

RESULTADOS Y CONCLUSIONES DEL PRIMER ESTUDIO SOBRE PRESENCIA DE MP EN AGUA DE CONSUMO EN ESPAÑA.

Marín Galvín, Rafael – Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A. (EMACSA)
Aspichueta López, Elena – Consorcio de Aguas de Bilbao-Bizkaia (CABB)
Borrego Herrera, Manuel – Empresa Metropolitana de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)
Abenza Sánchez, Nuria – Mancomunidad de los Canales del Taibilla (Murcia)
Arnés Velasco, Emilio – Canal de Isabel II (Madrid)
Fábregas Serra, Josepa – Consorci d'Aigües de Tarragona

SUMARIO

La detección de la presencia de fragmentos de microplásticos (MP) en aguas de consumo es una realidad a lo largo de los últimos años. Se constata la aparición de niveles muy bajos y no preocupantes hasta la fecha tanto en aguas de grifo, como especialmente, en aguas embotelladas. El aporte de MP a las aguas en general tiene diferentes orígenes tales como: neumáticos, fibras textiles, basuras y desechos urbanos sólidos y líquidos, pinturas, productos de cuidado personal y perlas de materiales plásticos incluidas en muchos productos comerciales; incluso las aguas residuales urbanas tanto depuradas como no depuradas.

Si bien las estaciones de potabilización de aguas (ETAP) suelen eliminar la práctica totalidad de los MP presentes en aguas brutas destinadas a potabilización, parece detectarse algún pequeño aporte desde elementos plásticos de las propias potabilizadoras (tuberías, juntas, elementos de cierre) e incluso desde las redes de distribución de aguas de consumo en poblaciones por fenómenos abrasivos, especialmente.

Según lo establecido en el RD 3/2023 sobre aguas de consumo humano, los microplásticos se han incluido en la Lista de Observación, del Anexo IV del referido RD, indicando que «*los microplásticos se incluirán en la lista cuando la Comisión Europea adopte una metodología normalizada para medir los microplásticos en agua de consumo*». Sin entrar en otra casuística y con abstracción de lo dicho anteriormente, los estudios disponibles sobre ocurrencia de MP en aguas de consumo de nuestro país son escasos y están llevados a cabo desde Laboratorios que cuentan con metodologías propias al efecto o incluso desde instancias universitarias, sin ningún tipo de consenso aceptado hasta la fecha. Además, el contar con datos contrastados a nivel internacional sobre la cuantificación y tipología de los MP que se pueden habitualmente encontrar en un agua de consumo es totalmente imprescindible antes de pasar a valorar su potencial incidencia toxicológica y sanitaria sobre el ser humano, si ése fuese el caso.

Desde los Operadores de aguas españoles existe cierta inquietud a liderar estudios de este tipo en los abastecimientos y en las aguas controladas por cada uno, habida cuenta de la posible trascendencia que los eventuales resultados obtenidos puedan tener cara a la opinión pública del ámbito geográfico servido por cada uno. En este sentido, desde el GT de Microplásticos de la Comisión II de AEAS se ha pensado que la organización desde AEAS de un estudio preliminar de amplio espectro en aguas de consumo de nuestro país podría diluir las incógnitas manifestadas por los Operadores a escala individual, al incluir los resultados específicos de cada Operador en una matriz amplia de resultados generales que podrían incluso contar con la discrecionalidad que se estime pertinente al caso.

Valorando lo dicho, la dirección de AEAS ha sido sensible a estos planteamientos y ha posibilitado la realización de un primer estudio sobre la presencia de MP en las aguas de consumo españolas, que como derivada adicional podría servir de apoyo al Ministerio de Sanidad para presentar ante la UE una postura nacional en cuanto a la metodología normalizada que pudiera implantarse en su momento, y que ya tendría cierto recorrido e implantación en España. Esta ponencia recogerá los resultados y las conclusiones del referido estudio.

PALABRAS CLAVE

Agua de consumo, ETAP, MP, espectroscopía IR, espectroscopía Raman, fluorescencia, pirólisis y CG-EM, terno extracción-desorción y CG-EM.

INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de *microplásticos* (MP) solemos referirnos a restos de materiales poliméricos plásticos de <5 mm de tamaño (según nueva definición de ISO, <1mm), pudiendo tratarse de partículas primarias (ya

existentes en muchos productos de uso industrial o doméstico) o secundarias, resultado éstas de la desintegración de elementos plásticos más grandes.

Estimaciones actuales cifran entre 5 y 13 millones de T de plásticos las que acceden al medio ambiente cada año. Los plásticos, cuyo destino final son los océanos, se acumulan en cuatro grandes zonas conformando cuatro grandes “islas de plásticos”: Atlántico norte y Atlántico sur, océano Índico, y la más grande, la situada en el Pacífico noroccidental. En este sentido, se estima que en 2019 se encontraban unos 2,3 millones de T de MP en todos los océanos de nuestro planeta. Como más información al respecto, el huracán Harry de 2021 fue capaz de depositar picos de 130.000 partículas/m²/día de MP en la zona afectada. Finalmente, debe referirse el episodio de contaminación por pellets de MP ocurrida en enero de 2024 en la cornisa cantábrica española, a consecuencia de pérdida de contenedores desde un transporte mercante en el Atlántico Norte.

Por otro lado, las fuentes emisivas a las aguas oceánicas son, mayoritariamente, las procedentes de flujos y arrastres desde la tierra, las fibras textiles sintéticas y los neumáticos de los automóviles. Por otro lado, los MP propiamente dichos pueden ser de dos tipos: primarios, que son liberados de forma no intencionada desde diversos productos de uso doméstico e industrial (cosméticos, pastas dentífricas, detergentes y otros); secundarios, procedentes de la degradación química y mecánica de basuras plásticas o de la degradación por el uso habitual de diversos productos tales como neumáticos, pinturas y prendas de vestir sintéticas.

