



PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DE MICROPARTÍCULAS EN PLAYAS (BM-6)

España, pionera internacional en análisis de microplásticos que contaminan la costa

María Plaza Arroyo
José Francisco Sánchez González
Pilar Zorzo Gallego

Laboratorio de Calidad del Medio Marino (CEPYC-CEDEX)

Las basuras marinas son un problema global que afecta a todos los océanos del mundo, con efectos negativos estéticos, ambientales, económicos y sobre la salud. Este problema es el resultado de malas prácticas en la gestión de los residuos sólidos, las infraestructuras, las actividades y de comportamientos humanos indiscriminados, a lo que se une la insuficiente concienciación ciudadana sobre las consecuencias potenciales de sus acciones (UNEP, 2009).

Las basuras marinas incluyen aquellos materiales sólidos de origen humano que hayan sido, deliberadamente o no, descartados o perdidos en las playas, en las costas o en el mar. Incluyen también los materiales transportados al medio marino desde tierra por los ríos, escorrentía urbana o vientos. Se componen por una amplia gama de materiales, incluyendo principalmente plástico, metal, madera, caucho, vidrio y papel. Aunque las proporciones relativas de estos materiales varían según las regiones, existe una clara evidencia de que la basura de plástico es con diferencia el tipo más abundante, siendo además un material extremadamente resistente y persistente en el medio marino, donde se estima que puede permanecer cientos de años.

De las fracciones de plásticos existentes en los mares y océanos, en este artículo se destacan las de tamaño inferior a 5 mm, denominadas microplásticos, y que pueden proceder de diversas fuentes. En primer lugar, los micropellets

La basura de plástico es con diferencia el tipo más abundante de desecho en el mar

tos primarios, fabricados directamente con ese pequeño tamaño para su uso directo, como abrasivos industriales o cosméticos, o para el uso indirecto, como granza de preproducción o pellets. En segundo lugar, los microplásticos secundarios son el resultado de la fragmentación de plásticos de mayor tamaño que se deterioran en el medio ambiente, como consecuencia principalmente de la exposición a la luz solar (fotodegradación), pero también por procesos físicos y químicos.

En la figura 1, que fue tomada en la playa de Cavallería (Menorca) durante el muestreo de primavera incluido dentro del programa de seguimiento BM-6 de las Estrategias Marinas de España se observan microplásticos de tipo primario (pellets) y microplásticos secundarios (fragmentos plásticos de diferentes colores).

Microbasuras en 17 playas españolas

Este programa surge durante la implementación en España de la Directiva marco sobre la estrategia marina (DMEM, Directiva 2008/56/CE), que pretende lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino, considerando las basuras marinas como uno de los factores que pueden afectar negativamente a su consecución. Esta directiva requiere del desarrollo de criterios y metodologías para evaluar el buen estado ambiental del medio ambiente marino y para ello emplea las basuras marinas como uno de los descriptores (descriptor 10). Más concretamente, el criterio D10C2 hace referencia a la presencia



Figura 1. Playa de Cavallería (Menorca). Campaña primavera 2023 del programa de seguimiento BM-6

Se detectó una posible disminución de microplásticos con la menor actividad humana durante la pandemia

de microbasuras en todos los ambientes del medio marino. Por todo ello, dentro del proceso de desarrollo de las Estrategias Marinas españolas, el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX y la Dirección General de la Costa y el Mar diseñaron y pusieron en marcha en 2016 el Programa de seguimiento de micropartículas en playas (en adelante, BM-6), siendo los microplásticos el factor más significativo y de mayor repercusión.

A grandes rasgos, el BM-6 se compone de un conjunto de playas (actualmente 17 playas distribuidas entre las 5 demarcaciones marinas españolas —ver tabla 1 y figura 2—) en las que se realiza un muestreo semestral (en primavera y en otoño) con el objeto de cuantificar y clasificar los microplásticos recogidos. En cada playa, el muestreo consta de 5 réplicas tomadas dentro de un tramo de playa de 100 m. de longitud, fijo para todas las campañas, utilizando para ello un marco cuadrado de 50 cm. de lado, que se dispone sobre la línea de la última pleamar (figura 3).

