

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/200128>

This paper must be cited as:

Castro-Rubio, E.; Lafita, C.; Aguado García, D.; Montoya, T. (2022). ¿Son las EDAR instalaciones que contribuyen a la eliminación de microplásticos?. *Tecnoaqua*. (56):44-48. <http://hdl.handle.net/10251/200128>



The final publication is available at

Copyright Infoedita

Additional Information

# ¿SON LAS EDAR INSTALACIONES QUE CONTRIBUYEN A LA ELIMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS?

E. Castro<sup>1-2\*</sup>, C. Lafita<sup>1</sup>, D. Aguado<sup>3</sup>, T. Montoya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Global Omnium. Gran Vía Marqués del Turia, 17, 46005, Valencia, Spain.

<sup>2</sup> Hydraulic and Environmental Engineering Department, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain.

<sup>3</sup> CALAGUA—Unidad Mixta UV-UPV, Institut Universitari d'Investigació d'Enginyeria de l'Aigua i Medi Ambient-IIAMA, Universitat Politècnica de Valencia, 46100 Burjassot, Spain.

## Resumen

Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) son las principales instalaciones receptoras de microplásticos (MP) presentes en las aguas residuales, además de ser puntos de descarga de estos contaminantes al medio acuático natural. En este trabajo se ha determinado la concentración de MP en el afluente, efluente y fango de cinco EDAR de la Comunitat Valenciana, obteniendo valores de 1,34-18,93 MP/L, 1,17-2,34 MP/L y 25-210 MP/g MS fango, respectivamente. Asimismo, se demuestra que las EDAR son instalaciones que contribuyen a la eliminación de MP en el agua residual, mostrando tasas de eliminación de entre el 78,84 y el 92,24 %. Sin embargo, se ha observado que las partículas de MP que se eliminan de la línea de agua se acumulan en el fango producido.

## Abstract

Wastewater treatment plants (WWTP) are the main reception facilities for microplastics (MP) present in wastewater, as well as being one of the discharge routes of these pollutants into the environment. In this work, the concentration of MPs in the influent, effluent and sludge of five WWTPs in the Valencian Community was determined, obtaining 1.34-18.93 MP/L, 1.17-2.34 MP/L and 25-210 MP/g MS sludge, respectively. It is also demonstrated that WWTPs are facilities that contribute to the removal of MPs in wastewater, exhibiting removal rates ranging from 78.84 to 92.24 %. However, it has been observed that the MP particles that are removed from the water line accumulate in the sludge.

## 1. Introducción

En los últimos años la presencia de microplásticos (MP) en las masas de agua ha despertado un gran interés en la comunidad científica, en los responsables de la toma de decisiones y en los colectivos relacionados con el sector del agua. Los MP son partículas plásticas con un diámetro inferior a 5 mm, que pueden clasificarse en MP primarios y MP secundarios. Los MP primarios se refieren a las partículas de plástico producidas en las primeras etapas de producción, y se utilizan habitualmente medicamentos o la industria textil (Syranidou y Kalogerakis, 2022), y los MP secundarios son los que se generan por la degradación y fragmentación de partículas plásticas de tamaños superiores a partículas de menor tamaño (Liu et al., 2022).

Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) son una de las principales vías de transporte de MP al medio acuático natural (Cole et al., 2011). Algunos estudios han cuantificado la presencia de MP en diferentes líneas de EDAR, habiéndose encontrado concentraciones de MP en el afluente desde 15,7 MP/L (Murphy et al., 2016), hasta 443,0 MP/L (Van Do et al., 2022), mientras que en el efluente desde 0,25 MP/L (Murphy et al., 2016), hasta 1,05 MP/L (Lares et al., 2018). Asimismo, según algunos autores la concentración de MP en el fango varía entre 1,0 a 24,0 MP/g masa seca (MS) para partículas de MP con un tamaño superior a 10 $\mu$ m, entre 4,19 a 15,38 MP/g MS para MP mayores de 45  $\mu$ m (Alavian Petroody et al., 2021) y sin tener en cuenta el tamaño de la partícula se ha encontrado una concentración en el fango de 101 $\pm$ 19 MP/g MS fango (Edo et al., 2020).