Los MP presentan diferentes formas, partículas esféricas, fibras, con formas irregulares, películas y esponjosas y su espectro de tamaño oscila entre menos del nm y el cm (ver Figura 1). Pueden establecerse dos grandes grupos según tamaños: los nanoplasticos (NP) entre menos de 1 nm y 1 µm, y los MP con tamaños de hasta 5 mm.

En función de su tamaño pueden aplicarse diferentes técnicas analíticas de análisis: técnicas específicas para identificación de partículas de NP, y espectroscopía IR y Raman para los MP. Además, tanto para NP como para MP se cuentan con técnicas de cromatografía de gases o líquidos acopladas con espectroscopía de masas, en conjunción con pirólisis o termoextracción-desorción que identifican compuestos, pero no informan de su forma ni de su tamaño. En todo caso, los polímeros plásticos más frecuentes encontrados como MP suelen ser polietileno, tereftalato de polietileno, poliestireno, poliamida, polipropileno, policloruro de vinilo, poliuretano, nylon y otros. La Tabla 1 recoge los MP más frecuentemente detectados en aguas en función de su aparición en artículos de investigación de los últimos años.

Tabla 1: MP más frecuentemente encontrados en aguas.

Polímero	Abreviatura	% artículos sobre total
Polietileno	PE	23
Tereftalato de polietileno	PET	17
Poliéster termoplástico	PEST	13
Polipropileno	PP	12
Poliestireno	PS	10
Policloruro de vinilo	PVC	9
Poliamida	PA	5
Otros	-	11

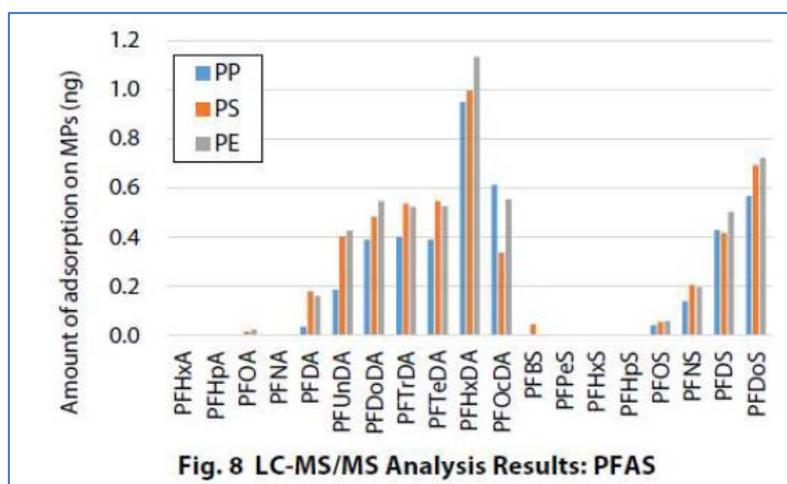


Figura 1: Adsorción de PFA sobre tres MP típicos (fuente Izasa-Jornada Interempresas 2021).

Los MP podrían presentar potenciales efectos sobre la salud del ser humano por ingestión vía agua y alimentos o por inhalación (sin confirmación hasta la fecha). Así mismo, podrían actuar como vectores de compuestos orgánicos nocivos adsorbidos sobre su superficie (por ejemplo, HAP y compuestos fitosanitarios y otros orgánicos) introduciéndose dentro de microorganismos (bacterias) por ingestión pudiendo alcanzar otros niveles superiores de la cadena trófica. La Figura 1 recoge los resultados de un estudio de adsorción de los conocidos PFA (perfluoro alquilos o perfluoro alquiléteres) sobre tres MP testigo, polipropileno, poliestireno y polietileno: puede observarse que en algún compuesto se supera el ng/partícula.

Por analogía con las nanopartículas y en función de su tamaño, concentración y niveles incorporados al sujeto, tipo de polímero, forma, aditivos adsorbidos, carga superficial, carácter de disrupción endocrina, mutagenicidad o toxicidad más o menos grave (es decir, compuestos clasificados como CMR) NP y MP podrían interactuar con los componentes de la sangre u otros órganos internos y generar diversas patologías potenciales.

No obstante, en la actualidad para valorar realmente los efectos sobre la salud de MP y NP se requiere conocer los niveles ambientales existentes, los niveles en el propio ser humano, sus pautas de internalización, traslocación y localización, así como las respuestas biológicas a exposiciones a corto plazo y a largo plazo, con sus dinámicas de acumulación asociadas, si existieran. Muy poco de esto se conoce hasta la fecha. Es decir, sin metodologías contrastadas y de consenso sobre análisis y expresión de resultados de estos compuestos en aguas, será muy difícil avanzar en el plano toxicológico a escala ambiental en general, y en el de prevención de la salud humana en particular.

SOBRE EL CONTROL Y ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICOS EN AGUAS DE CONSUMO

La Tabla 2 (elaborada a partir de un informe de la JRC, Comisión Europea) presenta un resumen sobre las técnicas analíticas disponible para control de MP en aguas en función de todas las variables que afectan a este proceso: tamaño, forma, sensibilidad (límite de cuantificación), identificación de polímeros, preparación de la muestra, tiempo invertido en análisis, madurez y contraste de la metodología, existencia o no de estándar internacional aplicable, existencia de estudios realizados sobre aguas de consumo e inversiones económicas asociadas a cada técnica. Hay dos grandes grupos de metodologías, (i) las de microscopía óptica y espectroscópicas, y (ii) las que usan cromatografía de gases acoplada a técnicas termo-analíticas.

Tabla 2: Evaluación de las técnicas analíticas potencialmente aplicables para control de MP en aguas de consumo (fuente JRC-Comisión Europea).

