

PFAS

Soluciones innovadoras para la remediación de PFAS

Ane Urtiaga

Departamento de Ingenierías Química y Biomolecular
Universidad de Cantabria
ana.urtiaga@unican.es



Soluciones innovadoras para la remediación de PFAS



Lixiviados de vertedero

0.01 - 3 $\mu\text{g/L}$



Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

Rango de concentración orientativo
0.1 – 150 $\mu\text{g/L}$



Efluentes EDARI receptora de emisiones industriales

0.5 – 1500 $\mu\text{g/L}$



Corrientes industriales: fabricación sustancias fluoradas

$10^5 \mu\text{g/L}$



Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

0.1 – 150 µg/L

Muestreo Ellsworth Air Force Base, South Dakota, EEUU ⁽¹⁾
Pozo de extracción en las proximidades de una antigua zona en la que se utilizaron espumas antiincendios AFFF

Analyte	Concentration	Units
Chloride	107	mg/L
Sulfate	1400	mg/L
Nitrate	<0.2	mg/L
Alkalinity	370	mg/L
Conductivity	2500	µmho/cm
TOC	23	mg/L
COD	27	mg/L
pH	7.4	SU
PFBA	3.9	µg/L
PFPeA	13	µg/L
PFHxA	5.7	µg/L
PFHpA	5.9	µg/L
PFOA	13	µg/L
PFNA	<0.70	µg/L
PFDA	<2.0	µg/L
PFUdA	<1.8	µg/L
PFBS	17	µg/L
PFHxS	65	µg/L
PFHpS	2.2	µg/L
PFOS	18	µg/L

ΣPFAS~ 150 µg/L

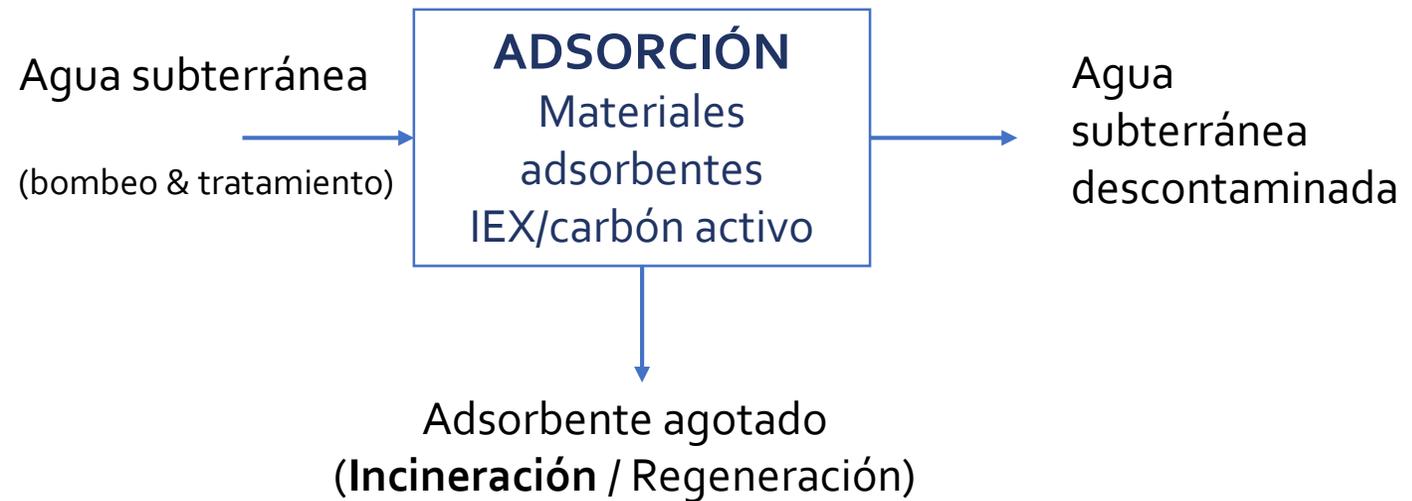
⁽¹⁾ Electrochemical treatment of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) in groundwater impacted by aqueous film forming foams (AFFFs). Schaefer et al. *J. Hazardous Materials* 295 (2015) 170–175.



Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

0.1 – 150 µg/L

Escenario actual

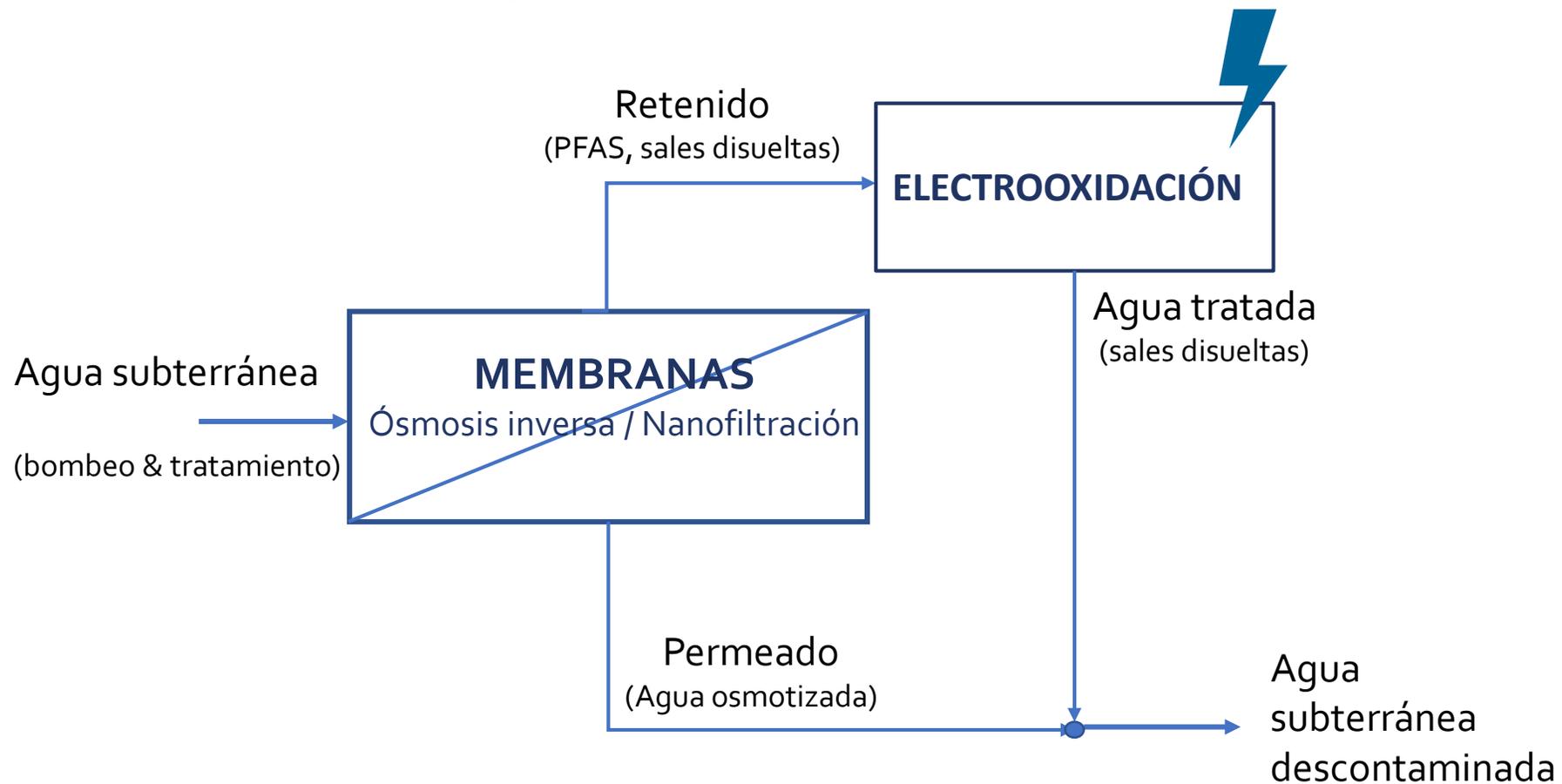




Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

0.1 – 150 µg/L

Escenario avanzado

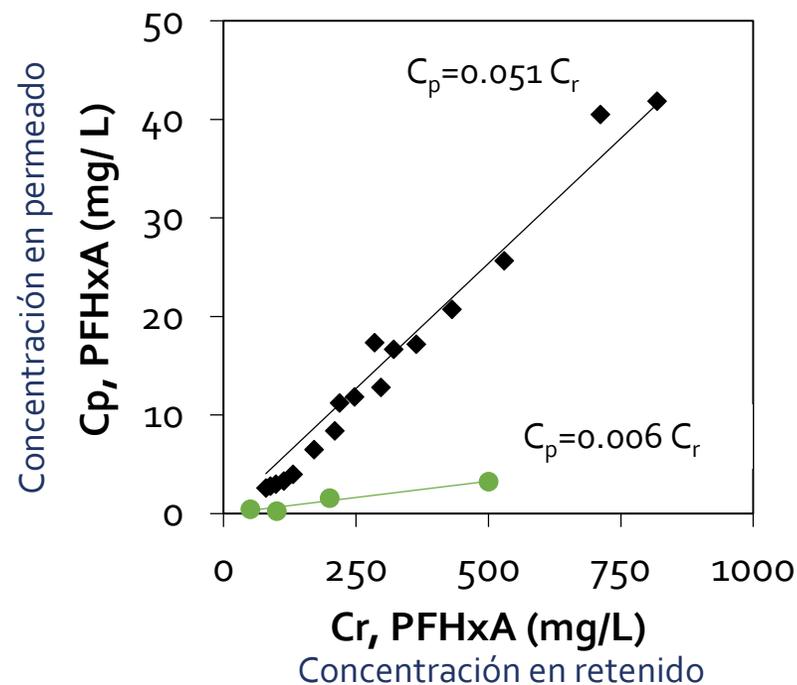
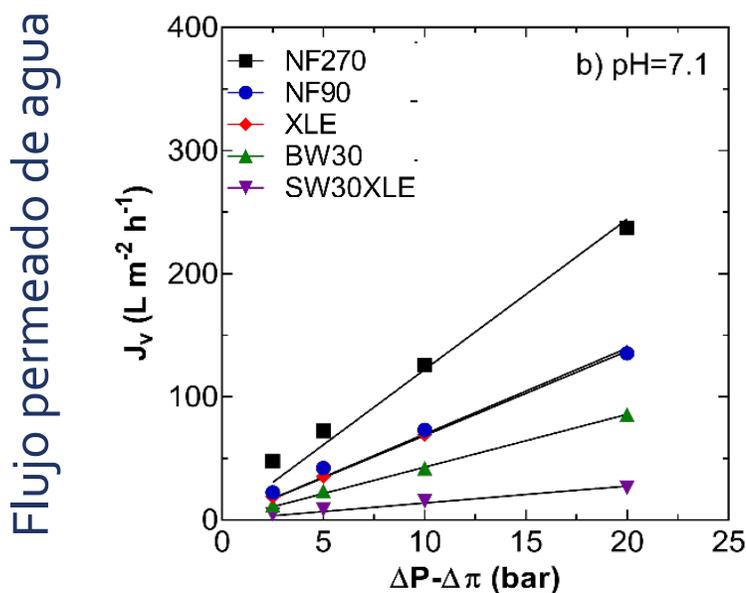
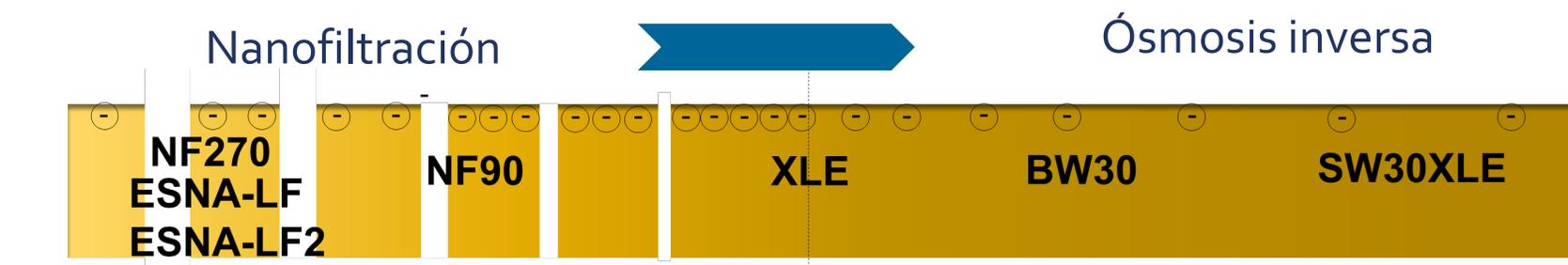


