

Regeneración de aguas residuales para reuso en riego agrícola mediante foto-Fenton solar en reactores tipo *raceway* a escala demostrativa

**J.A. Sánchez Pérez, E. Gualda-Alonso, P. Soriano-Molina, S. Belachqer-El Attar,
M.G. Pinna-Hernández, D. Rodríguez-García, J.L. Casas López, A. Agüera López, P. Plaza Bolaños**

*Universidad de Almería. Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL),
Centro mixto Universidad de Almería-CIEMAT. Ctra. de Sacramento s/n, Almería, 04120, España.*

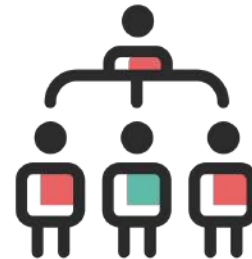
Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL)



www.ciesol.es



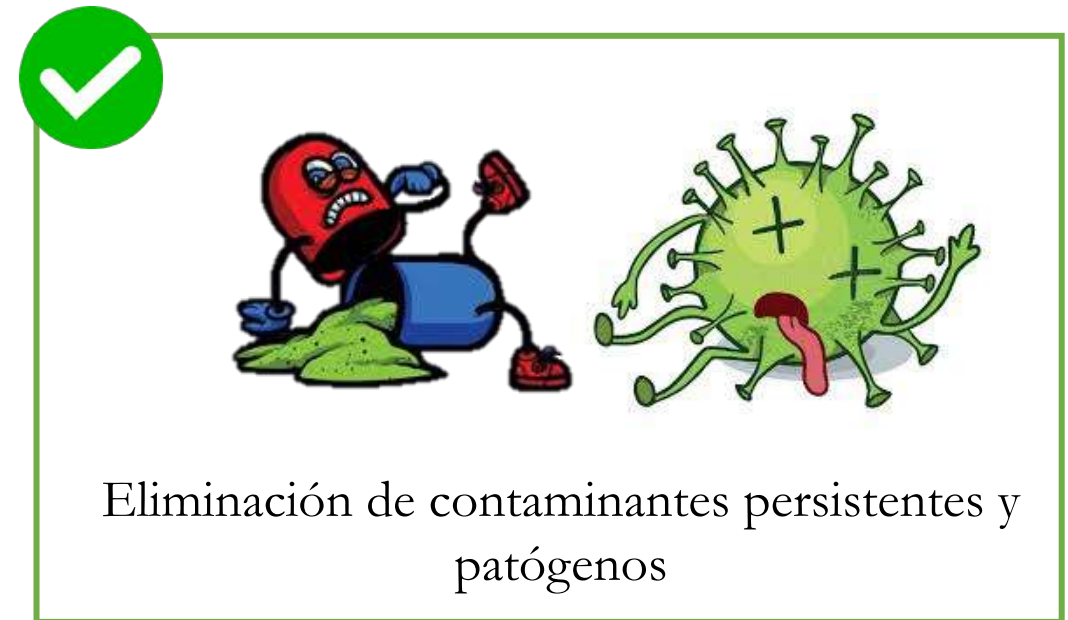
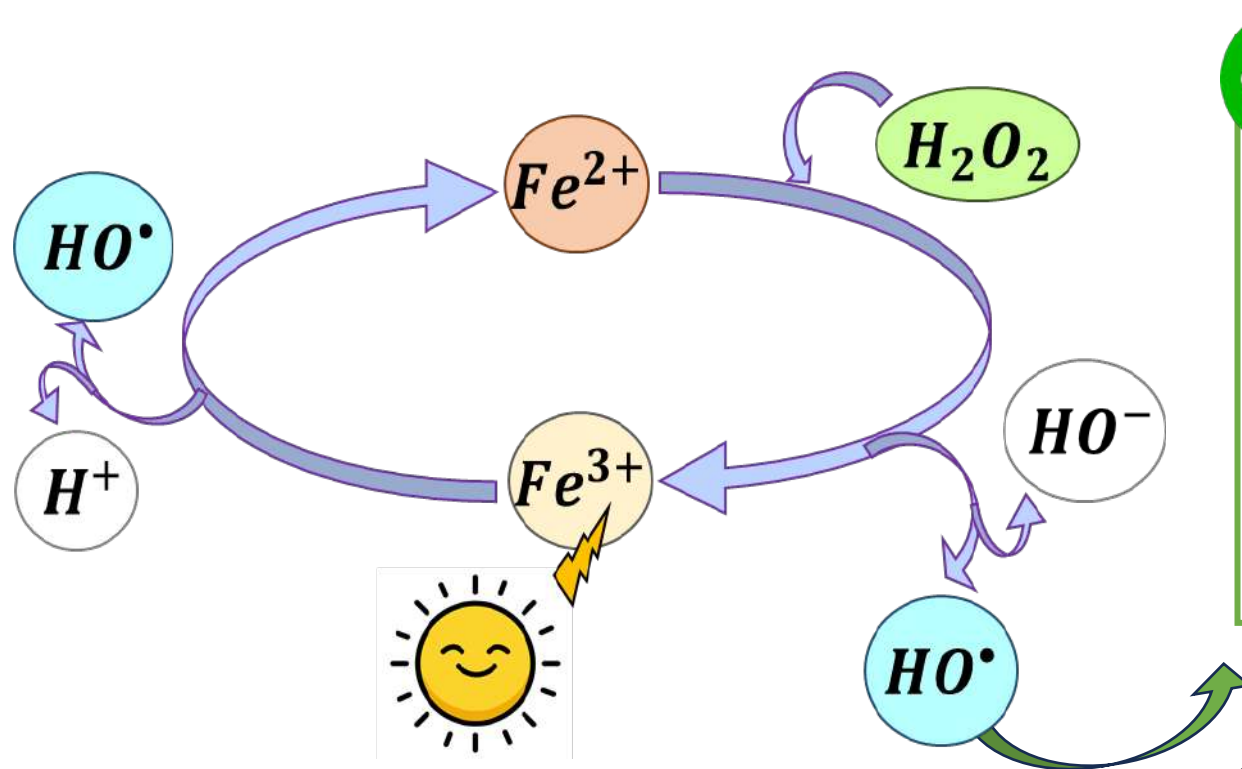
- Físicos
- Químicos
- Biotecnólogos
- Ingenieros Industriales
- Ingenieros Químicos