Tipología general del método	Microscopía óptica y espectroscopía				Técnicas termoanalíticas y CG-EM	
	A1. μ FTIR	A2. QCL-IR	B. Raman	C. Fluorescencia	D1. Py-CGEM	D2. TED-CGEM
Determina tamaño de partícula?	OK		OK	OK	NO	NO
Determina forma?	OK		OK	OK	NO	NO
Sensibilidad (Límite detección)	Equivalente a ng		Equivalente a <ng	Equivalente a <ng	0,1 – 4 μ g	0,1 – 4 μ g
Identifica polímeros?	OK		OK	NO	OK	OK
Rango de tamaño trabajo habitual	20 μ g (4 ng)		10 μ g (0,5 ng)	5 - 10 μ g	Con filtrado 1 – 5 μ g	Con filtrado 1 – 5 μ g
Límite tamaño	5 μ m	10 μ m	1 μ m	5 μ m	>0,45 μ m	>0,45 μ m
Preparación muestra	Eliminación previa de partículas		Eliminación previa de partículas	Eliminación previa de partículas	Eliminación previa de orgánicos	Eliminación previa de orgánicos
Madurez del método	Optimización en curso		Optimización en curso	Optimización en curso	Optimización en curso	Pocas referencias
Tiempo de análisis	>4 h	\approx 1 h	>4 h	<1 h	1 - 2 h	1 - 2 h
Existe estándar internacional?	Esperable norma ISO en 2025			NO	Esperable norma ISO en 2025	
Estudios en agua consumo	Sí		Sí	NO	Sí	NO
Coste de Inversión euros	100.000 – 200.000 €	250.000 – 300.000 €	100.000 – 200.000 €	25.000 – 30.000 €	90.000 €	>200.000 €

Técnicas de microscopía óptica y espectroscopía

Microscopía IR: opciones A1 y A2

Mediante la obtención de espectros de absorción IR se pueden determinar partículas individuales o conseguir imágenes químicas, es decir, imágenes de la distribución de componentes utilizando la medición simultánea

de espectros IR. Existen diferentes técnicas IR aplicables: óptica (QLC-IR), análisis mediante reflexión-transformada de Fourier (mFTIR) o FTIR con reflexión total atenuada (ATR-FTIR, menos empleada). La Figura 2(a) recoge espectros IR de varios materiales plásticos.

En cuanto a las diferencias entre QCL-IR y mFTIR, como ejemplo en la investigación de partículas de polimetilmetacrilato (PMMA) ópticamente se pueden detectar partículas de 10 μm y de 5 μm de tamaño mientras que de las partículas de 10 μm se pueden generar imágenes químicas de superposición, pero no de las partículas más pequeñas (ver Figura 2(b)).

Como conclusión general, con IR pueden cuantificarse MP como número de partículas, con un tamaño mínimo de 5 μm (incluso de $<1 \mu\text{m}$) si bien es difícil y laboriosa la determinación de partículas inferiores a 20 μm , siendo una técnica de resolución potente, con costes medios-altos de inversión. Pueden asimilarse tamaños de partícula de 20 μm a una masa de 4 ng ($4 \times 10^{-3} \mu\text{g}$). Finalmente, se espera poder contar con un estándar internacional (bajo ISO) para 2025.

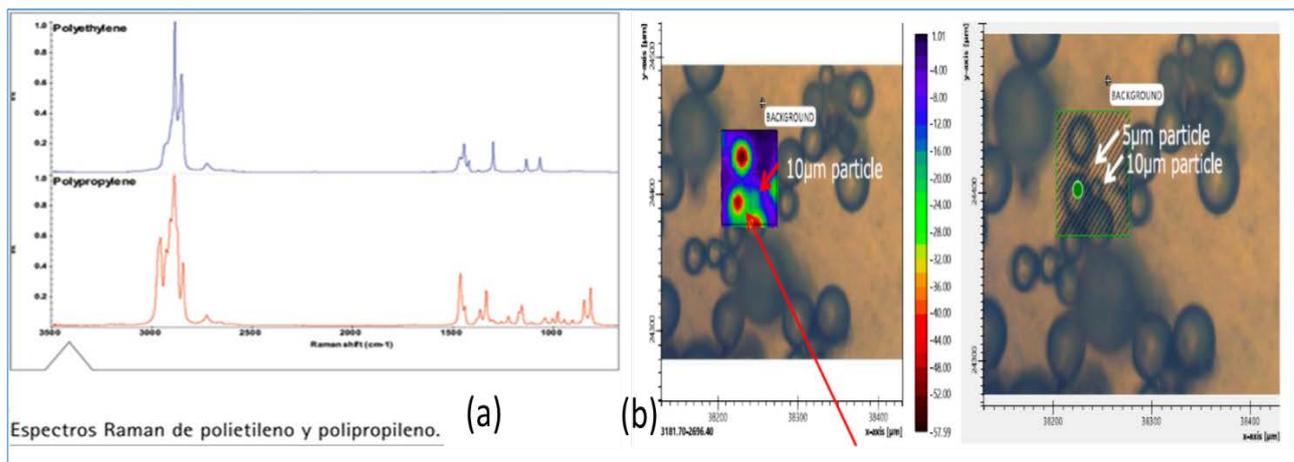


Figura 2: (a) espectros IR de polietileno y polipropileno; (b) imágenes químicas de superposición IR de partículas de polimetilmetacrilato de dos tamaños: las partículas de 5 μm no se detectan.

Microscopía Raman: opción B

En este caso el tamaño mínimo de trabajo es de 1 μm pudiendo cuantificar por número de unidades habitualmente para mayores de 10 μm , que expresado en masa puede equivaler a 0,5 ng ($5 \times 10^{-4} \mu\text{g}$). Presenta el inconveniente de que la presencia de alto contenido en micropartículas distintas a los MP, y de aditivos y colorantes asociados pueden enmascarar la señal. También se trata de una técnica robusta que requiere una inversión económica media-alta. Así mismo se espera contar con un estándar internacional para 2025. La Figura 3(izda.) presenta diversos espectros Raman para varios polímeros de fibras de MP.