Las muestras son procesadas y analizadas en el Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEDEX, siguiendo un protocolo de análisis desarrollado por el CEDEX en 2015 a partir de las metodologías recomendadas por el Grupo técnico de basuras marinas de la Directiva marco sobre la estrategia marina de la Comisión Europea (TG-ML por sus siglas en inglés) y que se resume en la figura 4. El recuento de las partículas de microplásticos retenidas en las dos membranas de filtración correspondientes a cada muestra (fracción de tamaño 1 a 5 mm. y fracción de tamaño inferior a 1 mm.) se realiza mediante una lupa binocular con un ocular micrométrico acoplado que permite la medida

del tamaño de las partículas. Dada las diferencias entre los tamaños de ambas fracciones, el proceso de recuento cambia ligeramente. Por un lado, la inspección de la membrana correspondiente a la fracción de muestra de entre 1 y 5 mm. se realiza con luz blanca estándar, mientras que las partículas de tamaño inferior a 1 mm. se analizan empleando luz azul (longitud de onda comprendida entre 450 y 510 nm.) En este segundo caso, el analista va equipado con unas gafas con filtro naranja de 529 nanómetros (nm). de manera que las partículas de plástico se ven de color naranja brillante, facilitándose de esta manera que puedan ser distinguidos con facilidad de otras partículas de material no plástico. Esta técnica presenta sin embargo el inconveniente de impedir la identificación del color original de cada partícula, ya que previamente se tiñen las partículas con tinción de rojo de Nilo.

Demarcación marina	Provincia	Playa
Noratlántica	País Vasco	Itzurun
	Cantabria	Oyambre
	Asturias	Frexulfe
	Lugo	Covas
	Pontevedra	Rodas
Sudatlántica	Cádiz	Castilnovo
	Huelva	Doñana
Estrecho y Alborán	Granada	Azucenas
	Almería	Cabo de Gata
Canaria	Lanzarote	Famara
	Lanzarote	Lambra
Levantino-balear	Murcia	La Llana
	Valencia	Marenys
	Tarragona	La Pineda
	Barcelona	Cal Francés
	Mallorca	Can Per Antoni
	Menorca	Cavallería

Tabla 1. Playas integrantes del programa de seguimiento de micropartículas en playas, BM-6

El tipo de partículas más frecuentes son los fragmentos de plástico, los pellets industriales y el polispán



Figura 2. Ubicación de las playas incluidas en el programa BM-6

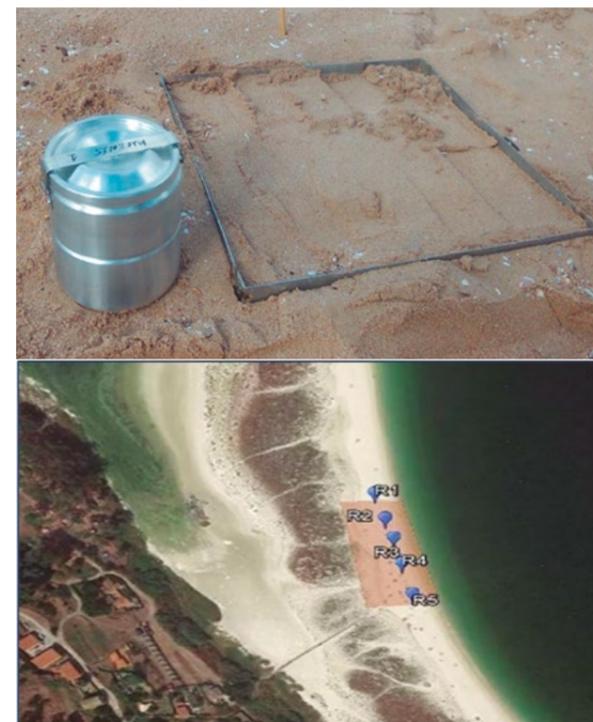


Figura 3. a) Ubicación del transecto de 100 m. en la playa de Rodas; b) Marco metálico y contenedor utilizados en el muestreo



La degradación y fragmentación de los residuos es una de las principales fuentes de contaminación por microplástico