Las EDAR contribuyen a la disminución de los MP que se descargan a los ecosistemas acuáticos naturales, dado que, las tecnologías involucradas en los procesos de depuración logran altas tasas de eliminación, como el tratamiento convencional de fangos activados que consigue eliminar entre el 64,4 % (Liu et al., 2019) y el 99 % (Talvite et al., 2017) de los MP que ingresan al sistema. Concretamente, atendiendo a tecnologías específicas, los reactores de membrana (conocidos por sus siglas en inglés MBR), tienen eficiencias de eliminación de hasta el 99,9 %, mientras que otras tecnologías como los filtros de arena tienen una eficiencia del 97 % o los filtros de disco entre el 40 y el 98,5 % (Talvite et al., 2017). La eliminación de MP en las EDAR se produce mediante procesos físicos, que dejan íntegro el contaminante, de forma que se acumula en el principal residuo generado en la depuración de aguas residuales, que es el fango.

El objetivo de este estudio ha sido cuantificar la concentración de MP en el afluente, efluente y fango de cinco EDAR ubicadas en la Comunitat Valenciana, para evaluar la importancia de estas instalaciones como vías de dispersión o concentración de MP, identificando su capacidad de eliminación y analizar la distribución de los MP a lo largo de la Comunitat Valenciana.

## 2. Materiales y métodos.

### 2.1 Muestreo de MP.

Para este estudio se seleccionaron cinco EDAR ubicadas en la Comunitat Valenciana, con diferente capacidad de tratamiento y composición del afluente. Los muestreos de afluente, efluente y fango se llevaron a cabo durante el año 2022 con una periodicidad mensual. Las muestras de agua residual del afluente se tomaron tras el paso por el desbaste, en la conducción de salida de las EDAR y en el fango se tomaron después de la deshidratación. Para el muestreo se utilizaron frascos de vidrio de boca ancha, el volumen de las muestras del afluente fue de 1 L, el efluente de 5 L y el fango de 5 g.

### 2.2 Pretratamiento.

Las muestras de agua residual y fango contienen materia orgánica e inorgánica que es necesario eliminar de la matriz para la cuantificación y caracterización de MP. Para facilitar los procesos de oxidación y separación por diferencia de densidad, primero se disminuye el volumen de muestras, mediante su filtrado en tamices de acero inoxidable con un tamaño de poro de 106 $\mu$ m para finalmente ser transferidas a frascos de vidrio de 500 mL.

Para la oxidación de materia orgánica se empleó el método de oxidación con peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), que se basa en la adición de 10, 30 y 50 mL de  $H_2O_2$  al 30 %, por cada 100 mL de afluente, efluente y fango, respectivamente. La mezcla se mantuvo en agitación a una temperatura de 60 °C por 24 horas. Finalizada la oxidación se realizó una separación por diferencia de densidad, utilizando cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ), con una densidad de aproximadamente de 1,6 g/mL. Por último, el sobrenadante fue expuesto durante 30 minutos a una solución de rojo Nilo y posteriormente, fue filtrado a través de filtros de fibra de vidrio con un tamaño de poro de 1,2 mm. Los filtros se almacenaron en placas Petri de vidrio para su posterior cuantificación.

### 2.3 Visualización y cuantificación de MP

Todas las muestras se examinaron con un microscopio estereoscópico de fluorescencia (Leica MZ10 F) y se fotografiaron bajo una longitud de onda de 470nm (Cámara Leica DMC2900). Para la cuantificación y caracterización automática de MP, se empleó una macro desarrollada por los autores en el software gratuito ImageJ (<https://imagej.nih.gov/>), aprovechando las herramientas de umbralización.

