitad de los participantes afirmó que su empresa/comunidad de regantes estaría dispuesto a reutilizar más **agua si los precios fueran competitivos y la calidad del recurso estuviera garantizada** para cualquier tipo de uso agrícola.

Impacto socio-económico de la eliminación de ECs (C2)

❑ Objetivo: Aceptación social del agua reutilizada

➤ 12.1.3 Encuesta sobre aceptación del agua

❑ **Encuesta II (noviembre 2018)**

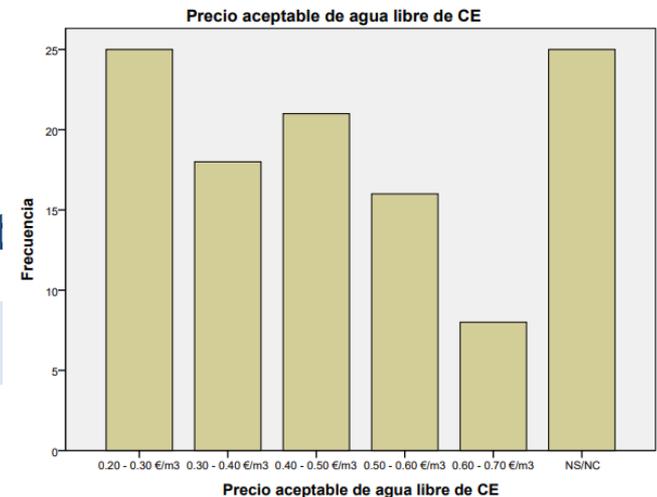
- ✓ *Objetivo: Estudio de la aceptación social del agua regenerada para reutilización considerando una calidad mejor (agua libre de CEs)*
- ✓ *Número de encuestas realizadas: 113*
- ✓ *Evento: “Jornadas Técnicas ESAMUR”, Lorca, Murcia (España).*
- ✓ *Perfil: expertos / investigadores*
- ✓ *Metodología: entrevista personal realizada por un equipo de 4 encuestadores entre el miércoles 21 y jueves 22 de noviembre de 2018*

Impacto socio-económico de la elimi

Objetivo: Aceptación social del agua reut

➤ 12.1.3 Encuesta sobre aceptación

Encuesta II (noviembre 2018)



- ✓ La mayoría de los participantes afirmaron que la **presencia de ECs supone un factor significativo de riesgo para el futuro de la reutilización de las aguas regeneradas**. El impacto de futuras normativas sobre regulación específica de CEs en aguas residuales despierta incertidumbre entre los expertos, que consideran que **las EDAR actuales no están preparadas** para la eliminación de estos compuestos.
- ✓ Uno de los problemas principales continúa siendo la **detección y análisis de ECs**. La mayoría de los encuestados valoraron positivamente que se trabaje en el desarrollo de nuevas técnicas de análisis y detección de CEs, para lo cual se precisa una mayor formación y un perfil profesional más especializado.
- ✓ En cuanto a la capacidad de las tecnologías actuales (ultrafiltración, ósmosis inversa, procesos de oxidación avanzada, procesos electroquímicos y adsorción) para eliminar ECs cabe destacar que las respuestas fueron muy variadas. Sin embargo, concordaron en que **es necesaria la combinación de tratamientos** para eliminar estos compuestos. La aplicación de estas tecnologías podría tener un impacto positivo sobre la salud pública, la sostenibilidad ambiental y la gestión de los recursos hídricos, entre otros.
- ✓ Según la mayoría de los encuestados, sus empresas o instituciones estarían dispuestas a pagar por un agua depurada de más calidad libre de CEs, pero si su precio fuera moderado. Hubo mucha **disparidad en cuanto a cuál sería el rango de precio óptimo** para ésta.

Impacto socio-económico de la eliminación de ECs (C2)

□ Objetivo: Difusión de los resultados del proyecto

DATE	MEMBER	DESCRIPTION	CATEGORY
3/11/2016	EPSAR	- EPSAR organized a Technical Work day called "New technologies applied for waste water treatments", where LIFE-EMPORE was introduced for the first time.	NETWORKING EVENT (professional)
30/11/2016	LTL	- Participation in networking CFIS-ECOPHARMA. - Contact with other LIFE projects such as IMPETUS.	NETWORKING EVENT (professional)
24/02/2017	LTL	- First contact with the Coordinator of LIFE Project IMPETUS to start networking activities.	NETWORKING (professional)
24/05/2017	LTL	- The ESPP (European Sustainable Phosphorus Platform) contacted with the <u>Laboratorios Tecnológicos</u> de Levante, S.L in order to include EMPORE project to their list of R&D projects on nutrient recycling and management (not only phosphorus), for promotion on their website (www.phosphorusplatform.eu) and in their network of companies, public bodies and other stakeholders.	NETWORKING (professional)
30/05/2017	LTL	Participation in networking PROGRAMA LIFE 2017 "INFODAY REGIONAL" in <u>Paterna</u> (Valencia)	NETWORKING EVENT (professional)
28/06/2017	AIDIMME	Participation in the networking event " <u>Eliminación de nitrógeno y fósforo en aguas residuales</u> " and first contact with the Coordinator of LIFE Project BIOSFER.	NETWORKING (professional)
24/08/2017	UA	Visit of SYDVATTEN AB, <u>Sout</u> Sweden Water Supply company.	NETWORKING (educational and professional)
06/04/2018	LTL	First contact with the Coordinator of LIFE Project BACIWATER and LIFE SOLUTIONS in order to start networking activities.	NETWORKING (professional)
09/05/2018	AIDIMME	Participation in networking PROGRAMA LIFE 2018 "INFODAY REGIONAL" in <u>Paterna</u> (Valencia).	NETWORKING (professional)
12/06/2018	LTL	First contact with the Coordinator of a non-LIFE Project WATINTECH in order to start networking activities.	NETWORKING (professional)

➤ 13.1 Networking y otras jornadas de contacto profesional o educativas

□ 11 eventos

Datos a 30/11/2018

Impacto socio-económico de la eliminación de ECs (C2)

□ Objetivo: Producción de agua libre de CEs

- **16.1 Disponibilidad de agua tratada libre de CEs para su reutilización**
 - ✓ **Producción de agua libre de Ecs en la DEMO (m³ agua tratada) vs el total de agua tratada**

$$\text{Ratio} = V_{\text{libre ECs}} / V_{\text{alimentación}}$$

- ✓ Libre de ECs:
 - CWQI > 85 Buena
 - Concentración de las sustancias prioritarias por debajo de los valores máximos admisibles (MAC) fijados por la Directiva 2013/39/EU

Fecha	Q _{entrada} (m ³ ·h ⁻¹)	Q _{efluente} (m ³ ·h ⁻¹)	RATIO (%)
Jul.18	5.37±0.10	3.25±0.39	65.1±8.6
Ago.18	5.16±0.17	3.06±0.02	67.8±0.4
Sep.18	5.03±0.09	3.41±0.05	68.5±1.2
Oct.18	5.14±0.53	3.13±0.17	67.8 ±5.5





Duration.



Partners.



Budget.



EU financial contribution 1.030.407 €

Financial contribution.

EMPORE (ref. LIFE15 ENV/ES/000598) is co-financed by LIFE+2015 Call. The LIFE Programme is the EU's funding instrument for the environment and climate action.





www.life-empore.org