Resultados del programa entre 2016 y 2022

Entre el año 2016 y el año 2022 se recogieron un total de 875 muestras, con unas 17 500 partículas procesadas. A modo de resumen general, en la figura 5 se observa la concentración media (número de partículas por kilogramo) de microplásticos por playa y estación. Se hace notar que la escala vertical es logarítmica, con el objeto de resaltar las

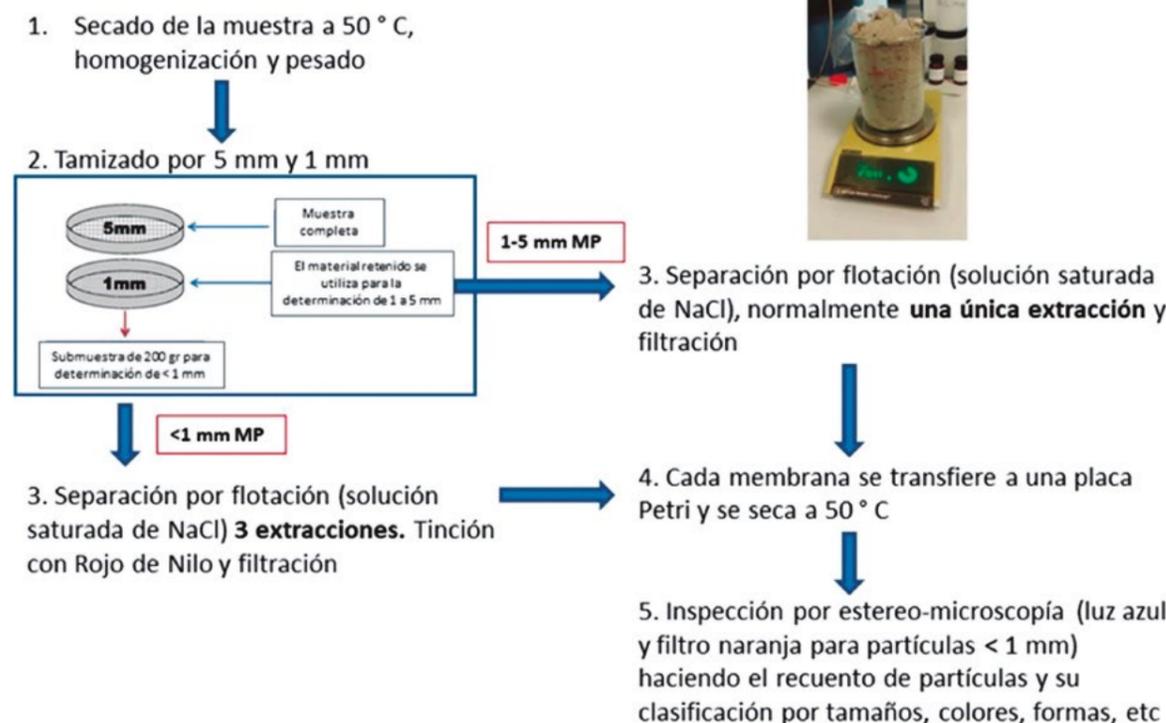


Figura 4. Esquema del procesado de las muestras en el laboratorio



Vista aérea de la playa de Cavallería (Menorca), una de las que está siendo sometida al análisis del programa BM-6

grandes diferencias existentes entre las concentraciones medias en las distintas playas del programa.

Resulta interesante señalar, a la hora de interpretar estos promedios, la gran variabilidad de concentraciones en las distintas playas del programa, con playas en las que el promedio se sitúa en torno a 8 partículas por kg. de arena y otras en las que este valor es entre 5 y 10 veces mayor, superándose las 64 partículas por kg. Por otro lado, y a pesar de la lógica variabilidad presente en los resultados entre los datos de primavera y otoño, sí se aprecia una “sintonía” entre la magnitud del problema en una y otra estación.