✓ Regeneración de Aguas

- ✓ Modelado y Control
- ✓ Recursos Solares y Frío Solar
- ✓ Desalación y Fotosíntesis
- ✓ Análisis Ambiental
- ✓ Organometálica y Fotoquímica

Proceso foto-Fenton solar



Proceso de oxidación avanzada

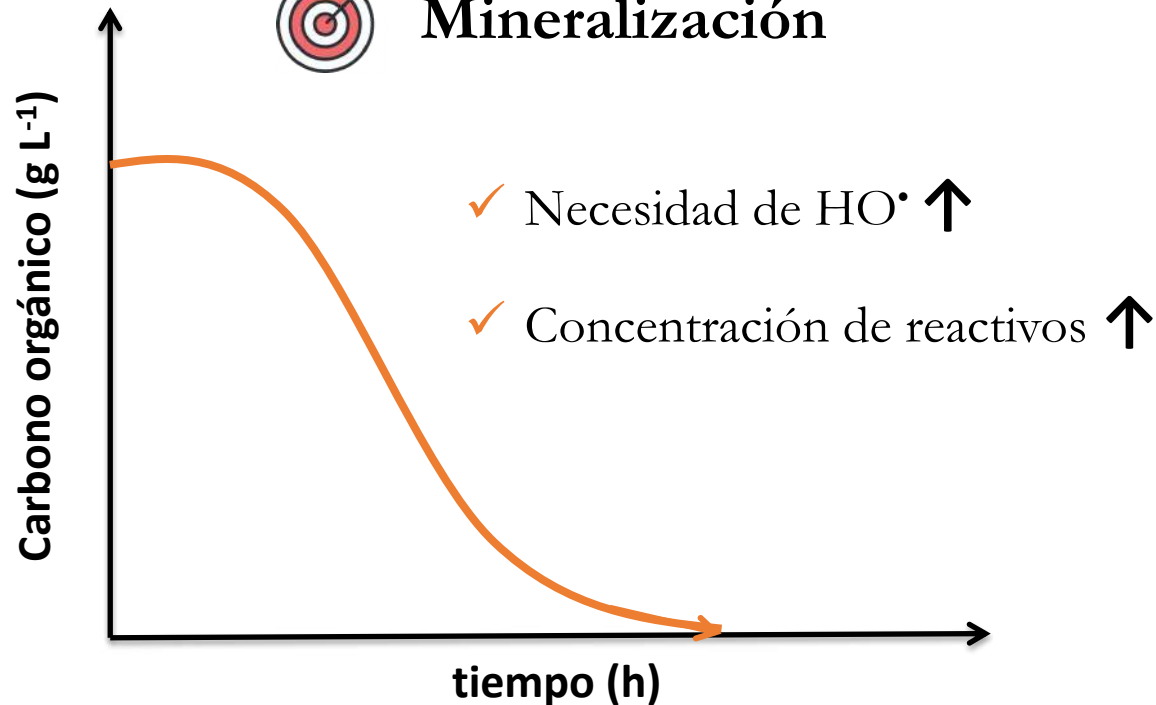
- ✓ Especies altamente reactivas
- ✓ No selectivos



