



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

INFORME TÉCNICO

para

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Secretaría de Estado de Medio Ambiente
Dirección General de la Costa y el Mar

APOYO TÉCNICO EN LAS ESTRATEGIAS MARINAS

INFORME ESPECÍFICO

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DE MICROPARTÍCULAS EN PLAYAS (BM-6) - 2020

(E.S.T 2017-2020/68)

TOMO ÚNICO

Clave CEDEX: 23-417-5-001

Madrid, octubre de 2021

Centro de Estudios de Puertos y Costas



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÍTULO:

**APOYO TÉCNICO EN LAS ESTRATEGIAS MARINAS
PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DE
MICROPARTÍCULAS EN PLAYAS (BM-6) - 2020**

TOMO ÚNICO

CLIENTE:

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Secretaría de Estado de Medio Ambiente
Dirección General de la Costa y el Mar

EL PRESENTE INFORME CONSTITUYE UN DOCUMENTO OFICIAL DE ESTE TRABAJO Y, DE ACUERDO CON LAS NORMAS GENERALES DEL ORGANISMO, SU ENTREGA SUPONE EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTUACIONES TÉCNICAS DEL MISMO REFERENTES A LA MATERIA OBJETO DEL INFORME.

VALIDEZ OFICIAL

VISTO EL CONTENIDO DEL INFORME Y SIENDO ACORDE CON LAS CLAUSULAS DEL CONVENIO DE COLABORACION CORRESPONDIENTE, SE PROPONE AUTORIZAR SU EMISIÓN.

EL DIRECTOR DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS

Fdo. José María Grassa Garrido

AUTORIZA LA EMISIÓN DEL INFORME:

Madrid, octubre de 2021

LA DIRECTORA DEL CEDEX

Fdo. Áurea Perucho Martínez

SÓLO SON INFORMES OFICIALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX) LOS REFRENDADOS POR SU DIRECCIÓN.



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETO	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. METODOLOGÍA DE MUESTREO Y CUANTIFICACIÓN	6
3.1..TOMA DE MUESTRAS	6
3.2..PROCESADO DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO	7
3.3..CUANTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICOS.....	9
3.4..DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS COMPLEMENTARIAS	10
4. CAMPAÑAS DE MUESTREO	11
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	16
5.1..CONCENTRACIÓN DE MICROPLÁSTICOS	16
5.2..TAMAÑO DE PARTÍCULA	21
5.2.1. MASA DE PARTÍCULAS	27
5.3..FORMA DE LAS PARTÍCULAS.....	28
5.4..COLOR DE LAS PARTÍCULAS.....	33
6. RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS	36
6.1..GRANULOMETRÍA	36
6.2..MATERIA ORGÁNICA	40
7. DATOS HISTÓRICOS	42
7.1..CONCENTRACIÓN DE MICROPLÁSTICOS	43
7.2..CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS	47
7.2.1. Tamaño	47
7.2.2. Forma de las partículas	48
7.2.3. Color de las partículas	49
7.3..ANÁLISIS DE TENDENCIAS	50
8. RESUMEN Y CONCLUSIONES	56

ANEJOS

Anejo 1. SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO.

Anejo 2. RESULTADOS DE LABORATORIO.

Anejo 3. RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

A solicitud de la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM), el CEDEX viene prestando apoyo técnico y científico en la implementación y desarrollo de Directivas Europeas relacionadas con la protección del medio marino y costero a través de las diferentes Encomiendas de Gestión suscritas entre ambos Organismos desde el año 2007. Entre estas Directivas se encuentra la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (2008/56/CE), por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (DMEM).

En el año 2014 los Estados Miembros comenzaron a poner en marcha los programas de seguimiento del primer ciclo de Estrategias Marinas. Tales Programas de Seguimiento se organizaron de acuerdo a los 11 Descriptores cualitativos para determinar el buen estado medioambiental, establecidos en el Anejo 1 de la Directiva y en lo que al Descriptor 10 - Basuras Marinas se refiere se incluyeron 7 subprogramas que cubren los siguientes indicadores:

- BM-1: Basuras en playas (indicador BM-Pla)
- BM-2: Basuras flotantes (indicador BM-Flo)
- BM-3: Basuras en el fondo marino (indicador BM-Fon)
- BM-4: Micropartículas en agua (indicador BM-Mic)
- BM-5: Micropartículas en sedimentos (indicador BM-Mic)
- BM-6: Micropartículas en playas (indicador BM-Micplaya)
- BM-7: Datos adicionales, para recoger y poner en valor aquellos datos procedentes de iniciativas ambientales de voluntariado que, si cuentan con una adecuada continuidad, cobertura y metodología, pueden proporcionar información valiosa a los gestores de cara a homogeneizar la información relativa a los programas de seguimiento de la Estrategias.

Con el Real Decreto 1365/2018, de 2 de noviembre, por el que se aprueban las estrategias marinas, concluyó el primer ciclo de estas estrategias. El Ministerio para la Transición Ecológica a través de la entonces Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, comenzó en aquel momento los trabajos de actualización de las tres primeras fases de las estrategias marinas (evaluación inicial, definición de “Buen Estado Ambiental” y establecimiento de objetivos ambientales) iniciándose así el segundo ciclo que abarcará desde el año 2018 hasta el 2024. Dentro de estos trabajos, la DGCM ha encomendado al CEDEX los relativos a la actualización del análisis de presiones e impactos para cada una de las demarcaciones marinas españolas que ha formado parte de la actualización de la Evaluación Inicial de cada demarcación marina. Asimismo, y dada la experiencia del CEDEX en materias relacionadas con otros aspectos de la Evaluación Inicial, se acordó la participación del organismo en la actualización de los principales usos y actividades del medio marino y de los Descriptores ambientales 6 (integridad de los fondos marinos), 8 (contaminantes y sus efectos), 10 (basuras marinas) y 11 (ruido submarino).



CEDEX

Dentro de este segundo ciclo de las estrategias marinas, está previsto que los trabajos de actualización de los programas de seguimiento se lleven a cabo en 2020 y en 2021, con los nuevos programas de medidas. No obstante, durante 2019 se anticiparon algunos de los trabajos para actualizar el subprograma BM-6.

En la anterior Encomienda de Gestión suscrita entre la DGCM y el CEDEX, se incluyeron diferentes trabajos destinados al diseño y puesta en marcha del subprograma BM-6, que comenzó a ejecutarse en el otoño de 2016, habiéndose emitido desde entonces los informes anuales correspondientes a los años 2016, 2017, 2018 y 2019

Para que el trabajo contase con la necesaria continuidad, la DGCM y el CEDEX acordaron su inclusión en la Encomienda de Servicio Técnico “Investigación aplicada, desarrollo tecnológico e Innovación en material competencia de la Dirección General (2017-2020)” firmada entre ambos organismos en 2017, con una duración hasta 2021, dentro de la actuación denominada “Apoyo técnico en las Estrategias Marinas”.

El trabajo incluye la ejecución por parte del CEDEX de los programas de seguimiento rutinario de micropartículas¹ en playas mediante dos campañas de caracterización anuales, de acuerdo con un calendario fijado en el protocolo específico de muestreo previamente elaborado, que incluyen la recogida de muestras en un conjunto de playas preestablecidas de toda la costa española y el análisis y cuantificación de microplásticos en el Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEDEX.

El presente informe se corresponde con los trabajos realizados en las campañas del Programa de Seguimiento realizadas durante el año 2020.

¹ Aun cuando la denominación oficial del Subprograma se refiere a micropartículas, las únicas que se tienen en consideración son las de tipo plástico por lo que los términos “microplásticos” y “micropartículas” son, a los efectos del presente informe, equivalentes

2. INTRODUCCIÓN

El Programa de seguimiento de micropartículas en playas (Subprograma BM-6) incluye la realización de toma de muestras y determinaciones de laboratorio, en ambos casos de acuerdo a protocolos pre-establecidos que fueron elaborados por el CEDEX en 2014 y optimizados durante la fase inicial del Subprograma, ejecutada entre 2015 y el primer semestre de 2016.

Las playas en las que desarrollar el seguimiento se seleccionaron en la fase inicial del Subprograma y, entre los criterios utilizados entonces, se intentó, en la medida de lo posible, que las playas (y dentro de cada una de ellas los puntos concretos de muestreo) fueran coincidentes con las utilizadas para el seguimiento de macrobasuras dentro del Subprograma BM-1. Este criterio venía determinado por dos aspectos diferentes: Por una parte, por facilitar la logística de la operación en el caso de que los muestreos de ambos subprogramas fueran realizados por el mismo personal y, por otra y desde un punto de vista estrictamente científico, valorar en el futuro si puede existir una correlación entre la presencia de macrobasuras en una playa y la abundancia de microplásticos.

Así, se incluyeron inicialmente un total de 9 playas, si bien en la primera campaña ya se realizaron las comprobaciones oportunas para la inclusión de una adicional (La Pineda, Tarragona) a sugerencia de la propia industria del plástico. Así, se puede considerar que prácticamente desde su inicio la red de muestreo estaba constituida por 10 playas según la distribución por Demarcaciones marinas incluida en la Tabla 1:

Tabla 1 NÚMERO DE PLAYAS DEL SUBPROGRAMA BM-6 POR DEMARCACIÓN MARINA	
Demarcación marina	Nº de playas
Noratlántica	3
Sudatlántica	1
Estrecho y Alborán	1
Levantino-Balear	4
Canaria	1

Sin embargo, para mejorar la representatividad de los resultados obtenidos, en el año 2019 se acometieron los trabajos necesarios para incluir algunas nuevas playas en el subprograma.

Demarcación Noratlántica:

Se incluyen, dentro de esta Demarcación las playas de Oyambre (Cantabria), Covas (Lugo) y Rodas (Pontevedra), incluidas también en el subprograma BM-1, así como la playa de Itzurun (País Vasco), que se incorporó en el año 2019 dado el amplio tramo litoral existente en la zona del Golfo de Vizcaya en el que se carecía de información.



CEDEX

Teniendo en cuenta que la playa de Rodas está ubicada dentro del Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia, resulta de difícil acceso fuera de la temporada estival y los muestreos correspondientes al subprograma BM-1 son llevados a cabo por personal propio del Parque, la DGCM llegó al acuerdo con los responsables del Parque Nacional para que, contando con el asesoramiento continuado del CEDEX, fuese también su personal quien realizase la toma de muestras de arena para su envío al Laboratorio de Calidad el Medio Marino.

Es, por lo tanto, el único caso en el que la ejecución de los muestreos no se realiza rutinariamente por personal técnico del CEDEX.

Demarcación Sudatlántica:

Desde el inicio del subprograma en esta demarcación marina se ha venido muestreando únicamente la playa de Castilnovo, en Cádiz, incluida también en el subprograma BM-1.

Teniendo en cuenta la escasa representatividad que suponía hacer depender los resultados de un área tan extensa de una única playa, en el año 2019, se incluyó en el subprograma la playa de Doñana en Huelva.

Demarcación del Estrecho y Alborán:

Dentro de esta Demarcación se incluyen, la playa de Las Azucenas en Motril (Granada) y la playa de San Miguel de Cabo de Gata, en el término municipal de Almería.

La playa de las Azucenas se incluyó en la campaña de otoño de 2017 como alternativa a las playas de Carchuna, en Motril (Granada) y la de Balerma, en El Ejido (Almería), incluidas en el Subprograma BM-1, al no ser compatibles estas playas con la deposición de microplásticos por presentar una granulometría gruesa (arenas gruesas y grava).

Por otra parte, en la campaña de primavera de 2018 tras llevar a cabo diversos reconocimientos y muestreos, se incluyó dentro del Subprograma la playa de San Miguel de Cabo de Gata, a la espera de poder contar con un volumen de resultados que pueda considerarse estadísticamente significativo, además al encontrarse ambas playas en dos unidades fisiográficas tan diferentes, la Demarcación queda bien representada.

Sin embargo, ninguna de estas dos playas está incluida dentro del Subprograma BM-1 por lo que a futuro resultará imposible realizar en esta Demarcación marina análisis alguno de la posible relación entre la existencia de microplásticos y la presencia de macrobasuras en las playas.

Demarcación Levantino-Balear:

El subprograma BM-6 incluye las playas de La Llana en San Pedro del Pinatar (Murcia), Marenys en Tavernes de Valldigna (Valencia), Cal Francés en Viladecans (Barcelona) y La Pineda, en Vila Seca (Tarragona). Las tres primeras son comunes con el subprograma BM-1 mientras que en el caso de la playa de La Pineda únicamente se realiza el seguimiento de microplásticos, habiendo

sido incluida a sugerencia de la industria del plástico por su proximidad a zonas de concentración de industria y el puerto de Tarragona.

Demarcación Canaria:

En el caso de la Demarcación marina Canaria desde el inicio del subprograma se incorporó exclusivamente la playa de Famara, ubicada en el Norte de Lanzarote, dado que las dos playas incluidas dentro del Subprograma BM-1 en esta Demarcación, mostraron en la fase inicial del Subprograma BM-6 concentraciones similares y muy moderadas de micropartículas.

Por otra parte, y dado el gran interés de incorporar una segunda playa para contrastar los resultados obtenidos y poder incrementar la representatividad de los resultados, en la campaña de primavera de 2019, tras llevar a cabo diversos reconocimientos y muestreos, se incluyó dentro del Subprograma la playa de Lambra, en la isla de La Graciosa.

Con estas incorporaciones, la red de muestreo pasaría a estar integrada por 14 playas con la distribución geográfica por demarcación marina incluida en la figura 1.

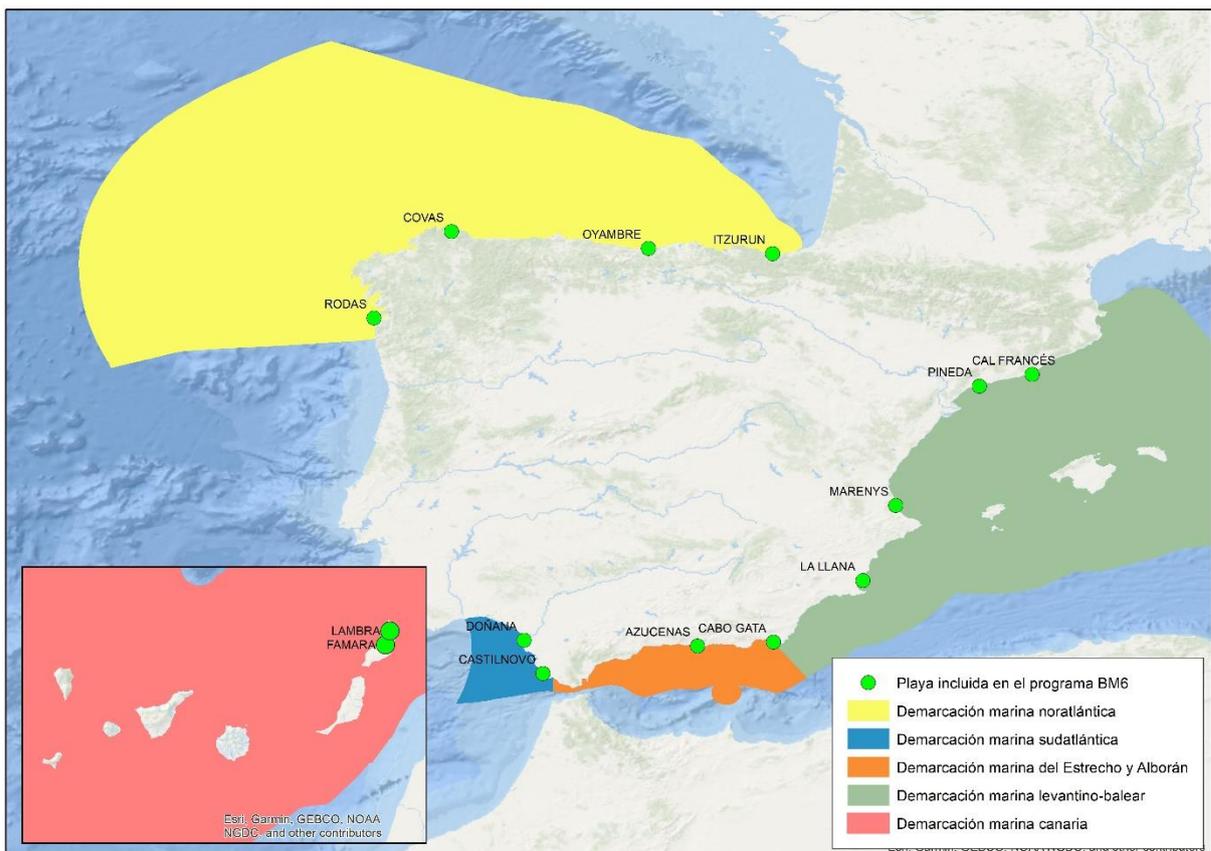


Figura 1 . Ubicación de las playas incluidas en el subprograma BM-6

3. METODOLOGÍA DE MUESTREO Y CUANTIFICACIÓN

La metodología de muestreo se ha mantenido inalterable desde el inicio del subprograma mientras que en la de cuantificación en laboratorio se introdujeron algunas mejoras en 2017 que se han mantenido, desde entonces, sin variación alguna. No obstante, desde el año 2019 se han incluido algunas determinaciones físico - químicas complementarias (ver apartado 3.4).

Los siguientes apartados resumen la metodología utilizada.

3.1. TOMA DE MUESTRAS

En cada una de las playas incluidas en el Subprograma se han tomado 5 muestras de arena ubicadas, cuando la misma playa es utilizada para el Subprograma BM-1 dentro del transecto de 100 metros utilizado en el mismo. Las estaciones se posicionan con ayuda de GPS en el centro, los extremos y 1/4 de su longitud en cada orientación, en todos los casos utilizando un marco de 50 x 50 cm que se dispone sobre la marca en la arena correspondiente a la línea de la última pleamar.



Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo dentro del transecto de 100 m del subprograma BM-1

Dentro del mencionado marco y con la ayuda de una paleta metálica se recoge el primer centímetro de la superficie de la arena y se trasvasa a un recipiente de la capacidad adecuada y perfectamente identificado con la referencia de la muestra.

Las muestras brutas son transportadas para su procesado íntegro en el Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEDEX, habiéndose descartado hacer ningún tipo de separación o procesado previo en campo.



Figura 3. Marco metálico y contenedor utilizados en el muestreo

Este esquema de muestreo fue el seguido en todas las playas del subprograma con las excepciones de las playas que, al no estar incluidas en el subprograma BM-1 se carece de transecto de 100 m. Las muestras fueron tomadas a idénticos intervalos de longitud que en el resto de playas sobre un sector predeterminado de las mismas.

3.2. PROCESADO DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO

La metodología analítica utilizada para la determinación de microplásticos ha sido la misma que ya fue utilizada en 2017, cuando se incluyó una mejora metodológica sobre la metodología inicial para facilitar el recuento de las partículas de tamaño inferior a 1 mm. Consistía en que, tras la separación por flotación en solución saturada de NaCl y antes de la filtración por membrana y paso a placa Petri para el recuento de partículas, se realiza una tinción con Rojo de Nilo. Asimismo, en el recuento en microscopio se utiliza una fuente de iluminación azul de 450-510 nm². La Figura 44 incluye un esquema de todo el proceso que siguen las muestras que, de manera resumida pasa por las siguientes etapas:

- Secado de la muestra.

² Maes, T., Jessop, R., Wellner, N., Haupt, K. and Mayes, A.G., 2017. A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7, 44501.



CEDEX

- Pesado de la muestra completa seca.
- Tamizado de la muestra completa (unos 2,5 l) a través de 5 mm para retirar todo el contenido de la muestra que no pueda ser considerado microbasura o arenas. Pesada de la masa retenida.
- Tamizado a través de 1 mm.
- Recogida, con ayuda de lavado, de lo retenido en el tamiz de 1 mm. Paso de todo este material a separación por flotación en solución saturada de NaCl para la determinación de partículas de tamaño comprendido entre 1 y 5 mm. Filtración por membrana y paso a placa Petri de la membrana.
- Recogida de una alícuota de 200 g del material que pasa por el tamiz de 1 mm previa homogeneización. Paso de todo este material a separación por flotación en solución saturada de NaCl para la determinación de partículas de tamaño inferior a 1 mm, realizándose tres extracciones consecutivas para asegurar la retirada de todas las micropartículas flotantes. Tinción con Rojo de Nilo 1 mg/ml en acetona, agitación suave durante 30 minutos. Filtración por membrana y paso a placa Petri de la membrana.

