

# Biofiltración de emisiones odoríferas en EDAR mediante la reutilización de subproductos del ciclo integral del agua

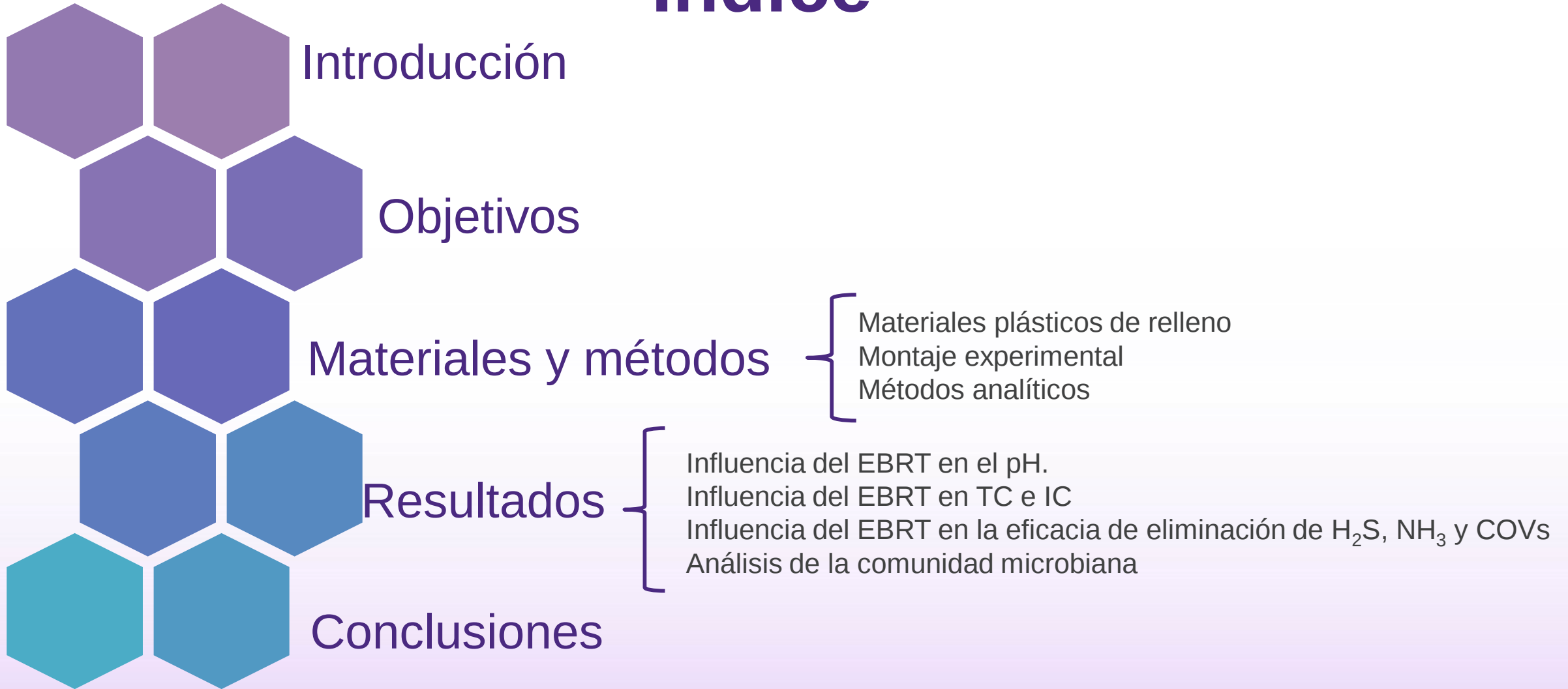
S. Sáez-Orviz, R. Lebrero, L. Terrén, S. Doñate, M. D. Esclapez, L. Saúco y R. Muñoz

 [sara.saez@uva.es](mailto:sara.saez@uva.es)  [raquel.lebrero@uva.es](mailto:raquel.lebrero@uva.es)  [raul.munoz.torre@uva.es](mailto:raul.munoz.torre@uva.es)