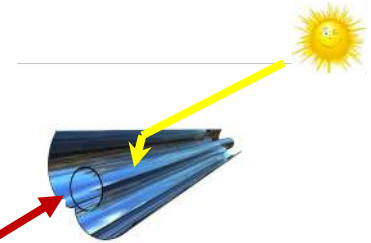
Efluentes industriales
(mg L⁻¹ – g L⁻¹)



Mineralización



Reactores CPC



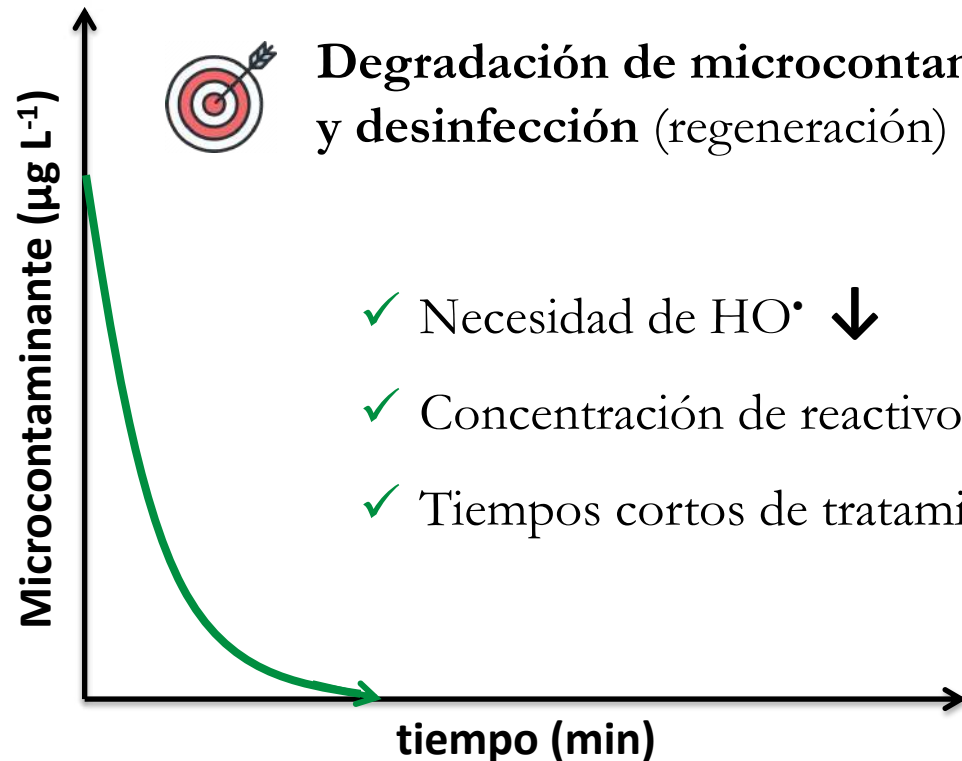
5 cm diámetro de tubo
Volumen/Área ~ 12 L m⁻²
Vi/Vt ~ 90%
Coste de instalación ~ 400 € m⁻²

Efluentes de EDAR municipales
(ng L^{-1} – $\mu\text{g L}^{-1}$)



Degradación de microcontaminantes
y desinfección (regeneración)

- ✓ Necesidad de $\text{HO}^\bullet$ ↓
- ✓ Concentración de reactivos ↓
- ✓ Tiempos cortos de tratamiento