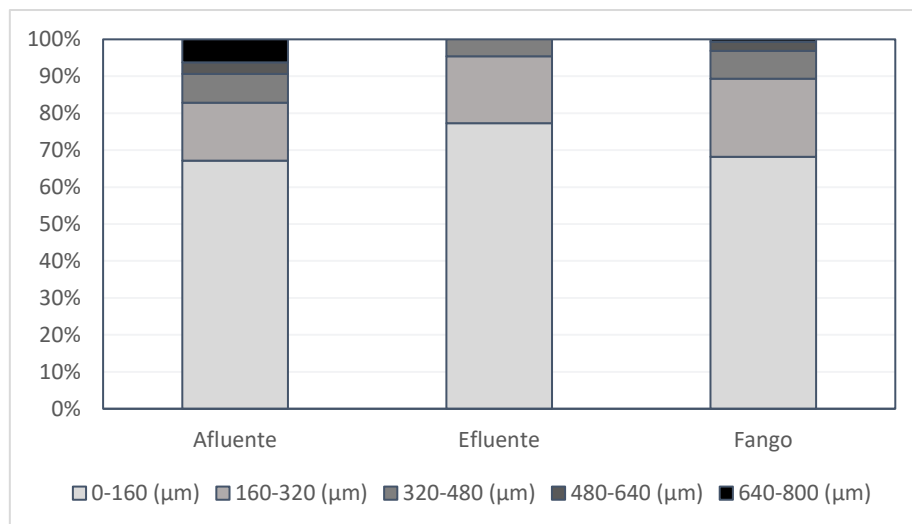
## 3. Resultados y discusión

Durante el estudio se determinó la presencia de MP a la entrada, salida y en el fango de cinco EDAR diferentes. La Tabla 1 muestra la concentración y eficiencia de eliminación de MP en cada una de las instalaciones en estudio y la comparativa con las mediciones realizadas por otros autores. En las instalaciones incluidas en este estudio, la concentración de MP en el afluente está comprendida entre 1,34-18,93 MP/L y en el efluente entre 1,17-2,34 MP/L, lo que indica que el porcentaje de eliminación de MP en el agua residual se encuentra entre 78,84 - 92,24 %, mientras que en el fango la concentración de MP está comprendida en el rango 25-210 MP/g MS. Como se puede observar, existe una elevada variabilidad en la concentración en el afluente entre las diferentes instalaciones estudiadas. A pesar de ello, hay una gran solidez en las eficacias de eliminación ( $86,1 \pm 5,1$  MP/L), indicando que es el máximo que se puede obtener con las tecnologías utilizadas en la Comunitat Valenciana. Las concentraciones medidas en el agua y en el fango son consistentes con otros estudios de MP (Tang et al., 2020; Murphy et al., 2016; Lares et al., 2018). Por el contrario, las eficacias de eliminación fueron inferiores a las medidas en otros estudios realizados en Europa, aunque muy superiores a los de la EDAR de Wuhan (China). La alta concentración de MP en el fango y la alta eficiencia de eliminación en las aguas residuales, indicaron que la mayoría de los MP fueron retenidos en los procesos de separación basados en la capacidad de sedimentación, acumulándose así en el fango producido en las EDAR. Los resultados obtenidos muestran que las EDAR son instalaciones esenciales en la prevención de la contaminación de las masas de agua. Sin embargo, el fango generado en el proceso de tratamiento puede convertirse en una fuente de contaminación por MP en sus usos posteriores.