5 de noviembre de 2024



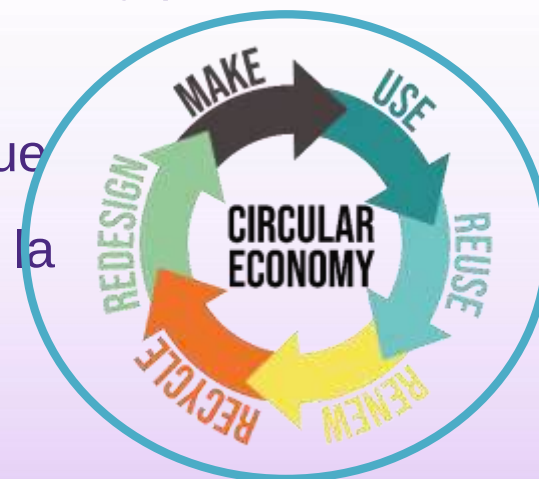
# Índice



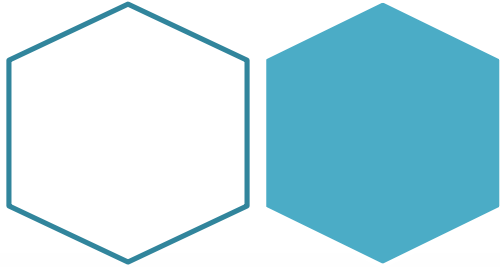
# Introducción



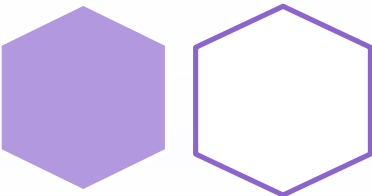
- Los olores de las EDAR se componen de una mezcla de diversos compuestos químicos ( $H_2S$ ,  $NH_3$  y COVs). Estos compuestos causan molestias desagradables y algunos de ellos pueden ser tóxicos y causar efectos adversos para la salud.
- Las tecnologías biológicas de tratamiento de olores son la alternativa más rentable y respetuosa con el medio ambiente , siendo los biofiltros percoladores (BTF) una opción muy prometedora.
- La selección del material de relleno sigue siendo una variable crítica, ya que los materiales son costosos y requieren reemplazos frecuentes, afectando la sostenibilidad del proceso.



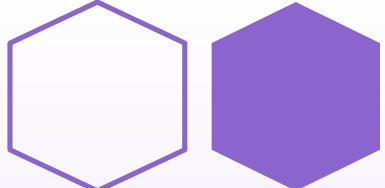
# Objetivos

A cluster of three hexagons: one white with a teal outline, one solid teal, and one solid purple.

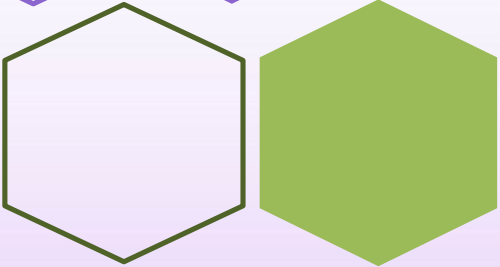
**Desarrollar y validar materiales plásticos obtenidos a partir de subproductos plásticos producidos en las propias EDAR para su uso como relleno en biofiltros percoladores (BTF) para la reducción de emisiones odoríferas**

A cluster of two hexagons: one solid purple and one white with a purple outline.

Evaluación del comportamiento de tres materiales plásticos diferentes en la eliminación de  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  y VOCs a diferentes tiempos de residencia del gas (30 a 6 s)

A cluster of two hexagons: one white with a purple outline and one solid purple.

Análisis de la estructura microbiana establecida en los tres materiales plásticos de relleno

A cluster of two hexagons: one white with a green outline and one solid green.

**Reducir los residuos y fomentar la economía circular en el sector del tratamiento de aguas residuales**

# Materiales y métodos

## ○ Materiales plásticos de relleno:



ERP

Materiales plásticos reciclados extrusionados en forma de carrier comercial optimizado