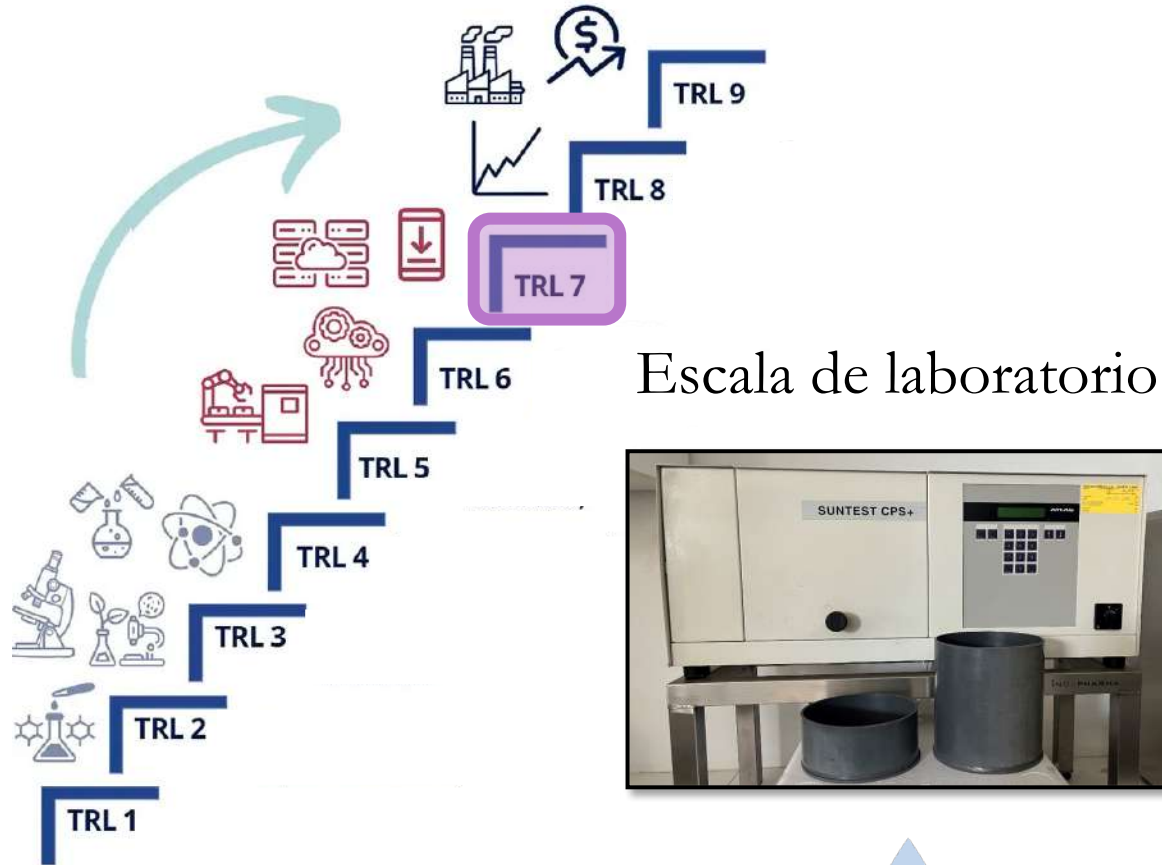


Reactores tipo *raceway*



Profundidad de líquido 5 - 20 cm
Volumen/Área 50 - 200 L m^{-2}
 $V_i/V_t \sim 100\%$
Coste de instalación $\sim 10 \text{ € m}^{-2}$

Foto-Fenton solar en reactores tipo *raceway*



Profundidad de líquido 5 cm - 15 cm
(0,5 L - 2 L)