De las playas analizadas se destaca la contaminación en Itzurun (Guipúzcoa), Cabo de Gata (Almería), La Pineda (Tarragona), Cal Francés (Barcelona), Famara (Lanzarote) y Lambra (La Graciosa). En cuanto al tipo de contaminación, más adelante se exponen los principales resultados del programa; en resumen, si bien los fragmentos son la tipología mayoritaria en las playas del programa, en cuatro de las seis playas citadas (La Pineda, Cal Francés, Famara y Lambra) predomina la contaminación originada por la presencia de pellets. En este caso, existen diferencias notables en los procesos que dan lugar a esta contaminación. Así, La Pineda y Cal Francés están muy afectadas por las pérdidas accidentales de la cadena de valor de la industria del plástico (que de manera mayoritaria en España se concentra en aquella zona geográfica), mientras que Lambra y Famara se sitúan en zonas donde tal industria es inexistente, explicándose los altos niveles de contaminación por

Este programa permite identificar a grandes rasgos la magnitud de la problemática estudiada

el transporte oceánico y la corriente de Canarias, que recoge los residuos desde zonas de potencial *acumulación* en el centro del Atlántico (Cozar *et al.*, 2014).

Analizando la evolución de la concentración media para el conjunto de playas (figura 6), se destaca la fuerte disminución observada en la campaña de primavera de 2020 (realizada a lo largo del mes de junio), coincidente con la pandemia provocada por el Covid-19. Este dato apunta a una posible correlación entre la presencia de microplásticos con la disminución de la actividad humana como consecuencia de la pandemia. En las campañas de primavera y otoño de 2021 se observa un repunte, alcanzándose de nuevo concentraciones habituales pre-pandemia.

Respecto a la distribución de tamaños de las partículas, y aun a pesar de las importantes concentraciones de pellets preproducción detectadas ocasionalmente en algunas pla-



Residuos de pellets que han sufrido abrasión y por eso son ovoides en la playa de Cavallería

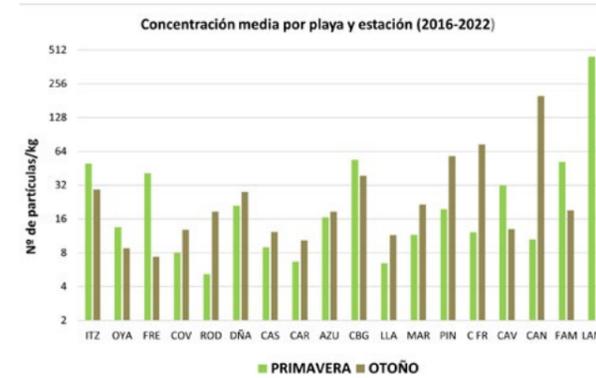


Figura 5 Concentración media de microplásticos por playa en el periodo 2016-2022

yas y cuyos tamaños suelen estar en torno a los 5 mm., la clase de tamaño más frecuente es la inferior a 200 µm (micra o micrómetro, equivalente a la milésima parte de un mm. —1,000 µm = 1 mm —). Para el resto de los rangos de tamaño no se observan diferencias demasiado significativas, distribuyéndose de manera muy homogénea entre todas las clases, con concentraciones medias que oscilan entre 1 y 2 partículas/kg para las fracciones superiores a 400 µm. Para la fracción de 200 a 400 µm la concentración media asciende a 4 partículas/kg., tal y como puede observarse en la figura 7.

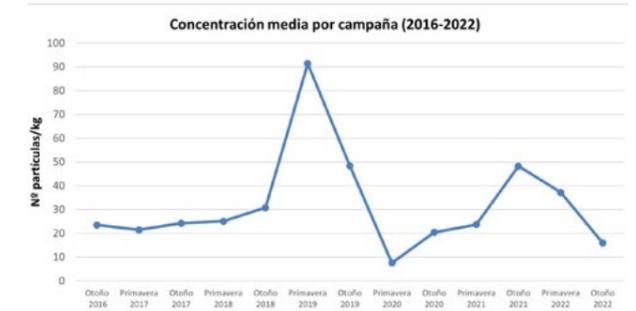


Figura 6 Evolución de la concentración media de microplásticos por campaña (2016-2022)

La distribución de los tipos de partícula detectados a lo largo de estos años del programa de seguimiento se muestra en la figura 8. Tal como se ha adelantado, el tipo de partículas más frecuente son los fragmentos de plástico, que representan el 47 % de las partículas contabilizadas, seguido con un 33 % de los pellets de preproducción, aspecto este destacable, ya que mientras que los fragmentos proceden de la degradación de todo tipo de plásticos, los pellets tienen una única fuente en la industria del plástico. Entre ambas formas de partícula representan el 80 % del total, con lo que el resto de las tipologías aparecen en proporciones despreciables, a excepción del poliespán, que supone aproximadamente un 16 %.