PR

Anillos plásticos comerciales *Pall Ring*

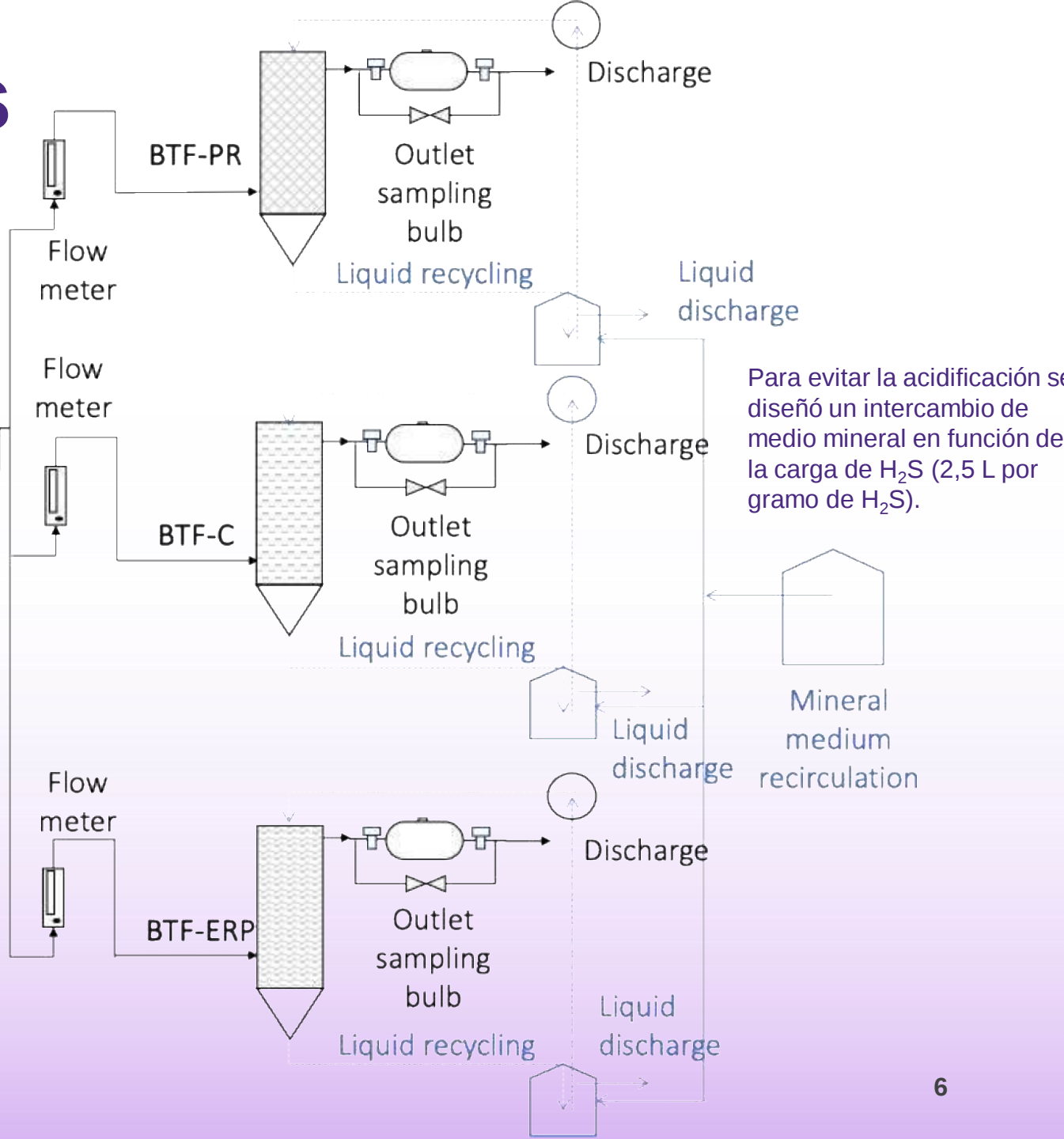


C

Materiales plásticos reciclados (1-3 cm) (tapones)

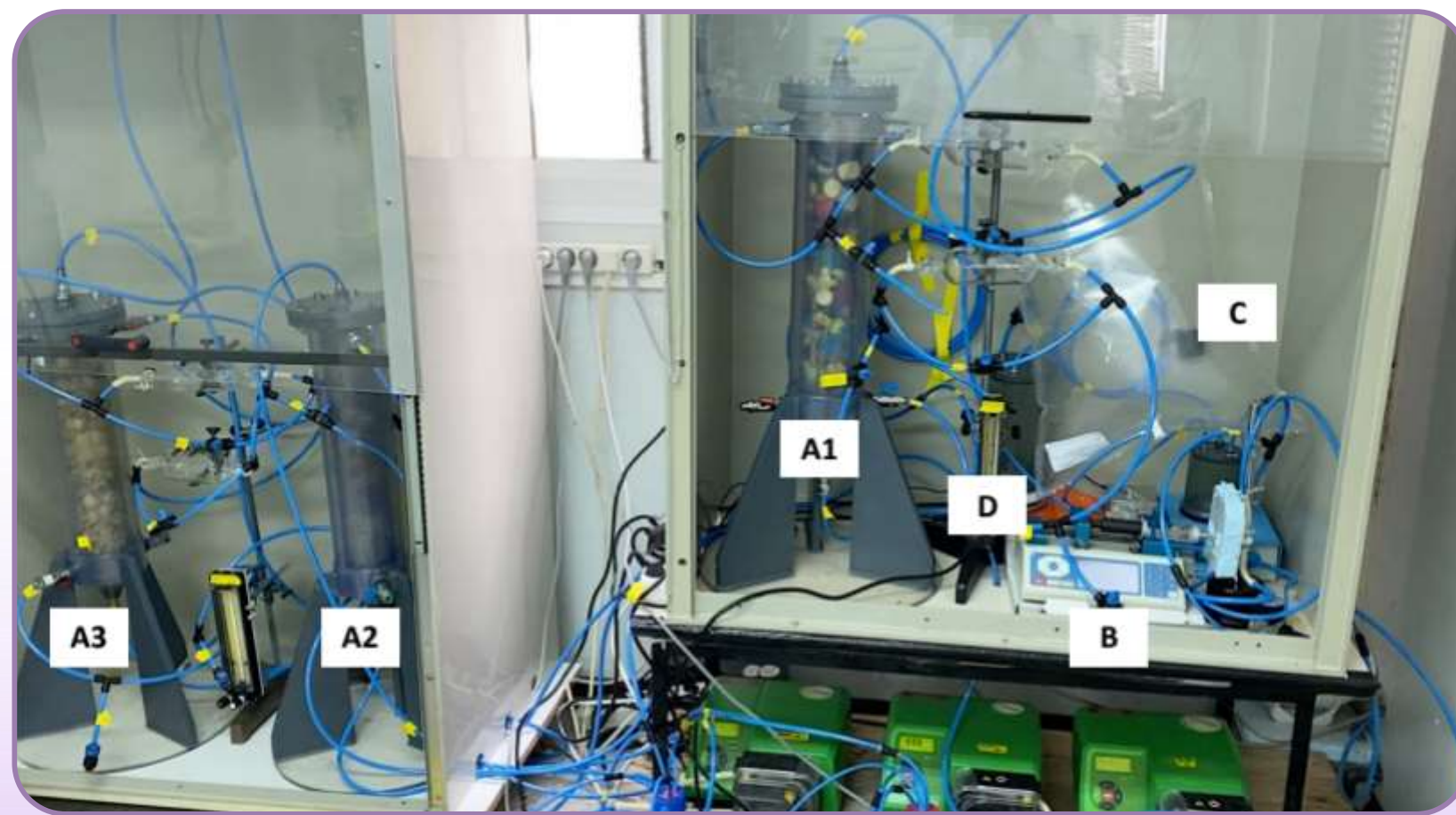
| Material plástico de relleno | Diámetro(mm) | Altura (mm) | Espacio libre (%) | Densidad(g/L) | Superficie específica (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------|--------------|-------------|-------------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| ERP                          | 25           | 25          | 34                | 720           | 1606-1610                                               |
| PR                           | 25           | 25          | 90                | 48            | 175-209                                                 |
| C                            | 30           | 13          | 90                | 920           | 280-290                                                 |