Escala piloto



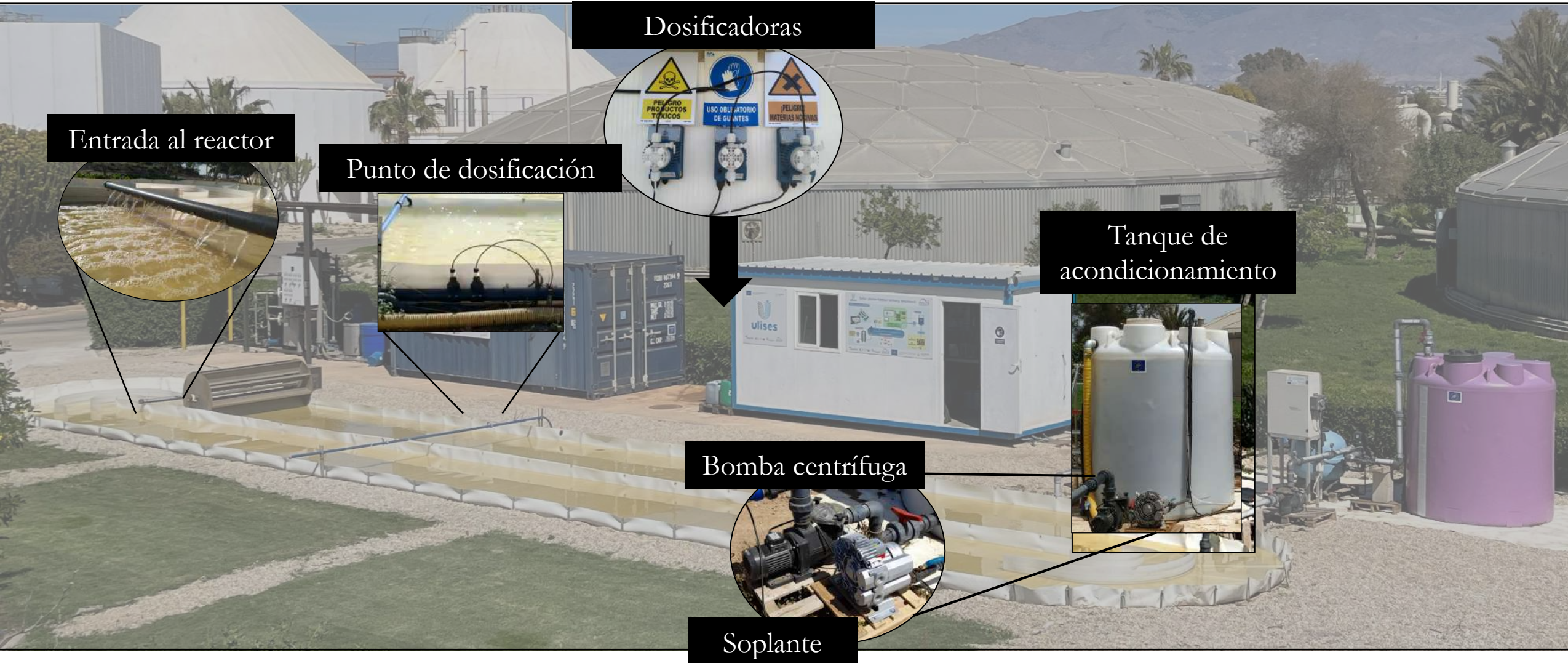
5 cm - 10 cm
(19 L - 80 L)