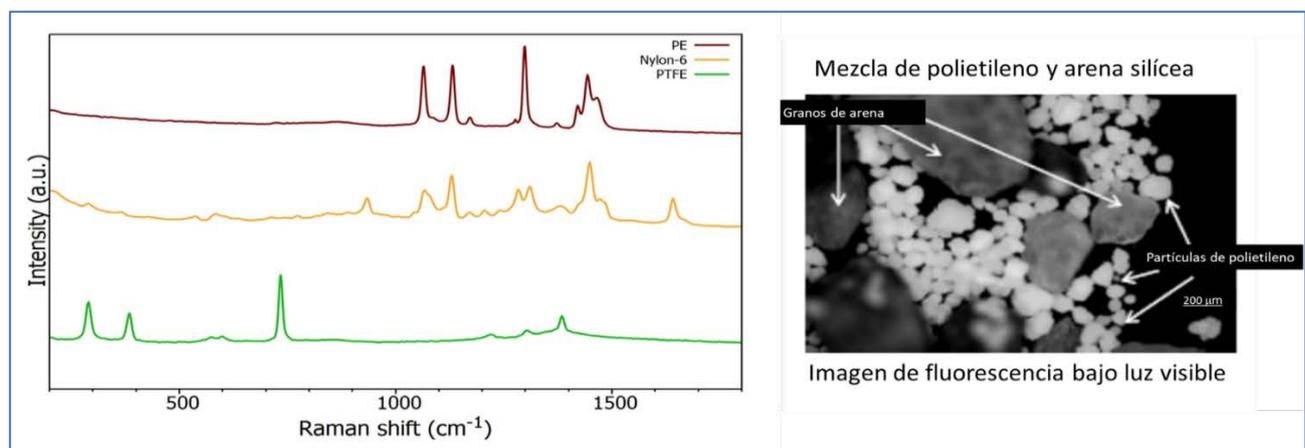


Figura 3: Izqda., espectros Raman de varios plásticos; dcha., resolución de una mezcla de partículas de polietileno y granos de arena, mediante fluorescencia.

Fluorescencia: opción C

Se trata de una técnica simple, rápida y de bajo coste capaz para llevar a cabo barridos (*screening*) de matrices conteniendo MP que pueden distinguirse de otros materiales sólidos similares. Desde el punto de vista analítico no presenta problemas de falsos positivos/negativos.

Es una técnica eficaz para partículas pequeñas en un entorno de pocas interferencias, con tamaños de hasta de 5-10 μm , pero de cuestionable eficacia para muestras reales. Además, sin el empleo de técnicas ópticas no informa sobre la tipología de los MP detectados. La Figura 3(dcha.) muestra una imagen de fluorescencia de una mezcla entre polietileno y arena silícea.

Técnicas de cromatografía de gases acoplada con técnicas termo-analíticas

Pirólisis y cromatografía de gases-masas: opción D1

La estrategia seguida en este caso pasa por la descomposición térmica de los polímeros de MP existentes en la muestra y en la posterior separación vía cromatografía de gases. Finalmente, cada pico cromatográfico se identifica mediante espectroscopía de masas.

Con esta técnica, de coste medio-bajo, se pueden identificar partículas de hasta 1-5 μm , incluso llegando a los 0,45 mm. La equivalencia en masa para la sensibilidad del método es de 0,1 a 4 μg . La Figura 4 muestra la obtención de un pico de caprolactama (precursor del nylon) en CG-EM tras pirólisis y su posterior resolución.

Además, también se espera para 2025 la elaboración de un estándar ISO sobre la técnica.

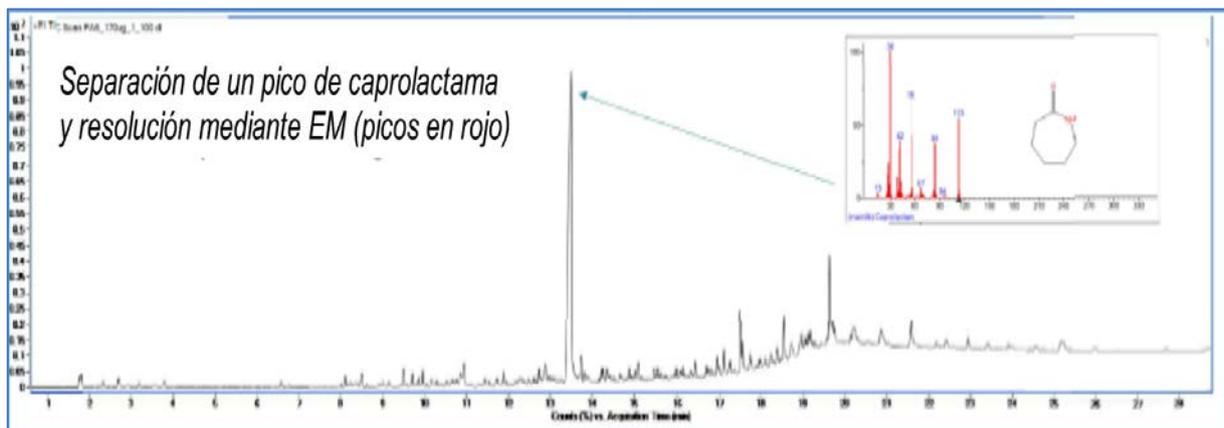


Figura 4: Investigación de caprolactama, mediante pirólisis y CG-EM.