## ○ Diagrama del proceso:



# Materiales y métodos

## ○ Montaje experimental:



**(A1)-** BTF-C **(A2)-** BTF-PR **(A3)-** BTF-ERP

**(B)-**  $\text{NH}_3$  líquido, tolueno y  $\alpha$ -pineno introducidos en la corriente de gas mediante una bomba de jeringa

**(C)-** Mezcla de gas  $\text{H}_2\text{S}:\text{N}_2$  introducida en la corriente de gas desde una bolsa Tedlar de 25 L

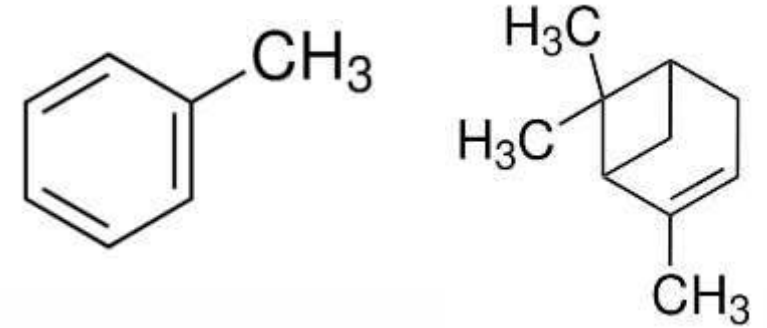
**(D)-** Cámara de mezcla

# Materiales y métodos

## Corriente gaseosa a tratar:

Composición similar a la EDAR de Sagunto (Valencia)

25 ppm<sub>v</sub> **H<sub>2</sub>S**, 27 ppm<sub>v</sub> **NH<sub>3</sub>** y 2,5 mg/m<sup>3</sup> de **tolueno** y **α-pineno**



## Medio mineral: composición similar al efluente de la EDAR

| (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mg/L) | K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·3H <sub>2</sub> O (mg/L) | NaHCO <sub>3</sub> (g/L) | Glucosa (mg/L) | pH  |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|-----|
| 66,04                                                               | 14,70                                                     | 1,6*                     | 68,45          | 7,9 |

\*A los 16 días se duplicó la cantidad de bicarbonato por demanda microbiana

○ **Inoculación:** 1 L de lodo activo ○ **Velocidad de recirculación de los BTF:** 5 m/h **T<sup>a</sup>:**25°C

○ **4 EBRTs ensayados:** 30, 15, 10 y 6 s ○ **Tiempo de experimentación:** 92 días

# Materiales y métodos

## ○ Métodos analíticos:

El  $\text{H}_2\text{S}$  y el  $\text{NH}_3$  se cuantificaron con el Dräger X-am 5000



Los COVs se muestrearon con fibrillas SPME y se inyectaron en un GC-FID

El TOC, IC y TN se midieron con un analizador TOC-VCSH



$\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  se determinaron mediante HPLC-IC



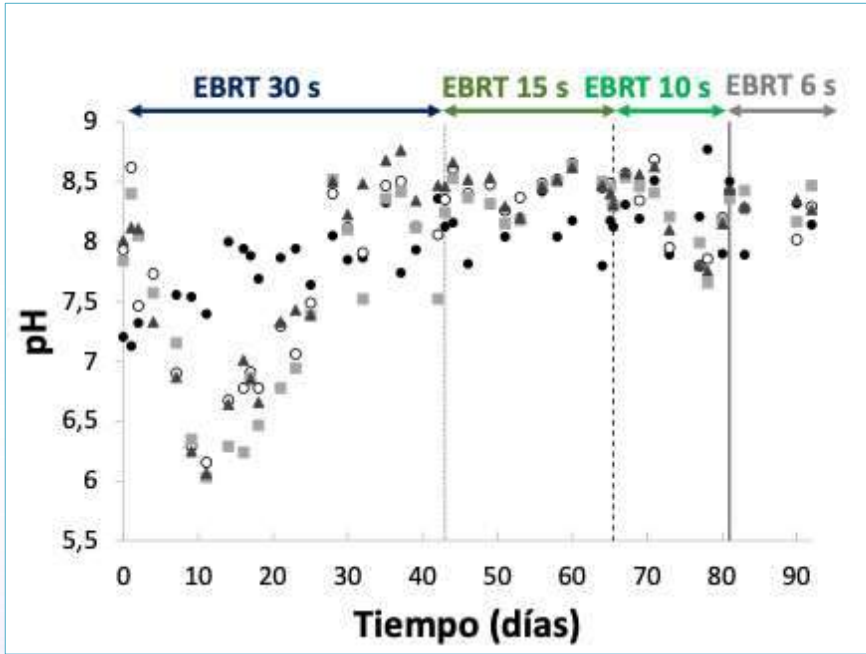
Pérdida de carga (mm de  $\text{H}_2\text{O}$ ) y formación de biopelícula