Escala demostrativa



18 cm, 100 m²
18000 L

Operación en flujo continuo



Operación en flujo continuo



Operación en flujo continuo

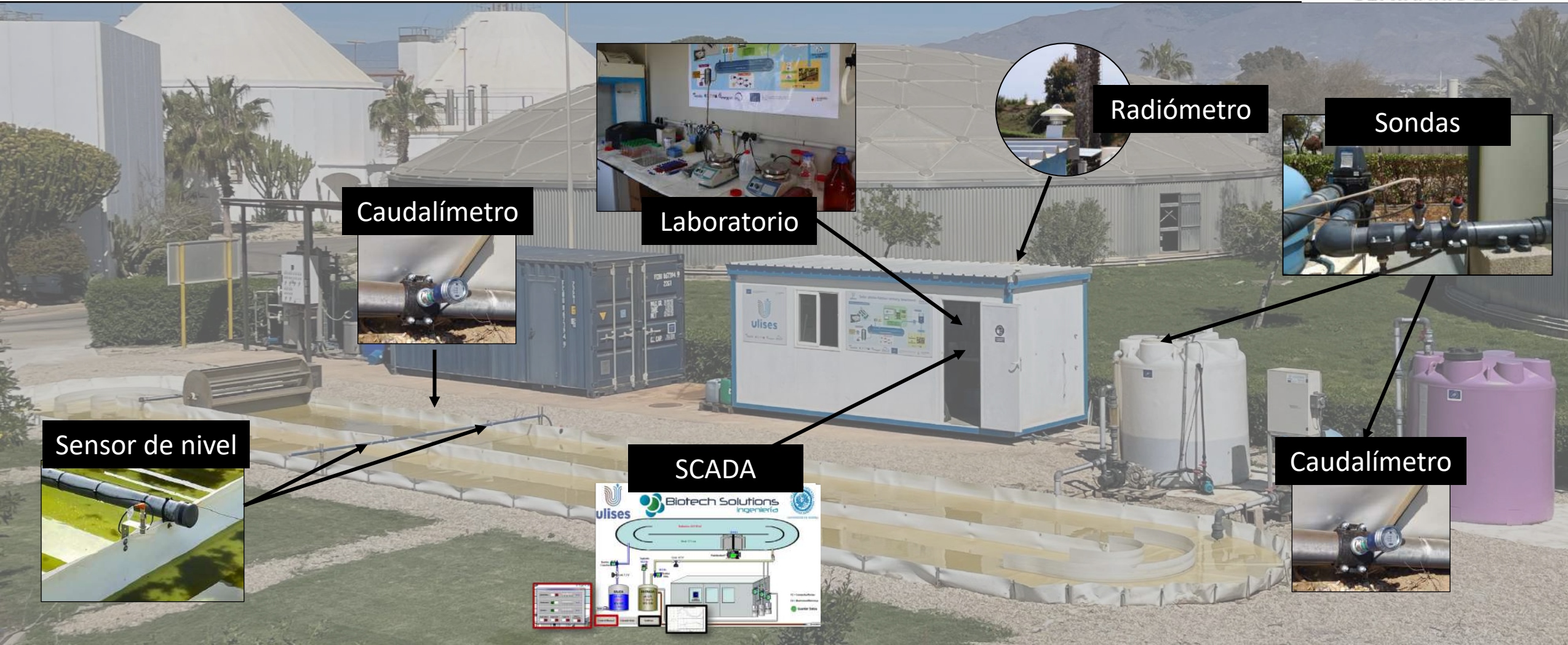


Foto-Fenton solar a escala demostrativa



Matrices de agua a tratar

EDAR experimental campus UAL
Universidad de Almería

Entre 1000 - 2.000 h.e.



EDAR urbana
EDAR El Bobar

321.000 h.e.



EDAR rural

EDAR Uleila del Campo

2.600 h.e.



EDAR periurbana

EDAR El Toyo

52.000 h.e.



Foto-Fenton solar a escala demostrativa

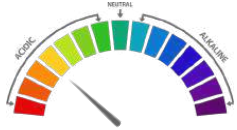


Matrices de agua a tratar

EDAR experimental campus UAL
Universidad de Almería

Entre 1000 - 2.000 h.e.

**Estrategia
pH 2.8**



EDAR urbana
EDAR El Bobar

321.000 h.e.



Microalgas + FFS



foto-Fenton solar (FFS)

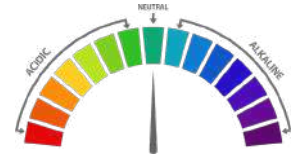
EDAR rural

EDAR Uleila del Campo

2.600 h.e.



**Estrategia
pH neutro**



**Cloro-FFS
(CFFS)**

EDAR periurbana

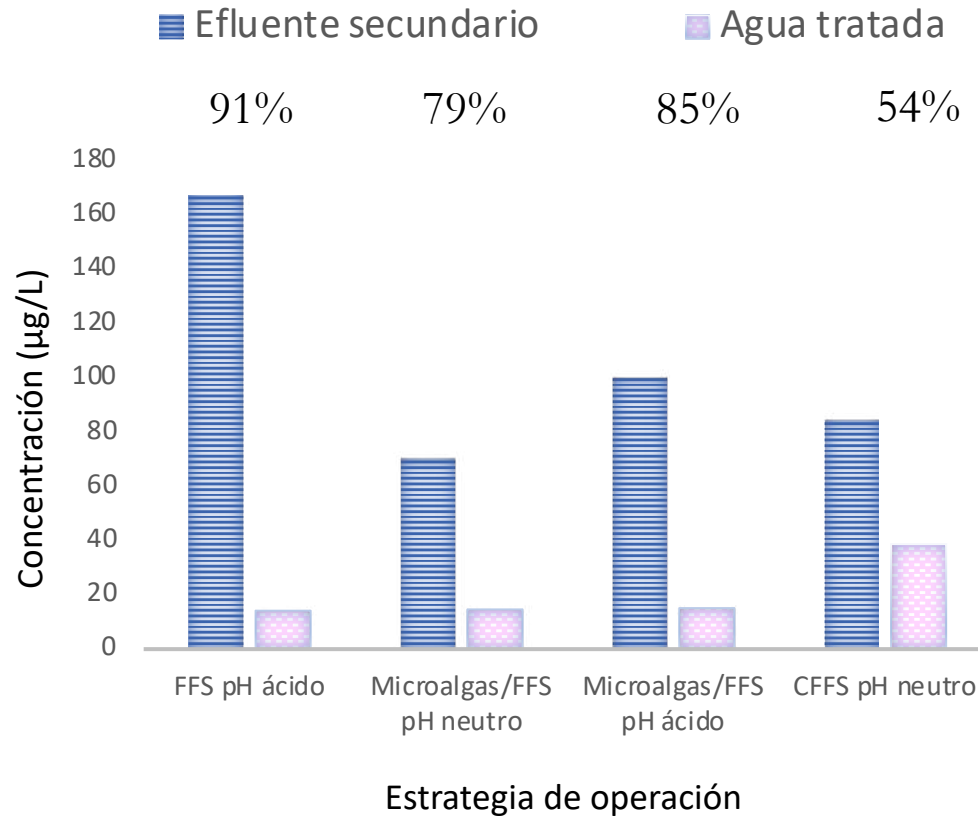
EDAR El Toyo

52.000 h.e.



**Microalgas
+ FFS**



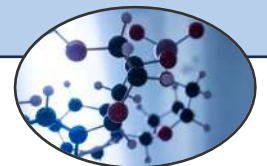


Técnica analítica

UHPLC-QqLIT-MS/MS



Seguimiento de
150 compuestos



✓ Más del 50% de eliminación de la carga total de microcontaminantes

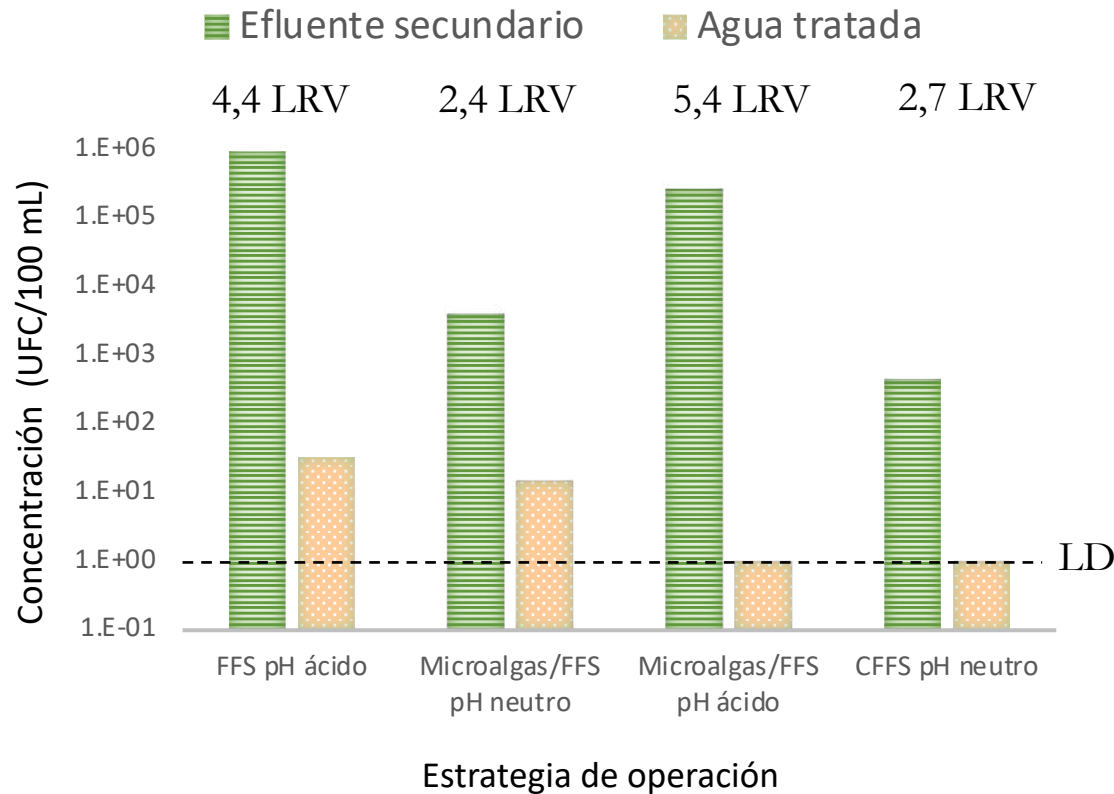
CATEGORIA 1: Amisulprid (90%), Carbamazepina (96%), Citalopram (89%), Metoprolol (99%), Claritromicina (78%)

CATEGORIA 2: Benzotriazol (92%), Irbesartán (95%)