**Tabla 1** Concentración de MP en el afluente, efluente y fango junto con las tasas de eliminación de MP en EDAR.

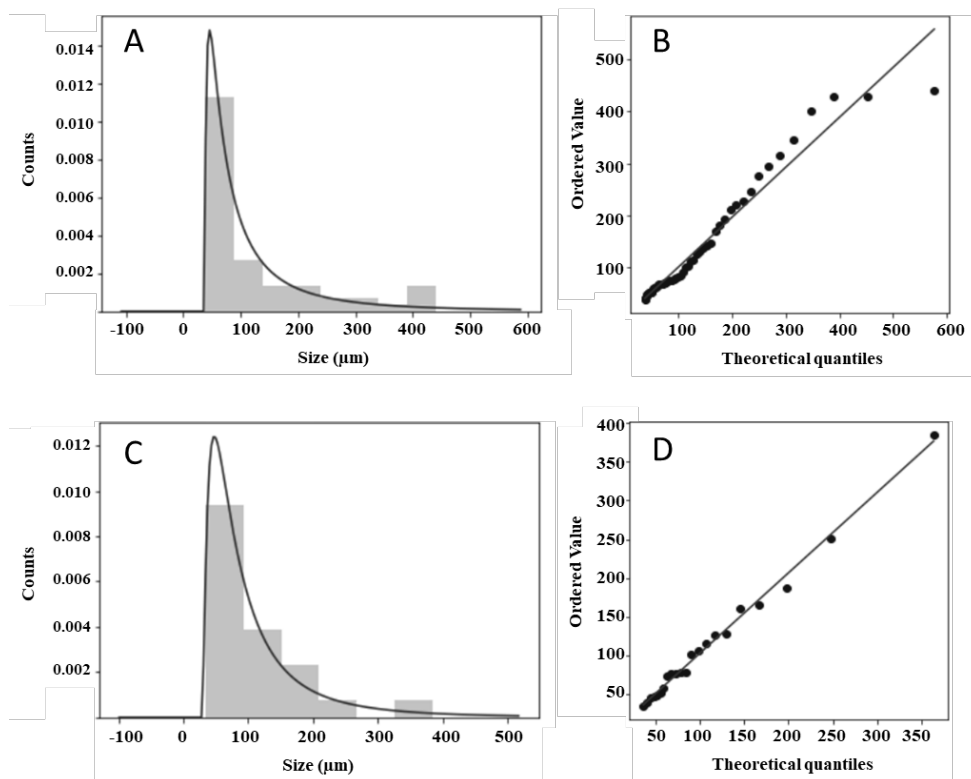
<b>EDAR</b>	<b>Fango (MP/g MS)</b>	<b>Afluente (MP/L)</b>	<b>Efluente (MP/L)</b>	<b>Eliminación MP en agua residual (%)</b>	<b>Referencias</b>
EDAR 1	138	7.65	1.62	78.84	Este estudio
EDAR 2	210	18.93	2.34	87.62	Este estudio
EDAR 3	71	14.17	1.10	92.24	Este estudio
EDAR 4	25	10.20	1.67	83.59	Este estudio
EDAR 5	78	38.37	4.59	88.03	Este estudio
EDAR Wuhan	-	23.3±2.0	7.9±1.1	66.1	(Tang et al., 2020)
EDAR Escocia	-	15.7	0.25	98.4	(Murphy et al., 2016)
EDAR Finlandia	23	57.6	1.05	98.3	(Lares et al., 2018)
EDAR España	101±19	-	-	-	(Edo et al., 2020)

Una de las características principales de la macro de cuantificación y caracterización automática desarrollada por los autores, es la capacidad de determinar el tamaño de las partículas de MP y de esta manera evaluar la distribución de tamaños. La Figura 1 muestra la distribución de tamaño de las partículas de MP encontradas en la EDAR 1 para las muestras de afluente, efluente y fango. Se puede observar que las partículas con un menor rango de tamaño (0-160  $\mu\text{m}$ ) representan el 67 %, 77 % y 68 % de las partículas encontradas en el de afluente, efluente y fango, respectivamente, mientras que las partículas con un rango de tamaño más alto, solamente se detectaron en las muestras del afluente (6 %) y de fango (1 %). La diferencia de tamaño entre el afluente y el efluente puede deberse a la fragmentación durante los procesos llevados a cabo en las EDAR. Además, se observa que la distribución de tamaños de los MP detectados en el fango es mayor que la distribución de partículas en las aguas residuales, lo que puede deberse a que las partículas más grandes quedan retenidas en los fangos durante el proceso de tratamiento, ya que se separan mediante procesos físicos basados en las propiedades de sedimentación de una forma más eficiente.