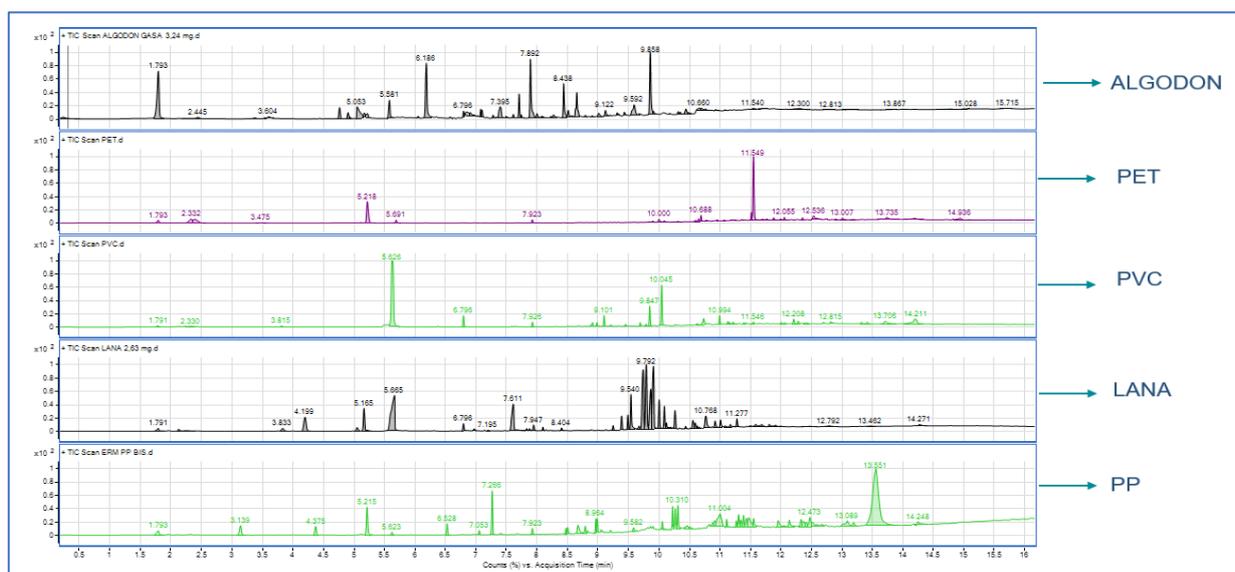


Figura 5: Ejemplos de espectros obtenidos mediante termo extracción-desorción y CG-EM.

Termo extracción-desorción y cromatografía de gases-masas: opción D2

En cuanto a esta técnica es de implantación y uso reciente, y por lo tanto de limitada disponibilidad en el mercado pero de fácil manejo aunque de alto coste económico. El procedimiento pasa por una extracción térmica de compuestos, con posterior adsorción en fase sólida, seguida de una desorción vía térmica de compuestos que finalmente se separan mediante cromatografía de gases y se identifican mediante masas.

La sensibilidad analítica de esta técnica se equipara a la de la anterior y también puede esperarse que cuente con un estándar ISO para 2025.

Como dato final, las técnicas termo-analíticas son capaces de minimizar la interferencia en los análisis provocada por la presencia de compuestos orgánicos diferentes a los polímeros de MP (ver Figura 5).

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA Y OCURRENCIA ACTUAL DE MICROPLÁSTICOS EN AGUAS DE CONSUMO EN ESPAÑA

Tras debatir el planteamiento del estudio internamente dentro del GT de Microplásticos de la Comisión II de AEAS, se consensó el establecimiento de seis zonas de muestreo distribuidas por todo el territorio nacional contando con las empresas que estuvieron interesadas en llevar a cabo las tomas de muestras y proporcionar éstas, a su criterio, para su investigación. Dichas empresas, a las que se agradece su colaboración, han sido:

- Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A. (EMACSA).
- Consortio de Aguas de Bilbao-Bizkaia (CABB).
- Empresa Metropolitana de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA).
- Mancomunidad de los Canales del Taibilla (ubicada en Murcia).
- Canal de Isabel II (Madrid).
- Consorti d'Aigües de Tarragona (CAT).

Cada empresa suministraría muestras de un abastecimiento de su zona de actuación. Para las investigaciones se acordó tomar 6 muestras de cada abastecimiento, distribuidas como sigue:

- De la entrada a la estación de potabilización (ETAP), o a la Estación Desaladora, o de agua subterránea Bruta.
- Del agua de Salida de ETAP, Desaladora o Agua Subterránea tratada.
- De cuatro puntos de cada red de distribución chequeada a diferentes distancias desde la ETAP.

Los operadores y empresas colaboradoras en el estudio se encargarían a su costa de las tomas de muestras y envío de las mismas al laboratorio seleccionado por AEAS y el GT de MP, que resultó ser por su experiencia contrastada en este tipo de estudios EUROFINS IPROMA.

Se tomarían un total de 1 L de agua por cada muestra en recipientes de vidrio, preparándose su envío en nevera termostatazada. Se recomendó que no transcurran más de 24 h desde la toma de muestras por el participante y su envío para análisis.

La metodología de análisis sería mediante la técnica de Termo extracción-desorción y Cromatografía de gases-Espectrometría de masas, expresándose los resultados en masa/volumen ($\mu\text{g/L}$) indicando límite de cuantificación y precisión para cada resultado.

Los polímeros objeto de determinación serían los siguientes: polipropileno (PP), poliuretano (PU), polietileno (PE), polietileno Tereftalato (PET), cloruro de Polivinilo (PVC), poliestireno (PE), nylon 6 (poliacrilonitrilo, PA6) y poliamida (PA).

Al objeto de preservar la discrecionalidad para cada empresa participante a la hora de publicación de resultados, cada muestra iría identificada de la siguiente forma, siendo los datos aportados a criterio de cada participante y por series de muestras los siguientes:

- Entrada a ETAP: Agua procedente de embalse, río, lago, de la cuenca superior, media, inferior del río, Desaladora, Agua Subterránea (se podría incluir denominación genérica de la ubicación). Estas muestras se codificarán como las primeras de cada serie.
- Agua de salida del Tratamiento con los mismos criterios anteriores. Estas muestras se codificarán como las segundas de cada serie.