Soluciones innovadoras para la remediación de PFAS

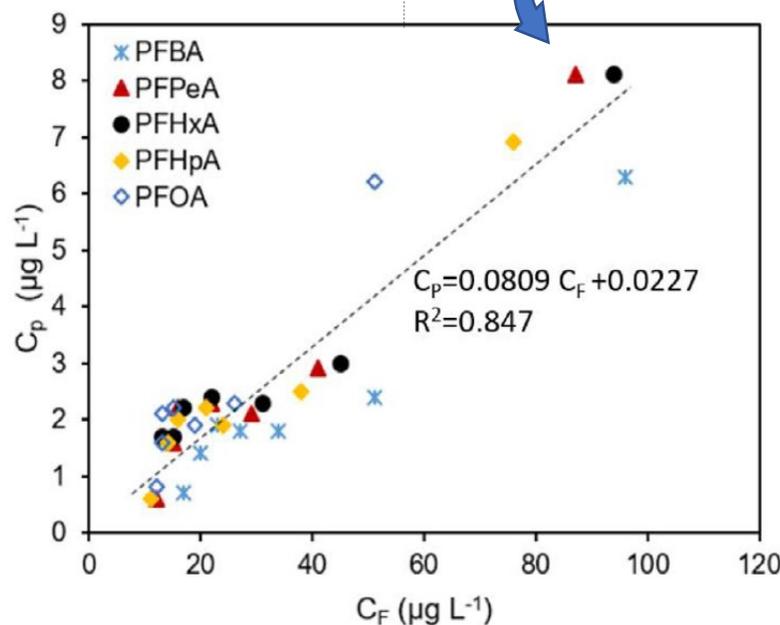
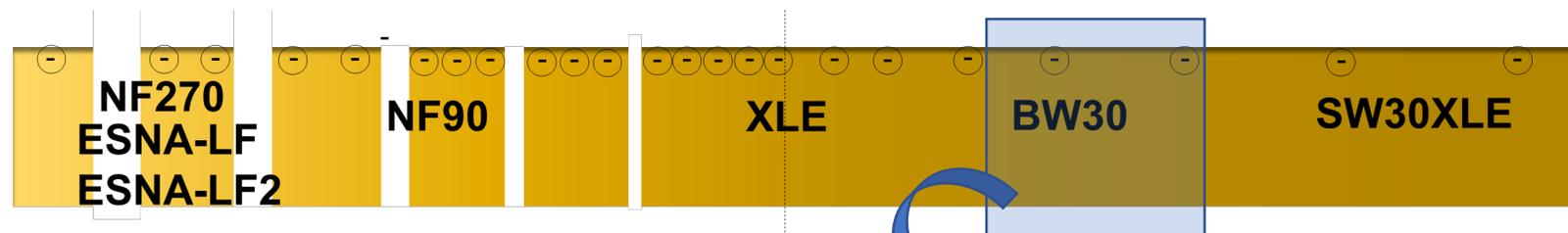


Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

0.1 – 150 µg/L



Ósmosis inversa de aguas subterráneas contaminadas por PFAS



Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

0.1 – 150 µg/L

El rechazo de ácidos perfluoroalquílicos no ve influenciado significativamente por la longitud de la cadena alquílica