**Figura 1** Distribución por tamaño de los MP en el afluyente, efluente y fango en la EDAR 1.

En la Figura 2 se muestra el histograma de distribución de tamaños con una distribución lognormal superpuesta ajustada a los datos recogidos en la EDAR 1, tanto para el afluyente (A, B) como para el efluente (C, D). En ambos puntos de muestreo, el tamaño más pequeño representa la fracción más destacada y la concentración de MP disminuye a medida que aumenta su tamaño. Aunque se evaluaron diferentes modelos de distribución de tamaños para representar los datos recogidos, se comprobó que el que mejor bondad de ajuste presentaba en todos los casos era el modelo lognormal.



**Figure 2** Histograma de la distribución de tamaños del afluyente (A) y del efluente (C) de la EDAR 1, con distribución lognormal ajustada superpuesta. Gráfico de probabilidad lognormal de los datos del afluyente (B) y del efluente (D).

#### 4. Conclusiones

En este estudio se ha determinado la incidencia de MP en las EDAR de la Comunitat Valenciana, observándose por un lado la presencia de MP en todas ellas y por otro una gran variabilidad en la concentración del afluente ( $17,9 \pm 12,2$  MP/L) con una distribución de tamaños marcadamente asimétrica positiva, y elevadas eficacias de eliminación (superiores al 85 %) en todos los casos. A pesar de obtener efluentes con un bajo contenido en MP ( $< 2,5$  MP/L), su dispersión en el medio natural se puede producir por su acumulación en el fango, ya que éste actuaría como un vector de diseminación de MP en sus usos posteriores.

#### 5. Referencias

- Alavian Petroody, S. S., Hashemi, S. H., & van Gestel, C. A. M. (2021). Transport and accumulation of microplastics through wastewater treatment sludge processes. *Chemosphere*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130471>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Edo, C., González-Pleiter, M., Leganés, F., Fernández-Piñas, F., & Rosal, R. (2020). Fate of microplastics in wastewater treatment plants and their environmental dispersion with effluent and sludge. *Environmental Pollution*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113837>
- Lares, M., Ncibi, M. C., Sillanpää, M., & Sillanpää, M. (2018). Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water Research*, 133, 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.049>
- Liu, X., Yuan, W., Di, M., Li, Z., & Wang, J. (2019). Transfer and fate of microplastics during the conventional activated sludge process in one wastewater treatment plant of China. *Chemical Engineering Journal*, 362, 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.01.033>
- Liu, Y., Wang, B., Pileggi, V., & Chang, S. (2022). Methods to recover and characterize microplastics in wastewater treatment plants. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100183>
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. (2016). Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment. *Environmental Science and Technology*, 50(11), 5800–5808. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05416>
- Syranidou, E., & Kalogerakis, N. (2022). Interactions of microplastics, antibiotics and antibiotic resistant genes within WWTPs. In *Science of the Total Environment* (Vol. 804). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150141>
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., & Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research*, 123, 401–407. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005>

Talvitie, J., Mikola, A., Setälä, O., Heinonen, M., & Koistinen, A. (2017). How well is microlitter purified from wastewater? – A detailed study on the stepwise removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant. *Water Research*, 109, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.046>

Tang, N., Liu, X., & Xing, W. (2020). Microplastics in wastewater treatment plants of Wuhan, Central China: Abundance, removal, and potential source in household wastewater. *Science of the Total Environment*, 745. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141026>

Van Do, M., Le, T. X. T., Vu, N. D., & Dang, T. T. (2022). Distribution and occurrence of microplastics in wastewater treatment plants. *Environmental Technology and Innovation*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102286>