-Agua de la red de distribución de un abastecimiento (Comunidad Autónoma) indicando la distancia aproximada desde la ETAP, desaladora o tratamiento de agua subterránea al punto en km.

Estas muestras se codificarían de la tercera a la sexta de cada serie. Así, la codificación de las muestras por abastecimientos y su ubicación geográfica fue al final la siguiente:

- Abastecimiento nº1, País Vasco: MP-7, MP-8, MP-9, MP-10, MP-11, MP-12.
- Abastecimiento nº2, Cataluña: MP-31, MP-32, MP-33, MP-34, MP-35, MP-36.
- Abastecimiento nº3, Madrid: MP-25, MP-26, MP-27, MP-28, MP-29, MP-30.
- Abastecimiento nº4, Murcia: MP-19, MP-20, MP-21, MP-22, MP-23, MP-24.
- Abastecimiento nº5, Andalucía: MP-1, MP-2, MP-3, MP-4, MP-5, MP-6.
- Abastecimiento nº6, Andalucía: MP-13, MP-14, MP-15, MP-16, MP-17, MP-18.

Una vez recibidos todos los datos se procesaría elaborándose resultados y conclusiones con los que se ha generado la actual ponencia para el Congreso de AEAS 2024 (Castellón de la Plana).

METODOLOGÍA APLICADA

Las muestras de agua enviadas en alícuotas de 1 L a EUROFINS IPROMA para su investigación por cada uno de los operadores que han colaborado en el estudio, fueron sometidas al siguiente procedimiento analítico recogido en la Figura 6:

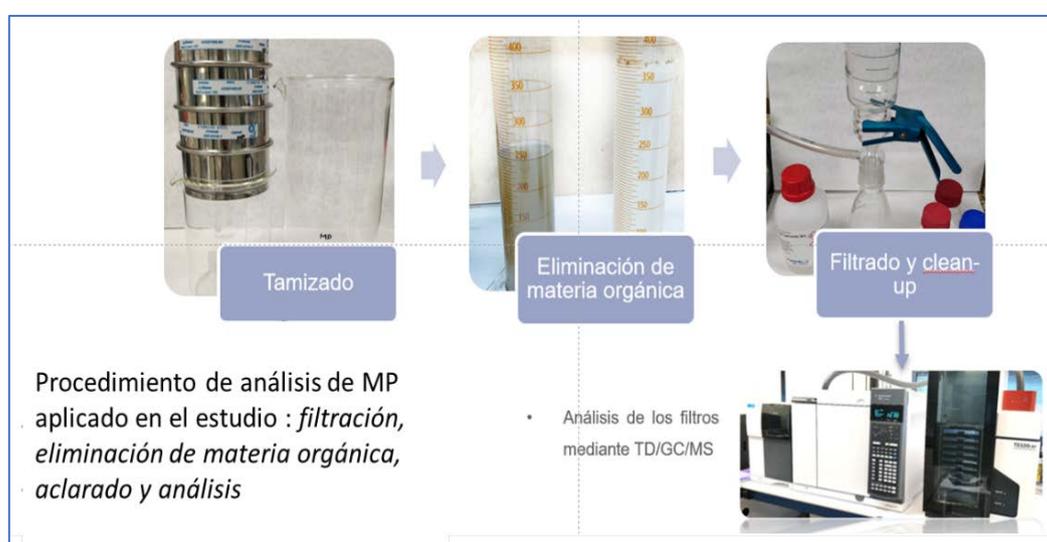


Figura 6: Procedimiento analítico aplicado por EUROFINS-IPROMA.

- Tamizado del agua sólo si visualmente se observase la presencia de microplásticos de gran tamaño, es decir, de varios mm; en tal caso, se aislarían las partículas y se analizarían individualmente. Al no detectarse MP grandes, se procedió a la filtración del agua a través de filtros de fibra de cuarzo de 1 μm de tamaño de poro.
- Posteriormente se realizó un clean-up empleando lavados del filtrado con:
Aplicación de H_2O_2 para eliminación de materia orgánica.
Mezcla de acetona/agua y metanol sucesivamente para aclarado.
- El análisis de los microplásticos presentes se llevó a cabo mediante la técnica TD-GC-MS: el filtro con los microplásticos (o una fracción de los mismos) se sometió a calentamiento controlado a una temperatura de 300°C, originándose compuestos de degradación térmica característicos de cada microplástico, que posteriormente fueron separados a través de cromatografía de gases y cuantificados por espectrometría de masas.
- La calibración del instrumento se realizó empleando patrones puros de cada uno de los polímeros plásticos de interés.

RESULTADOS SOBRE PRESENCIA DE MP EN AGUAS DE CONSUMO EN ESPAÑA

Resultados en aguas de consumo en España hasta 2022

Como introducción a los resultados del estudio objeto de esta ponencia, parece oportuno hacer referencia a los datos ya recogidos en la ponencia presentada en el Congreso de 2022 de AEAS (Córdoba) por el GT de Microplásticos de la Comisión II de AEAS y que abarcaron tres tipos de estudios independientes.

En este sentido, los estudios de EUROFINS-IPROMA emplearon técnicas de ATR-FTIR para partículas >500 μm (de las cuáles no se detectaron evidencias) y de TD-GC-MS para partículas >0,3 μm . Los MP detectados en aguas potables fueron PS (5-8 $\mu\text{g/L}$), PVC (6-7 $\mu\text{g/L}$), PE, PA y PET (con <LC para los tres) procediendo probablemente de erosión interna de las tuberías de aguas de red.