Análisis de la comunidad microbiana



# Resultados

## Influencia del EBRT en el pH



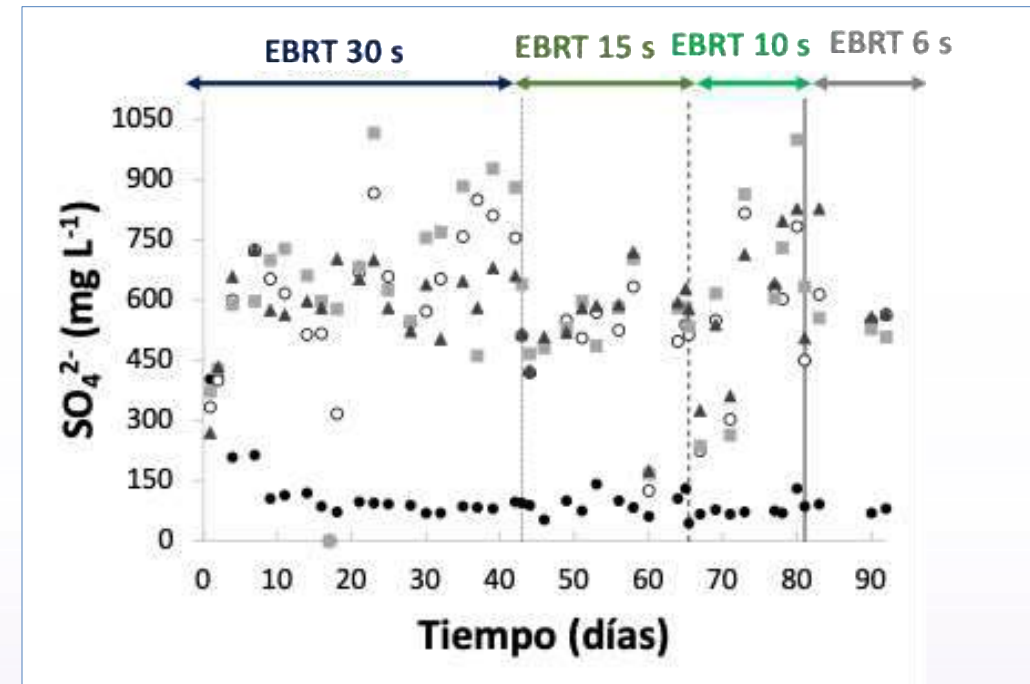
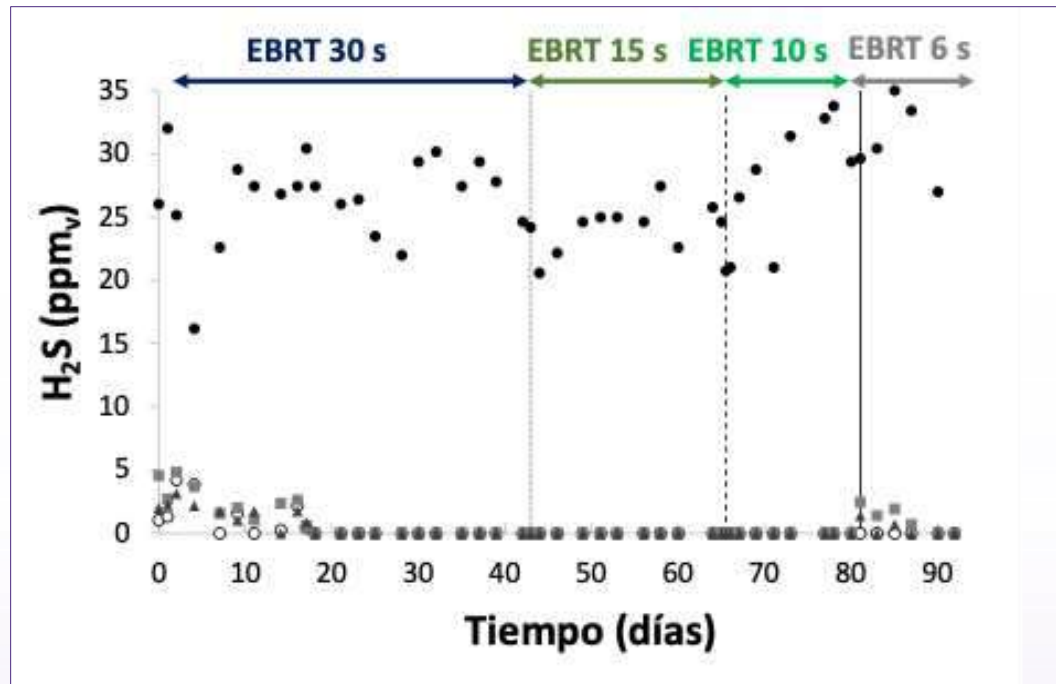
(●) Medio mineral, (■) BTF-PR, (▲) BTF-C y (○) BTF-ERP

- La bajada inicial se debería a la oxidación rápida de  $\text{H}_2\text{S}$  a sulfato, de amoníaco a nitratos y a la baja capacidad de *buffering* del medio.
- Tras duplicar la cantidad de bicarbonato, el pH se estabilizó.
- pH óptimo para el crecimiento de bacterias que degradan COVs y bacterias oxidadoras de  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{S}$ .
- No hubo limitación de carbono inorgánico.

## Influencia del EBRT en la pérdida de carga

- La pérdida de carga fue menor de 100 mm  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}$  en todos los EBRT

