



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

MasterClass 17



“Detección de microplásticos en las aguas residuales urbanas y su eliminación en la EDAR”

Patrocinada por:



Joaquín López Castellanos

Consultor Técnico en Operaciones
Investigador y profesor Asociado de
Ingeniería Química y Ambiental de la UPCT
Doctor en Biología



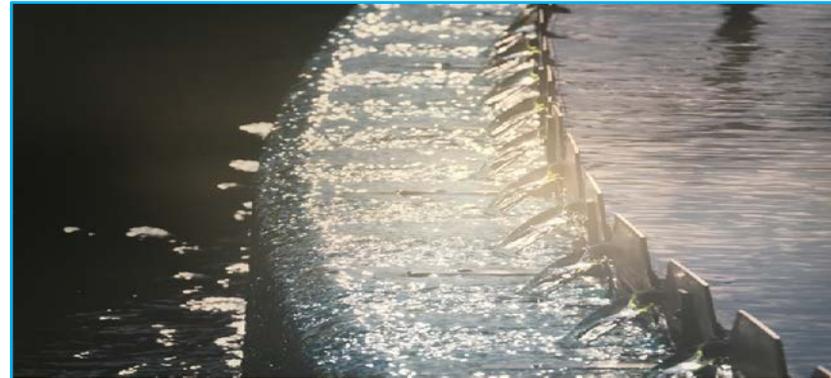
II Ciclo de 20
MasterClass
AGUASRESIDUALES.INFO

“Detección de microplásticos en aguas residuales urbanas y su eliminación en la EDAR”

Índice

- Justificación - Objetivos
- Antecedentes
- Materiales - Métodos
- Resultados - Discusión
- Resumen - Conclusiones
- Situación - Perspectivas

Justificación - Objetivos





2015-2017: necesidad de llevar a cabo estudios sobre microplásticos.

Nº de artículos encontrados con la palabra clave “*microplastics*”, entre 2010-2021 (Scopus).

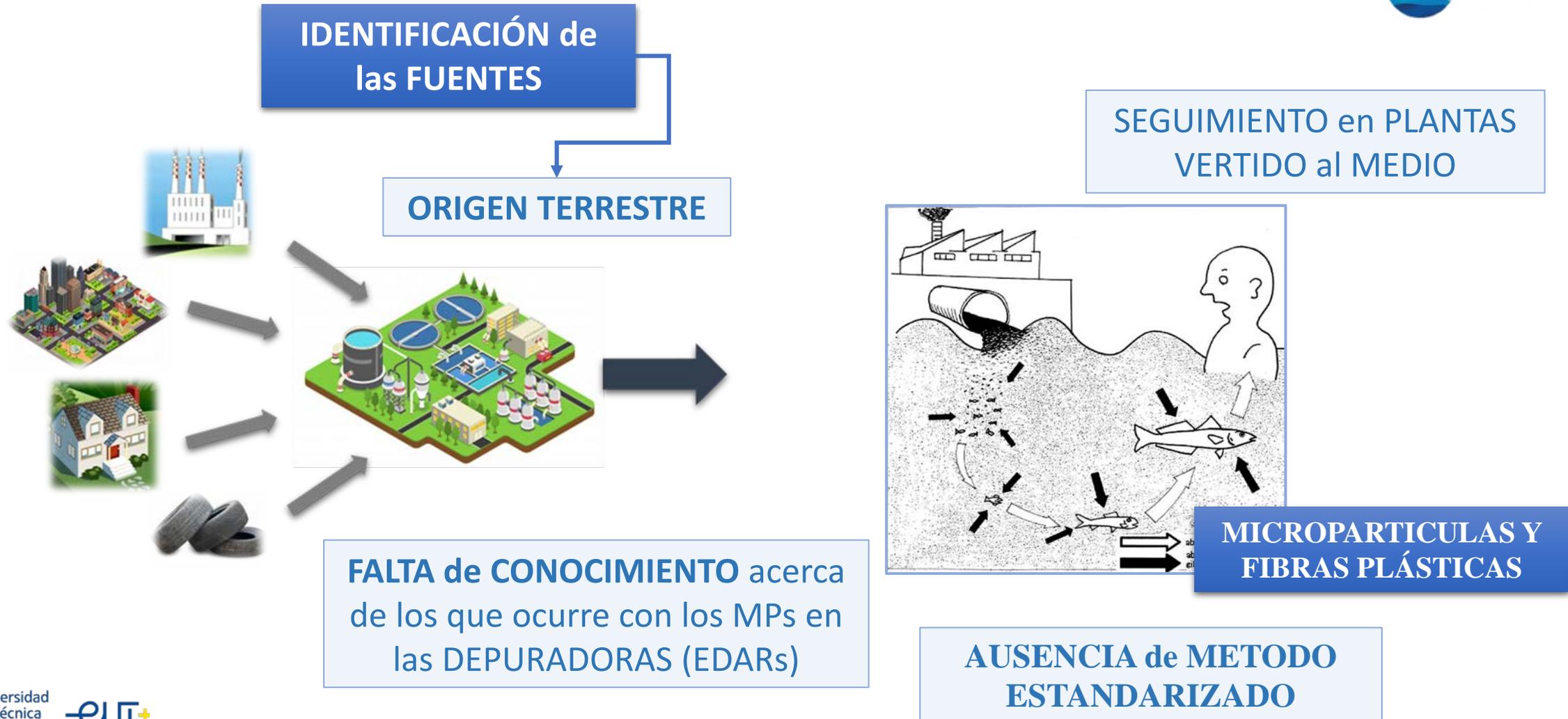


2019: regularización de la presencia de MP en las EDAR.

2017: necesidad de realizar estudios sobre la eficiencia de las EDAR para retirar MP de las aguas residuales.

Nº de artículos encontrados con la palabra clave “*microplastics*” y “*WWTP*”, entre 2015-2021 (Scopus).

Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, Grupo de Interés de Plásticos (IG), Grupo de Trabajo de Microplásticos del Punto Focal Nacional de la Agencia Europea de Medio Ambiente, Instrumento de Planificación del Medio Marino Español y Parlamento Europeo (TA/2019/0071)





“Detección de microplásticos en aguas residuales urbanas y su eliminación en la EDAR”

Estudio de la presencia y evolución de microplásticos en estaciones depuradoras de aguas residuales (Región de Murcia), para aportar conocimiento acerca de las soluciones tecnológicas disponibles y económicamente viables que resulten más eficientes en la descarga de estos micro contaminantes al medio ambiente.



Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia



Proyecto: 30 meses entre 2018 y 2020

- 1. Establecer un método estandarizado** para la extracción de microplásticos (pasos mínimo) presentes en el agua residual, con reactivos no peligrosos y protocolos de control de la calidad y prevención de la contaminación.
- 2. Examinar con estereomicroscopio trinocular, forma y color** de las partículas extraídas en el proceso descrito anteriormente.
- 3. Fotografiar las micropartículas aisladas y calcular las dimensiones** de las mismas haciendo uso de aplicaciones adecuadas para esta tarea.
- 4. Identificar los principales grupos funcionales** y, por consiguiente, la **composición polimérica** de las micropartículas aisladas mediante la espectroscopia infrarroja.

5. **Contrastar** las micropartículas identificada **con bases de datos de referencia**.
6. **Cuantificar la concentración** de microplásticos en las distintas muestras agua.
7. **Categorizar los microplásticos encontrados** según referencias de otros autores en cuanto a tamaño, forma y color con el fin de establecer comparaciones.
8. **Analizar la evolución temporal de los microplásticos** en todos y cada uno de los puntos de muestreo, de forma intradivina, diaria, estacional e interanual.
9. **Comparar los resultados obtenidos en las distintas depuradoras estudiadas**, analizando la importancia de las diferentes tecnologías de depuración.
10. **Interpretar** el conjunto de datos, explicando el comportamiento y proponiendo soluciones tecnológicas encaminadas a reducir la emisión de microplásticos.

Antecedentes



Contaminación plástica

(Li et al., 2020)



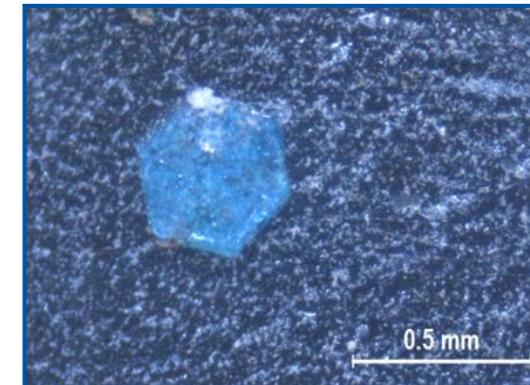
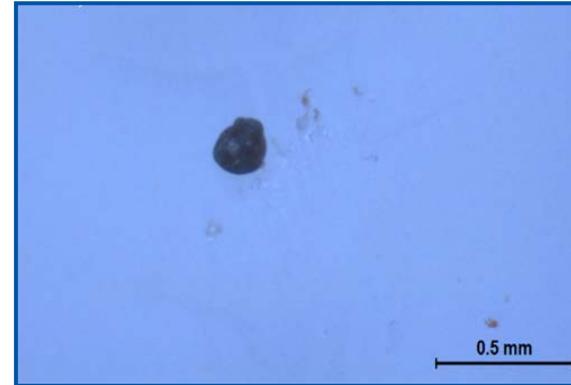
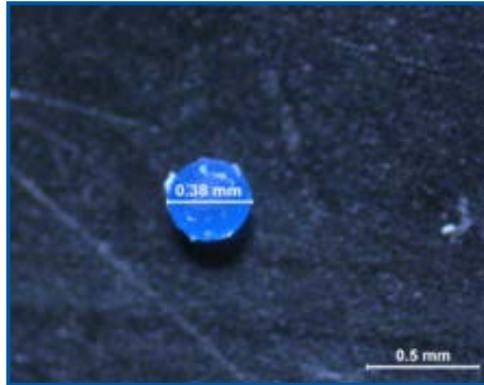
Microplásticos