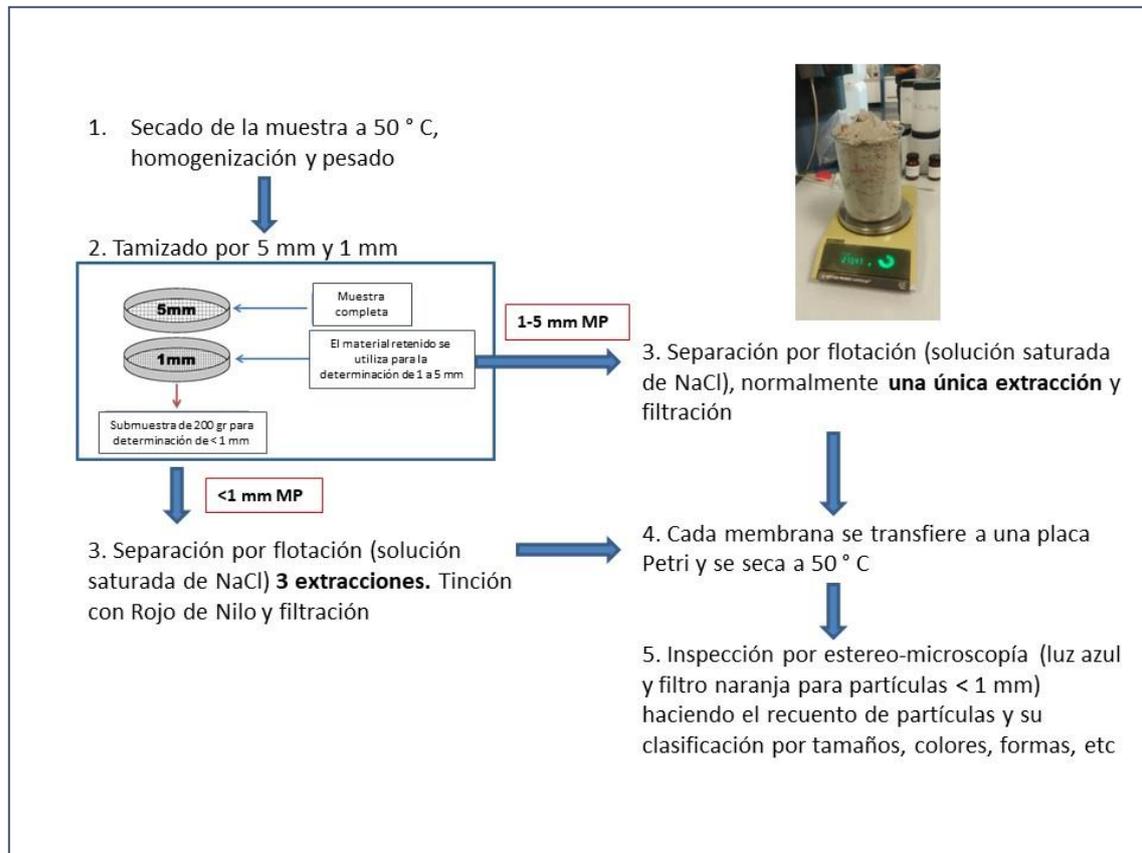


Figura 4. Esquema del procesado de muestras en laboratorio

3.3. CUANTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

El recuento de las partículas de microplásticos retenidas en las dos membranas de filtración correspondientes a cada muestra se realiza mediante una lupa binocular con un ocular micrométrico acoplado que permite la medida del tamaño de las partículas. Se empleó una lupa binocular de hasta 80 aumentos, provista de un ocular micrométrico 10:100, en el que a máximo aumento el intervalo entre subdivisiones menores correspondía a 25 micras.

Mientras que la inspección de la membrana correspondiente a la fracción de muestra de entre 1 y 5 mm se realiza con luz blanca estándar, la correspondiente a las partículas de tamaño inferior a 1 mm se realiza con luz azul de longitud de onda comprendida entre 450 y 510 nm. El analista, durante el recuento, va equipado con unas gafas con filtro naranja de 529 nm, con lo que las partículas de material plástico aparecerán de color naranja brillante, facilitándose de esta manera que puedan ser distinguidos con facilidad de otras partículas de material no plástico.

Para la clasificación por tamaños se han mantenido los mismos rangos utilizados en la Fase inicial, es decir, <200 μm , 200-400 μm , 400-600 μm , 600-800 μm , 800-1000 μm , 1-2 mm, 2-3 mm, 3-4 mm y 4-5 mm. Se considera siempre como longitud de la partícula la longitud máxima de ésta, independientemente de su forma.



CEDEX

Como datos complementarios, se anota su forma y color habiéndose simplificado, por resultar confuso y presentar carencias en algunos casos, las categorías en las que se clasifican las partículas. Se han considerado las incluidas en la Tabla 2.

Tabla 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS MICROSCÓPICO		
Formas	Colores	
Fibras/Filamentos	Incoloro/Transparente Ambarino Blanco Azul Verde Rojo Amarillo Negro Indeterminado ³ /Otro color	
Fragmentos		Planos angulosos
		Planos redondeados
		Granulares
Pellets		Esféricos
		Cilíndricos
		Discos
		Otros
Microesferas		
Film/Láminas		
Poliespán		
Gomaespumas		
Otra forma diferente		

Los resultados se expresan en número de partículas por unidad de masa de arena (kg) y por superficie (m²).

3.4. DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS COMPLEMENTARIAS

Se han determinado sobre todas las muestras adquiridas en la campaña de primavera la granulometría de las arenas y su contenido en materia orgánica para estudiar, tal y como se hizo en el año 2019, una posible relación entre estos parámetros y la concentración de microplásticos.

³ La tinción de la fracción de microplásticos inferior a 1 mm para facilitar su detección y recuento tiene como contrapartida que no permite determinar su color.

Granulometría

Se ha realizado sobre la muestra total, previamente homogeneizada y tomando como referencia general las pautas establecidas en la norma UNE 103101:1995 “Análisis granulométrico de suelos por tamizado”.

El informe de este ensayo granulométrico incluye los siguientes parámetros:

- Porcentaje de gruesos.
- Porcentaje de finos.
- Porcentaje de arenas.
- Curva de distribución granulométrica, según diseño descrito en la mencionada norma, basada en una serie no inferior a 11 tamices, comprendidos entre 2 mm y 0,063 mm, ambos inclusive, con tamaños intermedios distribuidos de modo regular en este intervalo, según serie de tamices UNE 7050-3:1997 o equivalente: Luz de malla 2 mm, 1,4 mm, 1 mm, 0,710 mm, 0,600 mm, 0,500 mm, 0,355 mm, 0,250 mm, 0,180 mm, 0,125 mm y 0,063 mm.
- Cálculo del D50, entendido como el tamaño de luz de malla que dejaría pasar el 50% del material.

Carbono orgánico total

El carbono orgánico total presente en las muestras se ha evaluado, sobre la fracción inferior a 2 mm, mediante la medida del carbono orgánico oxidable con dicromato potásico en presencia de sulfúrico, valorando el exceso de oxidante con sulfato ferroso amónico (sal de Mohr), calculando así la cantidad de carbono orgánico oxidado a partir de la cantidad de dicromato reducido.

A la vista de la escasa información proporcionada por estos parámetros se decidió no llevar a cabo los análisis de las muestras adquiridas en la campaña de otoño.

4. CAMPAÑAS DE MUESTREO

Como ya se mencionó anteriormente, salvo en el caso específico de la playa de Rodas, ubicada en el Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia y, más concretamente, en las Islas Cíes, en la que la toma de muestras es realizada por el propio personal del Parque, en el resto de playas las tareas de toma de muestras se vienen realizando rutinariamente por personal técnico del CEDEX.

En el caso de la playa de Lambra, ubicada en el Parque Natural de Archipiélago de Chinijo en la isla de La Graciosa, cuya superficie está adscrita al OA Parques Nacionales (Orden Ministerial de 10 de octubre de 2002), se ha contado con la colaboración de personal de dicho Organismo.



CEDEX

En el caso de las playas situadas en la Península, se programan campañas que agrupan en un único desplazamiento en coche las diferentes playas de una misma fachada marítima (Cantábrico, Andalucía-Murcia y Levante). Para los muestreos en la Demarcación marina canaria, el equipo técnico del CEDEX se desplazó a Lanzarote por medios aéreos.

Como en años anteriores, estaba previsto, realizar las campañas, tanto de primavera como de otoño, dentro de la misma ventana temporal prefijada para el subprograma BM-1 (mes de Abril y periodo del 15 de septiembre al 15 de octubre respectivamente). Sin embargo, las circunstancias excepcionales que concurrieron a raíz de la aparición del SARS-CoV-2 hicieron necesario retrasar la campaña de primavera al mes de junio, limitándose el muestreo a las playas situadas en la Península.

De esta manera, según lo descrito en el apartado 2, se han llevado a cabo las dos campañas estacionales, con un total de 12 playas muestreadas en primavera y 14 playas en la campaña de otoño, procesando un total de 130 muestras, de las que 60 corresponden a la campaña de primavera y 70 a la de otoño.

En lo que se refiere a las zonas de muestreo, se han mantenido respecto a anualidades anteriores en todas las playas, sin otra modificación que la relativa a la línea de playa donde se han tomado las muestras que varía dependiendo de la amplitud de la marea en el día precedente al propio muestreo.

Las Tabla 3 y Tabla 4 incluyen las coordenadas de los puntos de muestreo para cada una de las campañas. En el Anejo 1 se incluyen la situación de tales puntos de muestreo sobre plano.

Tabla 3 MUESTRAS ADQUIRIDAS. CAMPAÑA DE PRIMAVERA 2020					
DEM. MARINA	PLAYA	FECHA	RÉPLICA	LATITUD	LONGITUD
NORATLÁNTICA	ITZURUN	10/06/2020	R1	43° 18' 02,0'' N	2° 15' 36,6'' W
			R2	43° 18' 01,3'' N	2° 15' 36,8'' W
			R3	43° 18' 00,7'' N	2° 15' 37,2'' W
			R4	43° 18' 00,1'' N	2° 15' 37,9'' W
			R5	43° 17' 59,4,7'' N	2° 15' 38,6'' W
	OYAMBRE	10/06/2020	R1	43° 23' 25,1'' N	4° 19' 50,2'' W
			R2	43° 23' 24,5'' N	4° 19' 49,4'' W
			R3	43° 23' 23,9'' N	4° 19' 48,3'' W
			R4	43° 23' 23,5'' N	4° 19' 47,5'' W
			R5	43° 23' 23,1'' N	4° 19' 46,2'' W



Tabla 3					
MUESTRAS ADQUIRIDAS. CAMPAÑA DE PRIMAVERA 2020					
DEM. MARINA	PLAYA	FECHA	RÉPLICA	LATITUD	LONGITUD
	COVAS	9/06/2020	R1	43° 40' 19,9'' N	7° 36' 36,9'' W
			R2	43° 40' 20,4'' N	7° 36' 38,3'' W
			R3	43° 40' 20,6'' N	7° 36' 39,4'' W
			R4	43° 40' 21,1'' N	7° 36' 40,1'' W
			R5	43° 40' 21,6'' N	7° 36' 41,2'' W
	RODAS	6/06/2020	R1	42° 13' 14,4'' N	8° 54' 06,6'' W
			R2	42° 13' 13,3'' N	8° 54' 06,4'' W
			R3	42° 13' 12,5'' N	8° 54' 06,2'' W
			R4	42° 13' 11,7'' N	8° 54' 05,8'' W
			R5	42° 13' 10,9'' N	8° 54' 05,6'' W
SUDATLÁNTICA	DOÑANA	9/06/2020	R1	36° 48' 49,6'' N	6° 23' 59,1'' W
			R2	36° 48' 50,3'' N	6° 23' 59,4'' W
			R3	36° 48' 51,0'' N	6° 23' 59,7'' W
			R4	36° 48' 51,7'' N	6° 24' 00,0'' W
			R5	36° 48' 52,5'' N	6° 24' 00,5'' W
	CASTILNOVO	9/06/2020	R1	36° 15' 24,0'' N	6° 05' 04,6'' W
			R2	36° 15' 24,7'' N	6° 05' 04,9'' W
			R3	36° 15' 25,2'' N	6° 05' 05,1'' W
			R4	36° 15' 26,2'' N	6° 05' 05,6'' W
			R5	36° 15' 27,0'' N	6° 05' 05,9'' W
ESTRECHO Y ALBORÁN	AZUCENAS	10/06/2020	R1	36° 43' 06,0'' N	3° 30' 38,4'' W
			R2	36° 43' 06,3'' N	3° 30' 39,2'' W
			R3	36° 43' 06,5'' N	3° 30' 40,3'' W
			R4	36° 43' 06,8'' N	3° 30' 41,5'' W
			R5	36° 43' 07,1'' N	3° 30' 42,4'' W
	S. MIGUEL DE CABO GATA	11/06/2020	R1	36° 46' 53,3'' N	2° 14' 48,1'' W
			R2	36° 46' 53,9'' N	2° 14' 48,6'' W
			R3	36° 46' 54,5'' N	2° 14' 49,2'' W
			R4	36° 46' 55,1'' N	2° 14' 49,8'' W
			R5	36° 46' 55,8'' N	2° 14' 50,4'' W
LEVANTINO-BALEAR	LA LLANA	18/06/2020	R1	37° 48' 54,1'' N	0° 45' 28,9'' W
			R2	37° 48' 53,1'' N	0° 45' 28,8'' W
			R3	37° 48' 52,5'' N	0° 45' 28,5'' W
			R4	37° 48' 51,7'' N	0° 45' 28,8'' W
			R5	37° 48' 51,0'' N	0° 45' 28,1'' W



CEDEX

Tabla 3 MUESTRAS ADQUIRIDAS. CAMPAÑA DE PRIMAVERA 2020					
DEM. MARINA	PLAYA	FECHA	RÉPLICA	LATITUD	LONGITUD
	MARENYS	17/06/2020	R1	39° 04' 33,8'' N	0° 12' 31,9'' W
			R2	39° 04' 33,2'' N	0° 12' 31,5'' W
			R3	39° 04' 32,5'' N	0° 12' 30,9'' W
			R4	39° 04' 31,8'' N	0° 12' 30,7'' W
			R5	39° 04' 31,0'' N	0° 12' 30,3'' W
	LA PINEDA	16/06/2020	R1	41° 04' 45,5'' N	1° 11' 06,2'' E
			R2	41° 04' 44,9'' N	1° 11' 05,7'' E
			R3	41° 04' 44,2'' N	1° 11' 05,0'' E
			R4	41° 04' 43,4'' N	1° 11' 04,6'' E
			R5	41° 04' 42,8'' N	1° 11' 04,2'' E
	CAL FRANCÉS	16/06/2020	R1	41° 16' 27,3'' N	2° 03' 45,9'' E
			R2	41° 16' 27,0'' N	2° 03' 44,5'' E
			R3	41° 16' 26,8'' N	2° 03' 43,7'' E
			R4	41° 16' 26,4'' N	2° 03' 42,8'' E
			R5	41° 16' 26,3'' N	2° 03' 41,7'' E

Tabla 4 MUESTRAS ADQUIRIDAS. CAMPAÑA DE OTOÑO 2020					
DEM. MARINA	PLAYA	FECHA	RÉPLICA	LATITUD	LONGITUD
NORATLÁNTICA	ITZURUN	08/10/2020	R1	43° 17' 59,4'' N	2° 15' 38,2'' W
			R2	43° 17' 59,9'' N	2° 15' 37,7'' W
			R3	43° 18' 00,5'' N	2° 15' 36,9'' W
			R4	43° 18' 01,1'' N	2° 15' 36,9'' W
			R5	43° 18' 01,7'' N	2° 15' 36,4'' W
	OYAMBRE	07/10/2020	R1	43° 23' 24,2'' N	4° 19' 48,7'' W
			R2	43° 23' 23,7'' N	4° 19' 47,9'' W
			R3	43° 23' 23,1'' N	4° 19' 47,0'' W
			R4	43° 23' 22,9'' N	4° 19' 45,9'' W
			R5	43° 23' 24,8'' N	4° 19' 49,5'' W
	COVAS	06/10/2020	R1	43° 40' 21,8'' N	7° 36' 40,7'' W
			R2	43° 40' 20,6'' N	7° 36' 40,0'' W
			R3	43° 40' 21,3'' N	7° 36' 39,1'' W
			R4	43° 40' 20,7'' N	7° 36' 38,3'' W



Tabla 4					
MUESTRAS ADQUIRIDAS. CAMPAÑA DE OTOÑO 2020					
DEM. MARINA	PLAYA	FECHA	RÉPLICA	LATITUD	LONGITUD
	RODAS	24/10/2020	R5	43° 40' 20,3'' N	7° 36' 37,4'' W
			R1	42° 13' 14,1'' N	8° 54' 07,0'' W
			R2	42° 13' 13,3'' N	8° 54' 06,8'' W
			R3	42° 13' 12,5'' N	8° 54' 06,5'' W
			R4	42° 13' 11,7'' N	8° 54' 06,3'' W
			R5	42° 13' 10,9'' N	8° 54' 06,1'' W
SUDATLÁNTICA	DOÑANA	27/10/2020	R1	36° 48' 50,0'' N	6° 23' 58,9'' W
			R2	36° 48' 50,6'' N	6° 23' 59,1'' W
			R3	36° 48' 51,2'' N	6° 23' 59,6'' W
			R4	36° 48' 51,8'' N	6° 23' 59,7'' W
			R5	36° 48' 52,6'' N	6° 24' 00,0'' W
	CASTILNOVO	28/10/2020	R1	36° 15' 23,7'' N	6° 05' 03,5'' W
			R2	36° 15' 24,5'' N	6° 05' 03,7'' W
			R3	36° 15' 25,1'' N	6° 05' 04,1'' W
			R4	36° 15' 25,7'' N	6° 05' 04,3'' W
			R5	36° 15' 26,2'' N	6° 05' 04,8'' W
ESTRECHO Y ALBORÁN	AZUCENAS	29/10/2020	R1	36° 43' 05,9'' N	3° 30' 38,5'' W
			R2	36° 43' 06,3'' N	3° 30' 39,3'' W
			R3	36° 43' 06,6'' N	3° 30' 40,1'' W
			R4	36° 43' 06,7'' N	3° 30' 41,3'' W
			R5	36° 43' 06,8'' N	3° 30' 42,1'' W
	SAN MIGUEL DE CABO DE GATA	20/10/2020	R1	36° 46' 53,4'' N	2° 14' 48,2'' W
			R2	36° 46' 53,9'' N	2° 14' 49,0'' W
			R3	36° 46' 55,4'' N	2° 14' 48,0'' W
			R4	36° 46' 55,4'' N	2° 14' 50,4'' W
			R5	36° 46' 56,0'' N	2° 14' 50,9'' W
LEVANTINO- BALEAR	LA LLANA	22/10/2020	R1	37° 48' 55,1'' N	0° 45' 29,4'' W
			R2	37° 48' 54,6'' N	0° 45' 29,3'' W
			R3	37° 48' 52,6'' N	0° 45' 29,2'' W
			R4	37° 48' 52,6'' N	0° 45' 29,0'' W
			R5	37° 48' 51,6'' N	0° 45' 28,5'' W
	MARENYS	6/11/2020	R1	39° 04' 33,7'' N	0° 12' 32,3'' W
			R2	39° 04' 32,8'' N	0° 12' 31,9'' W
			R3	39° 04' 32,0'' N	0° 12' 31,6'' W
			R4	39° 04' 31,4'' N	0° 12' 31,1'' W



Tabla 4 MUESTRAS ADQUIRIDAS. CAMPAÑA DE OTOÑO 2020						
DEM. MARINA	PLAYA	FECHA	RÉPLICA	LATITUD	LONGITUD	
	LA PINEDA	4/11/2020	R5	39° 04' 30,7'' N	0° 12' 30,7'' W	
			R1	41° 04' 45,8'' N	1° 11' 06,1'' E	
			R2	41° 04' 45,1'' N	1° 11' 05,4'' E	
			R3	41° 04' 44,2'' N	1° 11' 05,1'' E	
			R4	41° 04' 43,7'' N	1° 11' 04,6'' E	
	CAL FRANCÉS	3/11/2020	R5	41° 04' 42,8'' N	1° 11' 04,1'' E	
			R1	41° 16' 27,0'' N	2° 03' 46,0'' E	
			R2	41° 16' 26,7'' N	2° 03' 44,8'' E	
			R3	41° 16' 26,6'' N	2° 03' 43,6'' E	
			R4	41° 16' 26,6'' N	2° 03' 42,6'' E	
	CANARIA	FAMARA	13/10/2020	R5	41° 16' 26,3'' N	2° 03' 41,7'' E
				R1	29° 06' 56,3'' N	13° 33' 28,5'' W
				R2	29° 06' 56,6'' N	13° 33' 27,8'' W
				R3	29° 06' 56,4'' N	13° 33' 26,5'' W
R4				29° 06' 56,7'' N	13° 33' 25,8'' W	
LAMBRA		14/10/2020	R5	29° 06' 56,8'' N	13° 33' 24,9'' W	
			R1	29° 16' 46,4'' N	13° 29' 46,0'' W	
			R2	29° 16' 45,9'' N	13° 29' 45,2'' W	
			R3	29° 16' 45,7'' N	13° 29' 44,6'' W	
			R4	29° 16' 45,1'' N	13° 29' 44,0'' W	
R5	29° 16' 44,5'' N	13° 29' 43,3'' W				

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La totalidad de resultados analíticos obtenidos se incluyen como Anejo 2 del presente informe, dedicándose el presente apartado a exponer los datos más destacados.

5.1. CONCENTRACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

Dada la metodología analítica utilizada, la cantidad de micropartículas detectada en las muestras se puede expresar tanto en función de la masa (por kg de arena) como por superficie (por m² de playa).

Teniendo en cuenta que dicha metodología incluye el análisis por separado de dos submuestras en cada réplica tomada en la playa, una para la determinación de micropartículas de tamaño comprendido entre 1 y 5 mm y otra para la fracción de tamaño inferior a 1 mm, que conllevan el

procesado de dos volúmenes de arena muy diferentes, resulta necesario normalizar los resultados obtenidos a la unidad común. Esta normalización introduce un factor de incertidumbre para el caso de las micropartículas de tamaño inferior a 1 mm (masa de muestra procesada de 200 gr). No obstante, conviene apuntar que las mejoras introducidas en la metodología de laboratorio han permitido reducir a algo más de la mitad tal incertidumbre respecto a la fase inicial del subprograma.

Las concentraciones de micropartículas detectadas en las muestras analizadas para cada uno de los dos muestreos estacionales presentan los valores indicados en la Tabla 5, en la que se puede observar que a nivel general, la cantidad de microplásticos detectada en la campaña de otoño resulta superior a la de primavera. Aunque tal comparación puede hacerse con cualquiera de los parámetros de tendencia central, en el caso de conjuntos de datos con una distribución no normal, como es el caso de basuras o microplásticos en playas, el parámetro que resulta más representativo es la mediana y, con los datos analizados para la presente anualidad, resulta muy superior en otoño.