# Resultados Influencia del EBRT en la eliminación de $\text{H}_2\text{S}$

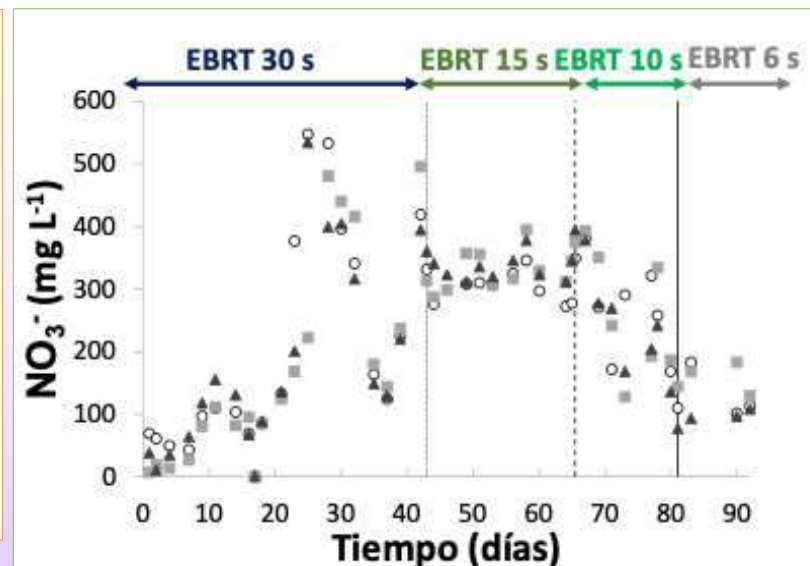
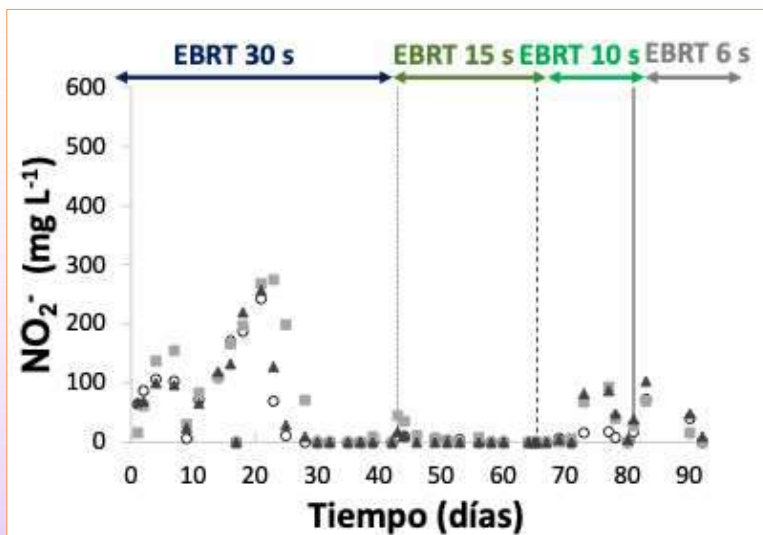
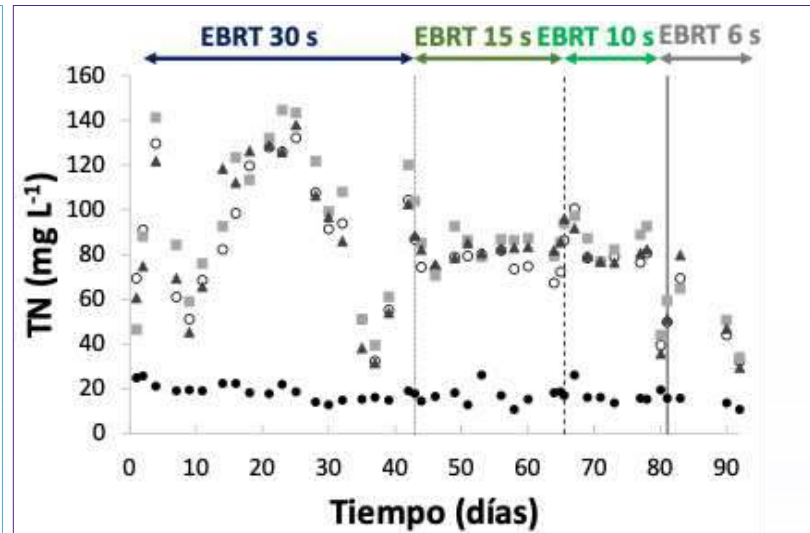
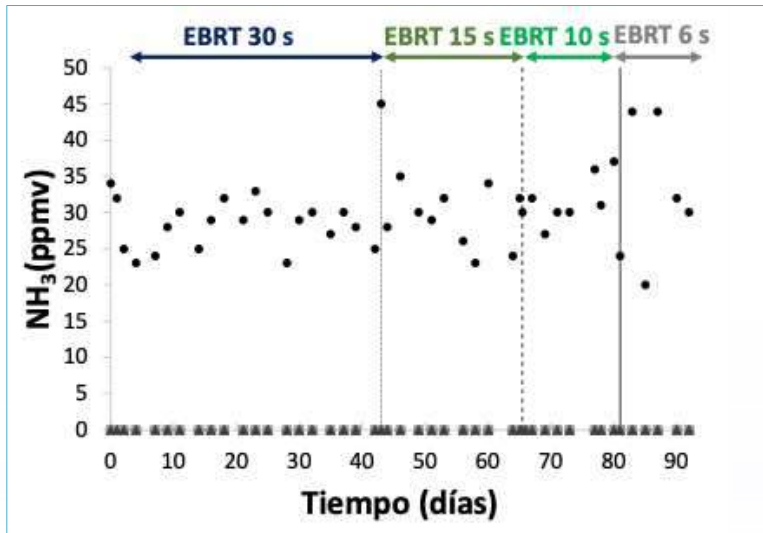


(●) Entrada, (■) BTF-PR, (▲) BTF-C y (○) BTF-ERP

- Se obtuvo un 100% de eficacia de eliminación en todos los EBRT con los 3 materiales de relleno.
- Las bacterias oxidadoras de azufre (SOB) transformaron el  $\text{H}_2\text{S}$  en sulfatos.