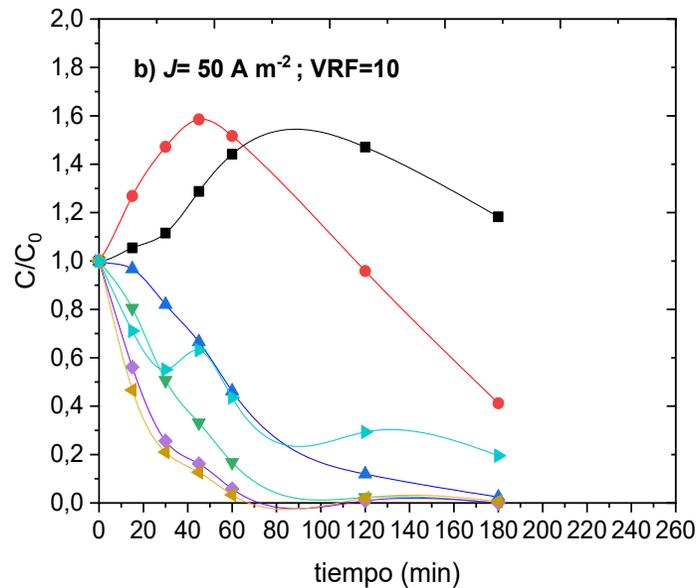


Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

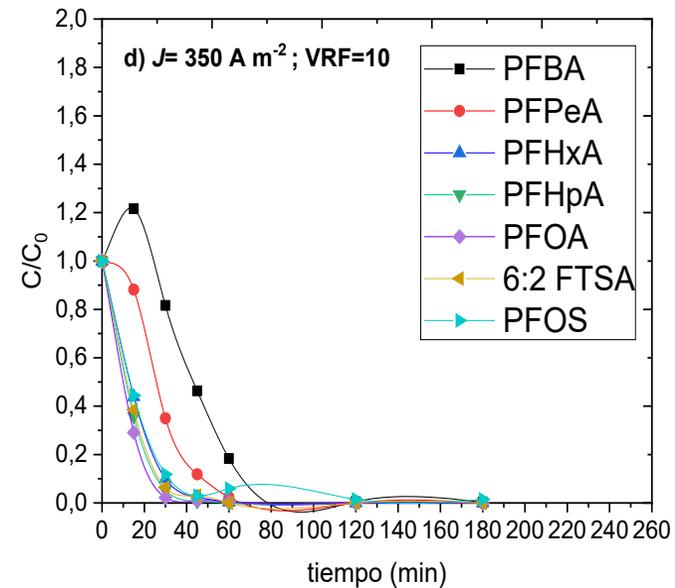
0.1 – 150 µg/L

Electrooxidación del Concentrado de OI

Intensidad de corriente
50 A/m²



Intensidad de corriente
350 A/m²



Los PFASs se eliminan con eficacia > 99%, dando lugar a CO₂ y fluoruro

Diseño Proceso Integrado

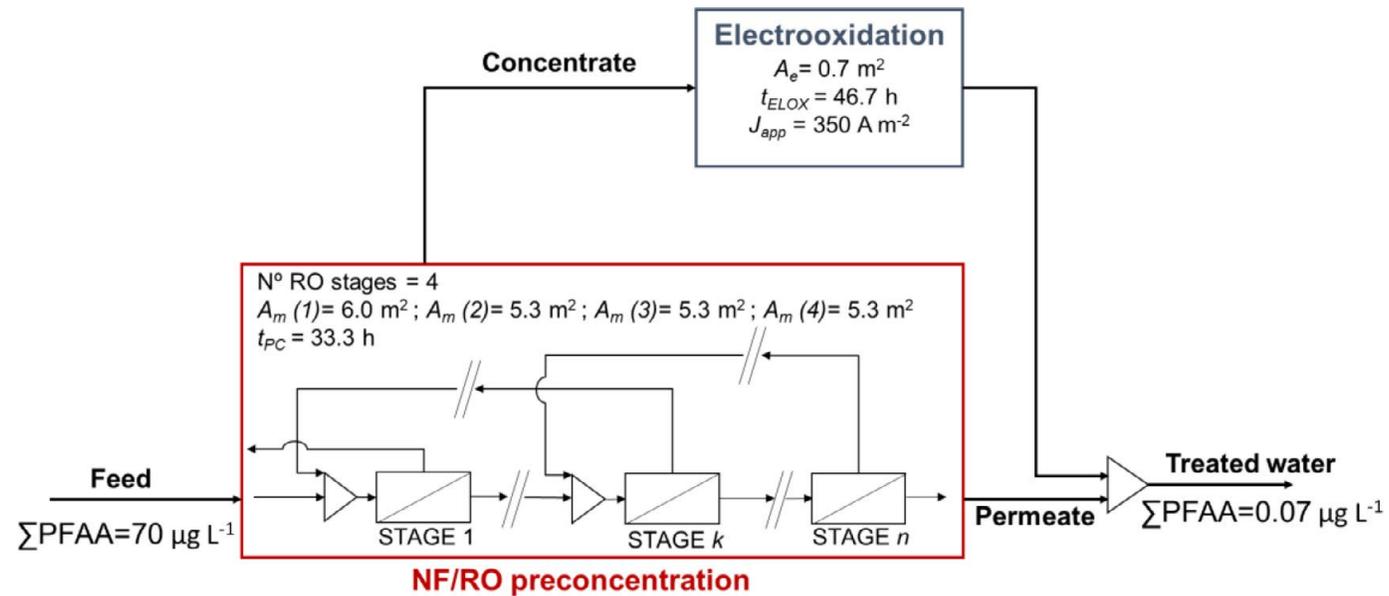
Minimización costes totales

$$TC = CAPEX \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} + OPEX$$



Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

0.1 – 150 µg/L



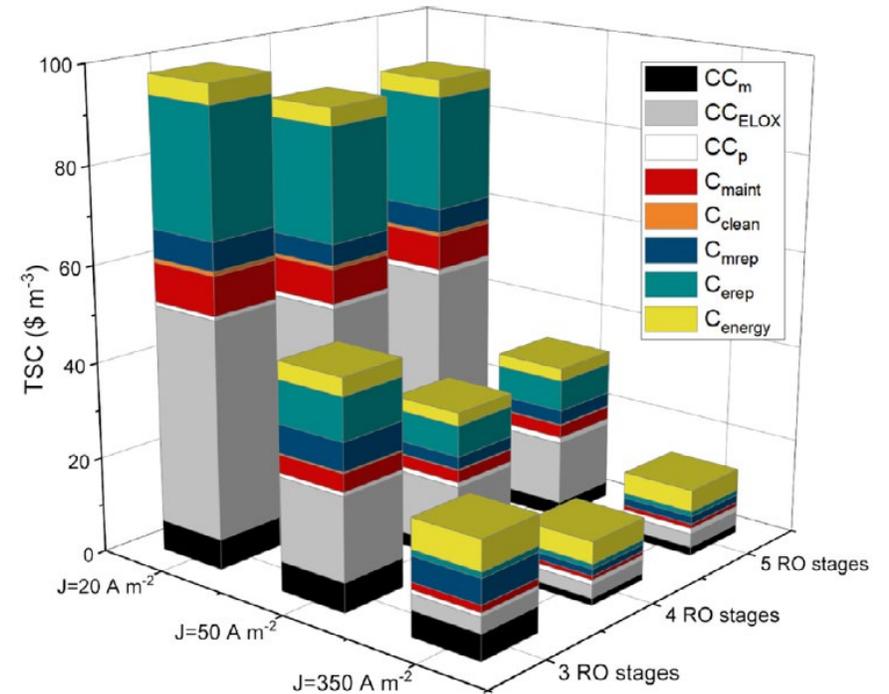
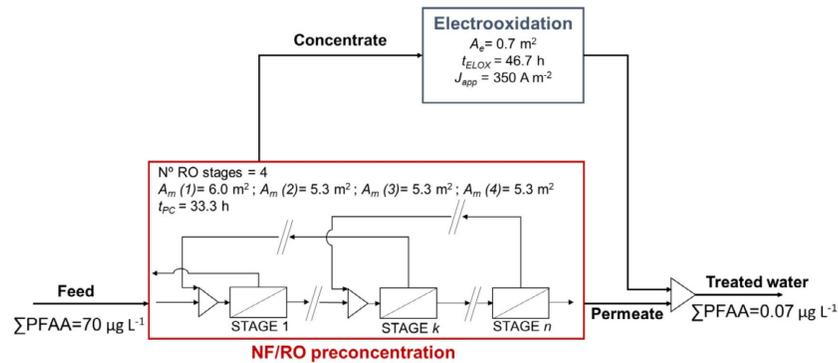
Recomendación
USEPA
Agua Potable

Diseño Proceso Integrado



Aguas subterráneas impactadas por suelos contaminados

0.1 – 150 µg/L

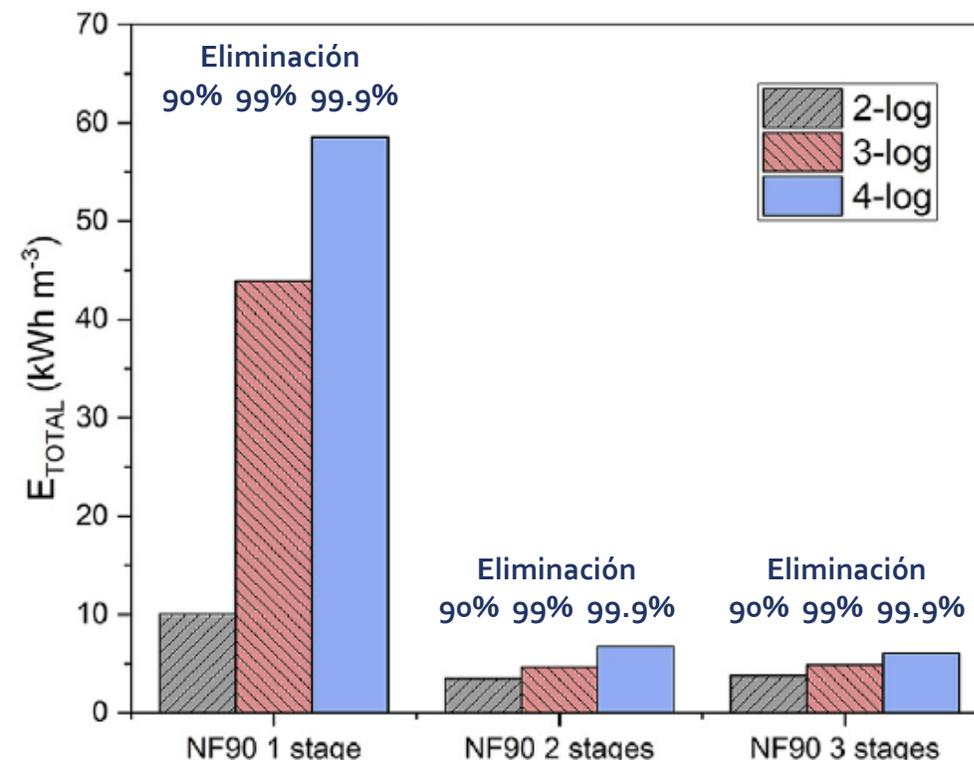




Corrientes industriales:
fabricación
sustancias
fluoradas

$10^5 \mu\text{g/L}$

La pre-concentración con membranas reduce el consumo de energía en un 80%

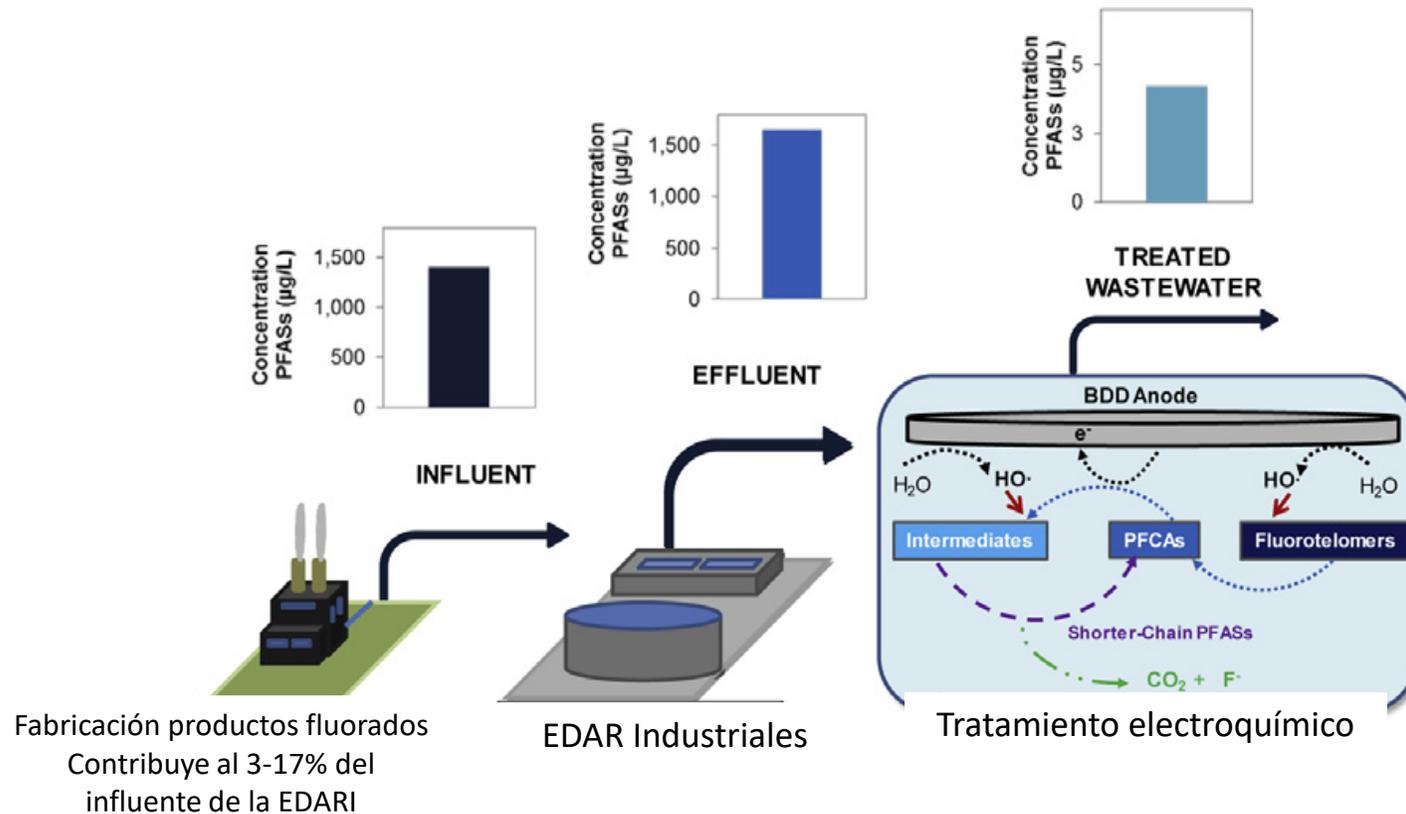




Efluentes EDARI receptora de emisiones industriales

0.5 - 1500 µg/L

Tratamiento de efluente de EDAR receptora de emisiones industriales procedentes de fabricación de productos fluorados

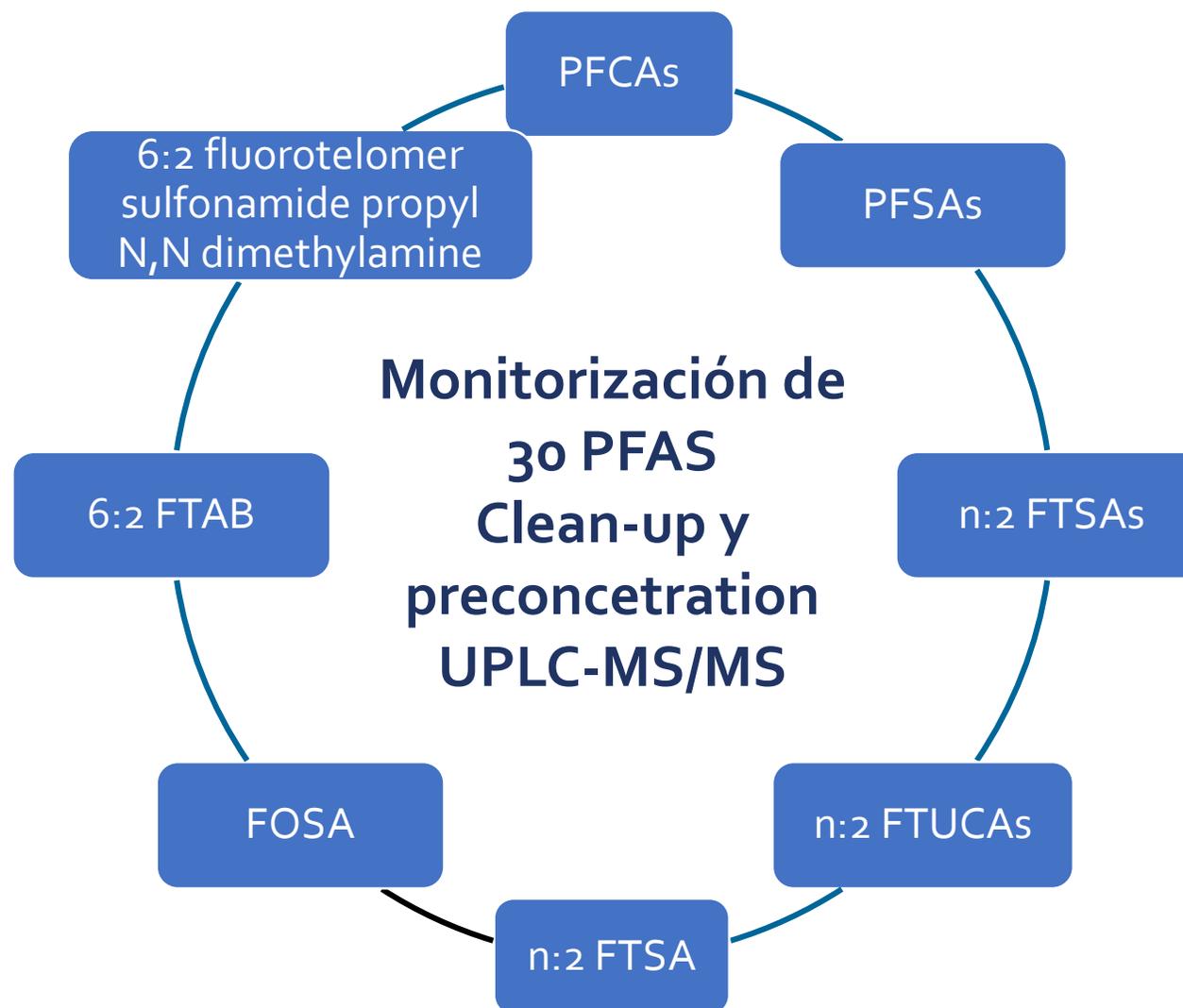


Soluciones innovadoras para la remediación de PFAS



Efluentes EDARI receptora de emisiones industriales

0.5 - 1500 µg/L





Efluentes EDARI receptora de emisiones industriales

0.5 - 1500 µg/L

Caracterización de influente y efluente de EDARI

	Influente EDARI	Efluente EDARI
<i>Physico-chemical parameters</i>		
Suspended Solids (mg/L)	125	55
Conductivity (mS/cm)	6.7	6.9
pH	8.4	7.6
<i>Organic Pollutants</i>		
COD (mg/L)	2944	227
TOC (mg/L)	722	99
<i>Inorganic Compounds</i>		
Sulfate (mM)	9	11.3
Chloride (mM)	28.4	38
Fluoride (mM)	<LOQ	<LOQ
<i>PFASs</i>		
PFBA (ng/L)	496	7544
PFPeA (ng/L)	3154	52,500
PFHxA (ng/L)	5291	24,827
PFHpA (ng/L)	2793	37,847
PFOA (ng/L)	449	2063
6:2 FTSA (ng/L)	242,496	382,200
8:2 FTSA (ng/L)	874	<LOQ
6:2 FTCA (ng/L)	328	<LOQ
6:2 FTAB (ng/L)	1,111,000	1,143,000
M4 (ng/L)	34,361	2414

La concentración de PFAAs en el efluente es superior a la del influente, lo que indica presencia de PFAS no identificados

Soluciones innovadoras para la remediación de PFAS

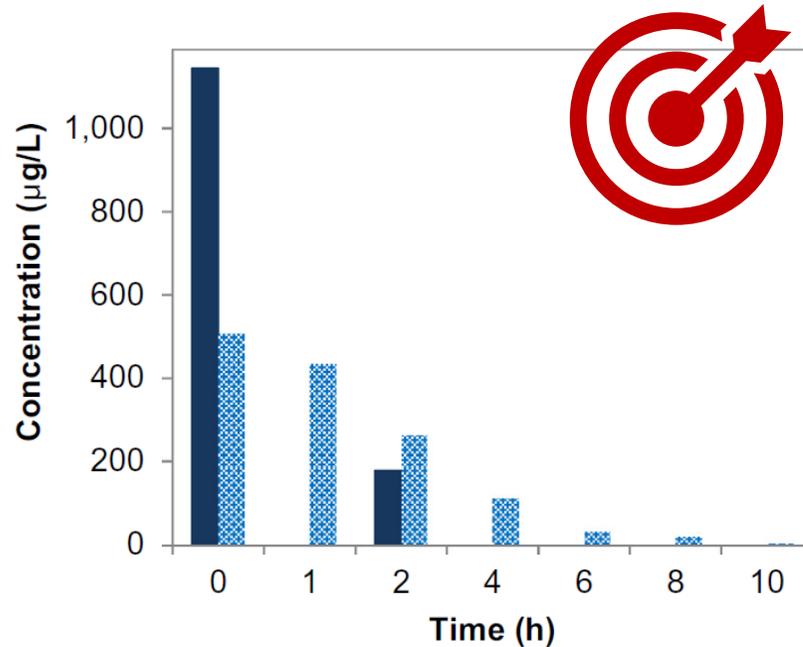
Tratamiento electroquímico del efluente de la EDARI



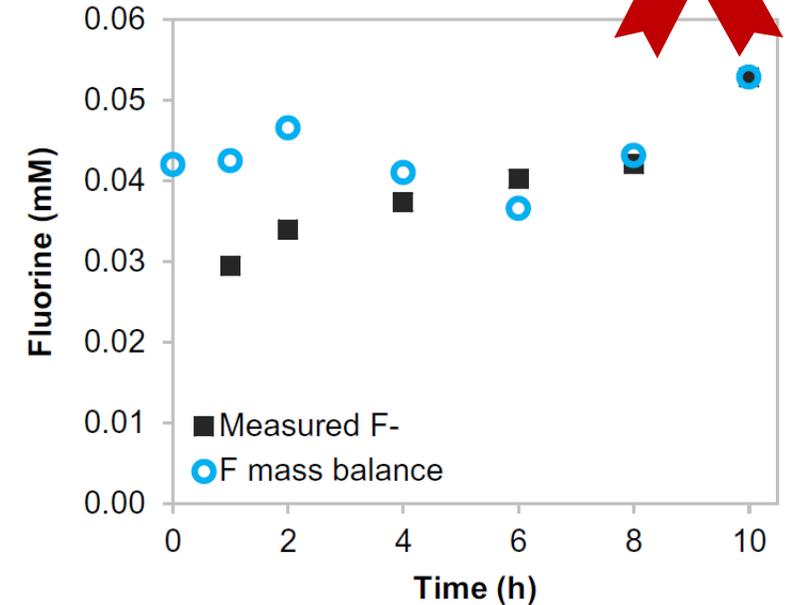
Efluentes EDARI receptora de emisiones industriales

0.5 - 1500 µg/L

99.7% PFAS removal



Complete defluorination



1. Caracterización de PFAS en lixiviados de 4 vertederos RSU Asturias, Cantabria, País Vasco



Lixiviados de vertedero

0.01 - 3 µg/L

MSW Landfill site



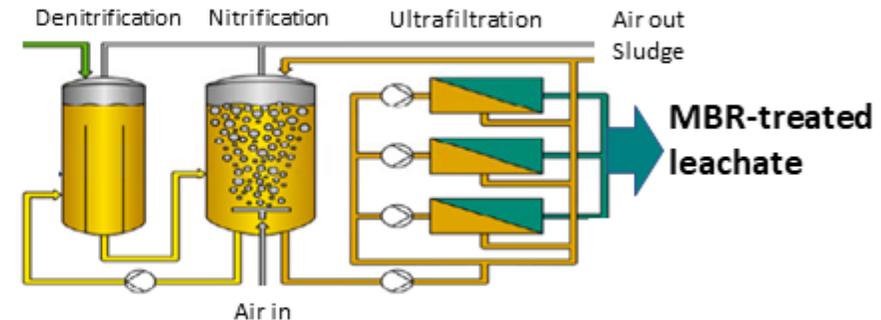
↑↑↑ High PFAS

4 vertederos



Raw leachate

MBR leachate treatment



↑↑↑ High PFAS

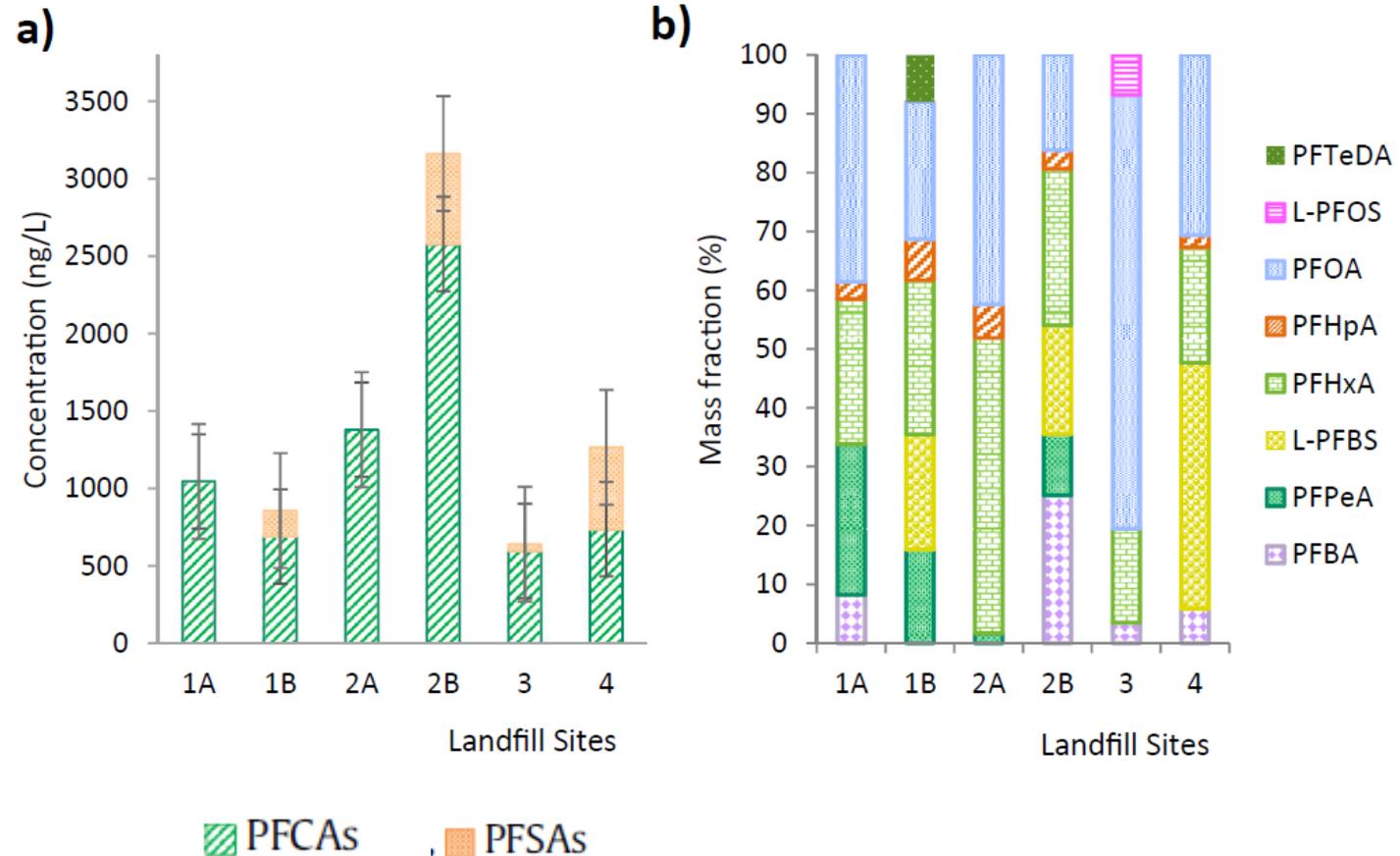
2 vertederos



Lixiviados de vertedero

0.01 - 3 µg/L

1. Caracterización de PFAS en lixiviados de 4 vertederos RSU Asturias, Cantabria, País Vasco (muestreo 2015)

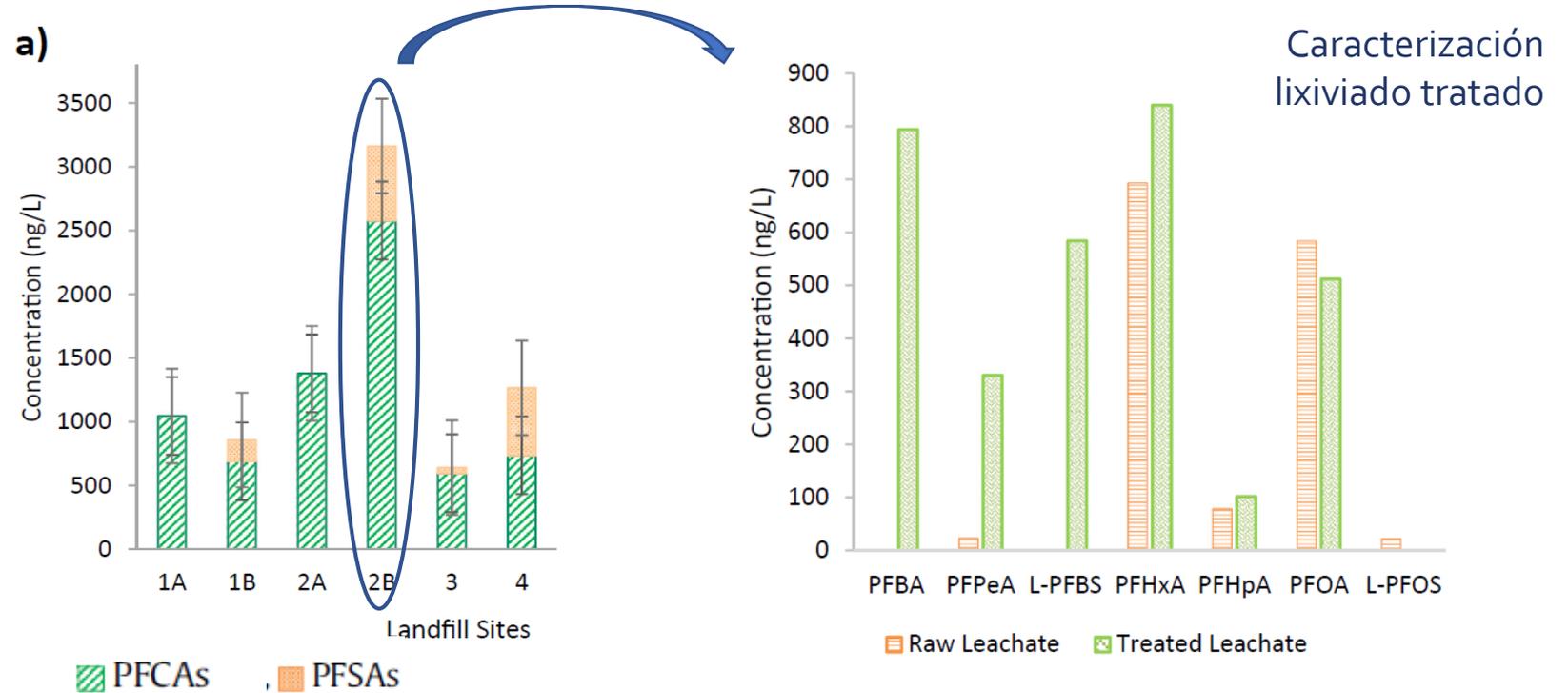




Lixiviados de vertedero

0.01 - 3 µg/L

1. Caracterización de PFAS en lixiviados de 4 vertederos RSU Asturias, Cantabria, País Vasco (muestreo 2015)



Estimación de la descarga de PFAS en los lixiviados de vertedero de RSU tratados:

- En los 4 vertederos muestreados: 1209 g/año
- Teniendo en cuenta la población cubierta por el servicio: 672 µg (PFCAs & PFSA)/habitante año

Soluciones innovadoras para la remediación de PFAS

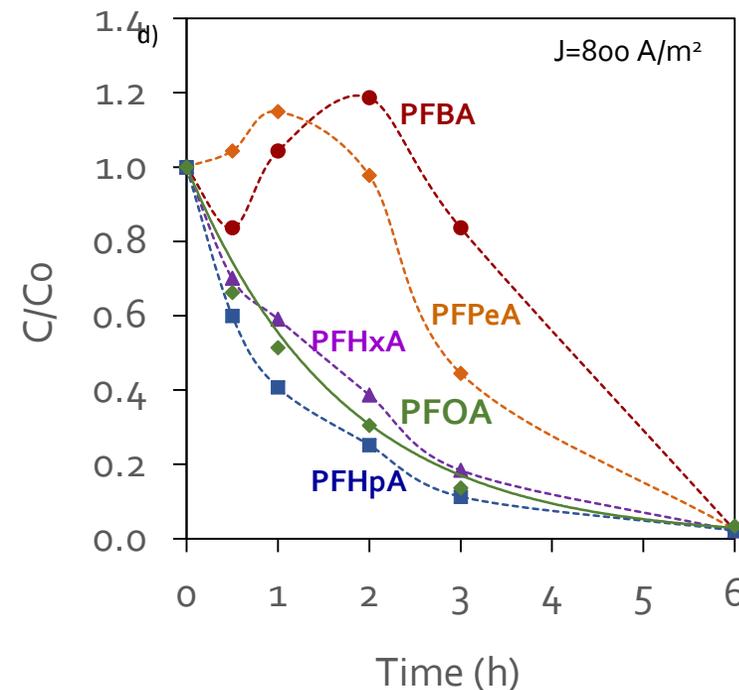


Lixiviados de vertedero

0.01 - 3 $\mu\text{g/L}$

Muestreo 2019

	Raw Leachate (ng/L)	MBR-treated Leachate (ng/L)
PFBA	143.5 \pm 17*	131.2 \pm 18
PFPeA	574.6 \pm 25	324.0 \pm 9
PFHxA	529.3 \pm 8	827.2 \pm 11
PFHpA	112.1 \pm 16	201.5 \pm 15
PFOA	542.8 \pm 20	538.5 \pm 24
PFNA	<LOD	25.7 \pm 20
PFDA	<LOD	28.2 \pm 19
PFUdA, PFDoA, PFTrDA, PFTeDA	<LOD	<LOD
L-PFBS	994.5 \pm 21	1058.7 \pm 7.1
L-PFHxS	10.4 \pm 7	38.5 \pm 15
L-PFHpS	<LOD	<LOD
L-PFOS	49.9 \pm 25	282.8 \pm 37
L-PFDS	<LOD	<LOD
Σ PFAS	2957.2 \pm 18	3456.2 \pm 13
Σ PFCAs	1902.4 \pm 16	2076.3 \pm 13
Σ PFSAs	1054.8 \pm 22	1379.9 \pm 13
6:2 FTSA	218.7 \pm 23	303.8 \pm 118



Eliminación electrocatalítica de PFAS (> 95%) en lixiviados de vertedero (muestras reales)

Comentarios finales:

1. En el departamento de Ingeniería Química y Biomolecular de la UC contamos con 10 años de experiencia investigadora en soluciones tecnológicas para la eliminación de PFAS en aguas residuales y otras matrices ambientales.
2. Los PFAS son retenidos con alta eficacia mediante tecnologías de filtración con membranas. En la UC hemos desarrollado equipamiento experimental para estudiar la separación de PFAS mediante procesos de membranas.
3. Los PFAS se pueden degradar mediante procesos electrocatalíticos, en los que se transforman en sustancias inocuas. También hemos aplicado con éxito procesos fotocatalíticos, aunque con un mayor consumo de energía.
4. Mediante un enfoque de integración de tecnologías y apoyándonos en herramientas de ingeniería de procesos, se consigue una reducción muy significativa del consumo de energía en los procesos de eliminación de PFAS.
5. Contamos con equipamiento para la realización de ensayos demostrativos.
6. Hemos desarrollado metodologías analíticas para la caracterización de la contaminación por PFAS de matrices ambientales.

Ultrafiltración



Nanofiltración /
Ósmosis inversa



Electrooxidación
Planta de
tratamiento de
lixiviados
vertedero de
Meruelo
(Cantabria)

Metodologías de análisis de PFAS en matrices ambientales:

- Limpieza y pre-concentración de muestras
- Análisis UPLC-MS/MS



- **HPLC-HRMS en proceso adquisición**
EQC2021-007113-P financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la UE "NextGenerationEU"/PRTR)



Colaboradores UC:

- Beatriz Gómez-Ruiz
- Alvaro Soriano
- Sonia Gómez Lavín
- Nazely Diban
- Daniel Gorri
- Inmaculada Ortiz
- Maria José Rivero



Gipuzkoako
Foru Aldundia
Diputación Foral
de Gipuzkoa



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto en ejecución:

TreatPFAS Prototipo para el tratamiento integrado de sustancias persistentes per- y polifluoroalquiladas (PFAS) PDC2021-120905-100

Contacto:
ana.urtiaga@unican.es