Tabla 5				
CONCENTRACIÓN DE MICROPLÁSTICOS POR CAMPAÑA				
	Primavera		Otoño	
	Nº de partículas/m ²	Nº de partículas/kg	Nº de partículas/m ²	Nº de partículas/kg
Máximo	223,13	21,59	719,49	61,65
Mínimo	13,07	1,00	22,70	1,97
Media	80,71	7,75	246,64	20,43
Mediana	54,46	4,32	195,22	16,82
Desv. típica	67,68	7,22	232,82	18,90
CV ⁴	0,84	0,93	0,94	0,93

Si se tienen en cuenta los resultados de las playas individuales y tal como puede observarse en la Tabla 6, las variaciones estacionales son muy acusadas, especialmente en las playas de Rodas, Castilnovo, Azucenas, Marenys, Cal Francés, La Pineda y Doñana. En esta última, se han detectado concentraciones de micropartículas por kilogramo en la campaña de otoño catorce veces superiores a los valores registrados en primavera.

⁴ Coeficiente de variación entre las playas del subprograma.



CEDEX

Tabla 6 CONCENTRACIONES MEDIAS POR PLAYA				
Playa	Primavera		Otoño	
	Nº de partículas/m ²	Nº de partículas/kg	Nº de partículas/m ²	Nº de partículas/kg
Itzurun	169,27	21,59	206,08	19,39
Oyambre	136,94	19,48	223,68	16,81
Covas	36,97	4,00	31,24	2,98
Rodas	93,86	7,00	257,34	20,00
Doñana	54,74	4,29	719,49	61,65
Castilnovo	22,08	2,00	644,31	49,39
Azucenas	26,40	2,38	98,86	8,18
Cabo de Gata	13,07	1,00	25,02	1,97
La Llana	115,86	9,15	184,37	16,82
Marenys	223,13	15,72	350,55	25,36
La Pineda	22,02	2,00	108,20	10,98
Cal Francés	54,17	4,36	22,70	1,99
Famara	-	-	50,33	5,39
Lambra	-	-	530,82	45,04
MEDIA	80,7	7,5	246,93	20,43
MEDIANA	54,5	4,3	195,22	16,82

En 8 playas (Rodas, Doñana, Castilnovo, Azucenas, Cabo de Gata, La Llana, Marenys y La Pineda) el número de partículas por kilogramo detectadas en primavera es inferior a la existente en el otoño.

En Itzurun, Oyambre, Covas y Cal Francés la situación sin embargo es exactamente la contraria, habiéndose encontrado en primavera concentraciones de microplásticos superiores a las existentes en el otoño.

En el caso de las playas incluidas dentro de la Demarcación Canaria solo se dispone de los datos de la campaña de otoño, dado que en esas fechas la evolución de la pandemia generada por el SARS-CoV-2, provocó restricciones en los vuelos entre la península y las islas que impidieron el desplazamiento de los técnicos del CEDEX a Lanzarote.

Los anteriores resultados, agregados a nivel de Demarcación marina, resultarían ser los incluidos en la Tabla 7 y la figura 5.

Tabla 7 CONCENTRACIONES MEDIAS POR DEMARCACIÓN MARINA (Nº de partículas/kg)			
Demarcación marina	Primavera	Otoño	Media anual
Noratlántica	12,6	12,3	12,5
Sudatlántica	3,1	34,5	18,8
Estrecho y Alborán	1,7	5,1	3,4
Levantino-Balear	7,8	13,1	10,5
Canarias	-	25,7	25,7

Tal como puede observarse, comparando las cuatro demarcaciones muestreadas en primavera la máxima concentración de microplásticos se detectó en la Demarcación Noratlántica, sin embargo en otoño fue en la Sudatlántica donde se encontró la máxima concentración.

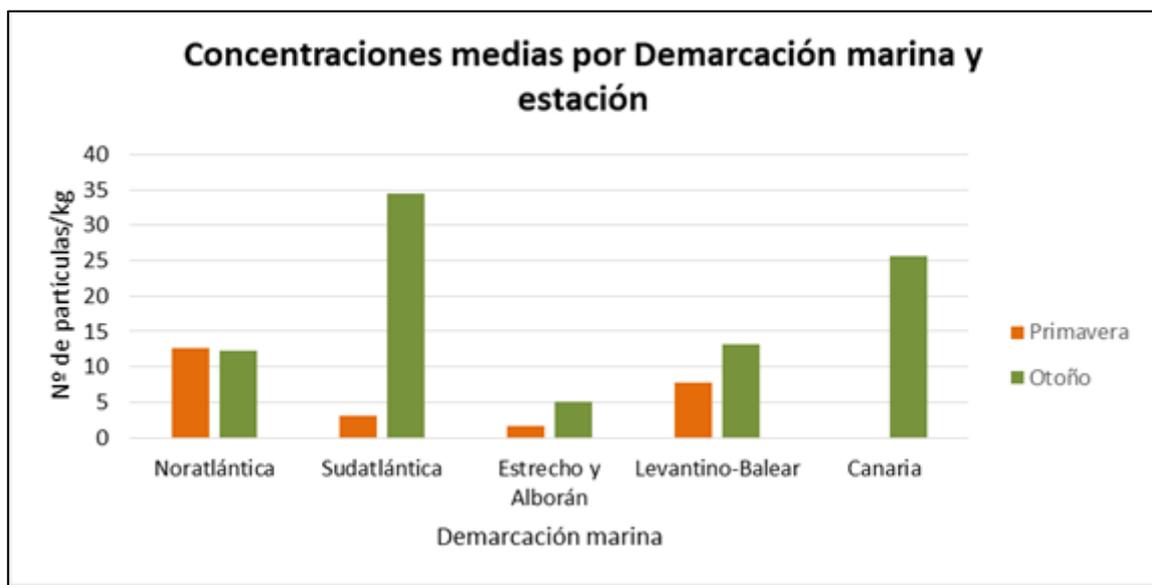


Figura 5. Concentraciones medias por Demarcación marina en primavera y otoño

Por último, las Figura 66 a la Figura 88 incluyen las concentraciones detectadas en las diferentes playas del subprograma en cada una de las campañas estacionales y la media anual de microplásticos detectada. Puede observarse la gran diferencia existente en la abundancia de microplásticos detectados en las campañas de otoño respecto a las de primavera en las playas de Rodas, Azucenas, La llana, Marenys, La Pineda y sobre todo en Doñana y Castilnovo, donde esta concentración es del orden de 14 veces superior a la detectada en primavera en el caso de la playa de Doñana y 25 veces superior en el caso de Castilnovo.



CEDEX

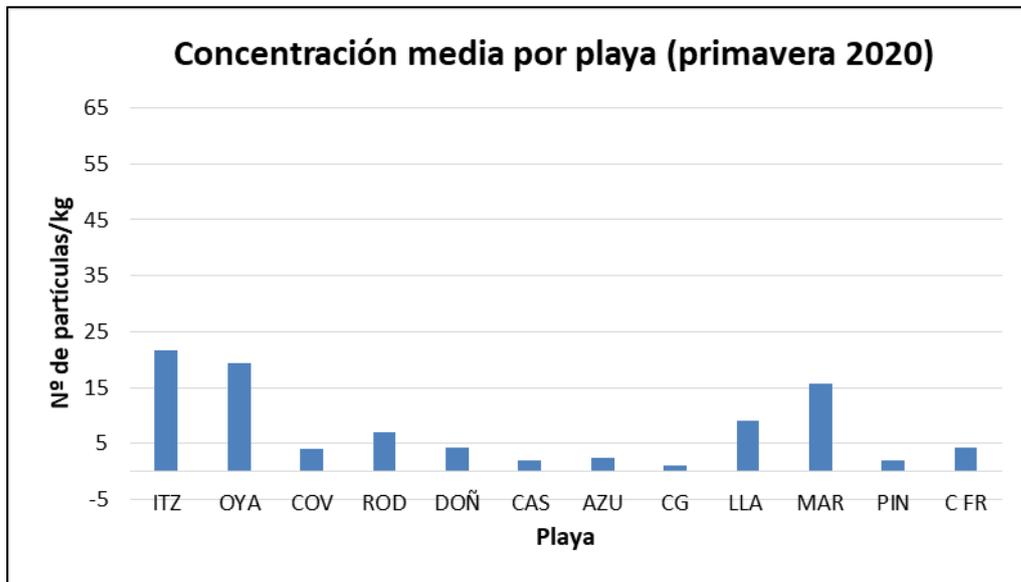


Figura 6. Concentración media por playa en primavera



Figura 7. Concentración media por playa en otoño

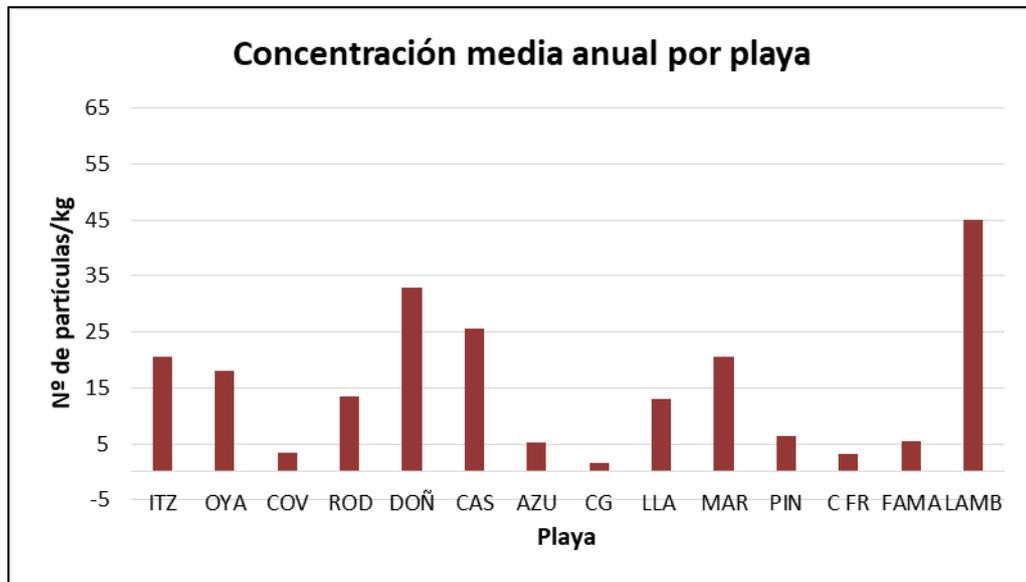


Figura 8. Concentración media anual de microplásticos por playa

5.2. TAMAÑO DE PARTÍCULA

Tal y como se expuso en el apartado 3 del presente informe, la metodología analítica utilizada incluye la determinación de partículas de microplásticos en dos rangos de tamaño, el mayor comprendido entre 1 y 5 mm y el menor, inferior a 1 mm. Dentro de cada uno de tales grupos, la observación microscópica permite la clasificación de las partículas en intervalos de tamaño de 1 mm para los microplásticos grandes y de 200 μm para los pequeños.

Tal como puede observarse en las Figura 99 y Figura 1010, las partículas de tamaño inferior a 1 mm resultan claramente mayoritarias en casi todas las playas con las únicas excepciones del muestreo de otoño en la playa de Itzurun y de la playa de Oyambre tanto en primavera como en otoño. En el caso de la playa de Azucenas en la campaña de otoño la concentración de partículas de ambas fracciones de tamaño es muy similar.



CEDEX

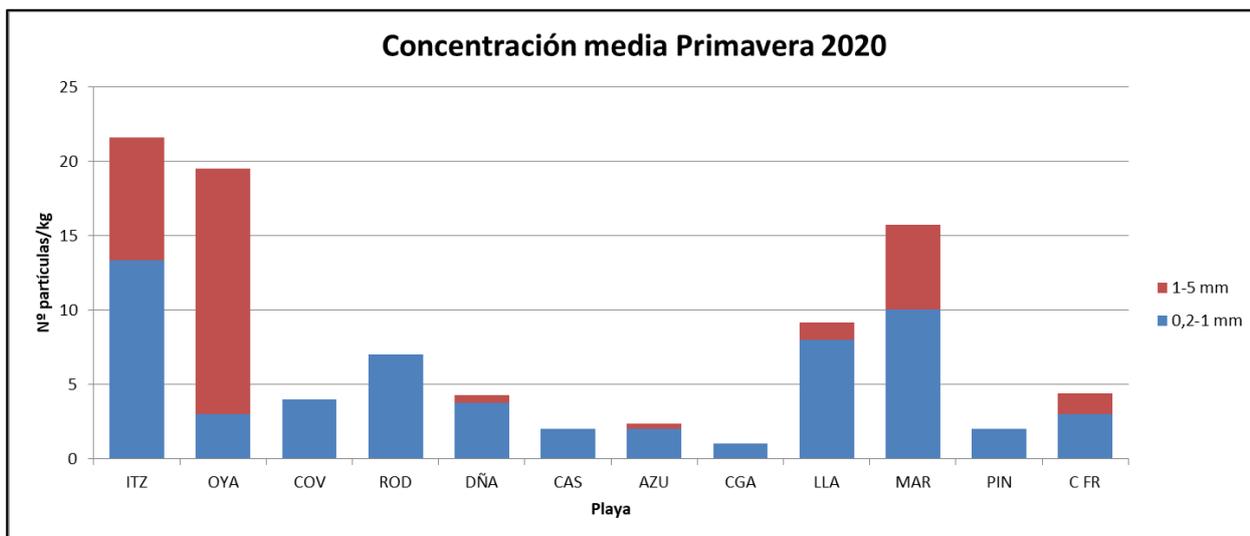


Figura 9. Distribución de tamaños de partícula en la campaña de primavera de 2020



Figura 10. Distribución de tamaños de partícula en la campaña de otoño de 2020

Si se desciende al nivel de los intervalos de tamaño más pequeños, tal como se refleja en las Tabla 8 y Tabla 9, el rango de tamaños más frecuente y abundante es, para el conjunto de playas, el comprendido entre 200-400 µm en primavera, mientras que en otoño el rango de tamaños más frecuente es el menor de 200 µm.

Tabla 8
CONCENTRACIÓN POR RANGO DE TAMAÑOS (Nº partículas/kg)
PRIMAVERA 2020

Playa	50 - 200 µm	200- 400 µm	400- 600 µm	600- 800 µm	800 µm - 1mm	1-2 mm	2-3 mm	3-4 mm	4-5 mm
Itzurun	0,00	8,33	3,33	0,00	1,67	1,31	0,36	4,63	1,96
Oyambre	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,05	4,67	8,01	1,76
Covas	2,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rodas	2,00	3,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Doñana	0,00	0,00	1,25	1,25	1,25	0,15	0,08	0,08	0,23
Castilnovo	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azucenas	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,38	0,00	0,00
Cabo de Gata	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
La Llana	3,00	1,00	0,00	2,00	2,00	0,37	0,47	0,07	0,25
Marenys	4,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,96	0,95	2,42	1,40
La Pineda	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cal Francés	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,32	0,41
Famara	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lambra	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIA	1,08	1,86	0,72	0,35	0,91	0,40	0,63	1,29	0,50
Rango tamaño	<1 mm					1 – 5 mm			
Conc. media	4,92 partículas/kg					2,82 partículas/kg			

Tabla 9
CONCENTRACIÓN POR RANGO DE TAMAÑOS (Nº partículas/kg)
OTOÑO 2020

Playa	50 - 200 µm	200- 400 µm	400- 600 µm	600- 800 µm	800 µm - 1mm	1-2 mm	2-3 mm	3-4 mm	4-5 mm
Itzurun	0,98	0,00	0,00	0,00	0,98	0,45	1,74	12,32	2,92
Oyambre	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,26	1,01	7,45	1,09
Covas	1,00	0,00	0,00	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rodas	18,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Doñana	3,00	12,00	0,00	0,00	44,00	0,20	0,50	1,40	0,54
Castilnovo	39,56	2,00	4,99	0,00	2,00	0,06	0,35	0,18	0,24
Azucenas	0,00	2,99	0,00	0,00	1,00	0,79	0,94	1,33	1,13



CEDEX

Tabla 9
CONCENTRACIÓN POR RANGO DE TAMAÑOS (Nº partículas/kg)
OTOÑO 2020

Playa	50 - 200 µm	200- 400 µm	400- 600 µm	600- 800 µm	800 µm - 1mm	1-2 mm	2-3 mm	3-4 mm	4-5 mm	
Cabo de Gata	0,97	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
La Llana	4,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,32	1,07	1,19	1,25	
Marenys	15,00	5,00	0,00	0,00	2,00	0,18	0,61	1,37	1,19	
La Pineda	2,96	1,98	1,99	1,99	1,98	0,00	0,00	0,00	0,08	
Cal Francés	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Famara	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,08	0,53	0,42	0,35	
Lambra	24,94	5,98	0,00	0,00	1,99	2,36	2,77	4,26	2,74	
MEDIA	8,31	2,42	0,78	0,50	4,28	0,48	0,68	2,14	0,82	
Rango tamaño	<1 mm					1 – 5 mm				
Conc. media	16,30 partículas/kg					4,12 partículas/kg				

De acuerdo con estos resultados, teniendo en cuenta exclusivamente los dos rangos de tamaño en los que habitualmente se clasifican los microplásticos (grandes, entre 1 y 5 mm y pequeños, inferiores a 1 mm), la concentración media para el conjunto de playas y las dos campañas realizadas resultaría ser claramente superior para la fracción inferior a 1 mm (10,6 partículas/kg) que la de las partículas de tamaño comprendido entre 1 y 5 mm (3,5 partículas/kg).

Para el conjunto del año 2020, la Figura 1111 resume la concentración de partículas detectada como media de todas las playas para cada intervalo de tamaño.

Realizando el mismo análisis pero a nivel de Demarcación marina, los resultados serían los que se muestran en las figuras 12 a la 16, de los que cabe destacar que en todas las Demarcaciones la mayor abundancia de partículas corresponde a la fracción de tamaño inferior a 1 mm, salvo en el caso de la Demarcación Noratlántica donde la mayor abundancia de partículas corresponde a las de tamaño comprendido entre 3 a 4 mm. (Figura 122). En el caso de la Demarcación Canaria solamente se han representado los resultados de la campaña de otoño, puesto que como se ha comentado anteriormente la campaña de primavera no se pudo llevar a cabo.