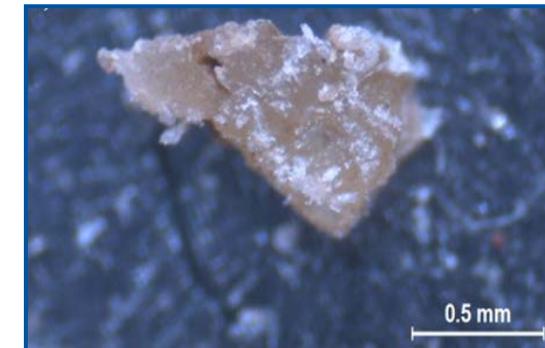
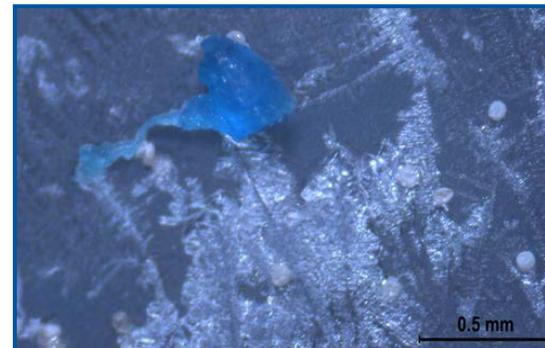
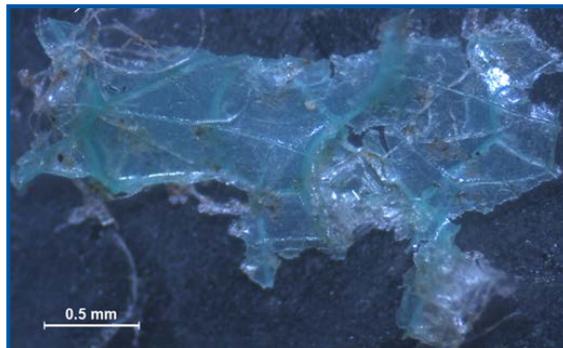
5 mm – 1 μ m
(partículas)

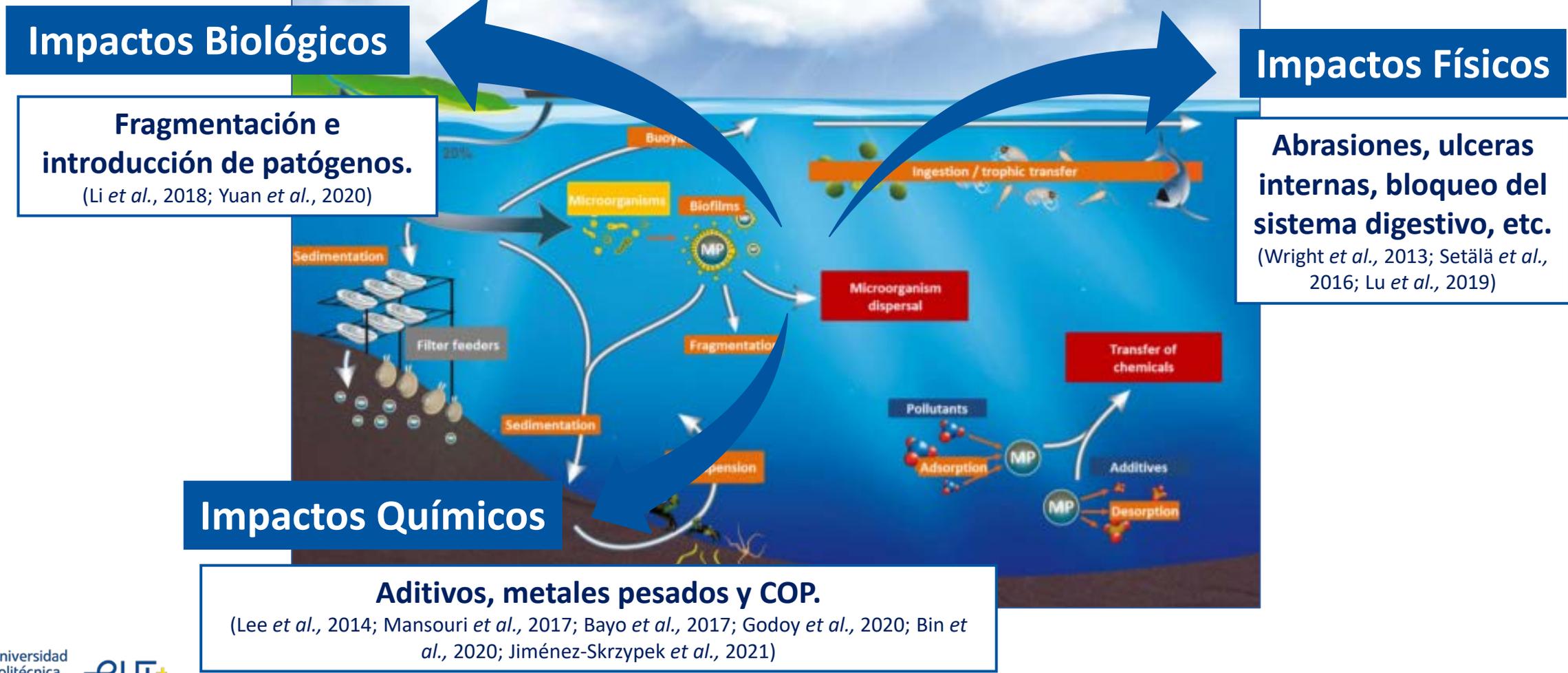
15 mm – 3 μ m
(longitud de fibras)
(ECHA, 2019)

Microplásticos Primarios



Microplásticos Secundarios



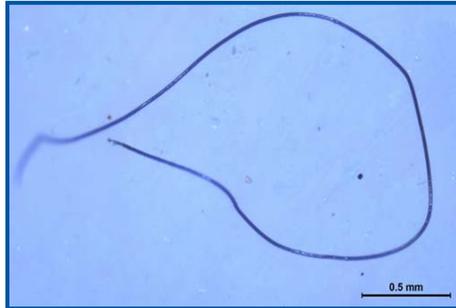


Solo una fracción de los microplásticos liberados entran en las infraestructuras de aguas residuales. Se liberan de diversas fuentes:

- ~ Partículas desgaste **neumáticos** y marcado **carreteras**: 94.000 Tn/año (*)
- ~ Fibras de **prendas textiles sintéticas**. Lavado de ropa: 13.000 Tn/año,
- ~ Pérdidas en **producción y transporte** de pellets: 41.000 Tn/año,
- ~ Fibras de toallitas húmedas y **productos de higiene**,
- ~ Microperlas de **cosméticos**...

() Mercado de carreteras: 15.000 Tn/año*

Sumidero



(Browne *et al.*, 2011; Mani *et al.*, 2015)



Fuente

Reintroducción de MP a través del agua residual depurada y de los fangos



Tratamientos convencionales – Fangos Activos

- Hasta el **98%** (Ziajahromi *et al.*, 2021)
- 89,2% - 93,6% (Zhang *et al.*, 2021)

Tratamientos terciarios

- **87,27%** Desinfección (Ziajahromi *et al.*, 2017)
- **89,9%** Ozonización (Hidayaturrahman y Lee, 2019)

SUMIDERO y FUENTE de EMISIÓN

Filtración rápida en arena

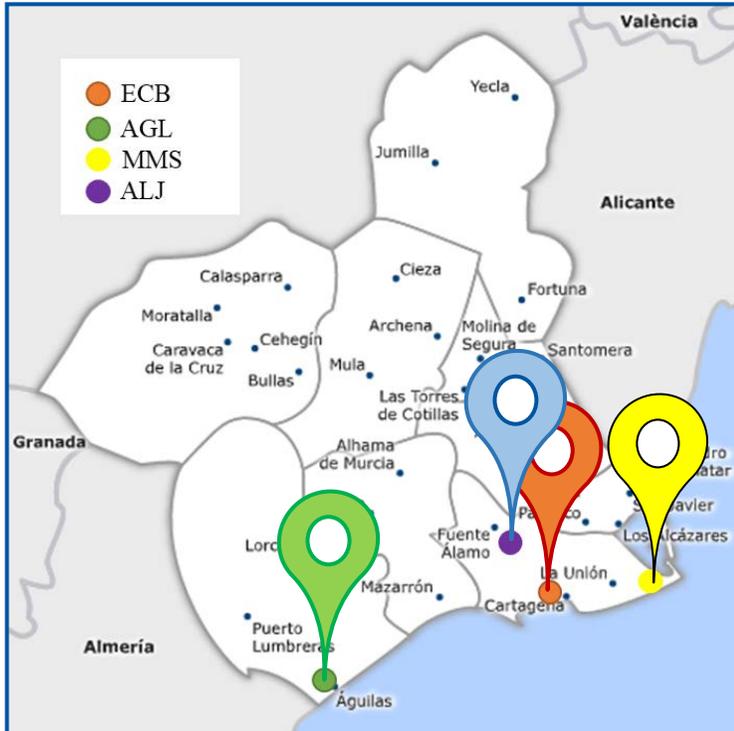
- **97%** (Talvitie *et al.*, 2017)
- **73,8%** (Hidayaturrahman y Lee, 2019)
- **64%** (Magni *et al.*, 2019)

Biorreactor de membrana

- **72%** (Leslie *et al.*, 2017)
- **82,1%** (Lv *et al.*, 2019)
- **99%** (Talvitie *et al.*, 2017)

Materiales - Métodos





- Distribución poblacional
- Efecto estacional
- Variedad de técnicas depuración

EDAR Cabezo Beaza (ECB)

Sistema de fangos activados convencional, contacto total flujo pistón y nitrificación-desnitrificación.