Las partículas de tamaño inferior a 5 mm. se denominan microplásticos pero las que son algo mayores se reducen progresivamente por el efecto de la erosión y el sol

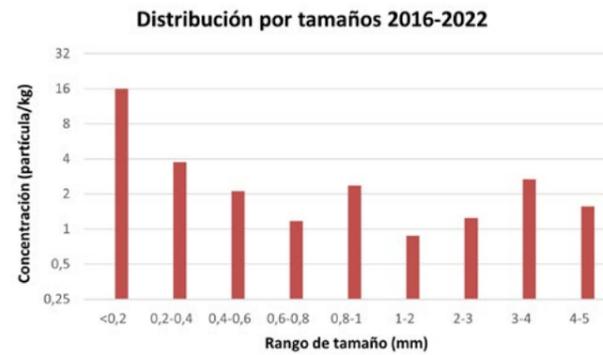


Figura 7. Concentración media según tamaño de partícula en el periodo 2016-2022

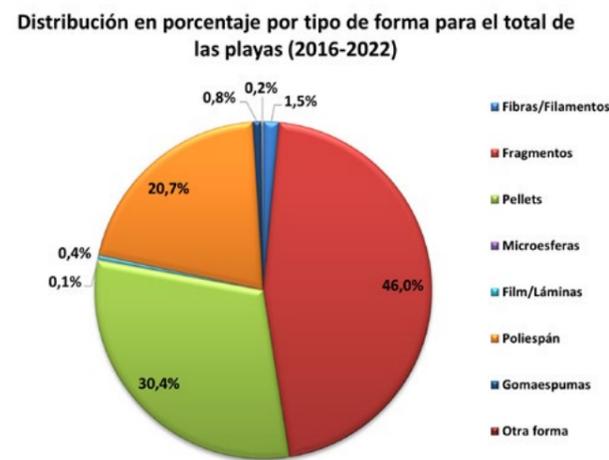


Figura 8. Distribución en porcentaje por tipo de forma para el total de las playas (2016-2022)

Cabe destacar la ausencia de partículas de tipo “Film” o lámina y microesferas, así como las que ha sido necesario clasificar en la categoría de “otra forma”, representando entre las tres categorías aproximadamente un 1 % del total.

Nuevas formas de muestreo en el futuro

Actualmente España es uno de los pocos países europeos que ha puesto a punto un programa de seguimiento de micropartículas en arena de playas, por lo que no resulta sencillo llevar a cabo una comparación metodológica ni en lo

que se refiere al muestreo ni al modo de procesar las muestras en el laboratorio. No obstante, y dada la variabilidad observada en los resultados obtenidos a lo largo de estos 7 años de seguimiento, parece necesario estudiar nuevas formas de muestreo y análisis que permitan mejorar estos resultados. En resumen, al analizar los resultados obtenidos se observa una gran variabilidad tanto entre las distintas playas o para los diferentes periodos de muestreo, como incluso entre las réplicas de una misma playa. En efecto, con el diseño actual el programa permite identificar



La acumulación de microplásticos en las playas analizadas va ligada a la presencia de mesoplásticos



Recogida de muestra del programa BM-6 en la playa de Can Pere Antoni, en Palma de Mallorca

a grandes rasgos la magnitud de la problemática estudiada, las tipologías de micropartículas existentes en nuestras playas, las principales fuentes de contaminación y/o las tendencias en las diferentes fachadas marítimas. No obstante, también se considera que algunos aspectos podrían mejorarse para robustecer el programa, incorporando por ejemplo el estudio de zonas de acumulación con muestreos específicos, al menos en las playas con mayor concentración de partículas, siempre manteniendo el diseño original para poder realizar comparaciones a largo plazo.