- En los EBRT de 15 s y 10 s apareció en la biopelícula un precipitado  $\text{S}^0$

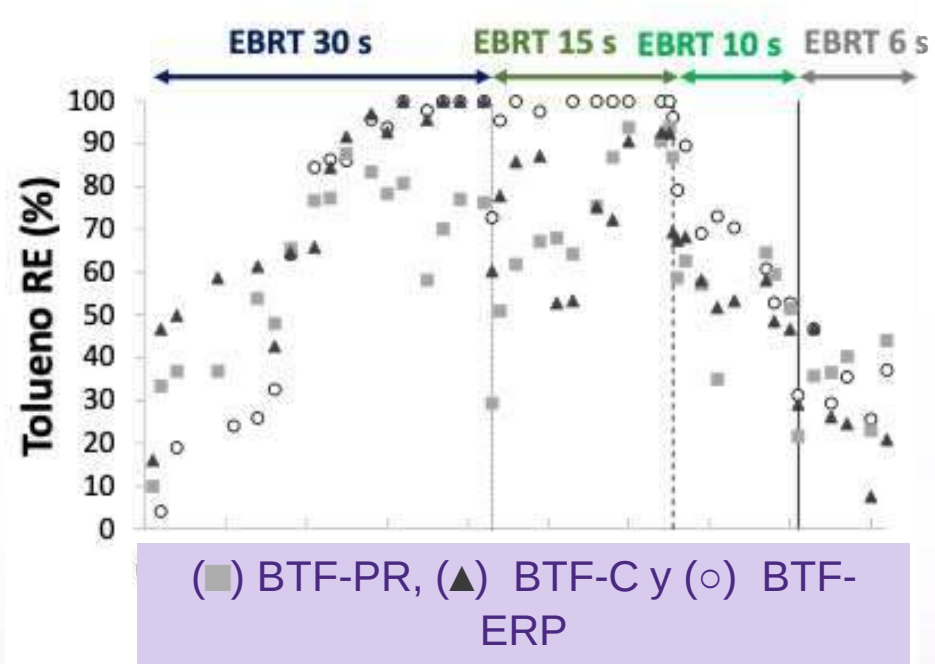
# Resultados Influencia del EBRT en la eliminación de $\text{NH}_3$



- Se obtuvo un 100% de eficacia de eliminación en todos los EBRT con los 3 materiales de relleno.
- Las mayores fluctuaciones se observaron en el EBRT de 30 s.
- Hubo una buena actividad de las bacterias nitrificantes

# Resultados

## Influencia del EBRT en la eliminación de tolueno



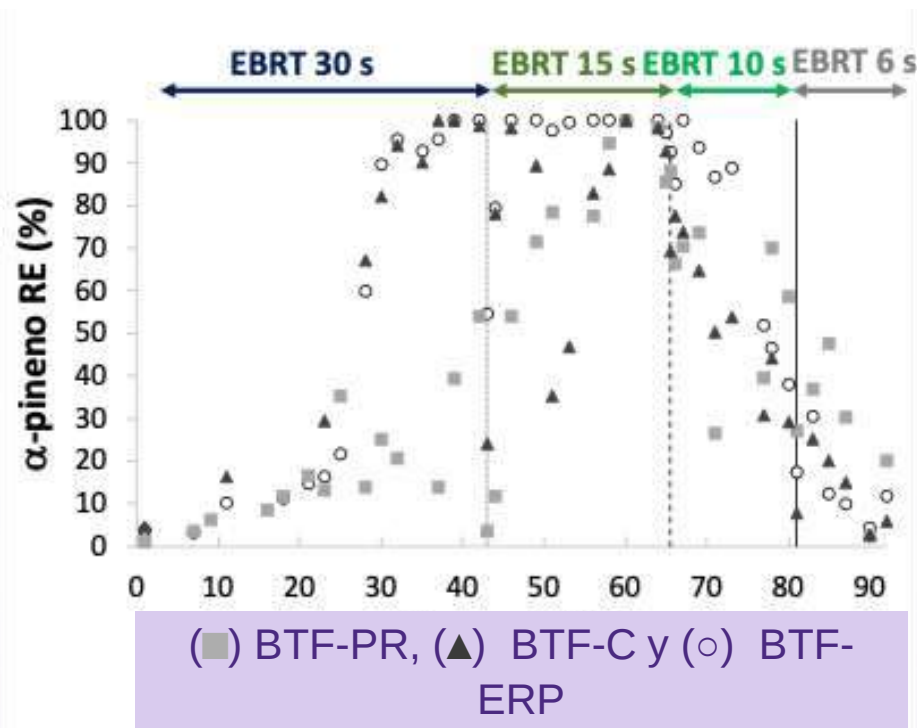
Capacidad de eliminación de tolueno en el estado estacionario (g/ m<sup>3</sup> h)

| EBRT (s) | BTF-PR                   | BTF-C                    | BTF-ERP                  |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 30       | 0.29 ± 0.04 <sup>a</sup> | 0.41 ± 0.05 <sup>b</sup> | 0.41 ± 0.05 <sup>b</sup> |
| 15       | 0.53 ± 0.04 <sup>a</sup> | 0.51 ± 0.06 <sup>a</sup> | 0.59 ± 0.01 <sup>b</sup> |
| 10       | 0.48 ± 0.09 <sup>a</sup> | 0.48 ± 0.04 <sup>a</sup> | 0.57 ± 0.08 <sup>a</sup> |
| 6        | 0.54 ± 0.10 <sup>a</sup> | 0.38 ± 0.19 <sup>b</sup> | 0.53 ± 0.08 <sup>a</sup> |

- El estado estacionario se alcanzó a los 28 días de operación en el BTF-ERP y BTF-C con un 100% de RE. BTF-PR sólo obtuvo un RE del 76,5 ± 0,4%.
- Para el EBRT de 15 s se obtuvieron RE de 100 % en BTF-ERP; 92,6 ± 0,08 % en BTF-C y 92,6 ± 1,45 % en BTF-PR.
- A partir del EBRT de 10 s, se produjo una disminución en la eliminación de tolueno.