$Q_{\text{diseño}} = 35.000 \text{ m}^3/\text{d} - 210.000 \text{ h.e.}$

EDAR Mar Menor Sur (MMS)

Sistema de fangos activados con aireación prolongada.

Q_{medio} de $10.008 \text{ m}^3/\text{d}$ (invierno) y $49.992 \text{ m}^3/\text{d}$ (verano)

EDAR Águilas (AGL)

Dos líneas de depuración:

1. Fangos activados convencional y filtro rápido de arena (RSF).
2. Biorreactor de membrana (MBR).

$Q_{\text{diseño}} = 12.000 \text{ m}^3/\text{d} - 29.777 \text{ h.e.}$

EDAR La Aljorra (ALJ)

Sistema de fangos activados con aireación prolongada de carrusel, filtro rápido de arena y desinfección con radiación UV

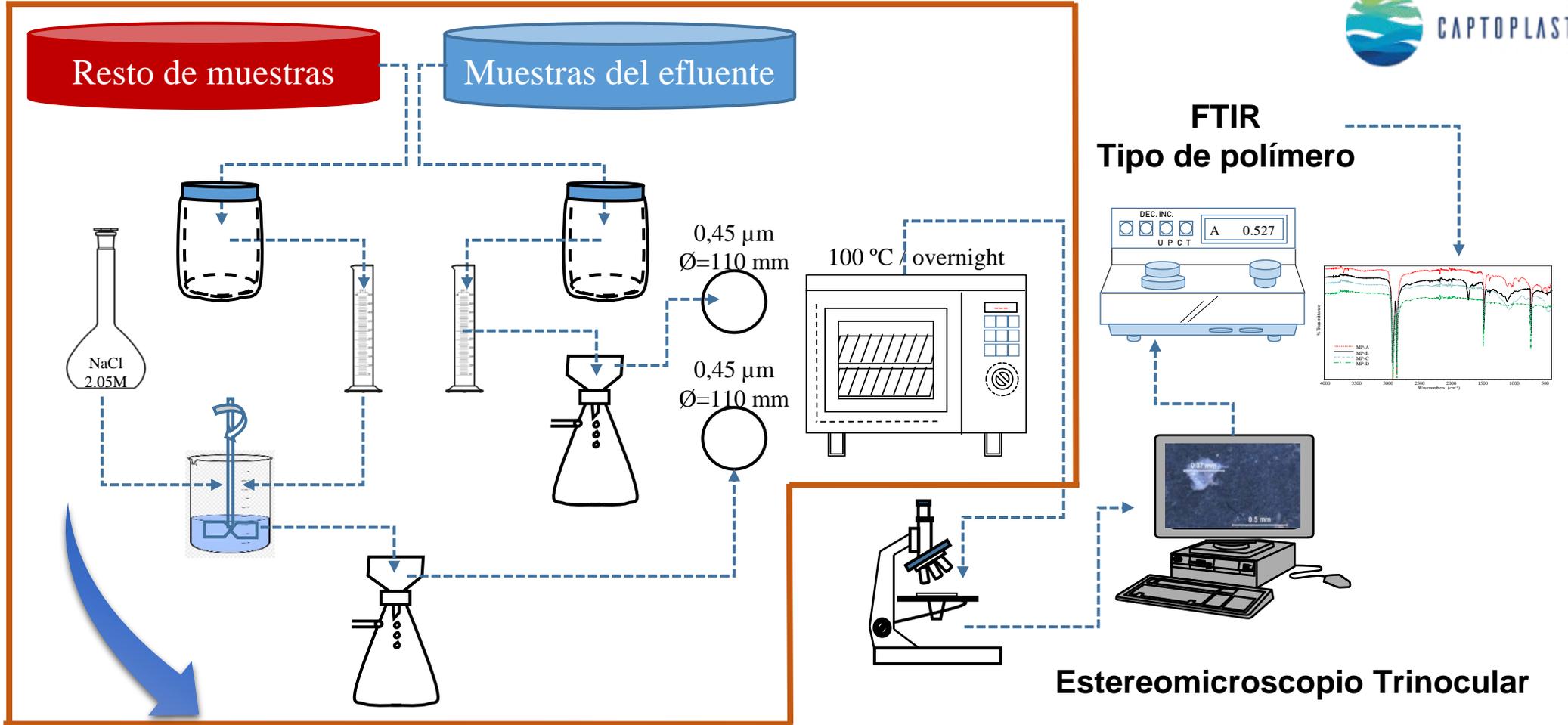
$Q = 6.500 \text{ m}^3/\text{d} - 70.417 \text{ h.e.}$