Por otro lado, un segundo estudio de LABAQUA aplicó la técnica de TED-GC-MS determinando PVC, PS, PA, PET, PP y PE en agua bruta de entrada a una ETAP, agua decantada y agua de salida de ETAP. No se detectaron ninguno de los MP investigados en agua bruta ni en agua tratada, y tan sólo aparecieron en agua decantada PA y PE, debido muy probablemente a erosión de las paredes internas del decantador.

Finalmente, Aigües de Barcelona analizó aguas brutas del río Llobregat, aguas en ETAP y agua en la red de Barcelona mediante microscopía y posterior FTIR (determinación de nº de partículas). El agua del río presentó entre 0-3,6 MP/L (se investigaron PE, PP, PE, PS, ABS y PA) siendo la eliminación en planta del 93,5%. Por último, se hallaron MP en un 38% de las aguas de red analizadas (PE y PP, y algo de PA) con niveles de 0-0,05 MP/L, no evidenciándose influencia ni con la distancia a la ETAP del punto de muestreo ni en el contenido de PE de las tuberías de red.

Resultados en aguas de consumo en España en el muestreo de 2023

Se han tomado muestras de un abastecimiento del País Vasco (nº1), otro de Cataluña (nº2), otro de Madrid (nº3), otro de Murcia (nº4), y dos en Andalucía (nº5 y nº6) (ver Figura 7). Con ello el estudio presenta una notable dispersión geográfica.



Figura 7: Distribución de los abastecimientos estudiados con las muestras adscritas a cada uno.

Con respecto al origen de las aguas brutas captadas y a los sistemas de tratamiento existentes en las ETAP de los abastecimientos, la Tabla 3 recoge estos aspectos.

Como comentarios generales, cinco abastecimientos captaban agua de embalses y uno de río. Además, las líneas de tratamiento aplicadas en las ETAP eran las habituales, con procesos de pre-oxidación, coagulación-floculación con diferentes reactivos químicos seguida de decantación, filtración sobre arena seguida en algunos casos de filtración sobre CAG y desinfección con cloro en todos los casos salvo en uno. Como más información al respecto, también se hacía uso del ajuste de pH en diferentes fases de algunos de los tratamientos aplicados.

Por otro lado, la Tabla 4 presenta los resultados globales de los polímeros plásticos investigados en el estudio ordenados por abastecimiento.

Los polímeros de interés fueron los más frecuentemente detectados en aguas, según bibliografía, es decir, polietileno, poliestireno, polipropileno, polietileno tereftalato, nylon 6, poliuretano, policloruro de vinilo y poliacrilonitrilo. Se indican límites de cuantificación y la incertidumbre asociada al método aplicado; además, hay que tener en cuenta que el contenido en MP se refería a aquellos con tamaño comprendido entre 5 mm y 1 µm. En orden a no generar interpretaciones erróneas de los datos aportados, los resultados se indican como inferiores al límite de cuantificación, cuando ha sido el caso, y en las detecciones positivas, se ha expresado como «nº de veces de superación del límite de cuantificación aplicable» al polímero.

MP en aguas brutas

Los resultados obtenidos en el estudio indicaron que, de las seis muestras de aguas brutas, 5 procedentes de embalses y 1 de río, se detectó polietileno en un caso de embalse (abastecimiento nº3) con una concentración de 2,7xLC µg/L. Además, se pudo detectar policloruro de vinilo en un embalse (abastecimiento nº6) con una concentración de 2,5xLC µg/L. El resto de las muestras no presentaron ninguno de los polímeros investigados.

Como resumen, en aguas brutas de embalses y de río españolas, no hubo detección de ninguno de los polímeros siguientes: poliestireno, polipropileno, polietileno de tereftalato, nylon 6, poliuretano, ni poliacrilonitrilo. Sólo se detectaron MP en el 4,2% de los análisis practicados en aguas brutas.

MP en aguas de salida de ETAP

Con respecto a las muestras correspondientes a las aguas de salida de ETAP, sólo se detectó en un caso (abastecimiento nº5) polietileno con un valor de concentración de 1,3xLC µg/L. En el resto de las muestras no hubo detección de ninguno de los MP investigados, con lo que la detección se dio en un 16,7% de los casos investigados, lo que expresado como detección de MP sobre análisis totales sería un 2,1%.

MP en redes de distribución de aguas

En este caso, en la Tabla 4 ya comentada se han ido ordenando las muestras en orden a su distancia a la ETAP expresada en km, ofreciendo este parámetro una casuística amplia dependiendo del abastecimiento considerado. Así, las distancias han oscilado entre 1,5 km (abastecimiento nº5) alcanzando hasta los 100 km (abastecimiento nº2). Se trataba de comprobar si este parámetro actuaba incrementando o no el potencial contenido en MP de las aguas por fenómenos de deposición o de adsorción interna en tuberías de distribución o bien por fenómenos contrarios de abrasión.

Los datos obtenidos en el estudio sólo ofrecieron detecciones de MP en un caso de los 22 investigados, correspondiendo a polietileno, con una concentración de 2,3xLC µg/L (abastecimiento nº5) a 2,5 km de distancia desde la ETAP.

Como conclusión en este apartado, la detección de MP ha sido constatada sólo en un 4,5% de las muestras investigadas y el único polímero detectado ha sido polietileno, no existiendo detecciones del resto de polímeros medidos: poliestireno, polipropileno, polietileno de tereftalato, nylon 6, poliuretano, policloruro de vinilo, ni poliacrilonitrilo.

Finalmente, de las 272 determinaciones de polímeros de MP investigados a lo largo de todo el estudio, tan sólo 4 determinaciones (1,5% sobre total) han sido positivas, con lo cual la presencia de MP en aguas españolas brutas, tratadas y de red de distribución presenta una tasa muy baja con los datos recabados.