Inactivación de patógenos



Escherichia coli



Técnica analítica

Filtración por membrana



Limite de detección (DL): 1 UFC/100 mL

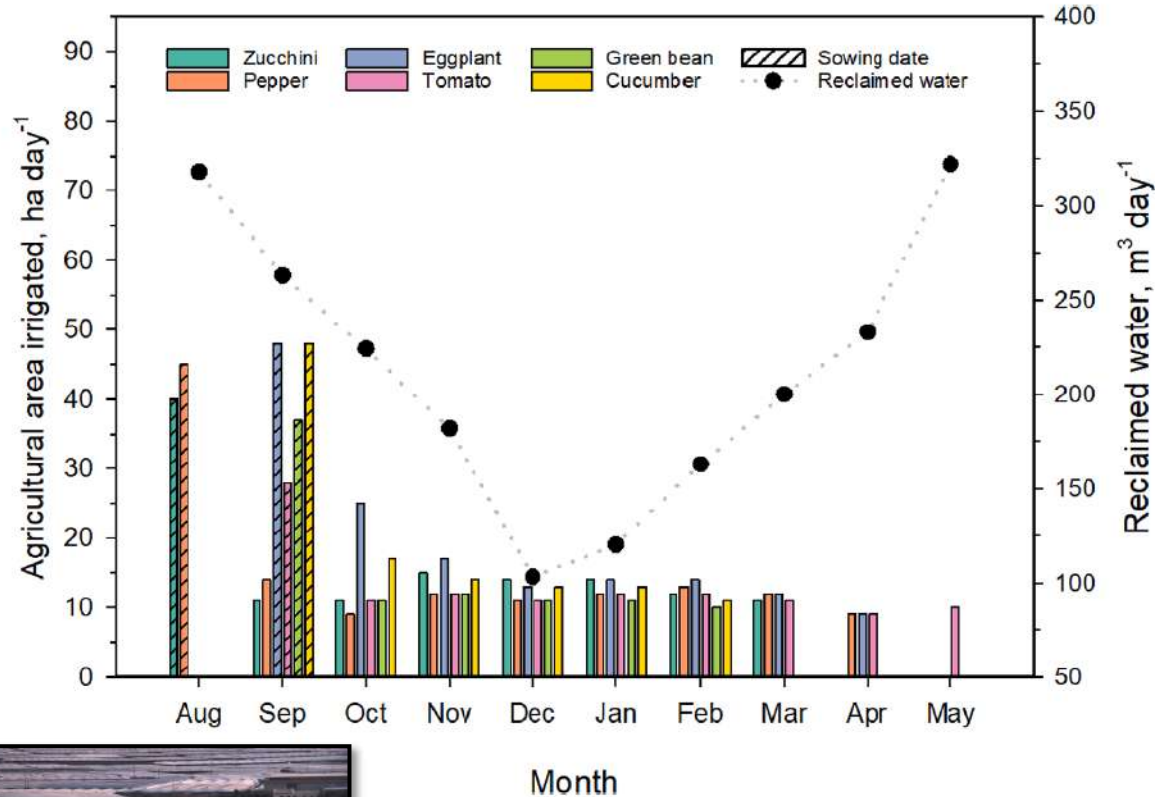
Escherichia coli

ISO 9308-1: 2014



- ✓ El sistema alcanza los requerimientos mínimos exigidos en la Clase B – UE 2020/741.
- ✓ Posibilidad de alcanzar la clase más restrictiva (Clase A), ajustando los parámetros de operación.

Agua regenerada en una planta de foto-Fenton solar



Objetivo de tratamiento

80% Eliminación
microcontaminantes



Consumo eléctrico:
 $0,16 \text{ kWh m}^{-3}$



Costes de tratamiento
promedio anual:
 $0,27 \text{ € m}^{-3}$

Un reactor de 100 m^2 puede regenerar agua para satisfacer las necesidades diarias de 10 ha de cultivos en invernadero.

Conclusiones

1. Los resultados en las diferentes plantas demostrativas de foto-Fenton solar muestran su robustez en la **eliminación simultánea de microcontaminantes y patógenos**.
2. Operando en **flujo continuo** se alcanza una capacidad de tratamiento promedio anual de $2,3 \pm 0,7 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{día}^{-1}$.
3. El proceso es compatible con las necesidades hídricas de los cultivos, con unos **costes** de tratamiento **competitivos** para la regeneración de aguas residuales.
4. La información generada resulta especialmente valiosa para la **transferencia** de conocimiento a empresas de gestión del ciclo del agua.

¡Gracias por su atención!



ALEJANDRO CABRERA



SARA MIRALLES



SOLAIMA BELACHQER



PAULA SORIANO



JOSÉ LUIS GARCÍA



JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ



JOSÉ LUIS CASAS



GUADALUPE PINNA



ELISABETH GUALDA



DANIEL RODRÍGUEZ



GUILLERMO CABRERA



jsanchez@ual.es



<https://ciesol.com/>

<https://www.ual.com/>



LIFE18 ENV/ES/000165



LIFE19 ENV/ES/000278



PDC2021-121772-I00



TED2021-130458B-100



PLSQ_00330