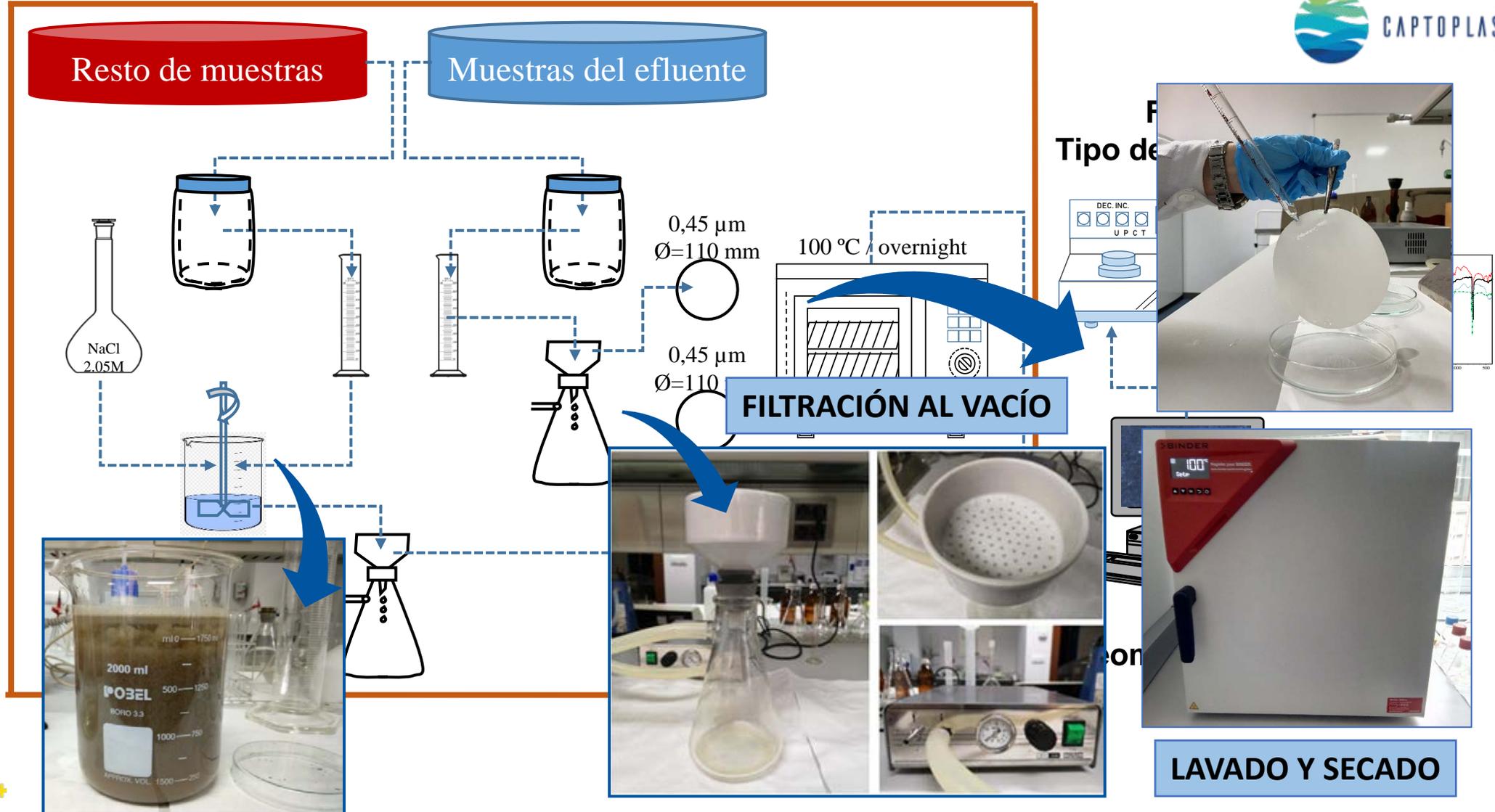
 Toma de Muestras



 Toma de Muestras

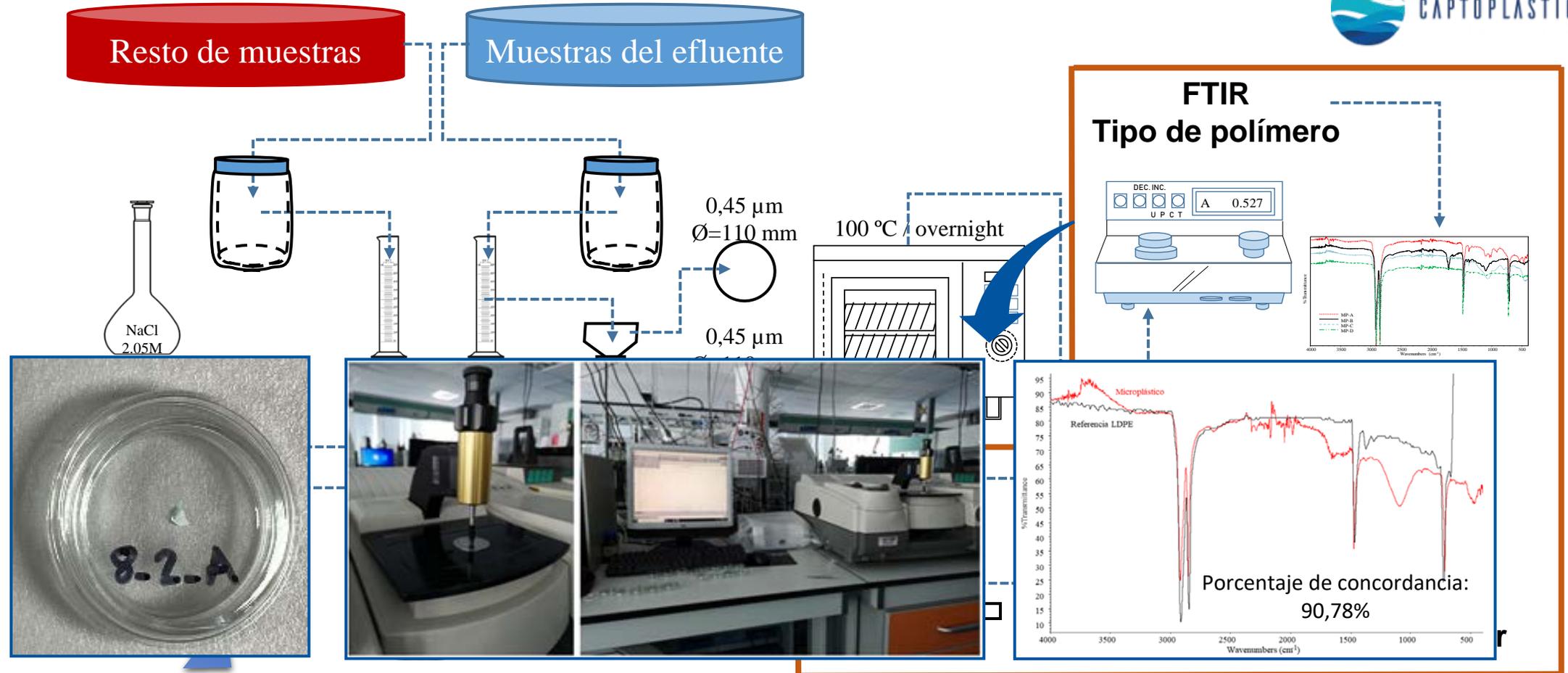


SEPARACIÓN POR DENSIDAD
Disolución concentrada de 120 g/l de NaCl



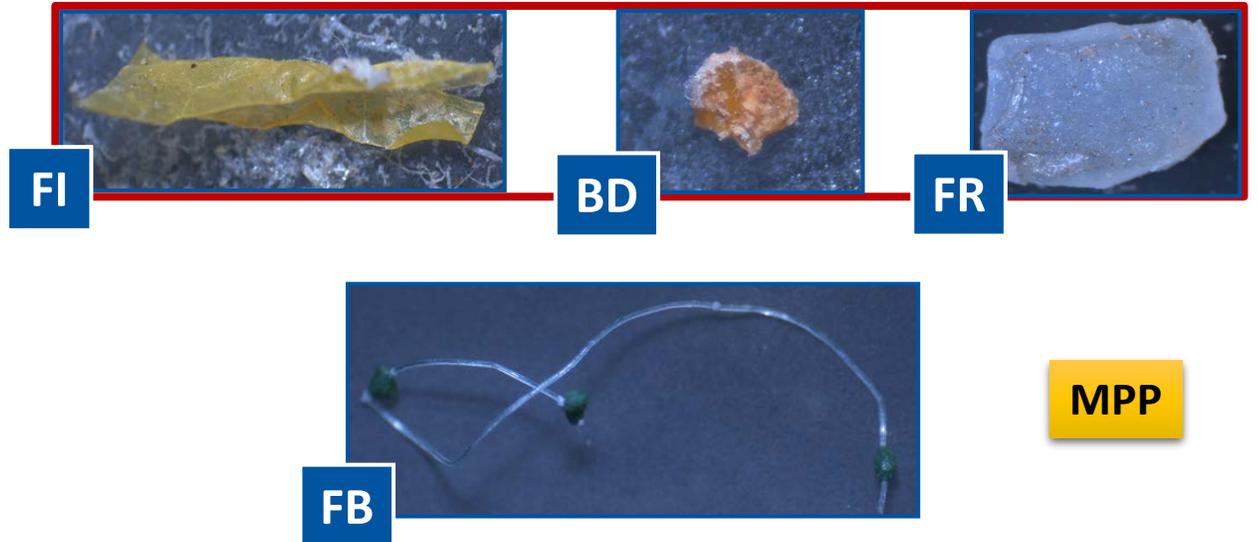
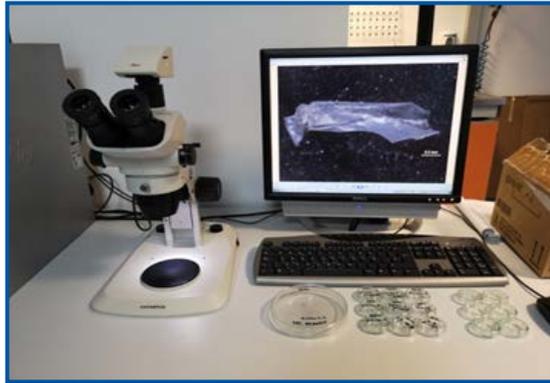


ESTEREOMICROSCOPIO TRINOCULAR



ESPECTROMETRÍA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

Clasificación Previa



- Microbasura (ML)
- Microplásticos (MP)

Porcentaje de
concordancia > 70%
(Frias *et al.*, 2016)

Resultados - Discusión



Estudio de las diferentes disoluciones empleadas en la extracción de MP del agua residual

Disolución concentrada de 120 g/l de NaCl ($\rho = 1,08$ g/ml)



(Vianello *et al.*, 2013; Karthik *et al.*, 2018; Piñon-Colin *et al.*, 2018; De-la-Torre *et al.*, 2020; Robin *et al.*, 2020)

Disolución concentrada de 250 g/l de NaCl ($\rho = 1,15$ g/ml)



$F\text{-test} = 5,186; p = 0,085$

Disolución concentrada de 357 g/l de NaCl ($\rho = 1,20$ g/ml)



$F\text{-test} = 0,714; p = 0,446$

Disolución concentrada de 120 g/l de KI ($\rho = 1,08$ g/ml)



$F\text{-test} = 0,686; p = 0,420$

Disolución concentrada de 220 g/l de KI ($\rho = 1,15$ g/ml)



$F\text{-test} = 0,006; p = 0,937$

Disolución concentrada de 500 g/l de KI ($\rho = 1,34$ g/ml)



$F\text{-test} = 0,097; p = 0,759$

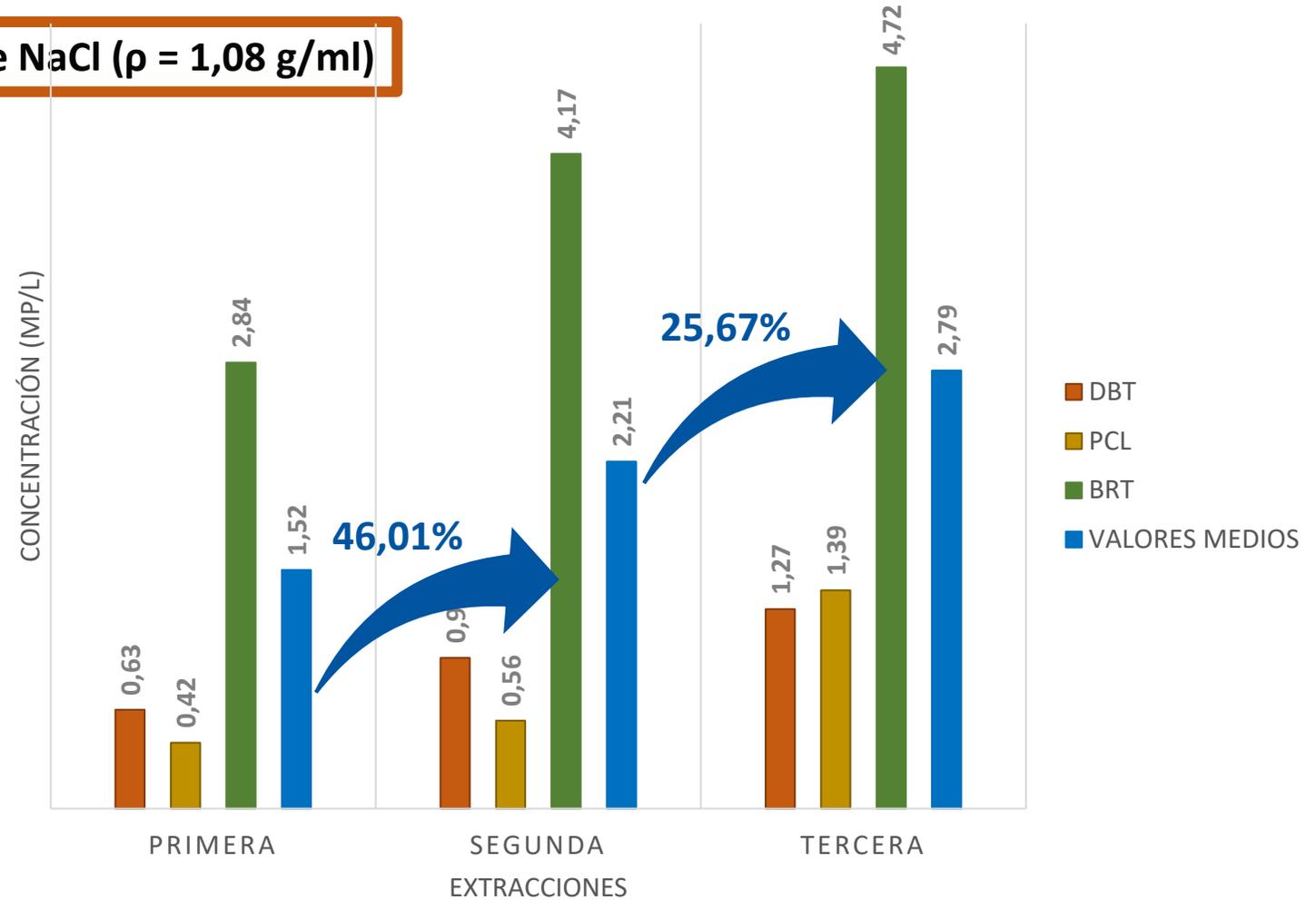
Extracciones sucesivas

Disolución concentrada de 120 g/l de NaCl ($\rho = 1,08 \text{ g/ml}$)