CONCLUSIONES

Se ha investigado en seis abastecimientos españoles ubicados en las CC.AA. de País Vasco, Cataluña, Madrid, Murcia y Andalucía, la detección y el potencial contenido en los polímeros MP más frecuentemente encontrados en aguas según bibliografía, los cuales son: polipropileno (PP), poliuretano (PU), polietileno (PE), polietileno Tereftalato (PET), cloruro de Polivinilo (PVC), poliestireno (PE), nylon 6 (poliacrilonitrilo, PA6) y poliamida (PA).

En cada abastecimiento se tomaron muestras del agua bruta de captación para cada ETAP (5 procedentes de embalses y una de río), del agua de salida de las ETAP, así como de 4 muestras de las redes de distribución, separadas entre 1,5 km y 100 km de las potabilizadoras, según cada caso.

De las 34 muestras finalmente investigadas sólo han existido detecciones positivas en 4 casos (11,8%), siendo los polímeros detectados, PE, con 3 detecciones (8,8% sobre total) y PVC (3,0% sobre total). No se han detectado en ninguna muestra los siguientes polímeros: PS, PP, PET, PA6, PU, ni PACN. A destacar que sólo el 1,5% de las 272 determinaciones de polímeros practicadas fueron positivas.

En las muestras de aguas brutas las detecciones positivas fueron de PE en agua de embalse con una concentración de 2,7xLC µg/L y de PVC, también en embalse, con una concentración de 2,5xLC µg/L.

En aguas de salida de las ETAP sólo hubo detección de polietileno en un caso de los seis analizados (16,7% sobre total) no detectándose el resto de polímeros: PP, PU, PET, PVC, PE, PA6 y poliamida PA.

Finalmente, en aguas de redes de distribución, sólo se comprobaron detecciones de MP en un caso de los 22 investigados, correspondiendo a PE con una concentración de 2,3xLC µg/L. Con los datos disponibles no se pudo evaluar si había alguna influencia de la distancia del punto de muestreo de red desde la ETAP.

Como resumen de todo lo dicho, la detección y cuantificación de MP en aguas brutas, potabilizadas o de red de distribución en España indicaba resultados muy bajos, sólo 4 muestras de las 34 investigadas (11,8% sobre total), con únicamente un 1,5% de polímeros detectados sobre 272 investigados, y con niveles muy bajos. No obstante, es necesario seguir profundizando en este tipo de estudios y determinaciones que previsiblemente pronto contarán con un protocolo de muestreo y de análisis establecido desde la UE para dar cumplimiento a la Directiva (UE) 2020/2184 y consiguientemente, al RD 3/2023 español.

REFERENCIAS

Chu X. et al. *Occurrence and distribution of microplastics in water supply systems: In water and pipe scales*. Science of The Total Environment, 803 (2022) 150004.

Dalmau-Soler J., Ballesteros-Cano R., Boleda M^a. R., Paraira M., Ferrer N. and Lacorte S. *Microplastics from headwaters to tap water: occurrence and removal in a drinking water treatment plant in Barcelona Metropolitan area (Catalonia, NE Spain)*. Environmental Science and Pollution Research, 28 (2021) 59462-59472.

Dalmau-Soler J., Ballesteros-Cano R., Ferrer N., Boleda M^a. R. and Lacorte S. *Microplastics throughout a tap water supply network*. Water and Environmental Journal, 26(2) (2022) 292-298.

JRC. 14th Meeting of the EC Expert Group under the Drinking Water Directive (DWD). Bruselas (2022).

Marín Galvín, R. *Control de microplásticos en aguas de consumo: estado del arte en la Unión Europea*. Tecnoaqua, 60 (2023), 60-66 y ref. citadas allí.

Marín Galvín, R., Rosado Sanz, A., Carranza Egaña I., Pérez-Baroja Verde, Í., Borrego, M., Pérez Recuerda, R. y Lacorte, S. *El problema de los microplásticos en las aguas y su investigación*. Actas del XXXV Congreso de AEAS, 156-166. Valencia (2019) y ref. citadas allí.

Marín Galvín, R., Rosado Sanz, A., Paraira Faus, M., Llorca Porcel, J., Sorolla Rosario Débora y Cortada Cortés, C. *Microplásticos en aguas de consumo: situación actual en España*. *Microplastics in drinking water: the current situation in Spain*. InfoEnviro, 89 (2022) 57-61 y ref. citadas allí.

Marín Galvín, R., Rosado Sanz, A., Paraira Faus, M., Llorca Porcel, J., Sorolla Rosario Débora y Cortada Cortés, C. *El reto de los microplásticos en las aguas de consumo: muestreos, estrategias de análisis y expresión de resultados*. Actas del XXXVI Congreso de AEAS, 259-269. Córdoba (2023) y ref. citadas allí.

Rodríguez Usón, I. (IZASA Scientific). *Análisis de MP: técnicas para cuantificar presencia de MP en muestras*. Jornada Interempresas sobre MP. Evento on-line (2021).

Ryan, Anna C., Allen, D., Allen, S., Maselli, V., Leblanc, A., Kelleher, L., Krause, S., Wlaker, Tony R. and Cohen M. *Transport and deposition of ocean-sourced microplastic particles by a North Atlantic hurricane*. Communications Earth and Environment, 4 (2023) 1-10.

Talbot R. and Chang H. *Microplastics in freshwater: A global review of factors affecting spatial and temporal variations*. Environmental Pollution, 292 (2022) Part B 118393.

Wu J., Zhang Y. and Tang Y. *Fragmentation of microplastics in the drinking water treatment process - A case study in Yangtze River region, China*. Science of The Total Environment, 806 (2022) 150545.

CONTACTO

Rafael Marín Galvín
Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A. – EMACSA
C/De los Plateros, 1; 14006-Córdoba
Tfno.: 957222527; 699985712; Email: rmargal@emacsa.es