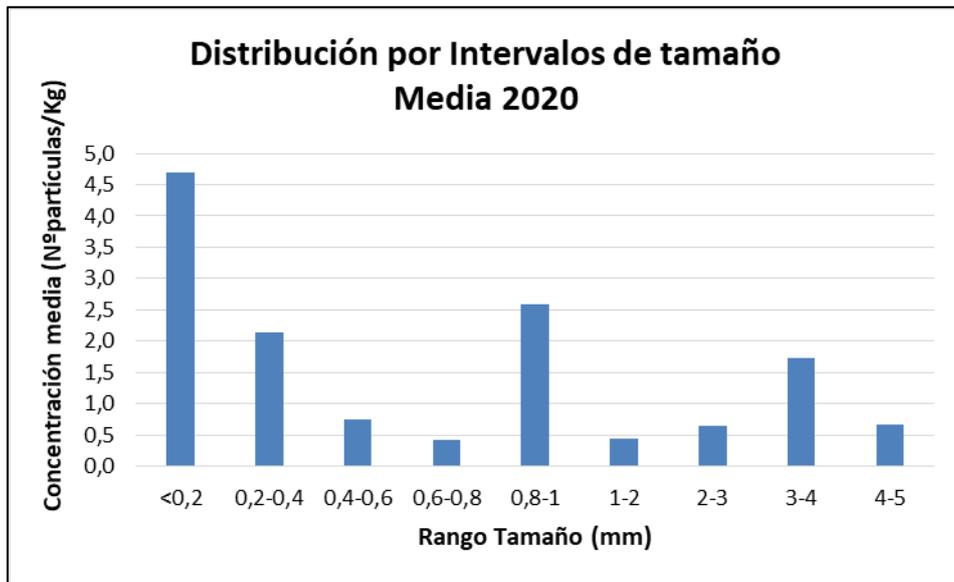


Figura 11. Concentración por intervalos de tamaño

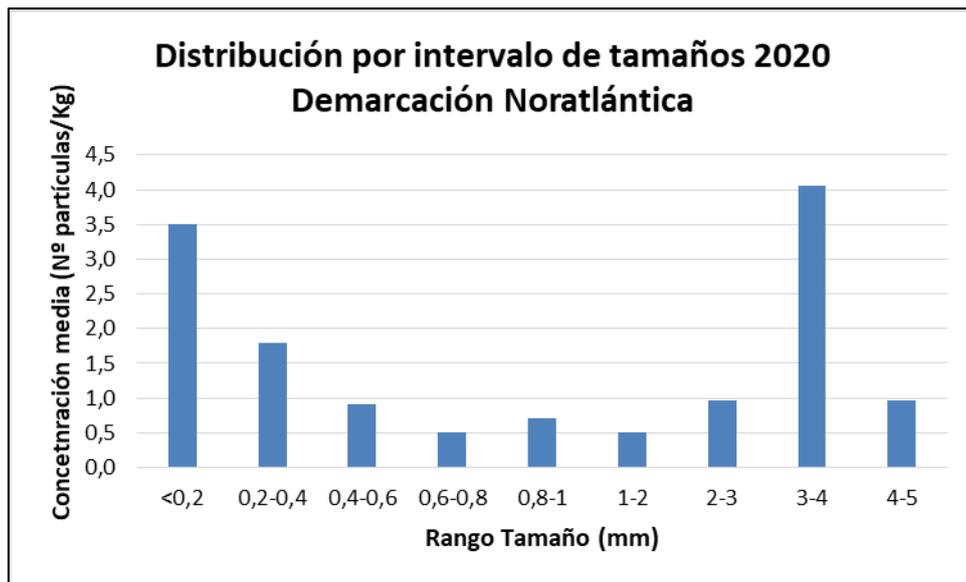


Figura 12. Concentración por intervalos de tamaño. Demarcación Noratlántica



CEDEX

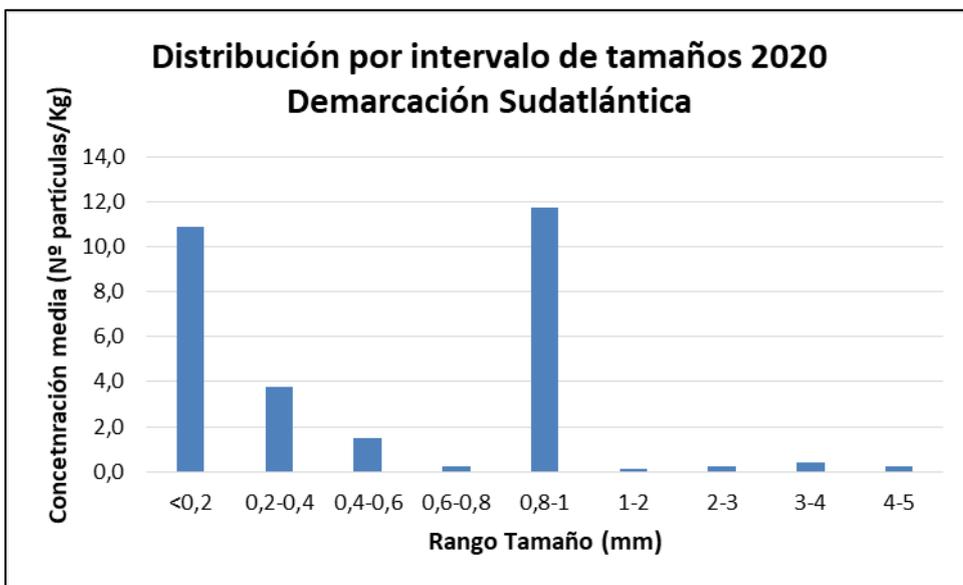


Figura 13. Concentración por intervalos de tamaño. Demarcación Sudatlántica

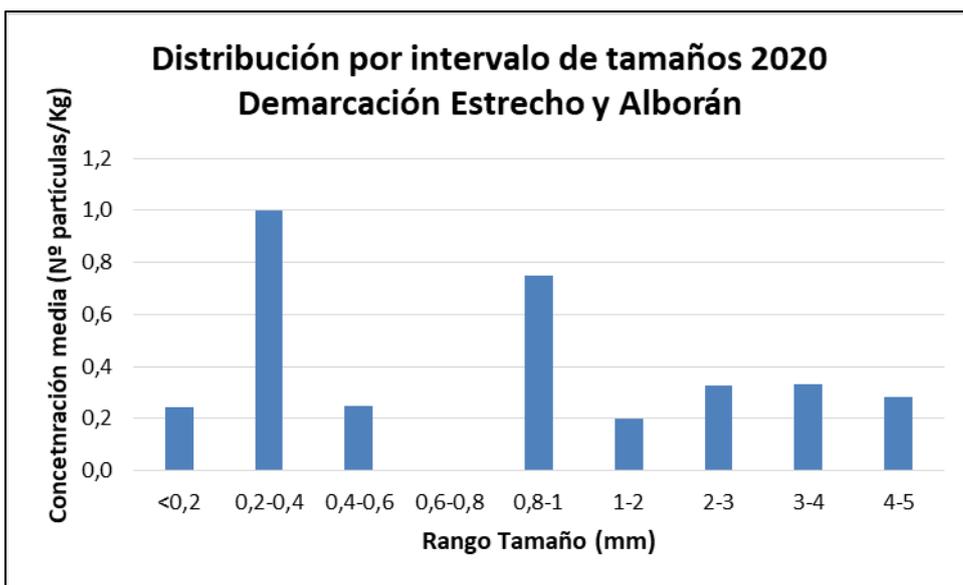


Figura 14. Concentración por intervalos de tamaño. Demarcación Estrecho y Alborán

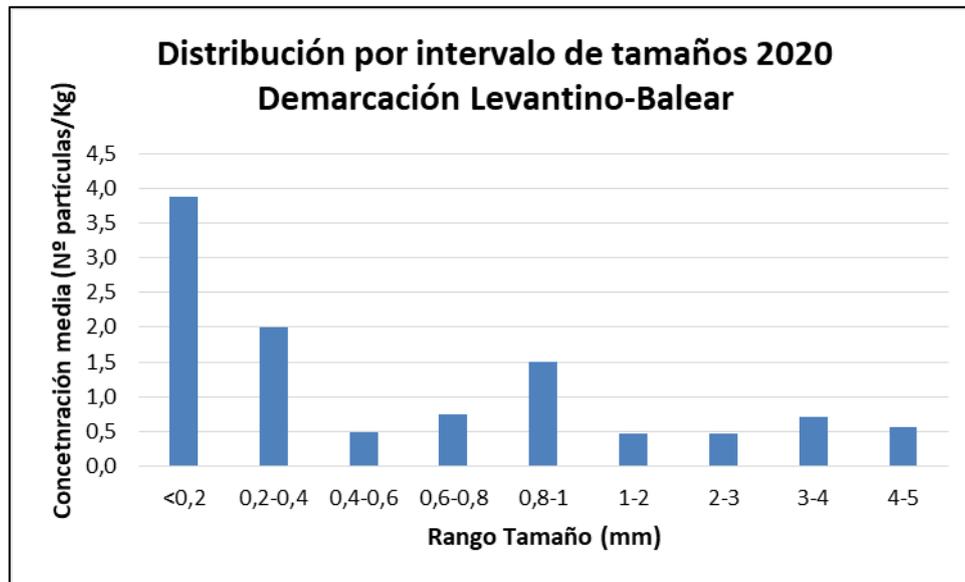


Figura 15. Concentración por intervalos de tamaño. Demarcación Levantino-Balear

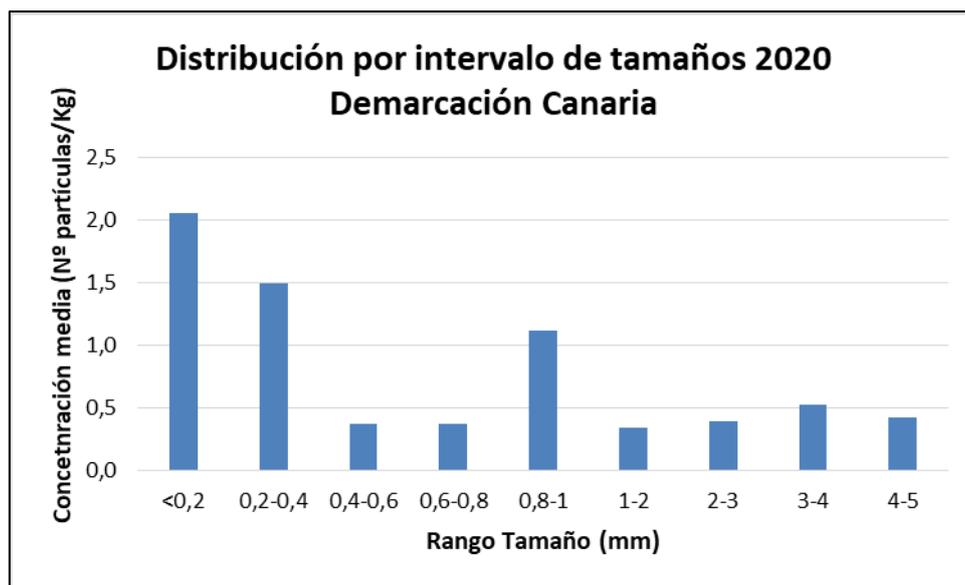


Figura 16. Concentración por intervalos de tamaño. Demarcación Canaria

5.2.1. MASA DE PARTÍCULAS

En las determinaciones de laboratorio únicamente se ha cuantificado la masa de las partículas de tamaño superior a 1 mm ya que en todos los casos, aun en los de mayor concentración detectada, la correspondiente a las partículas de tamaño inferior resultaba menor que el límite de cuantificación establecido (10 mg).

De esta manera, se han obtenido para las diferentes playas las masas medias que se incluyen en la Tabla 10.



CEDEX

Tabla 10
MASA MEDIA DE MICROPLÁSTICOS POR PLAYA

Playa	PRIMAVERA		OTOÑO	
	Masa (mg/kg)	Masa (mg/m ²)	Masa (mg/kg)	Masa (mg/m ²)
Itzurun	142,4	752,0	148,6	1608,0
Oyambre	262,4	1848,0	61,1	864,0
Covas	1,4	12,0	1,1	12,0
Rodas	1,2	16,0	1,5	20,0
Doñana	1,5	20,0	5,6	64,0
Castilnovo	0,7	8,0	2,4	32,0
Azucenas	0,8	8,0	24,5	296,0
Cabo de Gata	0,3	4,0	0,0	0,0
La Llana	3,0	36,0	7,3	80,0
Marenys	41,6	592,0	41,1	560,0
La Pineda	0,4	4,0	1,6	16,0
Cal Francés	4,2	48,0	0,7	8,0
Famara	-	-	4,4	40,0
Lambra	-	-	83,8	960,0
Media	38,3	279,0	27,4	325,7

Para el total de playas, la masa media en mg de microplásticos por kilogramo de muestra detectada sería significativamente superior en primavera que en otoño, situación que se repite en Oyambre y Cal Francés. En el resto de las playas la masa media de microplásticos detectadas sería superior en otoño que en primavera, salvo para las playas de Itzurun, Covas, Rodas y Marenys, donde la masa media detectada apenas cambia entre campañas.

5.3. FORMA DE LAS PARTÍCULAS

El reconocimiento por microscopía de las muestras permite la clasificación de cada partícula detectada en función de la forma que presenta. La metodología utilizada sigue, a estos efectos, los mismos criterios de clasificación recomendados por el Subgrupo Técnico de Basuras Marinas de la DMEM (TSG-ML)⁵. Las categorías de partículas utilizadas son las que se incluyen en la Tabla 11.

⁵ Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas (2013).
<http://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/201702074014.pdf>

Esta clasificación podría llevar a considerar, de manera estimativa, que los pellets y las microesferas se corresponderían con microplásticos primarios mientras que el resto serían secundarios.

Tabla 11	
CATEGORÍAS DE MICROPLÁSTICOS	
• Fibras/Filamentos	
• Fragmentos	Planos angulosos
	Planos redondeados
	Granulares
• Pellets	Esféricos
	Cilíndricos
	Discos
	Otros
• Microesferas	
• Film/Láminas	
• Poliespán	



CEDEX

<ul style="list-style-type: none">• Gomaespumas	
<ul style="list-style-type: none">• Otra forma	

Teniendo en cuenta el total de playas, y los resultados de las dos campañas estacionales realizadas, la mayoría de las 1.489 partículas contabilizadas son fragmentos (46%), pellets (26%) y fragmentos de poliespán (24%) siendo el resto de categorías muy minoritarias frente a las anteriores. Cabe asimismo destacar la poca presencia de fibras (0,74%) y que en ninguna de las muestras analizadas se ha detectado la presencia de microesferas.

Al analizar los resultados obtenidos en ambas campañas por separado se detecta una ligera diferencia. Tal y como puede observarse en la Figura 177, en primavera apareció un número mayor de fragmentos (51%) respecto a los pellets (35%), y a los fragmentos de poliespán (12%), mientras que en la campaña de otoño los fragmentos detectados disminuyeron ligeramente hasta un 43%, mientras que los fragmentos de poliespán aumentaron hasta el 29% de las partículas contabilizadas frente al 22% de pellets detectados.

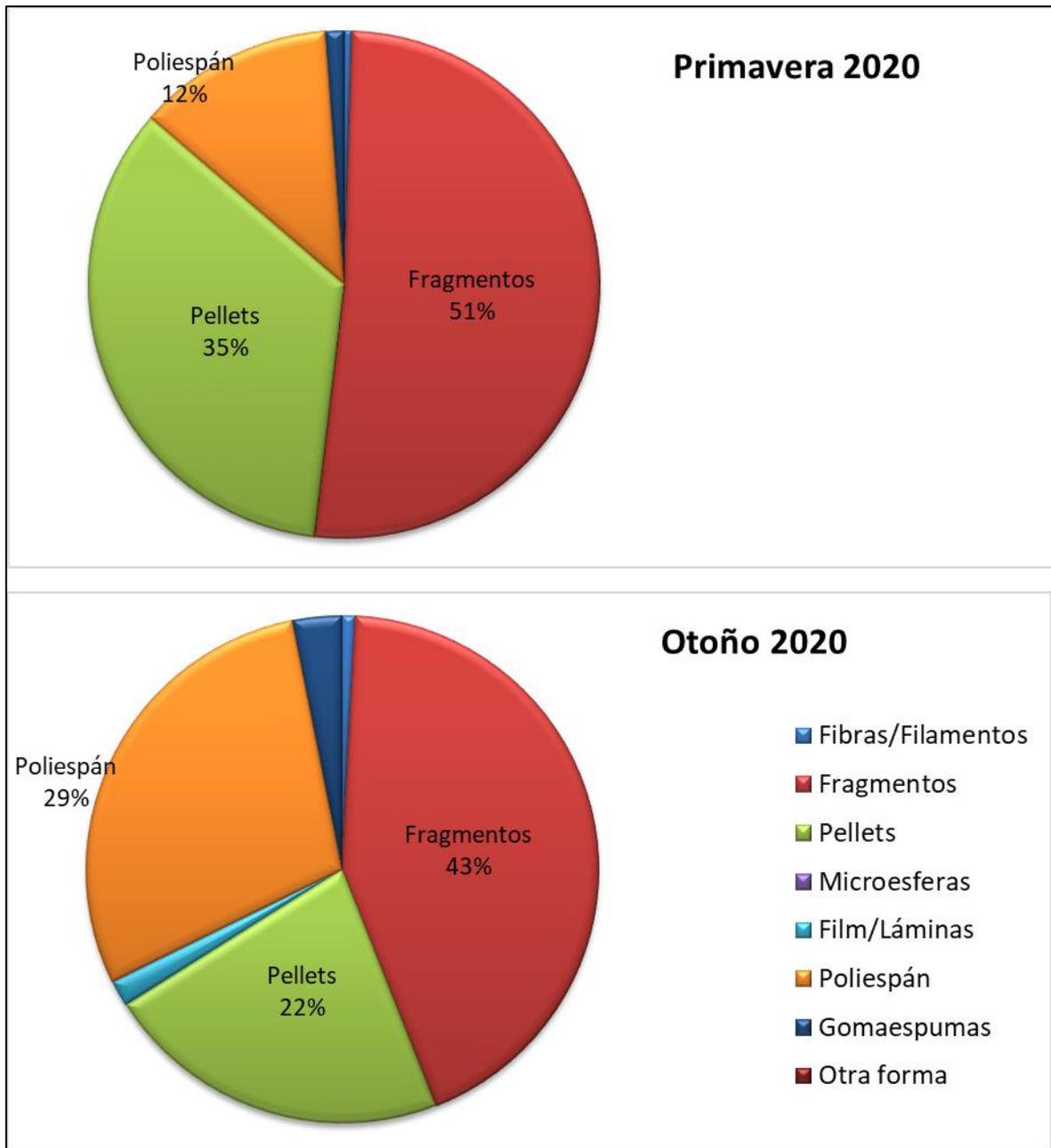


Figura 17. Forma de las partículas en las campañas estacionales de 2020

En la Figura 188 se representa la concentración media de pellets pre-producción detectadas en esta anualidad en las playas que integran el subprograma. A diferencia de anualidades anteriores (Figura 199), en las que se había detectado la presencia masiva de este tipo de partículas en las playas de La Pineda, Famara, Cal Francés o en las playas de Lambra o Itzurun incorporadas al subprograma en el año 2019, este año se han encontrado concentraciones de pellets mucho menores.



CEDEX

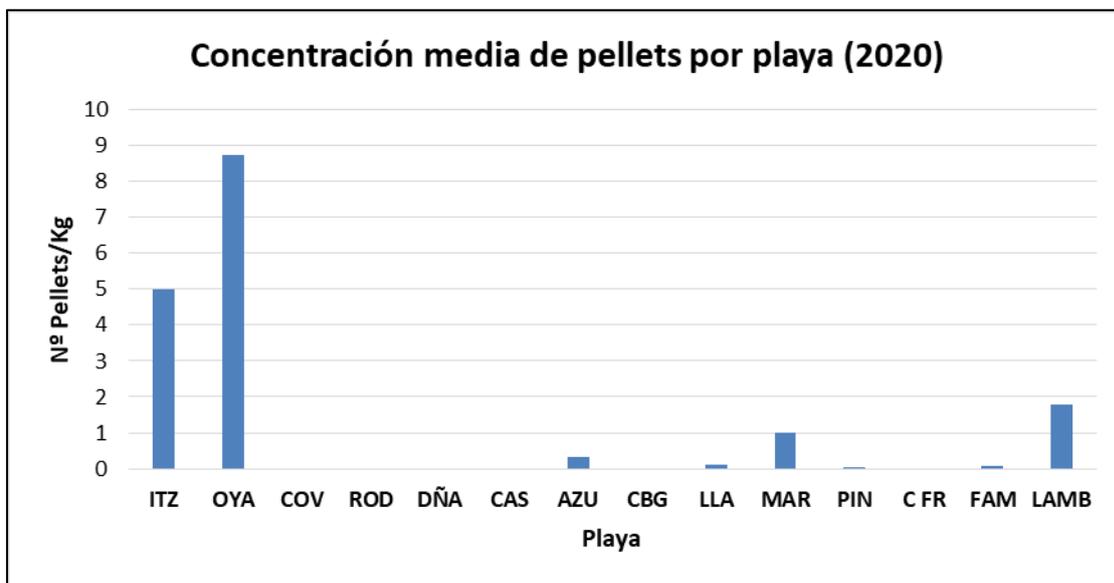


Figura 18. Presencia de pellets 2020

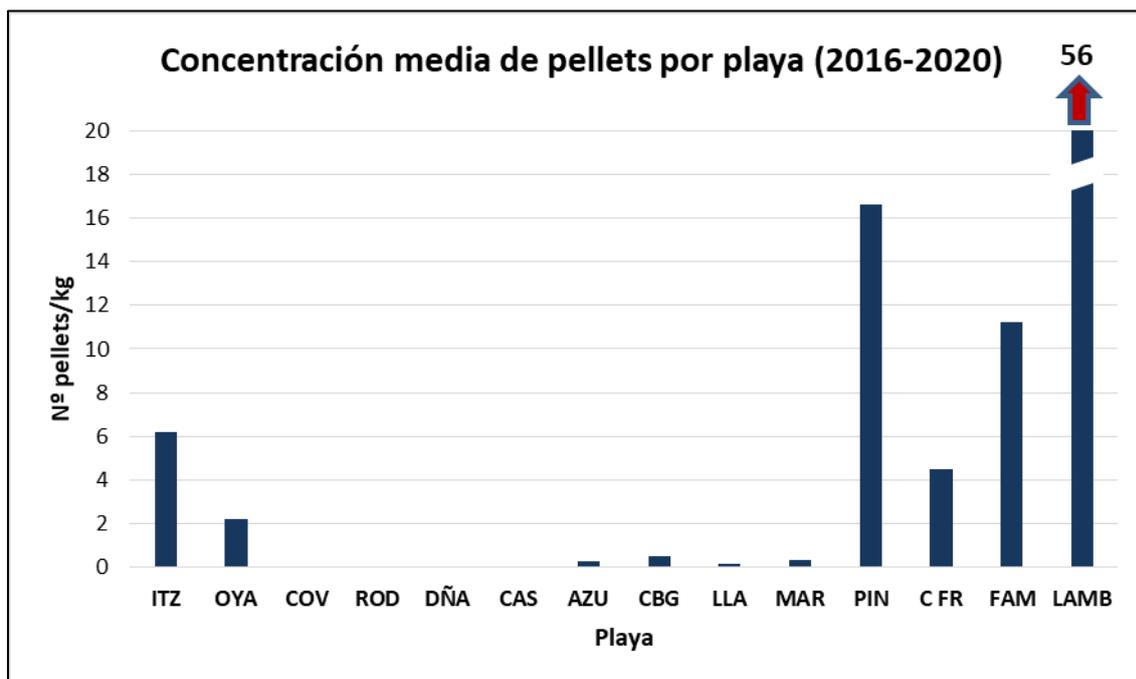


Figura 19. Presencia de pellets (2016-2020)

Como se ha explicado en informes anteriores, la presencia de pellets pre-producción en las playas mencionadas anteriormente responde a razones completamente diferentes. En el caso de las playas de Cataluña su presencia se encuentra claramente relacionada con pérdidas procedentes de la industria del plástico, como es el caso de la playa de La Pineda, situada aguas abajo del puerto de Tarragona en una zona donde se concentran un gran número de empresas dedicadas a la transformación y producción del plástico.

La disminución en la concentración de pellets encontrada en esta anualidad respecto a otros años podría deberse a los acontecimientos acaecidos como consecuencia de la pandemia provocada por el SARS-CoV-2 que hicieron necesario un confinamiento a nivel nacional que se prolongó durante varios meses y que generó un frenazo de la actividad industrial.

En el caso contrario se sitúan las playas muestreadas en Lanzarote, alejadas miles de kilómetros de cualquier fuente directa de aporte, en las cuales la llegada de pellets a la playa se relaciona con la circulación oceánica y los arrastres que origina desde una potencial zona de acumulación en mitad del océano Atlántico. En esta anualidad, como se ha comentado anteriormente, solo se pudo llevar a cabo la campaña de otoño, que presenta al igual que en la mayoría de las playas, una concentración de pellets muy inferior a la concentración media encontrada en años anteriores.