Extracciones sucesivas

(Thompson *et al.*, 2004;
Besley *et al.*, 2017)

$F\text{-test} = 0,480; p = 0,626$



Recuento de MP en las aguas residuales: consideraciones generales

3.215 micropartículas

2.071 microplásticos

- Partículas ↓ ↓ pequeñas.
- Contacto con materia orgánica.
- Degradación (EDAR o método de extracción).
- Polímeros y copolímeros.
- Aditivos.

35,89% de las micropartículas sin identificar (fibras)



Celulosa



Silicato



Cartón



HDPE



ACR



PA

Rigidez, refringencia bajo el microscopio, simetría redonda en su sección transversal, ausencia de estructuras celulares, espesor y color homogéneo y sin estrechamiento hacia los extremos

Recuento de MP en las aguas residuales: características morfológicas

No aparecieron
BD en las
muestras de
la EDAR ALJ

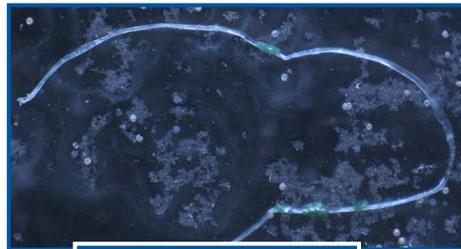
FORMA



BD: 4,94%



FI: 28,14%

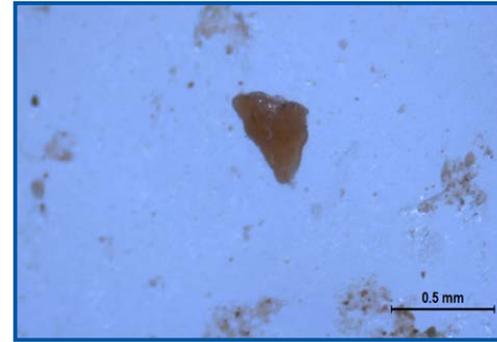


FB: 30,48%



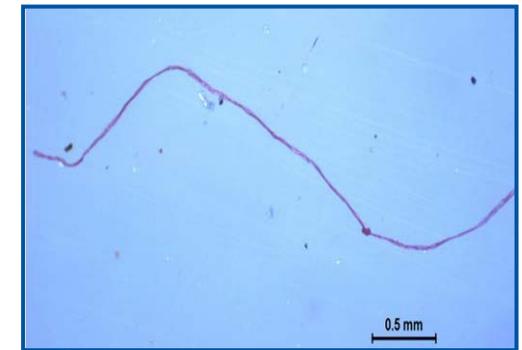
FR: 36,44%

TAMAÑO



**MP > 1 mm
(31,76%)**

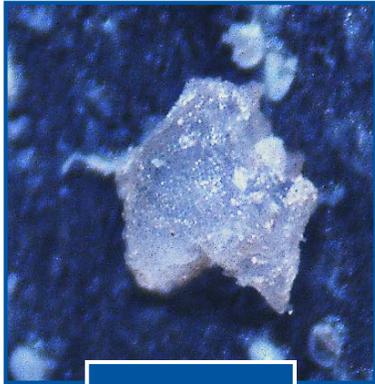
**MP ≤ 1 mm
(68,24%)**



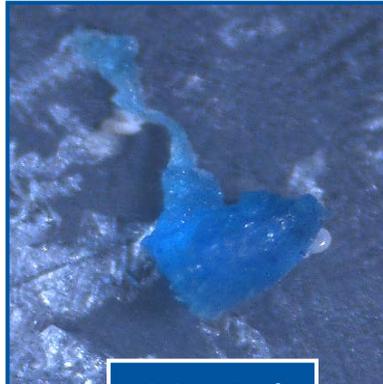
La desinfección con radiación ultravioleta (EDAR ALJ) aumentó el porcentaje de MP < 500 µm

Recuento de MP en las aguas residuales: características morfológicas

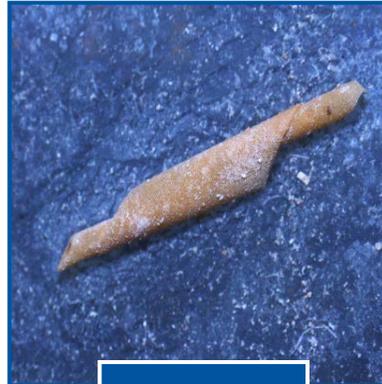
COLOR



31,76%



30,45%

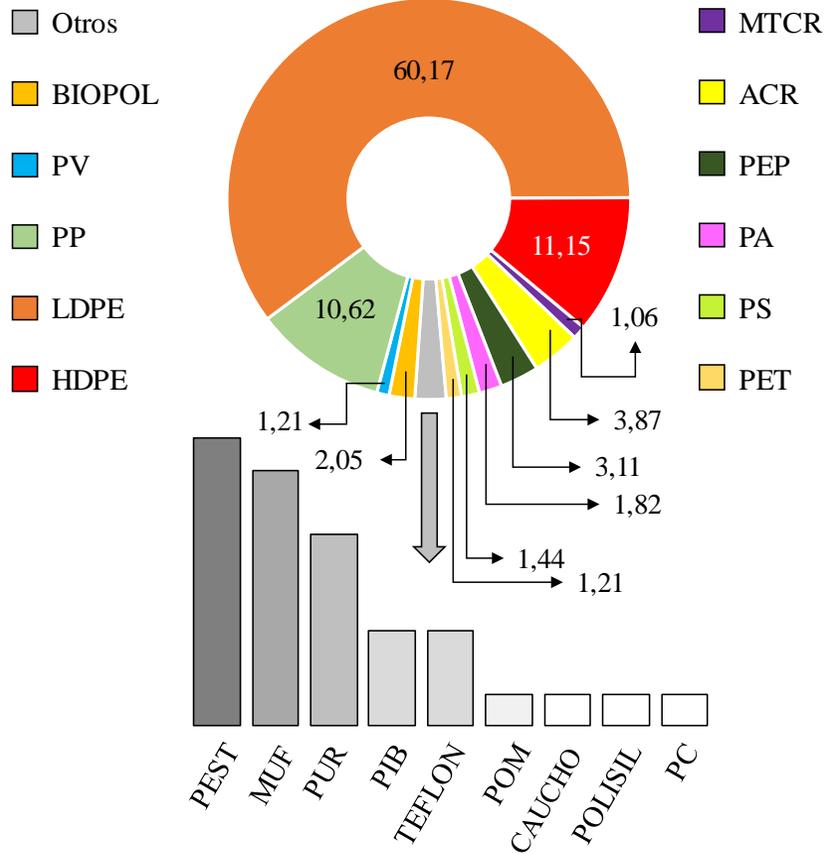


15,88%



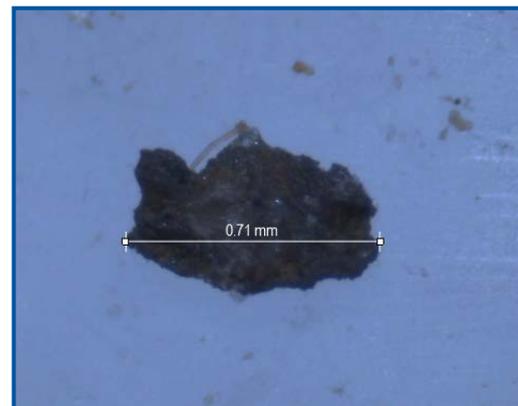
Recuento de MP en las aguas residuales: principales polímeros

POLÍMEROS



(PlasticsEurope, 2020)

- **Copolímeros vinílicos:** (MBR AGL) → Blair *et al.*, 2019.
- **Copolímeros del acrilato** → Geles de ducha, cremas solares, etc. → Acrilato de etilo es un monómero tóxico y sus polímeros han demostrado tener la capacidad de adsorber metales pesados (Browne *et al.*, 2013)
- **Copolímeros del poliestireno** (EDAR ECB) → Procedentes del desgaste de neumáticos (Hann *et al.*, 2018).