# Resultados

## Influencia del EBRT en la eliminación de $\alpha$ -pineno



Capacidad de eliminación de pineno en el estado estacionario (g/m<sup>3</sup> h)

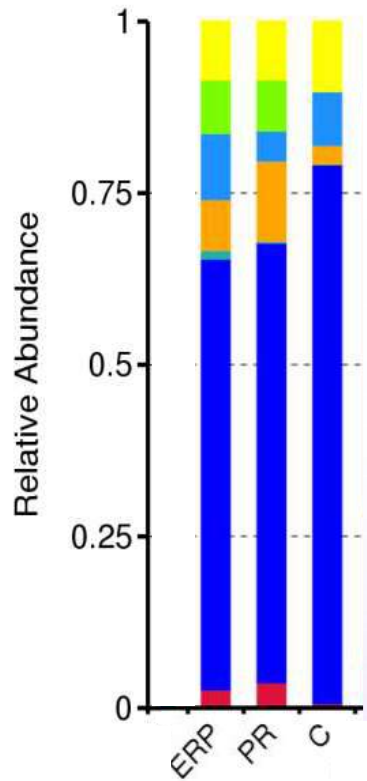
| EBRT (s) | BTF-PR                   | BTF-C                    | BTF-ERP                  |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 30       | 0.25 ± 0.04 <sup>a</sup> | 0.54 ± 0.01 <sup>b</sup> | 0.51 ± 0.02 <sup>b</sup> |
| 15       | 0.78 ± 0.08 <sup>a</sup> | 0.80 ± 0.06 <sup>a</sup> | 0.87 ± 0.04 <sup>a</sup> |
| 10       | 0.61 ± 0.02 <sup>a</sup> | 0.35 ± 0.14 <sup>b</sup> | 0.54 ± 0.26 <sup>a</sup> |
| 6        | 0.49 ± 0.25 <sup>a</sup> | 0.25 ± 0.15 <sup>a</sup> | 0.23 ± 0.04 <sup>a</sup> |

- El estado estacionario se alcanzó a los 39 días, con una RE de 100 % en BTF-ERP, 98,5 ± 1,5 % en BTF-C y 53,2 ± 0,6 % en BTF-PR.
- Para el EBRT de 15 s se obtuvieron RE de 100 % en BTF-ERP; 100 % en BTF-C y 93,3 ± 4,6 % en BTF-PR.
- A partir del EBRT de 10 s, se produjo una disminución en la eliminación de pineno.

# Resultados

## Análisis de la comunidad bacteriana

- La mayor parte de los microorganismos pertenecieron a la Clase de las *Gammaproteobacteria*.
- Aunque hubo diferencias entre los BTF, se encontraron géneros comunes



### *Thiobacillus* (SOB)

18,15 % BTF-ERP  
25,79 % BTF-PR  
37,20 % BTF-C

### *Thiothrix* (SOB) capaz de almacenar S<sup>0</sup> intracelular

17,59 % BTF-ERP  
2,45 % BTF-PR  
4,69 % BTF-C

### *Nitrospira*

3,50 % BTF-C

### *Nitrosomas*

0,31 % BTF-PR  
0,31 % BTF-C

### *Mycobacterium* (degradadora de COVs)

0,87 % BTF-ERP  
0,61 % BTF-PR  
0,88 % BTF-C

### *Pseudoxanthomonas* (degradadora de tolueno)

0,83 % BTF-ERP  
22,50 % BTF-PR  
0,18 % BTF-C



INSTITUTE OF SUST

Others  
Anaerolineae  
Bacteroidia  
Alphaproteobacteria  
Bacilli  
Gammaproteobacteria  
Actinobacteria

# Conclusiones



Se consiguió una eliminación completa de  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$  independientemente del material de relleno utilizado con EBRTs de 30 a 6 s en BTFs.

En todos los materiales de relleno ensayados también se registraron eficacias de eliminación superiores al 90% con EBRs de 30 y 15 s en BTFs.

El mejor rendimiento se obtuvo con BTF-ERP, alcanzando una eliminación del 100% para tolueno y  $\alpha$ -pineno a EBRTs de 30 y 15 s.

Esta investigación demostró la viabilidad de un concepto innovador basado en la economía circular dentro del ciclo integral del agua empleando materiales de relleno de plástico reciclados para la reducción de olores usando BTFs.



# Biofiltración de emisiones odoríferas en EDAR mediante la reutilización de subproductos del ciclo integral del agua

S. Sáez-Orviz, R. Lebrero, L. Terrén, S. Doñate, M. D. Esclapez, L. Saúco y R. Muñoz

 [sara.saez@uva.es](mailto:sara.saez@uva.es)  [raquel.lebrero@uva.es](mailto:raquel.lebrero@uva.es)  [raul.munoz.torre@uva.es](mailto:raul.munoz.torre@uva.es)

5 de noviembre de 2024