Para finalizar este apartado y a modo de resumen, la figura 20 representa la distribución media durante el año de los tipos de partículas detectados

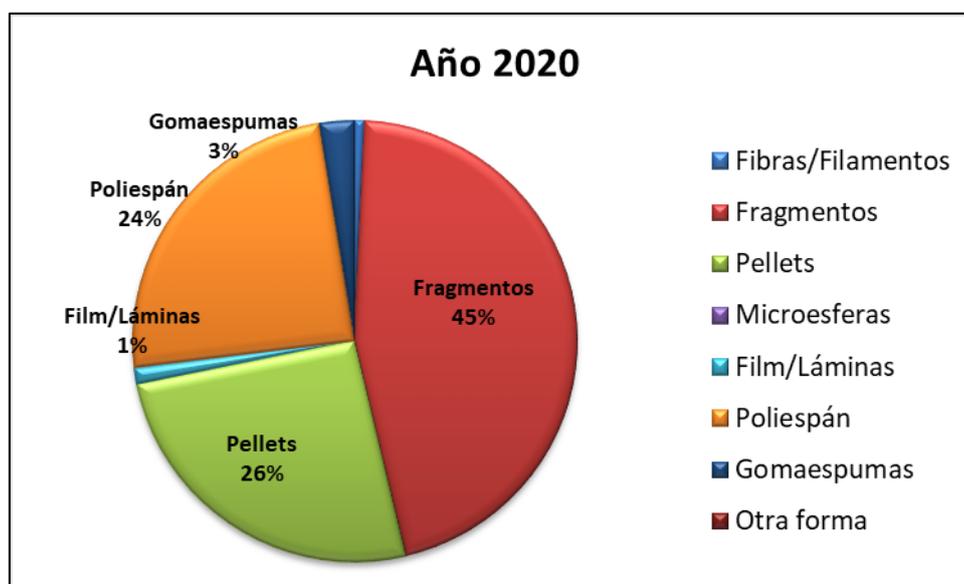


Figura 20. Forma de las partículas detectadas en 2020

5.4. COLOR DE LAS PARTÍCULAS

El color de las partículas resulta un atributo de importancia ya que, en muchas ocasiones facilita la identificación de su origen o incluso el polímero de que se trata. En todo caso, la coloración es de gran ayuda para distinguir las microbasuras de otras micropartículas que pudieran tener un origen natural.

En la literatura científica suele mencionarse que el azul y el negro son los colores mayoritarios en los microplásticos.

La metodología analítica utilizada, con una tinción con Rojo de Nilo para la identificación de las micropartículas plásticas de tamaño inferior a 1 mm hace que, para esa fracción de tamaño todas



CEDEX

las partículas aparezcan, lógicamente, coloreadas de rojo con lo que resulta imposible determinar su color original. El número de partículas de este tipo contabilizadas ascendió durante la anualidad de estudio a 293, que representan aproximadamente un 20% del total de microplásticos contabilizados.

Todos los datos y conclusiones que se incluyen en el presente apartado corresponden con las partículas de tamaño comprendido entre 1 y 5 mm.

En la metodología utilizada, para el atributo de color se ha distinguido entre los siguientes:

- Incoloro/Transparente
- Ambarino
- Blanco
- Azul
- Verde
- Rojo
- Amarillo
- Negro
- Gris
- Indeterminado /Otro color

Las partículas teñidas de color rojo (tamaño inferior a 1 mm) aparecen en los estadillos de resultados del Anejo 2 clasificadas como “color indeterminado” si bien en las gráficas siguientes no se tienen en consideración.

Tal como puede observarse en la Figura 2121, para el total de playas y teniendo en cuenta todas las campañas realizadas, la mayoría de las partículas contabilizadas fueron blancas (33%). También resultan frecuentes el azul (21%), el incoloro o transparente que supone un 19% y las partículas de color ámbar con un 13%, que generalmente son partículas transparentes cuyos polímeros han envejecido.

Analizando posibles diferencias entre las campañas de primavera y otoño, tal como refleja la Figura 222, los colores mayoritarios se mantienen invariables de una a otra campaña siendo la única diferencia significativa un aumento de las partículas de color blanco y ámbar en otoño en detrimento de las transparentes o incoloras y las azules, que podría explicarse por el aumento de las partículas de poliespán contabilizadas en esa segunda campaña (310 partículas en otoño y 53 en primavera).

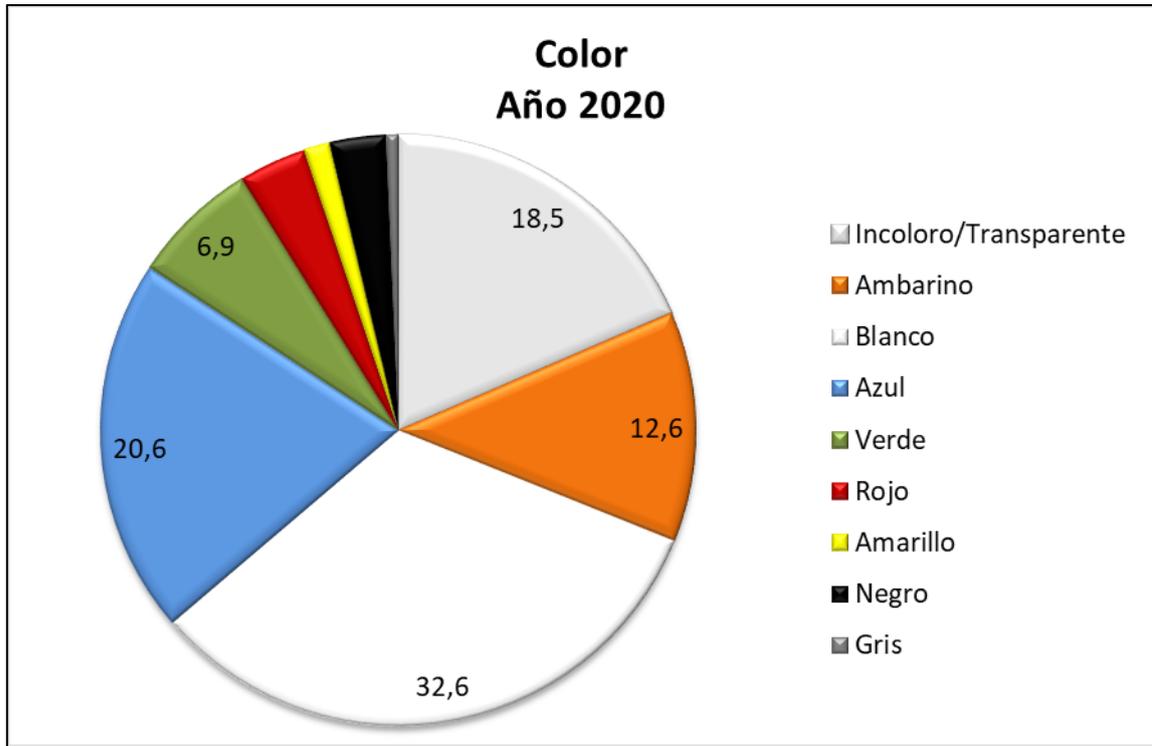


Figura 21. Color de las partículas 2020

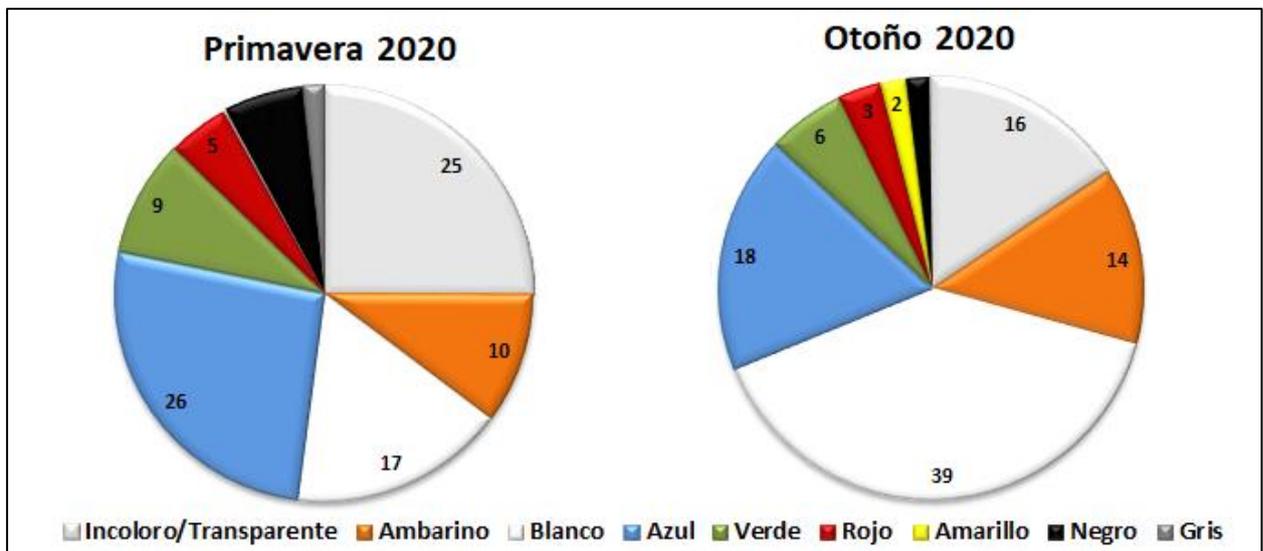


Figura 22. Color de las partículas. Diferencias estacionales 2020



CEDEX

6. RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS

Tal y como se comentaba en el apartado 3.4 del presente informe, en esta anualidad se han determinado sobre las muestras adquiridas en la campaña de primavera la distribución del tamaño de grano de las arenas y su contenido en materia orgánica.

Los resultados completos de las determinaciones realizadas se incluyen como Anejo 3, resumiéndose a continuación los aspectos más destacados y el análisis de su posible relación con la concentración de microplásticos detectada en las muestras.

6.1. GRANULOMETRÍA

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2 incluye los resultados correspondientes a los parámetros más representativos de la distribución granulométrica de las muestras adquiridas en la campaña de primavera

Puede observarse que en su totalidad, las muestras están constituidas por arenas prácticamente carentes de finos ya que el porcentaje máximo de esta fracción granulométrica resultó ser algo menor de 0,2 % (Azucenas y La Llana).

Tabla 12				
RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS				
Playa	Réplica	Primavera		
		% Arenas	% Finos	D50
Itzurun	R1	99,93	0,05	0,28
	R2	99,94	0,05	0,29
	R3	99,96	0,04	0,26
	R4	99,95	0,04	0,28
	R5	99,92	0,06	0,28
Oyambre	R1	99,90	0,07	0,17
	R2	99,39	0,05	0,17
	R3	99,91	0,07	0,16
	R4	99,88	0,07	0,18
	R5	99,86	0,09	0,19
Covas	R1	98,13	0,08	0,23
	R2	99,70	0,12	0,22
	R3	99,62	0,09	0,21
	R4	99,91	0,07	0,17
	R5	99,90	0,07	1,17
Rodas	R1	99,55	0,05	0,40
	R2	99,26	0,04	0,39



Tabla 12				
RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS				
	R3	98,64	0,05	0,43
	R4	99,42	0,04	0,37
	R5	98,94	0,05	0,40
Doñana	R1	99,35	0,07	0,15
	R2	99,60	0,08	0,14
	R3	99,35	0,09	0,14
	R4	99,80	0,07	0,12
	R5	99,44	0,09	0,13
Castilnovo	R1	99,98	0,02	0,21
	R2	99,97	0,03	0,21
	R3	99,96	0,04	0,21
	R4	99,95	0,05	0,21
	R5	99,93	0,07	0,22
Azucenas	R1	98,53	0,13	0,17
	R2	93,18	0,14	0,16
	R3	99,28	0,16	0,17
	R4	96,21	0,11	0,16
	R5	98,82	0,15	0,16
Cabo de Gata	R1	99,90	0,08	0,19
	R2	96,37	0,09	0,22
	R3	99,46	0,08	0,26
	R4	99,88	0,10	0,23
	R5	90,34	0,04	0,50
La Llana	R1	99,80	0,09	0,21
	R2	99,74	0,15	0,21
	R3	99,75	0,14	0,20
	R4	99,56	0,12	0,20
	R5	99,49	0,16	0,19
Marenys	R1	98,72	0,04	0,47
	R2	96,05	0,05	0,35
	R3	97,33	0,05	0,34
	R4	97,66	0,06	0,39
	R5	97,33	0,05	0,42
La Pineda	R1	98,18	0,07	0,17
	R2	91,14	0,09	0,17
	R3	89,45	0,06	0,18
	R4	97,03	0,09	0,16
	R5	94,75	0,10	0,17



CEDEX

Tabla 12				
RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS				
Cal Francés	R1	79,22	0,05	0,28
	R2	89,80	0,06	0,47
	R3	80,33	0,08	0,25
	R4	86,03	0,07	0,25
	R5	99,63	0,09	0,30
MEDIA		97,53	0,08	0,26

En la anualidad de 2019 se llevó a cabo un análisis de correlación lineal entre la granulometría media (D50) y la concentración de microplásticos, considerando por una parte la totalidad de muestras analizadas y por otra cada playa de manera individual con sus cinco puntos de muestreo, para el que se concluyó que para el rango de variación granulométrica existente en las playas que conforman el subprograma no parece existir relación alguna entre el tamaño de grano del sedimento y la abundancia de microplásticos.

Considerando la totalidad de muestras analizadas en la primavera de 2020, el análisis de correlación lineal entre granulometría media (D50) y concentración de microplásticos viene a indicar de nuevo que no existe relación alguna tal y como puede observarse en la Figura 233, resultando un coeficiente de correlación (r^2) de 0,0018. Eliminando los puntos que deben ser considerados como valores atípicos desde el punto de vista estadístico (outliers), es decir, todos los datos fuera del intervalo de la media aritmética ± 3 veces la Desviación típica (criterio de Chauvenet), el análisis de regresión lineal empeora ($r^2=0,012$).

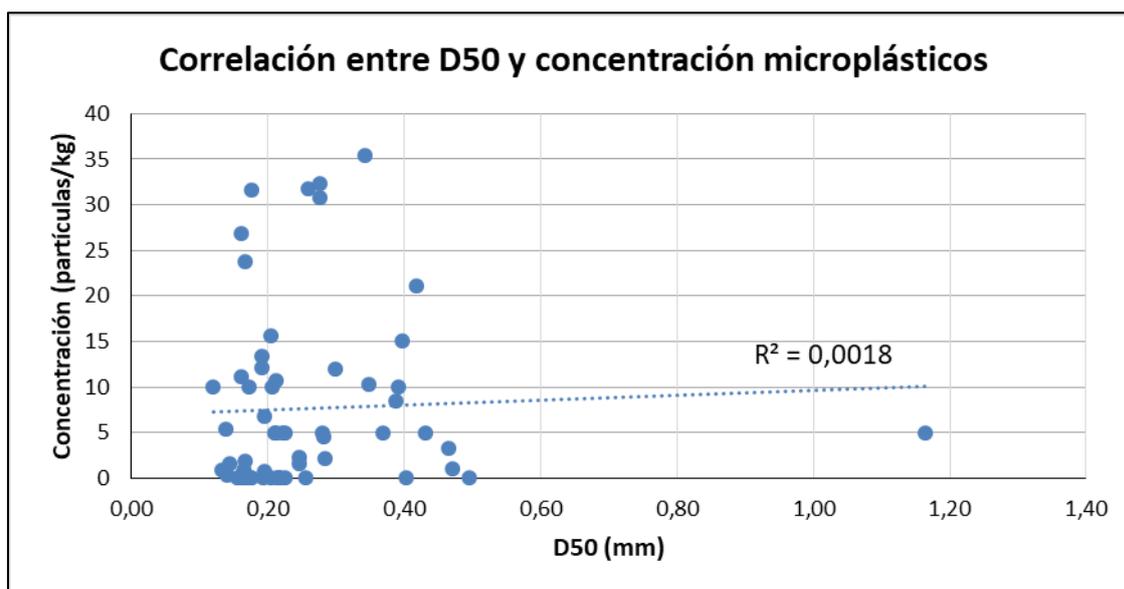


Figura 23. Regresión lineal D50/concentración de microplásticos

Así mismo, el análisis de la correlación entre granulometría de la arena y concentración de microplásticos de manera individual para cada playa y muestreo, considerando las diferentes réplicas adquiridas y analizadas, muestra tal y como ocurrió con las muestras adquiridas en 2019 una gran variedad de una playa a otra con un intervalo de valores que varía entre 0,02 (playa de Covas) y 0,6 (playa de Azucenas).

Comparando estos valores con los obtenidos para cada una de las playas en la campaña de primavera de 2019, tal y como puede observarse en la Tabla 13, los resultados son muy variables, salvo para el caso de la playa de Itzurun cuyo valor del índice de correlación en la campaña de primavera de 2020 fue de 0,52 y en primavera de 2019 fue de 0,57, o la playa de Cal Francés con $r^2= 0,27$ en 2020 y un valor de 0,25 en 2019.

Tabla 13		
Regresión lineal D50/concentración de microplásticos		
Playa	Primavera 2019	Primavera 2020
	Coef. Correl (R^2)	Coef. Correl (R^2)
Itzurun	0,57	0,52
Oyambre	0,20	0,20
Covas	0,16	0,02
Rodas	0,03	0,02
Doñana	0,98	0,10
Castilnovo	0,02	0,32
Azucenas	0,27	0,60
Cabo de Gata	0,41	0,29
La Llana	0,63	0,02
Marenys	0,39	0,02
La Pineda	0,82	0,16
Cal Francés	0,25	0,27



CEDEX

Por lo tanto, a la vista de los resultados, podría concluirse que no existe relación lineal alguna entre el tamaño de grano del sedimento y la abundancia de microplásticos.

6.2. MATERIA ORGÁNICA

La Tabla 14, incluye los resultados correspondientes a la materia orgánica detectada en el sedimento, expresada como concentración de carbono orgánico oxidable. Puede observarse que las concentraciones detectadas son muy bajas con unos valores máximos de 0,05% y los resultados son extremadamente homogéneos entre muestras (desviación típica de 0,009 máximo).

Tabla 14			
MATERIA ORGÁNICA EN SEDIMENTO			
Playa	Réplica	Carbono orgánico oxidable (%)	Desv Típica
Itzurun	R1	0,04	0,000
	R2	0,04	
	R3	0,04	
	R4	0,04	
	R5	0,04	
Oyambre	R1	0,03	0,009
	R2	0,02	
	R3	0,04	
	R4	0,02	
	R5	0,02	
Covas	R1	0,03	0,007
	R2	0,03	
	R3	0,02	
	R4	0,03	
	R5	0,04	
Rodas	R1	0,01	0,004
	R2	0,01	
	R3	0,01	
	R4	0,01	
	R5	0,02	
Doñana	R1	0,02	0,000
	R2	0,02	
	R3	0,02	



Tabla 14			
MATERIA ORGÁNICA EN SEDIMENTO			
	R4	0,02	
	R5	0,02	
Castilnovo	R1	0,02	0,007
	R2	0,01	
	R3	0,01	
	R4	0,00	
	R5	0,01	
Azucenas	R1	0,03	0,009
	R2	0,04	
	R3	0,05	
	R4	0,05	
	R5	0,05	
Cabo de Gata	R1	0,01	0,005
	R2	0,01	
	R3	0,00	
	R4	0,01	
	R5	0,00	
La Llana	R1	0,02	0,000
	R2	0,02	
	R3	0,02	
	R4	0,02	
	R5	0,02	
Marenys	R1	0,00	0,005
	R2	0,00	
	R3	0,01	
	R4	0,01	
	R5	0,01	
La Pineda	R1	0,00	0,000
	R2	0,00	
	R3	0,00	
	R4	0,00	
	R5	0,00	
Cal Francés	R1	0,02	0,004
	R2	0,01	
	R3	0,02	
	R4	0,02	



CEDEX

Tabla 14			
MATERIA ORGÁNICA EN SEDIMENTO			
	R5	0,02	
MEDIA		0,02	0,01

El análisis de regresión lineal entre la materia orgánica existente en las arenas y la concentración de microplásticos detectadas indica, para el conjunto completo de datos una muy baja correlación entre ambas series ($r^2=0,0499$) tal y como refleja la Figura 244. Dada la escasa variación existente entre las réplicas de cada playa, no parece que un análisis individualizado de cada playa y muestreo pudiera hacer variar esta baja correlación.