**Caucho estireno-butadieno
(PCL, EDAR ECB)**

Evolución y Presencia de MPs en las EDARs de Estudio

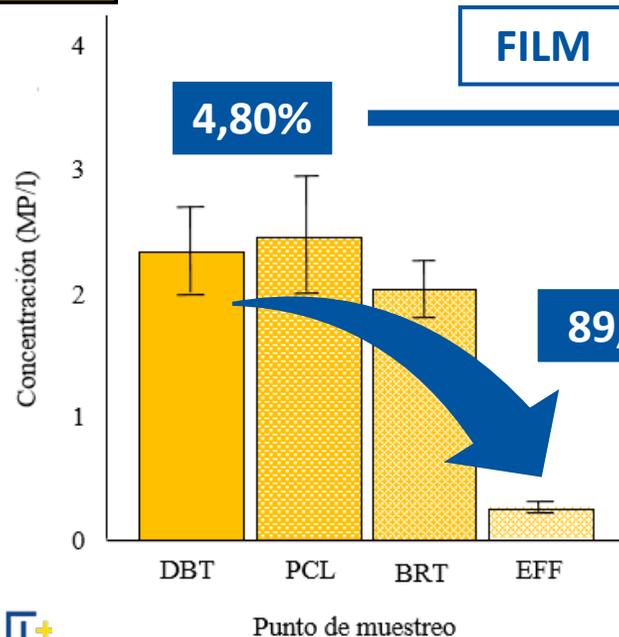
Diferentes valores de concentración en la entrada (DBT)

ECB (MP/l)	AGL (MP/l)	MMS (MP/l)	ALJ (MP/l)
2,33 ± 0,35	4,38 ± 1,00	3,72 ± 1,21	2,75 ± 0,49

(F-test = 2,299; p = 0,082)

Contaminación por MP ubicua y universal en zonas con hábitos y costumbres similares

EDAR ECB



FILM

4,80%

89,18%

- PCL favorece la sedimentación de FR, siendo la flotación la que favorecería la eliminación de FI (Bilgin *et al.*, 2020).
- Composición polimérica de los FI → LDPE

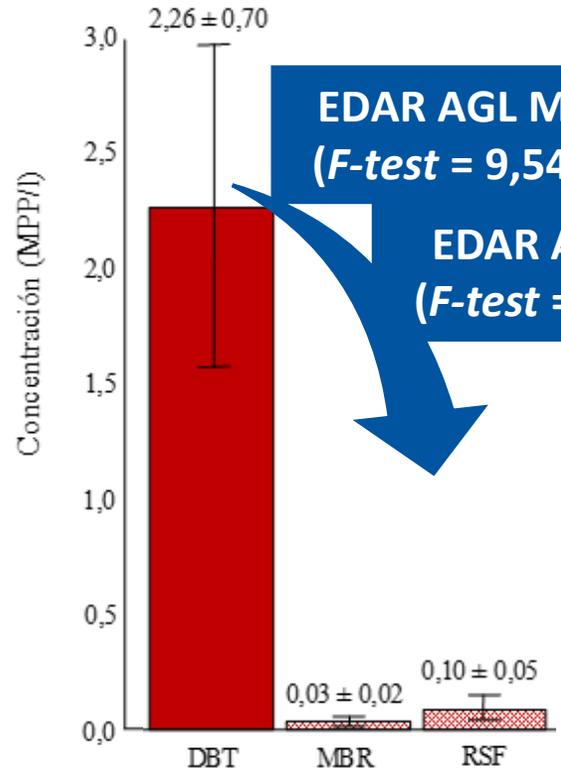


73,52% de los FI estaba constituido por LDPE PLÁSTICO AGRÍCOLA BOLSAS DE UN SOLO USO



Evolución y Pde MPs en las EDARs de Estudio

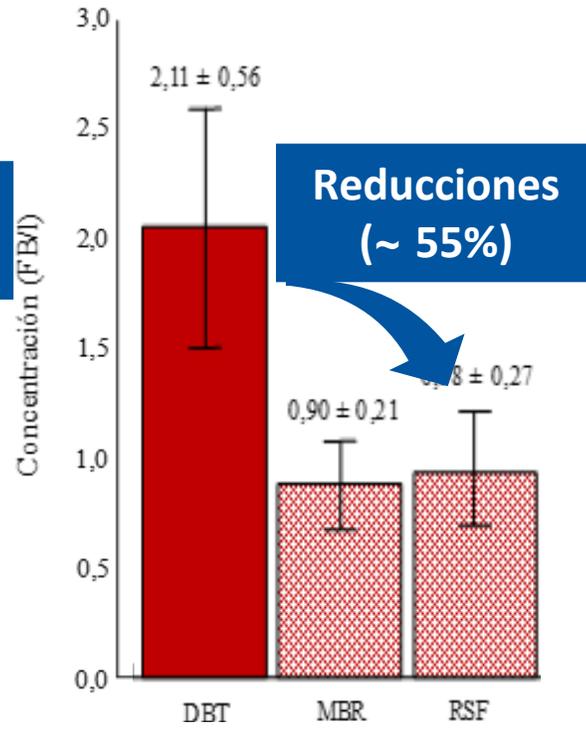
EDAR AGL



EDAR AGL MBR (98,83%)
(*F-test* = 9,542; *p* = 0,004)

EDAR AGL RSF (95,53%)
(*F-test* = 9,413; *p* = 0,004)

MPP



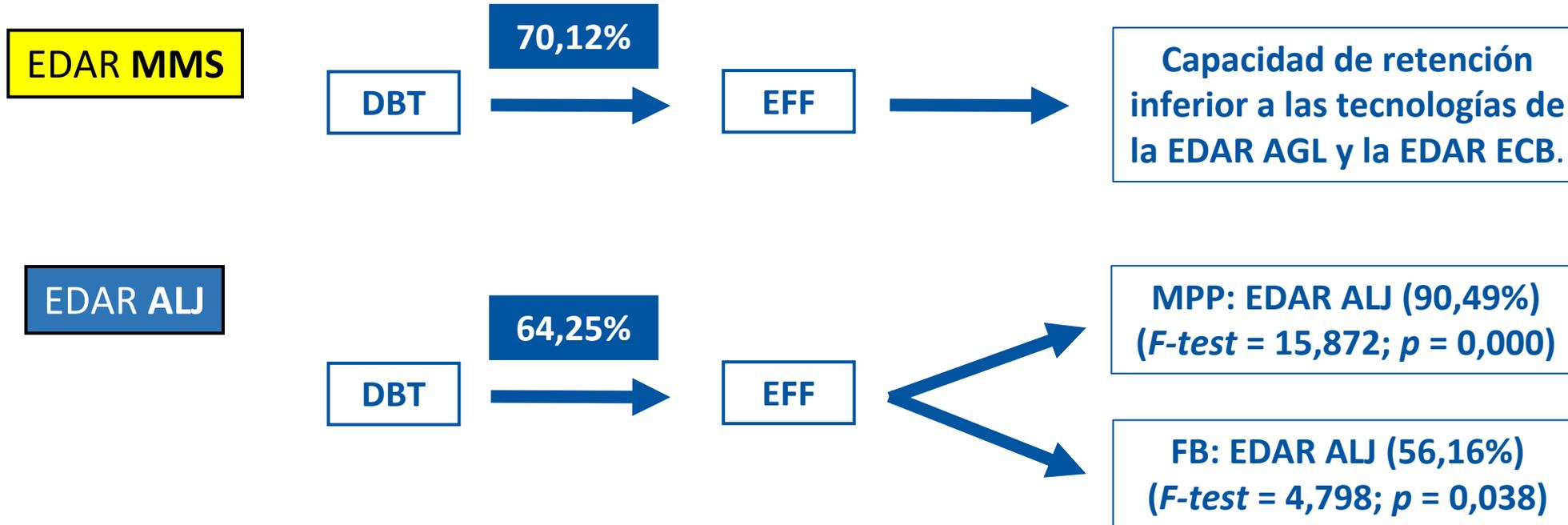
Reducciones (~ 55%)

- Morfología de las fibras.
- Altas presiones.
- Pequeñas roturas (MBR).

Incremento en la relación FB:MP a la salida de la líneas MBR (97,14%) y RSF (90,63%).

FB

Evolución y Presencia de MPs en las EDARs de Estudio



Todos estos porcentajes se encuentran dentro del rango medio establecido para las depuradoras de Europa, comprendido entre el 53% y el 84% (Hann *et al.*, 2018)

Con estos datos, el cómputo medio global de MP emitidos por las depuradoras estudiadas supondría valores entre $0,88 \times 10^7$ y $3,18 \times 10^7$ MP/d.

Patrones Temporales

Variabilidad intradiurna y diaria

- Tamaño ($F\text{-test} = 6,256$; $p = 0,013$): inferior en las muestras de mañana que en las de tarde.
- Forma FI, FB y FR: Valores mínimos, en FB y FI, hacia principio y final de la semana.

Variabilidad estacional

OTOÑO →

- Estación con mayor concentración de MP ($F\text{-test} = 19,113$; $p = 0,000$).
- Mayor concentración de FR y FI con respecto al resto de estaciones ($F\text{-test} = 22,572$; $p = 0,000$).
- Tamaño inferior de los MP aislados con respecto al resto de estaciones ($F\text{-test} = 44,372$; $p = 0,000$).

- Más lluvias de la Región.
- Temperaturas aun elevadas



Variabilidad interanual

- Capacidad de amortiguación de las EDAR.
- Real Decreto (293/2018): Reducción de FI desde 2018 (56,32%) a 2019 (18,41%) y 2020 (7,26%).

Resultados - Discusión

Parámetros F-Q vs MPs en **ECB**



Correlación positiva y estadísticamente significativa entre:

- Valores bajos de pH y el tamaño del MP ($r = 0,114$; $p = 0,010$).
- Valores bajos de pH y las concentraciones de PS ($r = 0,531$; $p = 0,004$).