Normativa UE sobre mesoplásticos

Asimismo, al limitar el muestreo a la línea de pleamar y para una frecuencia tan reducida de muestreo, cabe la posibilidad de que en ciertas playas poco afectadas por la contaminación las muestras estén completamente limpias, lo cual no tiene por qué ser debido a que la playa esté limpia, sino a que en la fecha de muestreo no arribaron plásticos a la playa. Esto podría mejorarse bien mediante el examen de otras zonas de la playa o simplemente ampliando la superficie a muestrear (por ejemplo, como en el programa de seguimiento de macrobasuras en playas). En cualquier caso, estas modificaciones requieren de una reflexión amplia y el establecimiento de nuevos protocolos que no afecten al programa actual y que permitan seguir realizando comparaciones con datos de años anteriores.

Por otro lado, se está incorporando una nueva fracción de tamaños al programa. El Grupo técnico de basuras marinas de la Directiva marco sobre la estrategia marina de la Comisión Europea del que el CEDEX es copresidente, creado a petición de los Estados Miembros de la Unión Europea en el marco de la estrategia común de implementación de la DMEM, se encuentra actualmente inmerso en la elaboración de unas directrices para el seguimiento de basuras marinas que incluyen el seguimiento de mesoplásticos (plásticos con un tamaño entre 0,5 y 2,5 cm) y pellets en arenas de playa, lo que supone un gran avance dentro del desarrollo de la aplicación de nuevas metodologías comunes.

Por último, y en cuanto a la metodología de cuantificación e identificación de microplásticos, el CEDEX ha incorporado recientemente la técnica LDIR (*Laser Direct Infra Red*), lo que podría suponer un importante impulso en el desarrollo del programa BM-6, ya que permite la adquisición de imágenes químicas y el análisis espectral en el infrarrojo (IR, por sus siglas en inglés).

La microscopía óptica como técnica de análisis no permite identificar el tipo de polímeros, solo agruparlos por rangos de tamaño, tipos o colores, resultando una técnica que presenta sesgos y, si bien se considera necesaria para llevar a cabo análisis preliminares, podría complementarse con una técnica de identificación más selectiva. Los sistemas de espectroscopía de infrarrojos tradicionalmente utilizados en este tipo de análisis de microplásticos como los sistemas FTIR (Infrarrojo Transformado de Fourier, por sus siglas en inglés) y Raman, presentan importantes inconvenientes prácticos dados fundamentalmente por la lentitud de los análisis (horas para una sola muestra) y las limitaciones para trabajar con partículas de tamaño inferior a 0,5 mm., así como la generación de ficheros de gran tamaño que dificultan el manejo de la información y el procesado de un elevado número de muestras.

En contraposición, la técnica LDIR, con su debida optimización para el análisis de microplásticos, resulta una técnica mucho más rápida, dado que emplea una nueva fuente coherente con mucha más intensidad en el infrarrojo, que consiste en el uso de un láser de cascada cuántica (LQC, por sus siglas en inglés), sintonizable en el infrarrojo medio, que permite concentrar toda la luz sobre la muestra y obtener un espectro en menos de 1 segundo, reduciendo de este modo de manera considerable los tiempos de muestreo y pudiendo analizar partículas mucho más pequeñas (hasta 10 µm.)

Referencias

1. CEDEX (2014). *Guía para el seguimiento y determinación de microplásticos en playas*. Informe para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. Clave 23-414-5-012.
2. CEDEX (2016). *Fase inicial del programa de seguimiento de micropartículas en playas (BM-6)*. Informe para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. Clave 23-414-5-010.
3. CEDEX (2023). *Programa de seguimiento de micropartículas en playas (BM-6) – 2022*. Informe para la Dirección General de la Costa y del Mar. Clave 23-422-5-007.
4. Cózar, A; Echevarría, F; González-Gordillo, I; Duarte, C.M. (2014). *Plastic debris in the open ocean*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(28): pp. 10239-10244.
5. UNEP (2009). *Marine Litter: A Global Challenge*. Nairobi: UNEP. Disponible en <http://wedocs.unep.org>.