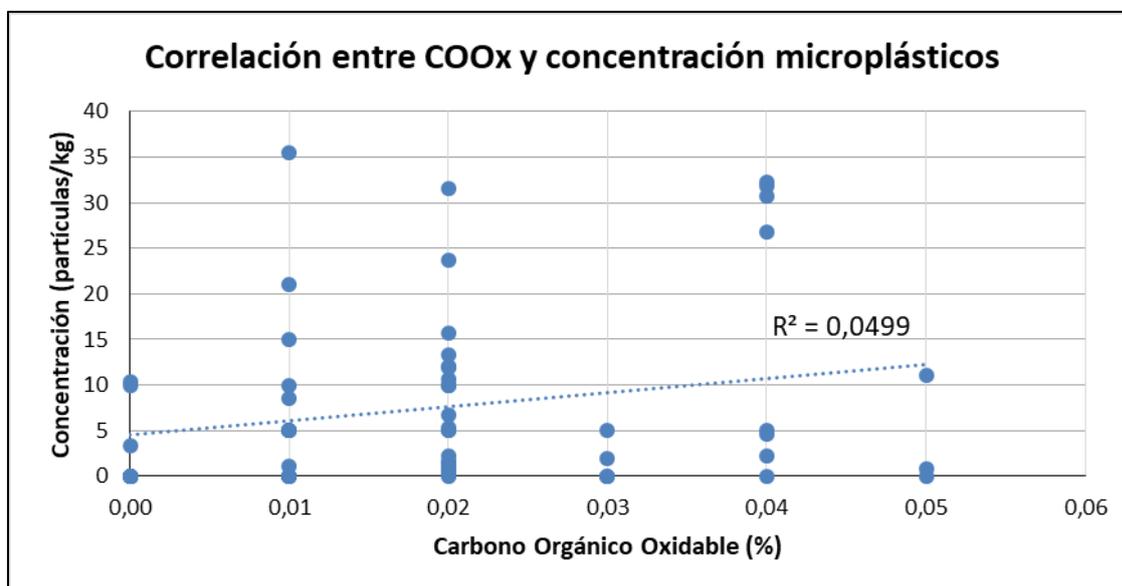


Figura 24. Regresión lineal materia orgánica/concentración de microplásticos

7. DATOS HISTÓRICOS

Como ya se ha mencionado anteriormente, el subprograma BM-6, tras los trabajos necesarios para la selección de playas y el ajuste de las metodologías a emplear, dio comienzo oficialmente en el otoño de 2016. Con las campañas realizadas en 2020, objeto del presente informe, se completa el cuarto año natural de desarrollo del programa, contándose con resultados de 9 campañas (5 correspondientes al otoño y 4 a primavera).

Si bien el volumen de datos disponibles carece, por el momento, de representatividad estadística y no es suficiente para realizar con rigor evaluación alguna de tendencias o distribuciones espaciales o temporales, al igual que se hizo en la pasada anualidad, se incorpora un apartado meramente ilustrativo que resume los principales resultados obtenidos desde el inicio del

subprograma, pasando revista tanto a las concentraciones de microplásticos detectadas en las playas, como a los atributos determinados para las mismas.

El análisis histórico que se hace a continuación para cada uno de los parámetros considera, todas las playas sobre las que se dispone de datos del subprograma desde su inicio.

7.1. CONCENTRACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

La Figura 255 muestra de manera gráfica la concentración media por playa y estación desde el inicio del subprograma.

Destacan las concentraciones muy elevadas detectadas en la playa de Lambra, incorporada al subprograma en 2019, con 881 partículas por kg en primavera y 194 en otoño. En el año 2020 esta playa solo se muestreó en otoño y la concentración detectada fue significativamente inferior a la registrada en 2019, con 45 partículas por kg que corresponden a 530 partículas/m².

En el resto de las playas, se mantienen las concentraciones elevadas detectadas en las playas de Cabo de Gata en primavera, La Pineda en otoño y Famara en primavera, así como, en menor medida, en la de Cal Francés en otoño e Itzurun en ambas estaciones. Como puede observarse, existen unas diferencias significativas entre unas campañas y otras, estando esos resultados medios notablemente influidos por los resultados obtenidos en una campaña concreta.

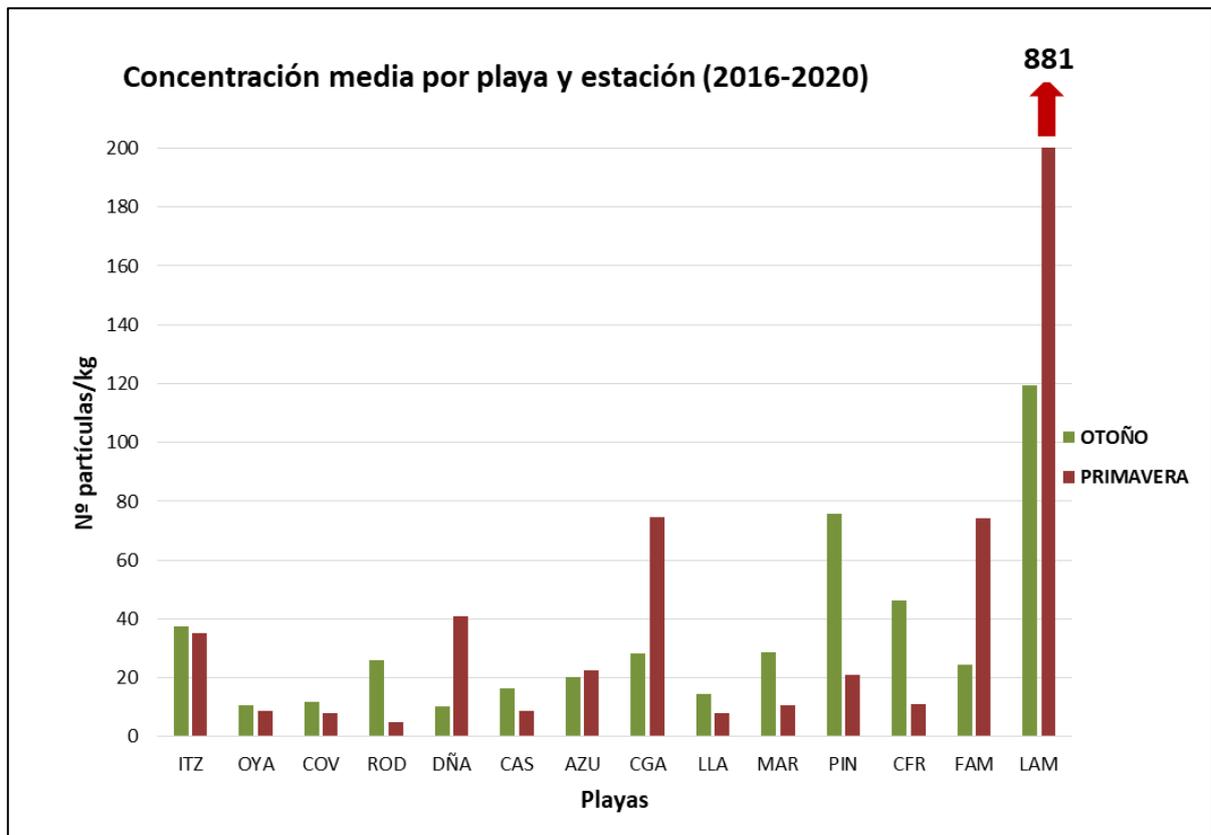


Figura 25. Concentración media de microplásticos por playa 2016-2020



CEDEX

Teniendo en cuenta únicamente las playas para las que se dispone de datos de, al menos tres anualidades, la evolución de la concentración media para el conjunto de playas es la que se recoge en la Figura 266 en la que se apunta una tendencia creciente hasta el año 2019 disminuyendo extraordinariamente en las campañas de 2020.

La disminución de la concentración media observada en las campañas de 2020 respecto a otras anualidades podría deberse, tal y como se explicó anteriormente a la disminución de la actividad industrial y del tráfico rodado como consecuencia de la pandemia provocada por el SARS-CoV-2.

Por otra parte, se confirma, que en todas las campañas de otoño, la concentración media resulta superior a las de primavera.

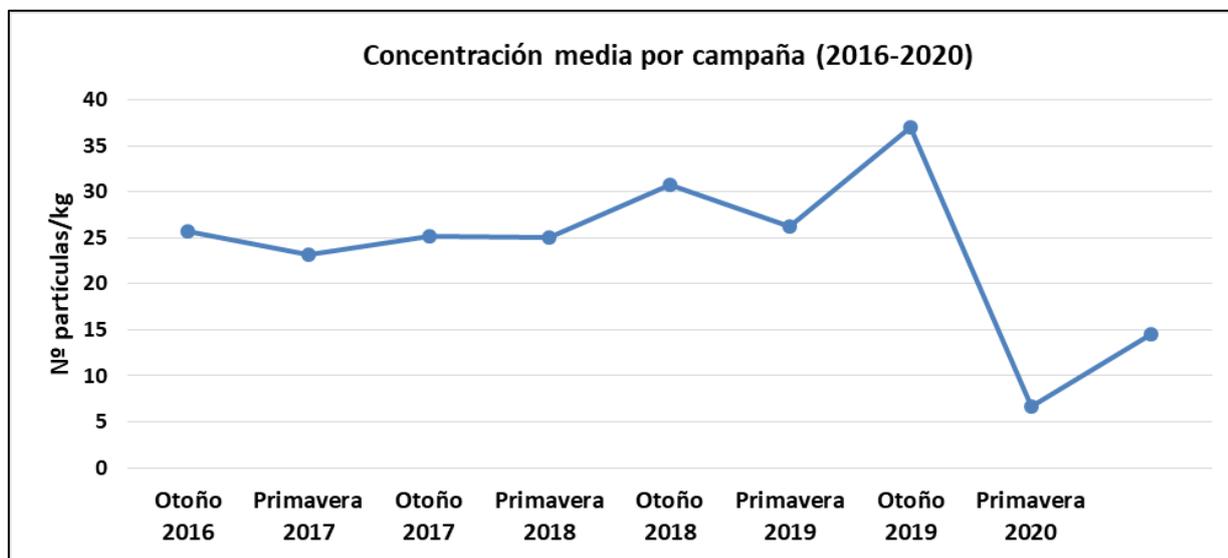


Figura 26. Evolución de la concentración medias por campaña 2016-2020

Si el análisis se hace por Demarcaciones marinas en lugar de playas individuales, las concentraciones medias resultantes son las que se incluyen en la

Tabla 155 y la evolución de las mismas a lo largo de las campañas realizadas se indica en las figuras 27 a la 31.

Tabla 15 CONCENTRACIONES MEDIAS POR DEMARCACIÓN MARINA (Nº de partículas/kg)			
Demarcación marina	Primavera	Otoño	Media
Noratlántica	7,25	16,19	11,72

Tabla 15 CONCENTRACIONES MEDIAS POR DEMARCACIÓN MARINA (Nº de partículas/kg)			
Demarcación marina	Primavera	Otoño	Media
Sudatlántica ⁶	8,75	16,33	12,54
Estrecho y Alborán	48,61	26,55	37,58
Levantino-Balear	12,73	38,28	25,51
Canarias ⁶	74,20	24,61	49,40

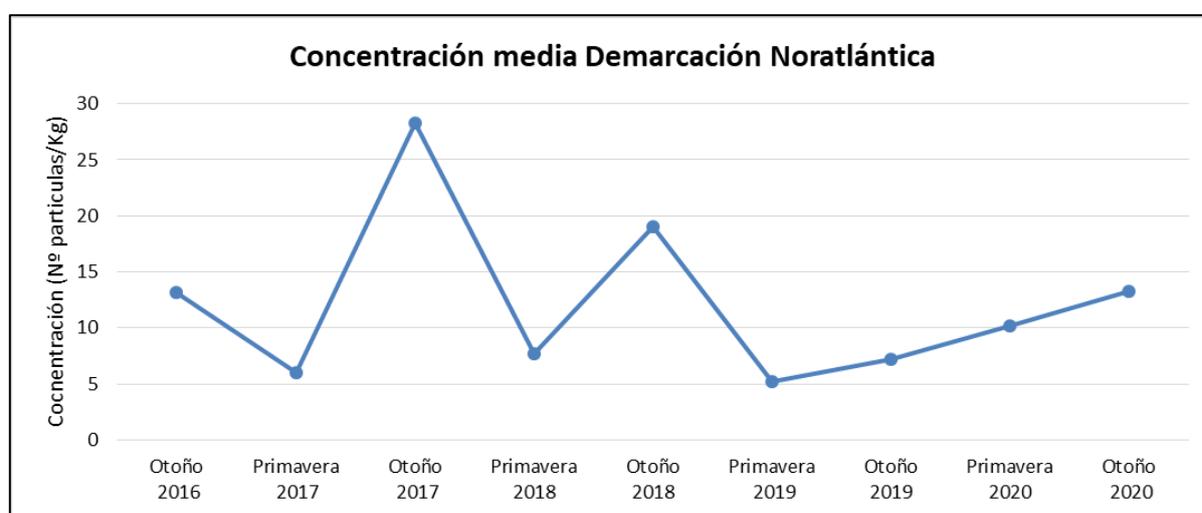


Figura 27. Demarcación Noratlántica. Evolución de la concentración media por campaña 2016-2020. (Nota: No se incluye la playa de Itzurun, incorporada en 2019)

⁶ En los casos de las Demarcaciones Sudatlántica y de Canarias, los datos medios de la Demarcación coinciden con los de las playas de Castilnovo y Famara respectivamente, ya que no pueden tenerse en cuenta de momento las playas adicionales incorporadas en 2019.

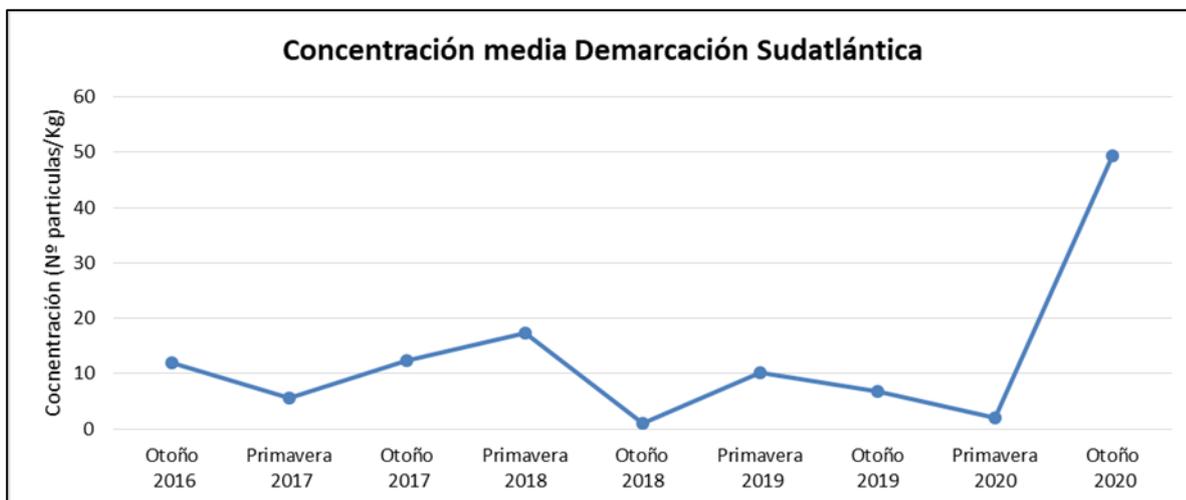


Figura 28. Demarcación Sudatlántica. Evolución de la concentración media por campaña 2016-2020. (Nota: No se incluye la playa de Doñana, incorporada en 2019)

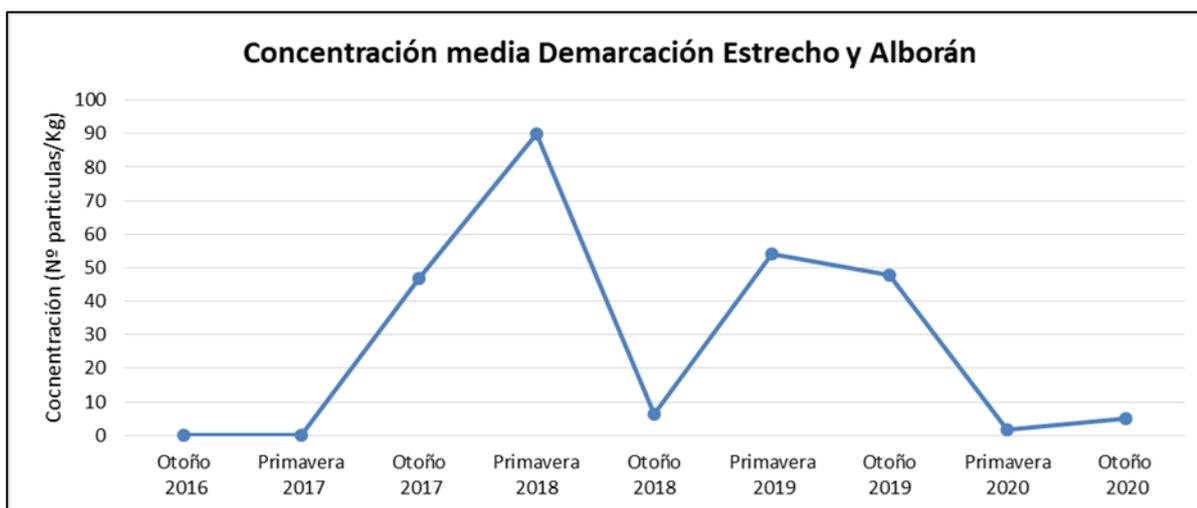


Figura 29. Dem. Estrecho y Alborán. Evolución de la concentración media por campaña 2016-2020

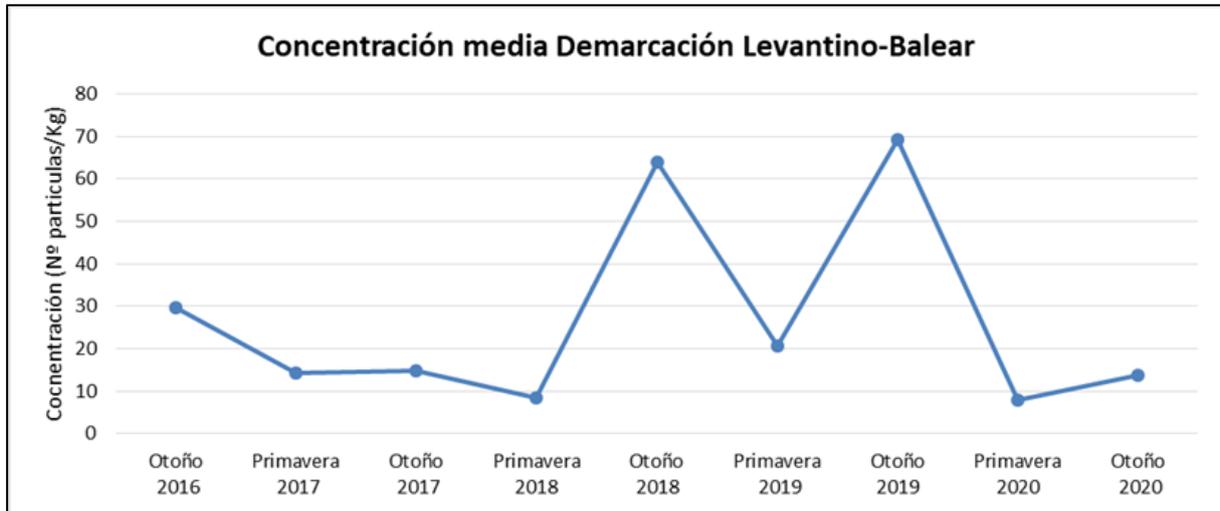


Figura 30. Dem. Levantino-Balear. Evolución de la concentración media por campaña 2016-2020

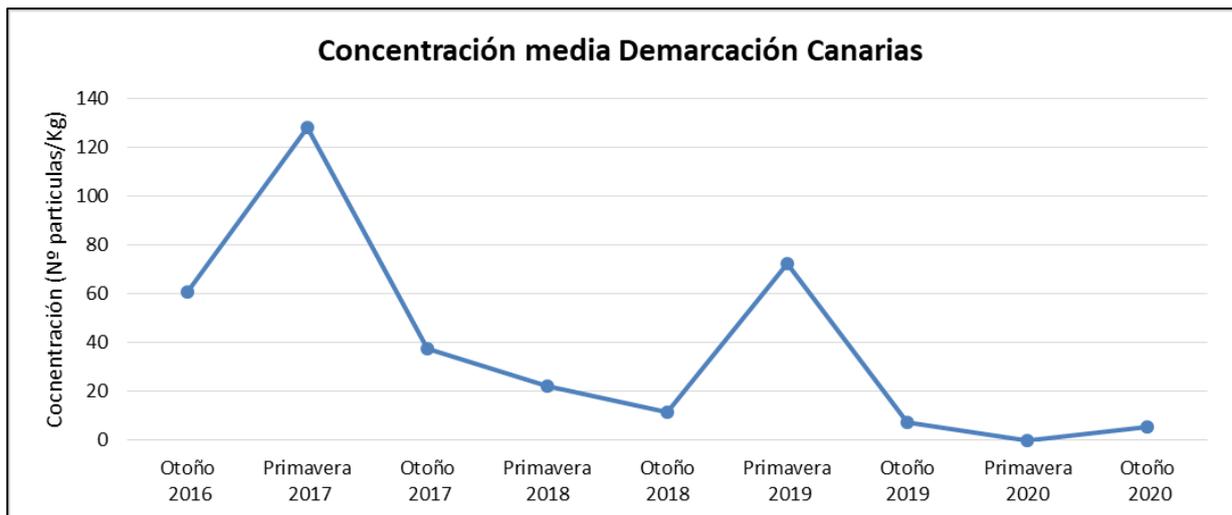


Figura 31. Demarcación Canaria. Evolución de la concentración media por campaña 2016-2020. (Nota: No se incluye la playa de Lambra, incorporada en 2019)

7.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS

7.2.1. Tamaño

Teniendo en cuenta la totalidad de las partículas contabilizadas a lo largo de estos años de desarrollo del subprograma (aproximadamente 12.700) y realizando los cálculos oportunos para corregir el efecto de las masas diferentes de muestra analizada para las dos fracciones de tamaño y poder calcular así la concentración referida a masa de arena, resulta que la clase más



CEDEX

frecuente es la inferior a 200 μm , lo que coincide con los resultados obtenidos en los años anteriores.

Para el resto de clases de tamaño y aun a pesar de las importantes concentraciones de pellets pre-producción detectadas ocasionalmente en algunas playas, las diferencias no son demasiado significativas distribuyéndose las partículas de manera muy homogénea entre todos los intervalos de tamaño con concentraciones medias que oscilan entre 1 y 4 partículas/kg.

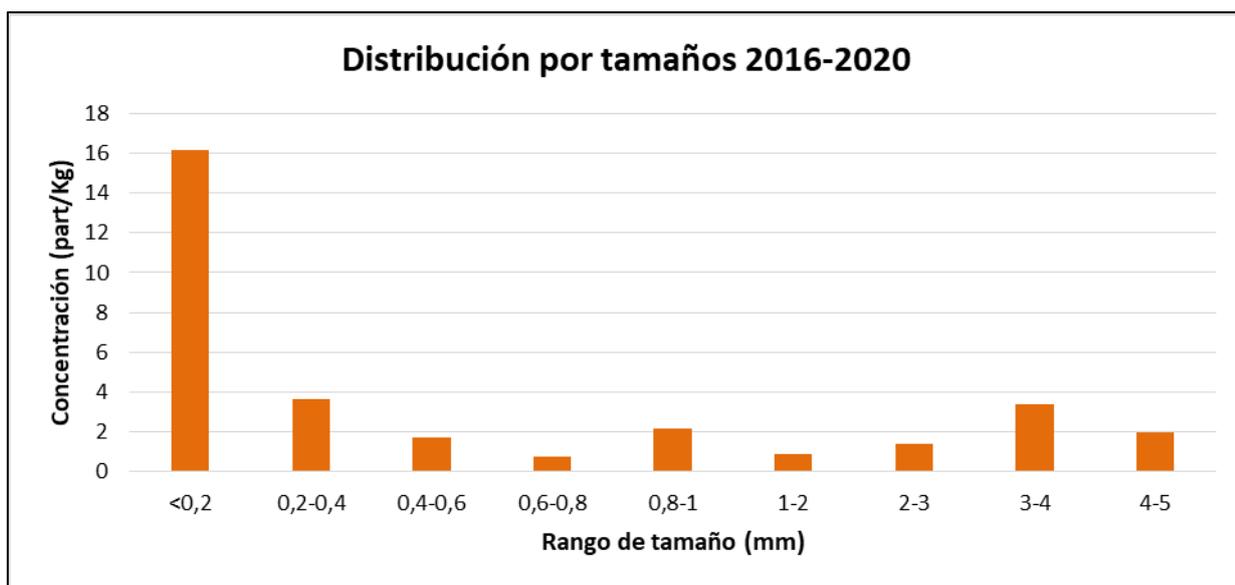


Figura 32. Concentración media según tamaño de partícula 2016-2020

7.2.2. Forma de las partículas

Teniendo en cuenta la totalidad de campañas realizadas, el tipo de partículas más frecuente es el de fragmentos de plástico, que representan el 43% de las partículas contabilizadas, y le siguen con un 40 % los pellets pre-producción. Entre ambas formas de partícula representan el 83% del total con lo que el resto de tipologías aparecen en proporciones despreciables salvo los fragmentos de poliestireno que suponen aproximadamente el 14%.

De entre los pellets pre-producción, su forma más frecuente con gran diferencia es la cilíndrica, que representa el 81% de las partículas de esta clase contabilizadas. En lo que se refiere a los fragmentos, los de tipo granular y los planos angulosos son los más abundantes representando, respectivamente el 66 y el 30% de esta forma de partículas.

Cabe destacar que en lo que va de desarrollo del subprograma el número de partículas tipo “Film o lámina” y “microesferas” así como las que ha sido necesario clasificar en la categoría de “otra forma” han resultado prácticamente inexistentes, representando entre las tres un porcentaje del 0,6% aproximadamente.

La Figura 333 indica, de manera gráfica, la distribución de los tipos de partícula detectados a lo largo de estos años de programa de vigilancia.

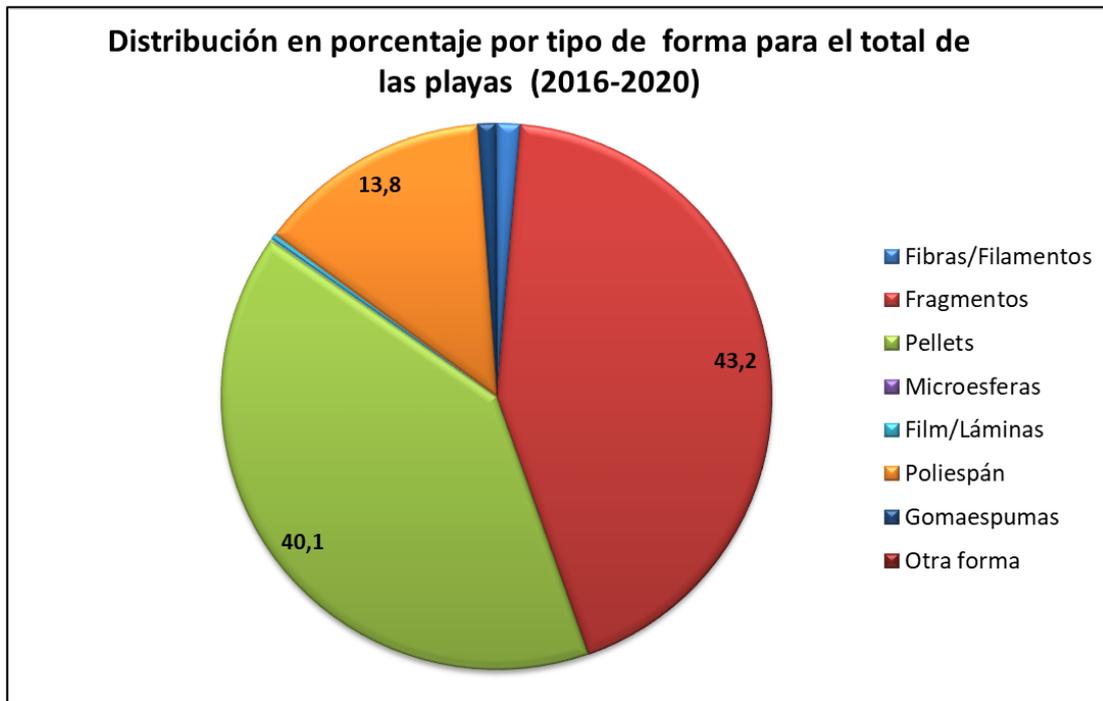


Figura 33. Forma de partícula 2016-2020

7.2.3. Color de las partículas

A la hora de analizar el color de las partículas para la totalidad de las campañas de las que se dispone de resultados debe tenerse en cuenta que la modificación en la metodología utilizando tinción de las muestras se introdujo en 2017 con lo que a partir de entonces se carece de información respecto al color de las partículas de tamaño inferior a 1mm. Sin embargo, en los datos correspondientes a 2016, cuyas muestras no fueron sometidas a tinción alguna, se dispone de la información para ambos rangos de tamaño.

Al objeto de evaluar la totalidad de la información existente, ha parecido conveniente incluir en los cálculos todos los datos disponibles, resultando que se dispone de información para el atributo de color para el 79,4% de las partículas contabilizadas desde el inicio (20,6% de partículas para las que no se puede determinar el color por efecto de la tinción).

Así y tal como puede observarse en la Figura 344, considerando exclusivamente las partículas para las que se puede determinar su color, el más frecuente resulta ser el blanco (33%) seguido del incoloro/transparente (26%) y el ámbar (17,5%).

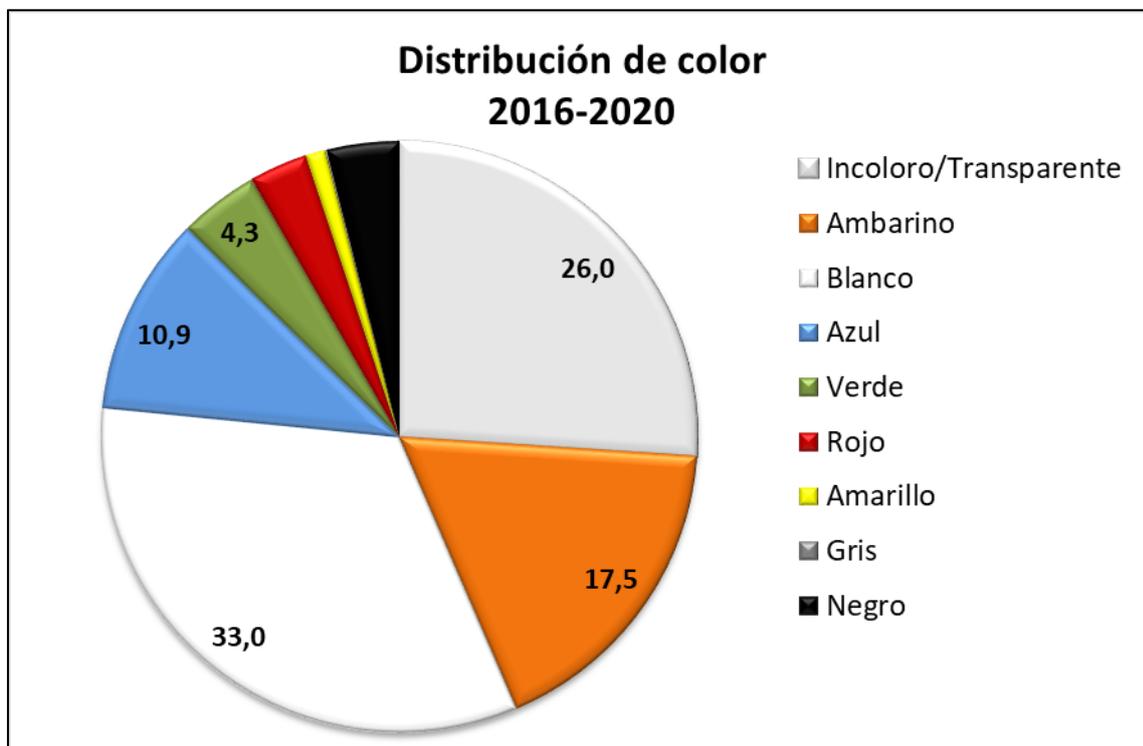


Figura 34 Color de partícula 2016-2020

7.3. ANÁLISIS DE TENDENCIAS

Contándose para la mayor parte de las playas del subprograma con una serie temporal que abarca ya más de cuatro años y aun siendo conscientes de que su representatividad estadística no resulta, por el momento, muy robusta, parece conveniente comenzar en esta anualidad una sección dedicada al análisis de tendencias utilizando herramientas estadísticas específicas.

Teniendo en cuenta la variabilidad tanto espacial como temporal de los datos existentes parece evidente que el análisis de tendencias únicamente tiene sentido para cada playa individual.

Dentro del grupo de trabajo de basuras marinas del Convenio OSPAR viene trabajándose desde hace ya varios años en el análisis de las herramientas estadísticas más adecuadas para el tratamiento de los datos de basuras marinas. En el caso del análisis de tendencias se acordó la utilización del test de Mann-Kendall (MK).

El propósito de la prueba de Mann-Kendall (Mann 1945, Kendall 1975, Gilbert 1987) es evaluar estadísticamente si existe una tendencia monótona creciente o decreciente de la variable de interés a lo largo del tiempo. Una tendencia monótona hacia arriba (o hacia abajo) significa que la variable aumenta constantemente (o disminuye) a lo largo del tiempo, pero la tendencia puede o no ser lineal. La prueba MK se puede usar en lugar de un análisis de regresión lineal paramétrico, que se puede usar para probar si la pendiente de la línea de regresión lineal estimada es diferente de cero. El análisis de regresión requiere que los residuos de la línea de

regresión ajustada se distribuyan normalmente; una suposición no requerida por la prueba MK, es decir, la prueba MK es una prueba no paramétrica (sin distribución).

Los cálculos realizados no permiten valores negativos ni ceros, por lo que en aquellos muestreos en los que no se contabilizó microplástico alguno se ha introducido como concentración el valor de 0,1 mg/kg.

La aplicación de esta prueba lleva, tal como se refleja en las figuras 35 a la 39 a que:

- No se detecta tendencia alguna en las playas de: Rodas, Castilnovo, Doñana, Cabo de Gata, La Pineda y Cal Francés.
- La tendencia es estable en la playa de Itzurun.
- La tendencia es posiblemente decreciente en las playas de Covas, Azucenas y Famara.
- La tendencia es posiblemente creciente en las playas de Oyambre y Marenys



CEDEX

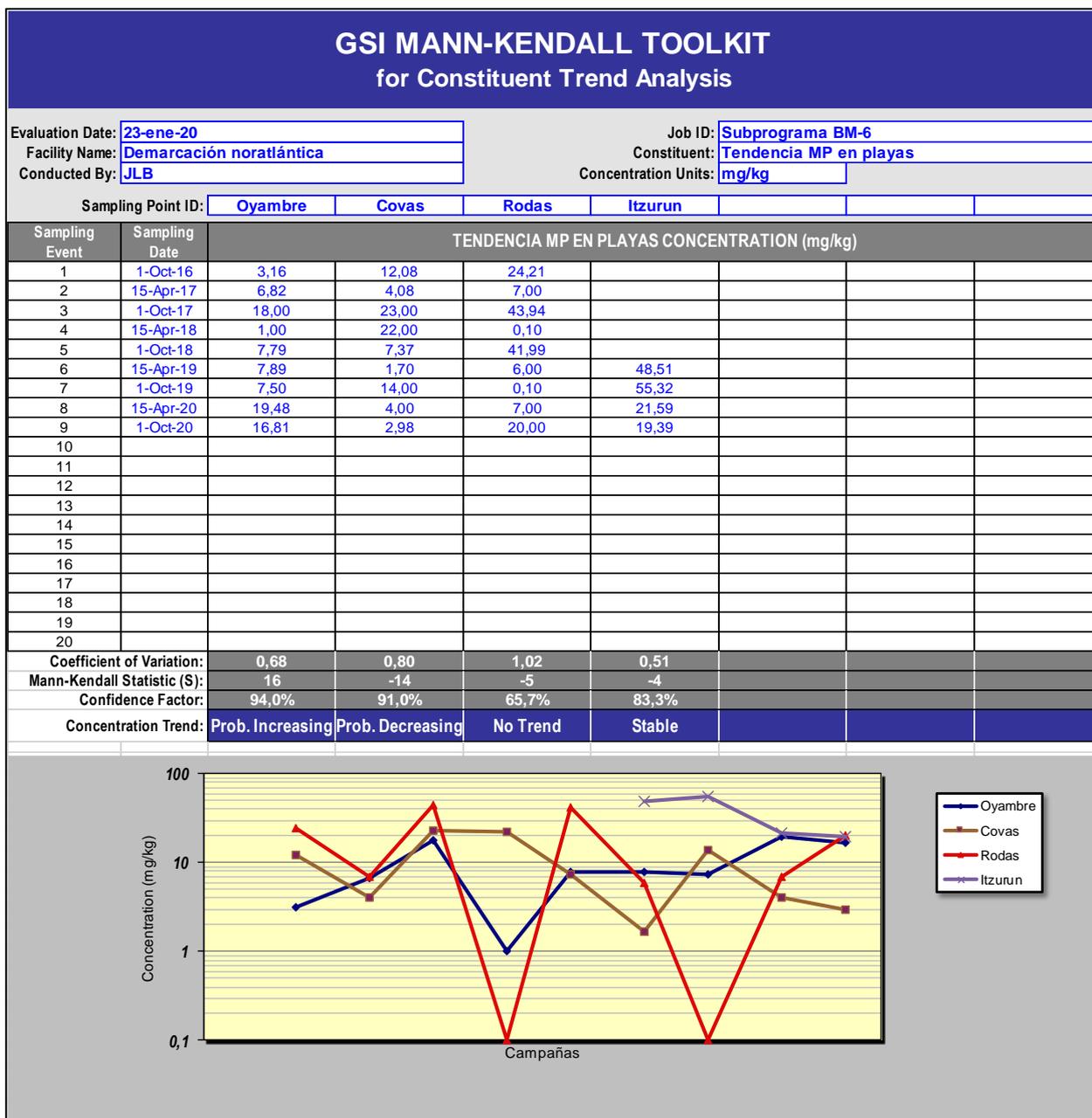


Figura 35. Análisis de tendencias Demarcación Noratlántica

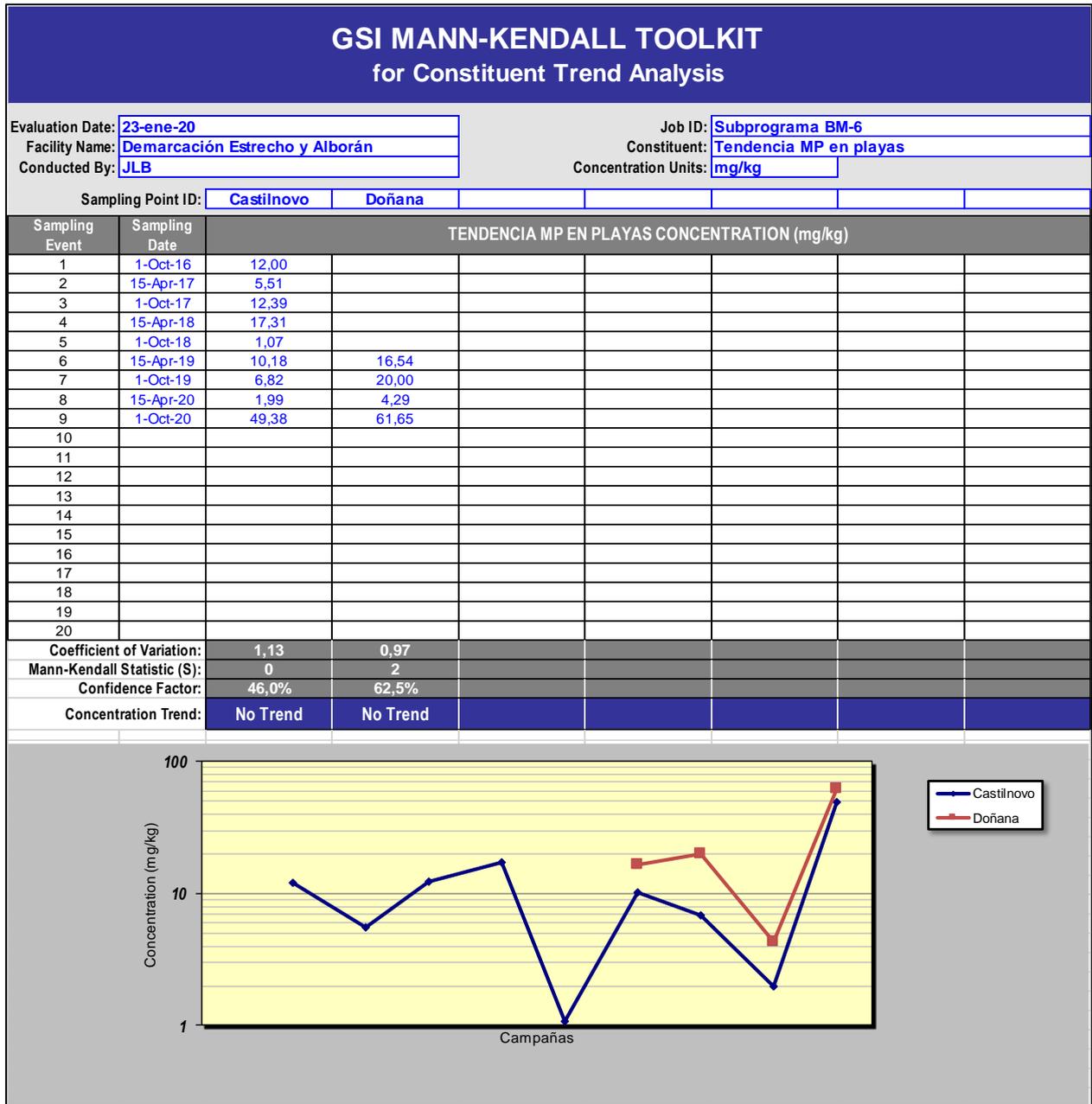


Figura 36. Análisis de tendencias Demarcación Sudatlántica



CEDEX

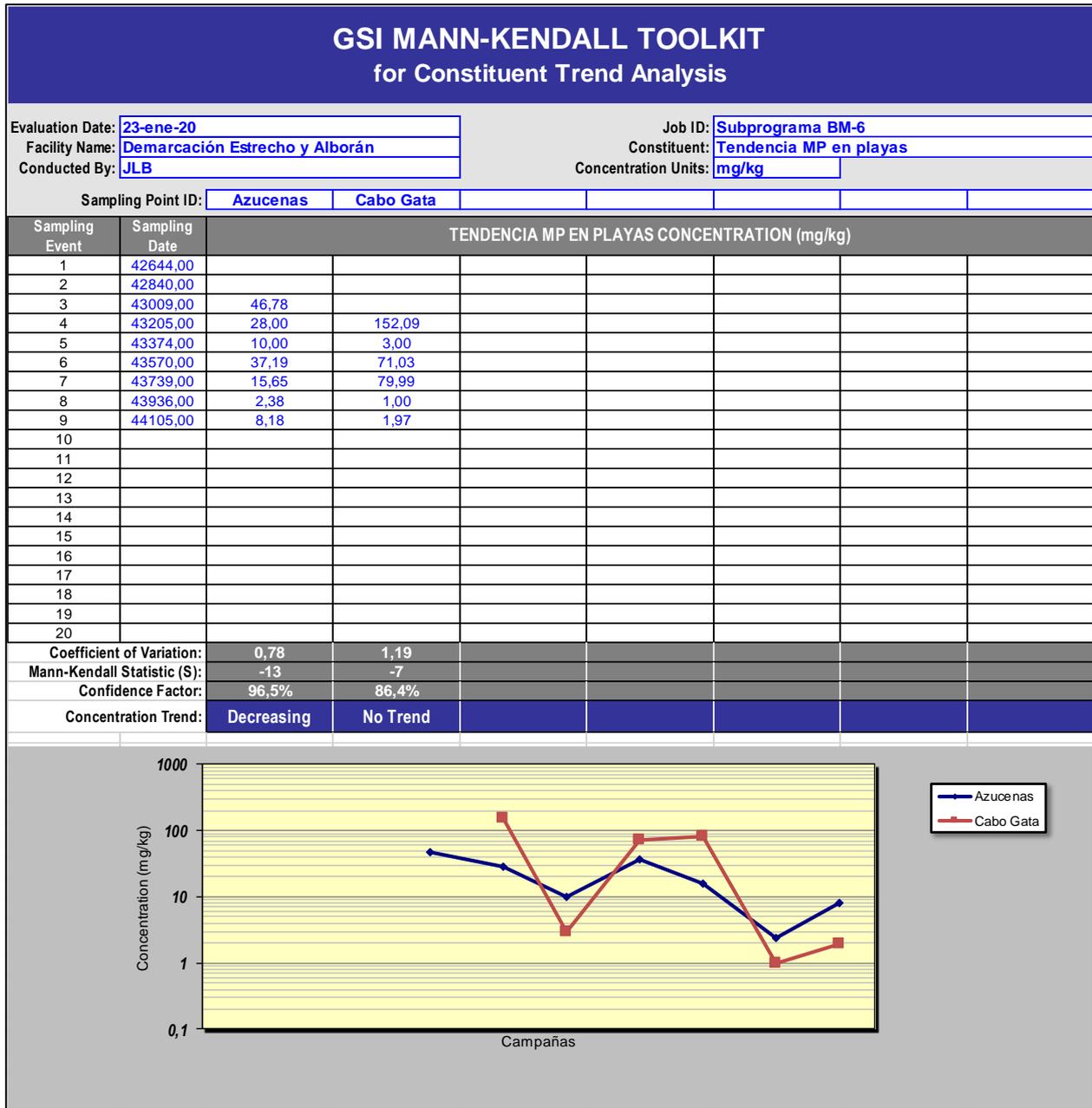


Figura 37. Análisis de tendencias Demarcación Estrecho y Alborán

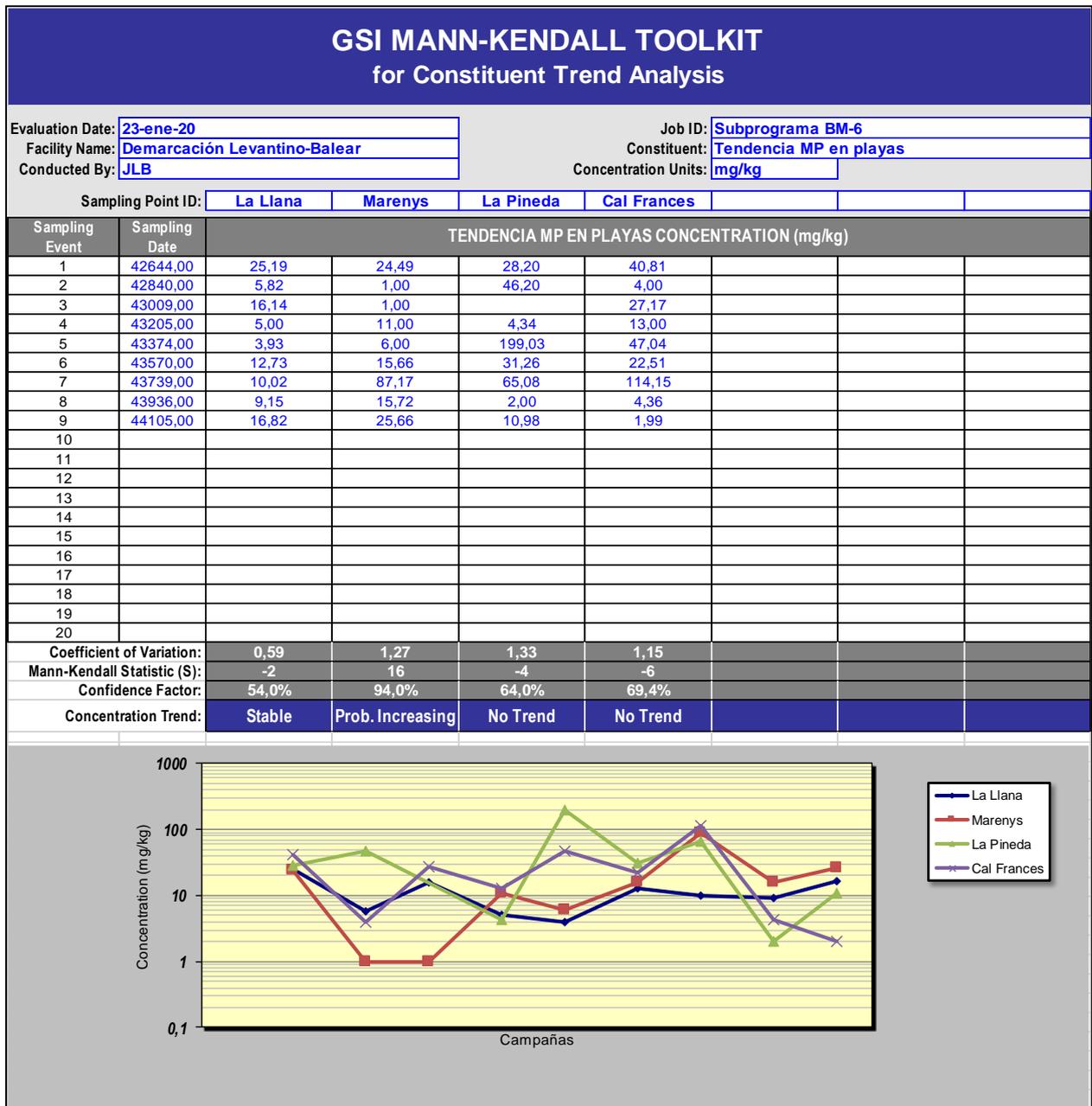


Figura 38. Análisis de tendencias Demarcación Levantino-Balear



CEDEX

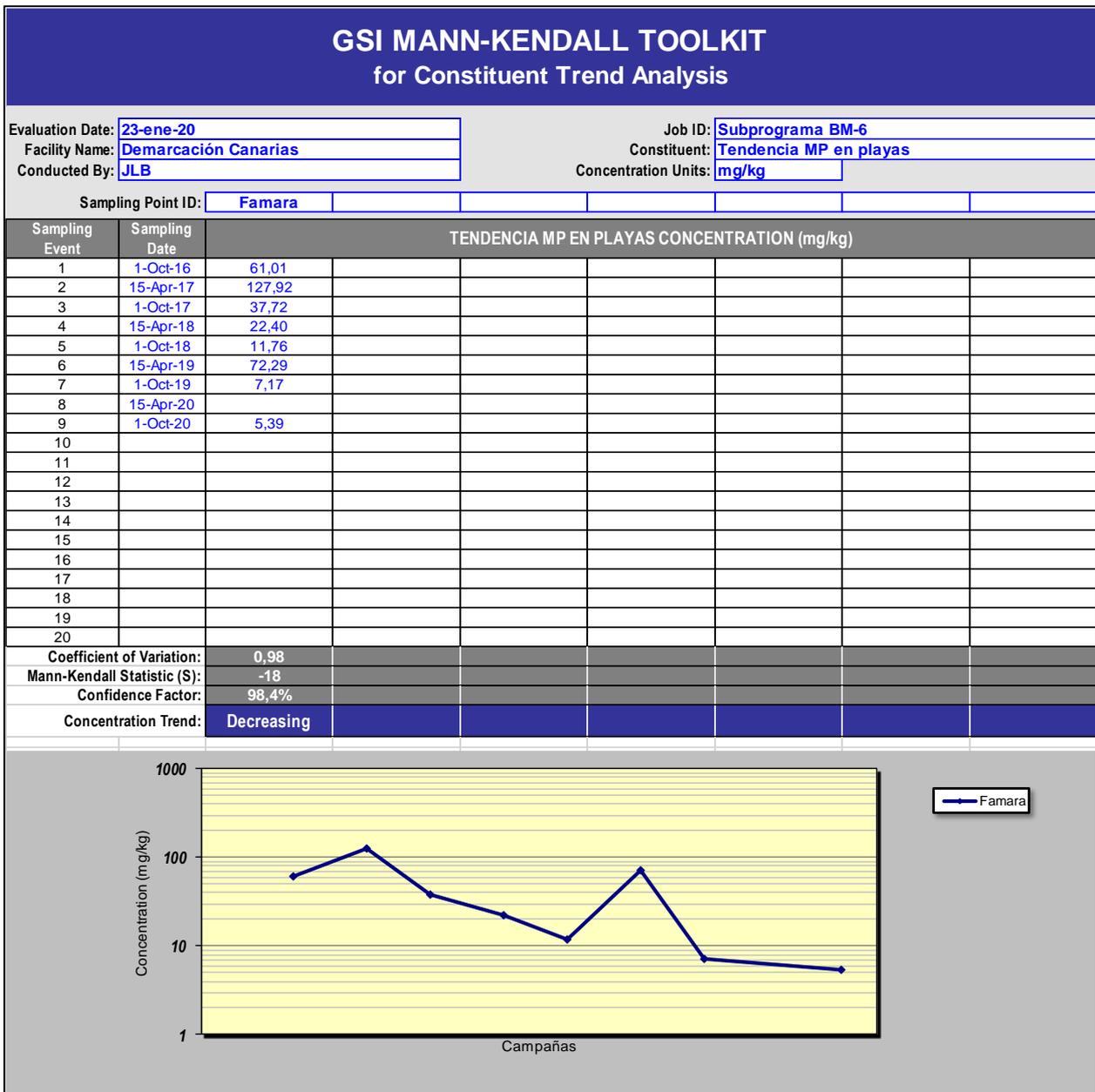


Figura 39. Análisis de tendencias Demarcación canaria

8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las campañas correspondientes al año 2020 para el Subprograma BM-6, micropartículas en playas, se han ejecutado de acuerdo con lo inicialmente programado en las 14 playas previstas.

Tabla 16	
Red de muestreo del Subprograma BM-6	
Demarcación	Playa
Noratlántica	Oyambre (Cantabria)



Tabla 16	
Red de muestreo del Subprograma BM-6	
Demarcación	Playa
	Covas (Lugo)
	Rodas (Pontevedra)
	Itzurun (País Vasco)
Sudatlántica	Castilnovo (Cádiz)
	Doñana (Huelva)
Estrecho y Alborán	Azucenas (Granada)
	Cabo de Gata (Almería)
Canaria	Famara (Lanzarote)
	Lambra (Lanzarote)
Levatino-Balear	La Llana en San Pedro del Pinatar (Murcia)
	Marenys en Tavernes de Valdigna (Valencia)
	Cal Francés en Viladecans (Barcelona)
	La Pineda, en Vila Seca (Tarragona)

La metodología de muestreo utilizada se ha mantenido invariable respecto a anualidades anteriores. De esta manera, se han llevado a cabo las dos campañas estacionales, con un total de 12 playas muestreadas en primavera y 14 playas en la campaña de otoño, procesando un total de 130 muestras, en lugar de las 140 que estaban inicialmente programadas debido a que las circunstancias excepcionales que concurren a raíz de la aparición del SARS-CoV-2 impidieron el desplazamiento de los técnicos del CEDEX a Lanzarote durante la campaña de primavera.

Excepto en el caso de la playa de Rodas, situada en las Islas Cíes (Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia) en la que la toma de muestras es realizada por el propio personal del Parque, el resto de muestreos ha sido realizado por equipos técnicos del CEDEX. En los casos de las playas de Doñana y Lambra se contó con la colaboración de personal del Parque Nacional de Doñana en la primera y del Organismo Autónomo Parques Nacionales en el caso de la isla de La Graciosa.

Las campañas se realizaron agrupando las playas por fachadas marítimas y proximidad geográfica para optimizar los costes necesarios para el desplazamiento y muestreo.

Como en años anteriores, estaba previsto, realizar las campañas, tanto de primavera como de otoño, dentro de la misma ventana temporal prefijada para el subprograma BM-1 (mes de abril y periodo del 15 de septiembre al 15 de octubre respectivamente). Sin embargo, el estado de alarma que entró en vigor el 15 de marzo y que trajo consigo un confinamiento de toda la población durante varios meses hizo necesario retrasar la campaña de primavera al mes de junio.



CEDEX

En lo que a la metodología analítica se refiere, las técnicas para la separación de las partículas plásticas y su cuantificación se han mantenido invariables respecto a los métodos modificados y adoptados en 2017. Al igual que en 2019, en el sedimento de las muestras adquiridas en primavera se han realizado dos determinaciones complementarias: granulometría y materia orgánica.

Los análisis de laboratorio permitieron obtener los resultados que se incluyen como Anejos 2 y 3 y se resumen en las Tabla 17 y **Tabla 188**, en las que se han separado los datos de las dos campañas estacionales para resaltar las posibles diferencias existentes entre primavera y otoño:

Tabla 17 RESUMEN DE RESULTADOS PRIMAVERA 2020			
Concentración máxima (por réplica)	Nº part/kg	35,45	Playa de Marenys (R-3)
	Nº part/m ²	488,45	
Concentración máxima (media playa)	Nº part/kg	19,48	Playa de Oyambre
	Nº part/m ²	223,00	Playa de Marenys
Concentración mínima (por réplica)	Nº part/kg	0	Varias réplicas de varias playas
	Nº part/m ²	0	
Concentración mínima (media playa)	Nº part/kg	2	Playa de La Pineda
	Nº part/m ²	22,02	
Concentración media (conjunto de playas)	Nº part/kg	7,34	
	Nº part/m ²	81,27	
Masa máxima (media playa)	mg/kg	262,00	Playa de Oyambre
	mg/m ²	1.848,00	
Masa media (conjunto de playas)	mg/kg	38,3	
	mg/m ²	279,00	
Rango de tamaño medio más frecuente	200-400 µm		24,03%
Rango de tamaño medio con mayor concentración	<0,2 mm		1,08 partículas/kg
Forma preponderante	Fragmentos		51%
Máximo MP primarios (media playa)	61,00%		Playa de Oyambre
Máximo MP secundarios (media playa)	21%		Playas de Marenys
Medio MP primarios (conjunto de playas)	34,50%		

Tabla 17 RESUMEN DE RESULTADOS PRIMAVERA 2020		
Medio MP secundarios (conjunto de playas)	65,50%	
Color más frecuente ⁷	Azul	26,0 %

Tabla 18 RESUMEN DE RESULTADOS OTOÑO 2020			
Concentración máxima (por réplica)	Nº part/kg	125,9	Playa de Castilnovo (R-4)
	Nº part/m ²	1.602,8	
Concentración máxima (media playa)	Nº part/kg	49,4	Playa de Castilnovo
	Nº part/m ²	644,3	
Concentración mínima (por réplica)	Nº part/kg	0	Playas de Covas, Pineda y Cal Francés
	Nº part/m ²	0	
Concentración mínima (media playa)	Nº part/kg	1,9	
	Nº part/m ²	22,7	
Concentración media (conjunto de playas)	Nº part/kg	15,8	
	Nº part/m ²	197,5	
Masa máxima (media playa)	mg/kg	148,6	Playa de Itzurun
	mg/m ²	1.608,00	
Masa media (conjunto de playas)	mg/kg	32,85	
	mg/m ²	302,35	
Rango de tamaño más frecuente	<0,2 mm		40,70%
Rango de tamaño con mayor concentración	<0,2 mm		4,69 partículas/kg
Forma preponderante	Fragmentos		43%

⁷ Al utilizarse una tinción en la muestra destinada a la separación y determinación de microplásticos de tamaño inferior a 1 mm, resulta imposible discriminar su color original. El atributo "color" se refiere, por tanto a los microplásticos de tamaño comprendido entre 1 y 5 mm. El porcentaje se ha calculado no sobre el total de partículas contabilizadas sino sobre el número de partículas, de entre ellas, para las que resultó posible determinar el color.



CEDEX

Tabla 18 RESUMEN DE RESULTADOS OTOÑO 2020		
Máximo MP primarios (media playa)	46,6%	Playa de Lambra
Máximo MP secundarios (media playa)	22%	
Medio MP primarios (conjunto de playas)	22%	
Medio MP secundarios (conjunto de playas)	78%	
Color más frecuente ⁸	Blanco	39 %

A la vista de los resultados obtenidos en ambas campañas estacionales y aun debiendo resaltar que tanto en uno como en otro caso se han detectado en unas playas concretas (Marenys en primavera, Itzurun y Lambra en otoño, y Oyambre en ambas estaciones) concentraciones de microplásticos muy superiores a las del resto de playas, lo que puede desvirtuar cualquier tipo de comparación estacional, podría apuntarse que:

- En 8 de las 14 playas el número de partículas por kilogramo detectadas en primavera es inferior a la existente en el otoño, mientras que en otras 4 la situación es exactamente la contraria.
- En el caso de las playas incluidas dentro de la Demarcación Canaria no se puede valorar la diferencia estacional puesto que solo se dispone de los datos de la campaña de otoño.
- En la totalidad de las playas incluidas en el subprograma se han encontrado microplásticos en la arena (al menos en alguna réplica).
- En el extremo contrario, tanto en primavera (playa de Oyambre y Marenys) como en otoño (playa de Oyambre, Itzurun y Lambra) se han detectado concentraciones de microplásticos anormalmente altas en comparación con el resto de playas.
- Se observa, al igual que en anualidades anteriores, una gran variabilidad estadística en los resultados obtenidos entre las réplicas de cada playa, con coeficientes de variación de entre el 61 y el 224% (similares en ambas campañas).
- En la campaña de primavera el rango de tamaño más frecuente y abundante es, para el conjunto de playas, el comprendido entre 200-400 μm , mientras que en otoño el rango de tamaños más frecuente es el menor de 200 μm . Por fracciones de tamaño, los microplásticos pequeños (<1mm) resultaron mayoritarios como media de todas las playas y en todas las Demarcaciones marinas excepto en la Noratlántica, en la que los microplásticos de tamaño grandes (1-5 mm) presentaron una concentración mayor,

concretamente los de tamaño comprendido entre 3 a 4 mm. En el caso de la Demarcación Canaria solamente se dispone de los datos de la campaña de otoño.

- En lo que se refiere al tipo y forma de partícula, tanto en primavera como en otoño, las partículas más frecuentes teniendo en cuenta el conjunto de playas fueron los fragmentos, siendo el segundo tipo más frecuente en primavera los pellets y en otoño los fragmentos de poliespán.
- De entre los pellets pre-producción, su forma más frecuente es la cilíndrica, mientras que en lo que se refiere a los fragmentos, los de tipo granular y los planos angulosos son los más abundantes.
- A diferencia de anualidades anteriores en las que se ha detectado la presencia masiva de pellets en las playas de La Pineda, Famara, Cal Francés, Lambra o Itzurun, este año se han encontrado concentraciones de pellets mucho menores que podría deberse al frenazo de la actividad industrial durante el primer semestre del año 2020 como consecuencia de la pandemia provocada por el SARS-CoV-2.
- Las fibras y filamentos, microesferas, láminas y gomaespumas prácticamente no han aparecido en ninguna de las dos campañas estacionales en ninguna de las playas integradas en el subprograma.
- Mientras que en otoño se mantiene respecto a anualidades anteriores el color blanco como mayoritario, en la campaña de primavera fue, sin embargo, el azul y el incoloro o transparente los que resultaron más frecuentes.
- El análisis de tendencias con el volumen de datos existente es insuficiente como para hacer un análisis de tendencias fiable, pero utilizando el test de Mann-Kendal para aquellas playas para las que se dispone de, al menos, tres años de datos, se han obtenido los siguientes resultados: no se detecta tendencia alguna en 6 playas (Rodas, Castilnovo, Doñana, Cabo de Gata, La Pineda y Cal Francés), la tendencia es estable en Itzurun, parece existir una tendencia decreciente en las playas de Covas, Azucenas y Famara, y creciente en las playas de Oyambre y Marenys .
- La concentración media de microplásticos detectada para la anualidad de 2020 ha resultado ser de 14,09 partículas por kg de arena, resultando la concentración media en primavera (7,75 partículas/kg) muy inferior a la detectada en otoño (20,43 partículas/kg). Esta diferencia de la media entre campañas está muy influida por el importante descenso en la abundancia de microplásticos que se pudo observar en la campaña de primavera y que podría estar asociada como se ha comentado anteriormente a la inactividad industrial acaecida en los meses previos a la campaña.
- Analizando la abundancia de microplásticos por Demarcaciones marinas, en la campaña de primavera se observa que la Demarcación Noratlántica es la que presenta mayor concentración, siendo las Demarcaciones Sudatlántica y la Canaria respectivamente en las que se ha registrado una abundancia media mayor en otoño. Las playas de la



CEDEX

Demarcación del Estrecho y Alborán y Levantino-Balear son las que, a nivel medio, presentan una menor concentración en ambas campañas.

- Por último, tal y como se concluyó en el año 2019, los ensayos complementarios realizados y el tratamiento de los resultados obtenidos no permiten establecer correlación alguna entre la concentración de microplásticos y la granulometría o el contenido de materia orgánica de las muestras.

Madrid, octubre de 2021

El autor del informe,

Examinado y conforme,

D. María Plaza Arroyo
Licenciada en Ciencias Químicas

D. Ricardo Obispo Esteban
Licenciado en Ciencias Biológicas
Jefe del Laboratorio de Calidad del Medio Marino

Examinado y conforme,

D^a Ana Lloret Capote
Licenciada en Ciencias del Mar
Directora de Medio Marino

V^o B^o

D. José María Grassa Garrido
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director del Centro de Estudios de Puertos y Costas