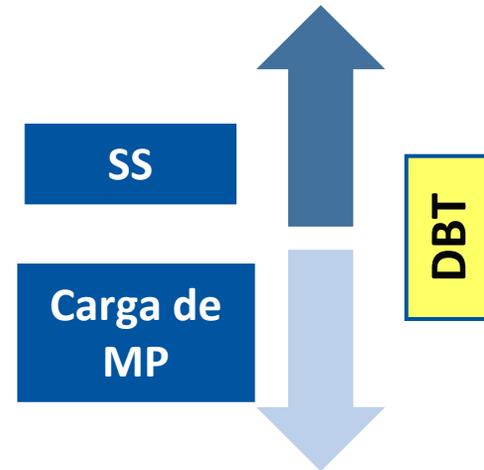
Correlación negativa y estadísticamente significativa entre:

- Los SS y la carga de MP (DBT) ($r = -0,587$; $p = 0,001$).

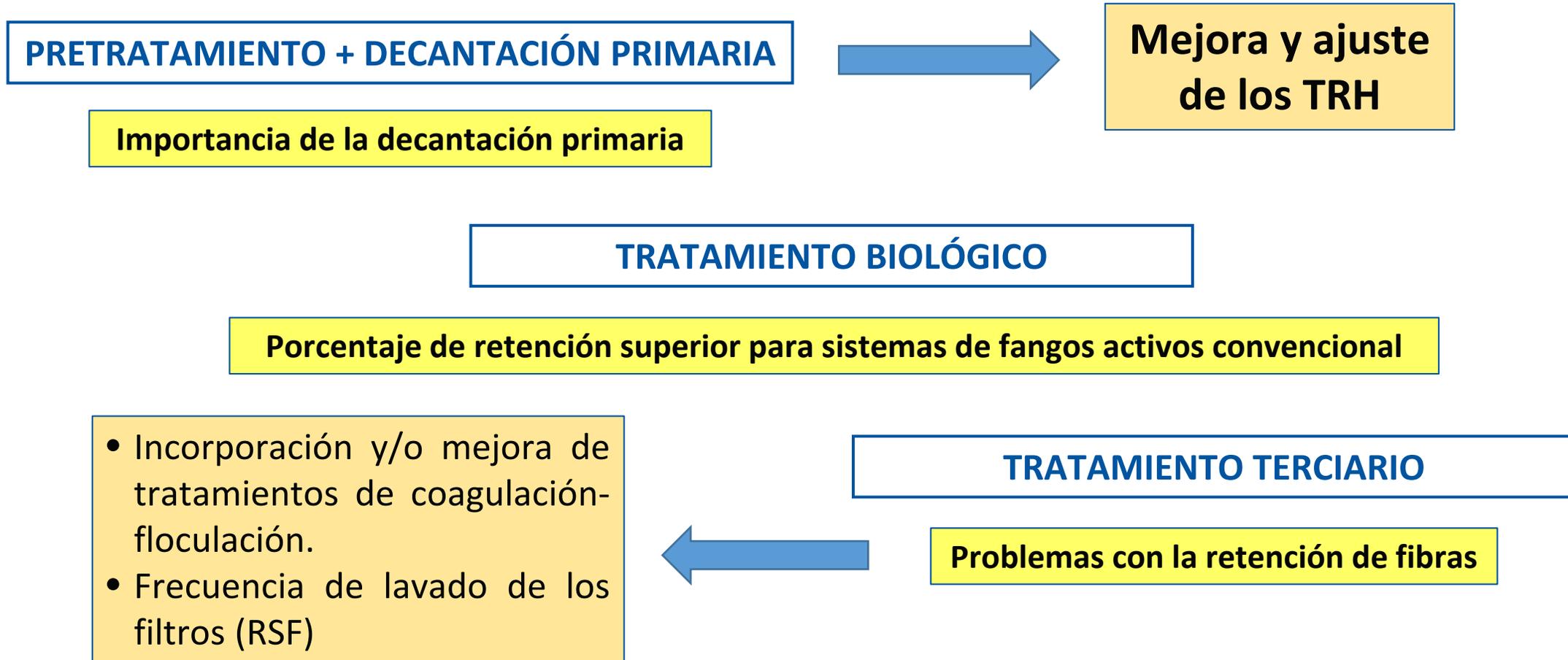


Incremento en la relación entre la concentración de microplásticos y DBO_5 desde DBT a EFF → Dificultad para la biodegradación de los MP.

Correlación negativa y estadísticamente significativa entre la concentración de MP y el amonio y el nitrógeno total → Grupo carbonilo adsorberían estos nutrientes: ↑ densidad y finalmente sedimentando.

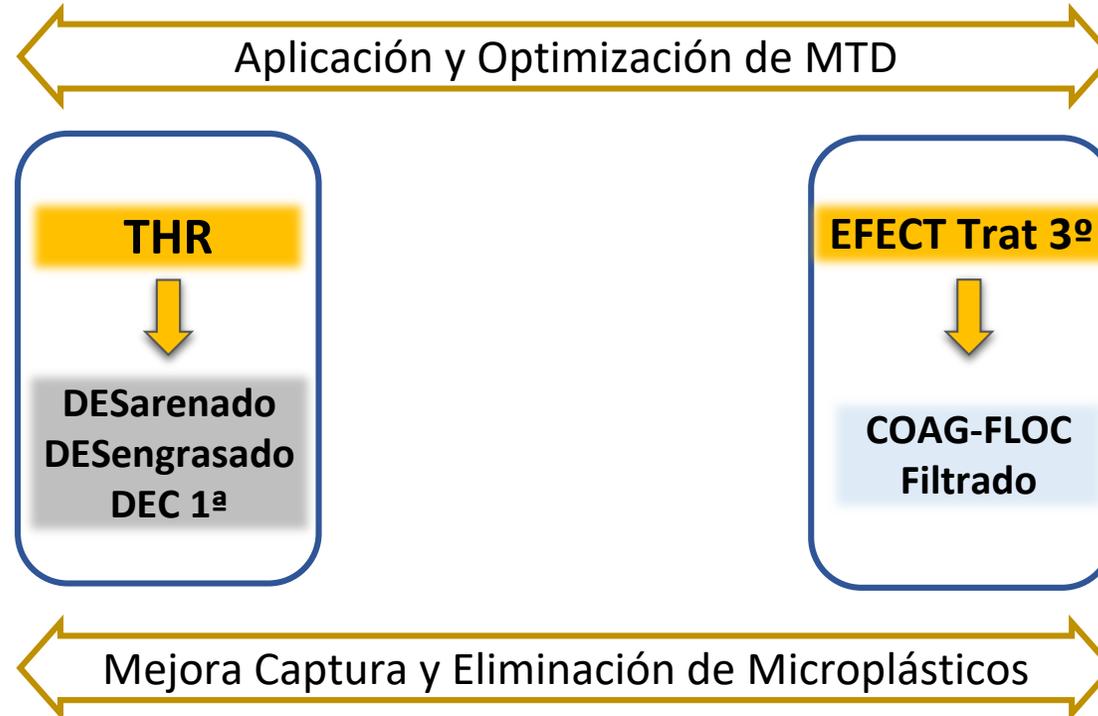


Mejores Tecnologías Disponibles (MTD)



Resultados - Discusión

Mejores Tecnologías Disponibles (MTD)



Mejores Tecnologías Disponibles (MTD)

**Tecnologías aplicables como
Tratamiento COMPLEMENTARIO**

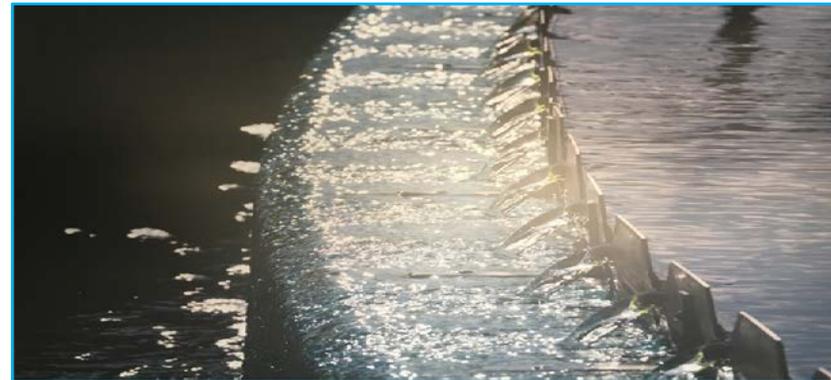


- Discos Filtrantes
- Filtración por Arena
- Micro-filtración con Membranas
- Bioreactores de Membranas

~ Poco frecuentes en Europa,
~ Pueden eliminar micro-plásticos pero estos no se destruyen
y se transfieren al fango poniendo en riesgo su reutilización.

Coste:
0,4-1,0 €/m³

Resumen - Conclusiones



- Los porcentajes de retención estuvieron dentro de los rangos establecidos para **EDARs europeas**. Se estima una emisión de entre $0,88 \times 10^7$ y $3,18 \times 10^7$ MP/día, lo que significa una media de 22 - 78 MP hab/día para las EDARs estudiadas. El tratamiento secundario en EDARs elimina hasta 95%.
- Los microplásticos se clasificaron, según su forma, en microesférula (BD), fibra (FB), film (FI) y fragmento (FR), siendo **el fragmento la forma más abundante, y la microesférula la forma menos aislada**. Las formas particuladas de los microplásticos decrecieron de manera significativa en todos los tratamientos estudiados (> 90%); sin embargo, el descenso en las fibras fue menor, especialmente en tecnologías de depuración que emplean biorreactor de membrana o tratamiento terciario con filtros rápidos de arena.

- El **tamaño** mínimo medio fue para los microplásticos de la EDAR ECB ($0,81 \pm 0,02$ mm), y el máximo medio se dio en la EDAR ALJ ($1,36 \pm 0,09$ mm). El 68,24% de los microplásticos aislados fue menor o igual a 1mm, siendo el rango más frecuente el comprendido entre 400 y 600 μm (25,45%). **En la EDAR ECB, se apreció un descenso en la cantidad de microplásticos de tamaño superior a 1 mm**, desde la entrada (25,33%) al decantador primario (17,20%), y de nuevo en el reactor biológico (15,82%), **destacando con ello el importante papel de retención que tienen los procesos físicos y biológicos de las depuradoras. En la EDAR ALJ**, con un tratamiento final de desinfección (UV), el porcentaje de microplásticos de tamaño inferior a 500 μm aumentó desde la entrada (18,63%) a la salida (21,43%), poniendo de manifiesto el **efecto de degradación del MP sufrido por la acción de la radiación ultravioleta.**

- Los **colores** más abundantes encontrados en los microplásticos fueron el blanco (31,76%), el azul (30,45%) y el beige (15,88%). El 74,67% de las fibras fueron de color azul, y el 60,62% de los films de color blanco, transparentes (62,50%) y compuestos por LDPE (73,52%), **lo que se ha relacionado con la cercanía de las depuradoras a cultivos agrícolas bajo plástico**, a la utilización generalizada de bolsas de un solo uso, así como a su **transporte atmosférico o por escorrentía**.
- Se identificaron un total de **20 familias de polímeros**, siendo los más abundantes LDPE (60,17%), HDPE (11,15%) y PP (10,62%). El 61,90% de las **fibras aisladas estaban constituidas por PET**, con el porcentaje más elevado en invierno (44,92%), seguramente por un **mayor uso de prendas y a su lavado**.

- Los biopolímeros identificados en las muestras de agua residual **desaparecieron por completo en el efluente**, indicando su carácter biodegradable. Por el contrario, determinados copolímeros, relacionados con los materiales de construcción, y las poliamidas, **aparecieron o se incrementaron en el efluente, pudiendo indicar la contaminación aportada por las propias tuberías y equipos de depuración**. Finalmente, la cercanía de la EDAR ECB a una autovía puede ser la responsable del aislamiento de **microplásticos relacionados con el desgaste de neumáticos y el tráfico rodado**.

- No se observaron diferencias en las muestras de mañana y tarde. El otoño resultó ser la estación del año con mayor concentración de microplásticos y de menor tamaño, lo que se justifica por ser la **temporada más lluviosa** en la Región de Murcia, **con fuertes escorrentías hacia un alcantarillado de tipo unitario**. Las diferencias interanuales en la carga de MPs a la entrada desaparecían a la salida, demostrando la **eficiencia de los procesos** depuración.
- Las relaciones entre los microplásticos y los distintos parámetros físico-químicos de los procesos de depuración mostraron un **menor tamaño para pH ácidos**, una posible **heteroagregación** con los sólidos en suspensión, **un incremento en la relación de la DBO₅ / MPs a la salida y un posible secuestro de nutrientes**, que llevaría a su reducción en el efluente final.

Situación - Perspectivas



Impacto en Inversiones (largo plazo)

- ✓ La vida media de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales es larga (30-40 años +) y los ciclos de inversión lentos,
- ✓ La instalación de nuevos tratamientos en la UE requiere de inversiones que pueden tardar décadas,
- ✓ La cantidad de MPs que atraviesan las barreras de tratamiento es pequeña a otras fuentes y la acción al “final de tubo” se considera poco efectiva; exigir tratamientos adicionales no resuelve el problema,
- ✓ Por otro lado habría que pensar en cómo asumir el coste extra de tratamiento si fuera oportuno y viable.

- ~ El **control en origen** es el camino más eficiente para reducir el impacto de los microplásticos.
- ~ Comenzar por las **principales emisiones**: Ej. desgaste de neumáticos, desarrollo y promoción de neumáticos que liberen menos partículas,
- ~ Incentivos financieros para favorecer el **ecodiseño** de productos,
- ~ **Prohibición/sustitución** de MPs intencionadamente añadidos a productos.
- ~ Introducir la **valoración de riesgos medioambientales** para todos los productos expuestos al ciclo del agua.

- ~ Desarrollar **análisis de coste-beneficio** de todas las soluciones posibles comenzando por la responsabilidad asociada al productor (RAP); Ej. test de fibras textiles sintéticas y fijar límites de emisión tras de un prelavado,
- ~ Desarrollo de **protocolos estandarizados**,
- ~ Incluir la implicación/colaboración de terceros productores dentro del **ciclo de vida de los productos** y/o cadena de suministro; Ej. fabricantes de lavadoras, productores de prendas de vestir, etc.,
- ~ **Identificar puntos críticos** donde las EDARs pueden ser parte de la solución,
- ~ **Incluir/aplicar RAP** a fabricantes para financiar inversiones necesarias.



Agradecimientos



Agradecimientos



CAPTOPLASTIC

Grupo de Trabajo Microplásticos (Micro_UPCT)



Universidad
Politécnica
de Cartagena

MIEMBRO DE



EUROPEAN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Área de Tecnologías del Medio Ambiente

Grupo de Investigación: Ingeniería Ambiental

Red EnviroPlaNet

Micro y Nano Plásticos en el Medio Ambiente



Dr. Javier Bayo Bernal
Coordinador



Dr. Luis Javier Lozano Blanco



Dra. Sonia Olmos Espinar



**Presencia, tipos y evolución
de microplásticos en aguas
residuales y EDAR**



Dolores Rojo Campillo
Doctoranda

Otros Trabajos y Estudios

- Cosméticos,
- Piensos Acuicultura,
- Arenas y Sedimentos Marinos,
- Estomago e Intestino Doradas,
- Compost Comercial Jardinería,
- Mucosas Bronco Alveolares Humanos (EPOC).



Emergentes y ubicuos: microplásticos en aguas residuales y EDAR.
Monitorización de cuatro EDAR en la Región de Murcia





Chemosphere 238 (2020) 124593



Microplastics in an urban wastewater treatment plant: The influence of physicochemical parameters and environmental factors

Javier Bayo*, Sonia Olmos, Joaquín López-Castellanos

Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Cartagena, Paseo Alfonso XIII 44, E-30203, Cartagena, Spain



Article

Assessment of Microplastics in a Municipal Wastewater Treatment Plant with Tertiary Treatment: Removal Efficiencies and Loading per Day into the Environment

Javier Bayo *^{ID}, Sonia Olmos and Joaquín López-Castellanos

Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Cartagena, Paseo Alfonso XIII 44, E-30203 Cartagena, Spain; soniaespinar19@gmail.com (S.O.); qlopezca@gmail.com (J.L.-C.)
* Correspondence: javier.bayo@upct.es

Marine Pollution Bulletin 156 (2020) 111211



Membrane bioreactor and rapid sand filtration for the removal of microplastics in an urban wastewater treatment plant

Javier Bayo*, Joaquín López-Castellanos, Sonia Olmos

Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Cartagena, Paseo Alfonso XIII 44, E-30203 Cartagena, Spain





Article

Lack of Evidence for Microplastic Contamination from Water-Soluble Detergent Capsules

Javier Bayo ^{1,*}, Belén Ramos ², Joaquín López-Castellanos ¹, Dolores Rojo ¹ and Sonia Olmos ¹

- ¹ Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 44, 30203 Cartagena, Spain; qlopezca@gmail.com (J.L.-C.); drcampillo@gmail.com (D.R.); sonia.olmos@upct.es (S.O.)
 - ² Consumers and Users Organization (OCU), C/Albarracín, 21, 28037 Madrid, Spain; belenra@ocu.org
- Journal of Hazardous Materials 438 (2022) 129439



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Hazardous Materials

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhazmat



Research Paper

First evidence of microplastics isolated in European citizens' lower airway

Carlos Baeza-Martínez ^a, Sonia Olmos ^b, Miguel González-Pleiter ^c, Joaquín López-Castellanos ^b, Eduardo García-Pachón ^a, Mar Masiá-Canuto ^d, Luis Hernández-Blasco ^d, Javier Bayo ^{b,*}

^a Pneumology Service, Hospital General Universitari d'Elx, Camí de l'Almazara, 11, E-03203 Elx, Alicante, Spain

^b Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Cartagena, Paseo Alfonso XIII 44, E-30203 Cartagena, Spain

^c Department of Biology, Faculty of Sciences, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, E-28049 Madrid, Spain

^d Departments of Clinical Medicine, Miguel Hernández University of Elche, E-03203 Elche, Alicante, Spain



International Journal of
Environmental Research
and Public Health

Article

Commercial Gilthead Seabream (*Sparus aurata* L.) from the Mar Menor Coastal Lagoon as Hotspots of Microplastic Accumulation in the Digestive System

Javier Bayo ^{1,*}, Dolores Rojo ¹, Pedro Martínez-Baños ², Joaquín López-Castellanos ¹ and Sonia Olmos ¹

- ¹ Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Cartagena, Paseo Alfonso XIII 44, E-30203 Cartagena, Spain; drcampillo@gmail.com (D.R.); Environmental Pollution 252 (2019) 1357–1366



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol



Abundance, morphology and chemical composition of microplastics in sand and sediments from a protected coastal area: The Mar Menor lagoon (SE Spain)^{*}

Javier Bayo^{*}, Dolores Rojo, Sonia Olmos

Department of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Cartagena, Paseo Alfonso XIII 44, E-30203, Cartagena, Spain

**Gracias por vuestra
atención.**



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO