



Distr. LIMITADA

UNEP(DEPI)/CAR WG.46/INF.11
23 de mayo de 2025

Original: Español

Séptimo Reunión del Comité Asesor Científico y Técnico (STAC) del Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres (FTCM) en la Región del Gran Caribe

Virtual, 22 - 25 de julio de 2025

DIRECTRICES REMARCO PARA EL CONTROL DE MICROPLÁSTICOS

Esta reunión se convoca virtualmente. Se ruega a los delegados que accedan a todos los documentos de la reunión por vía electrónica para descargarlos cuando sea necesario.



Red de Investigación de Estresores Marino-Costeros
de América Latina y el Caribe

Determinación de la abundancia de microplásticos en arenas de playa



REMARCO

REMARCO-MP-P-01

Diciembre, 2024



Elaborado por:

Alonso Hernández, Carlos Manuel - Laboratorio de Radioecología, Laboratorios Ambientales del OIEA, Mónaco.

Barrientos, Eduardo Estevan - Science Department, Faculty of Science and Technology, University of Belize, Belize.

Carrasco Palma, Daniel - Laboratorio de Toxinas Marinas (Sede Castro), Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Chile.

Costa Muniz, Marcelo - Laboratório de Radioecologia e Alterações Ambientais (LARA), Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense (UFF), Brasil.

Díaz Jaramillo, Mauricio - Grupo Estresores Múltiples en el Ambiente, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Universidad Nacional de Mar del Plata - CONICET, Argentina.

González, Mariana - Grupo Estresores Múltiples en el Ambiente, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Universidad Nacional de Mar del Plata - CONICET, Argentina.

Helguera Pedraza, Yusmila - Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.

Lozoya Azcárate, Juan Pablo - Departamento Interdisciplinario de Sistemas Costeros y Marinos, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Uruguay.

Obando-Madera, Paola Sofía - Programa de Calidad Ambiental Marina - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), Colombia.

Ontiveros Cuadras, Jorge Feliciano - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Purca Cuicapusa, Sara - Área Funcional de Investigaciones Marino Costeras - Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú.

Ramírez Álvarez, Nancy - Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, México.

Ríos Mendoza, Lorena M. - Program of Chemistry and Physics, Department of Natural Sciences, University of Wisconsin-Superior, Estados Unidos.

Ruiz-Fernández, Ana Carolina - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Saldarriaga-Vélez, Juan Fernando - Programa de Calidad Ambiental Marina - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), Colombia.

Citar como:

Alonso Hernández, C.M., Barrientos, E.E., Carrasco Palma, D., Costa Muniz, M., Díaz-Jaramillo, M., González, M., Helguera Pedraza, Y., Lozoya Azcárate, J.P., Obando-Madera, P.S., Ontiveros Cuadras, J.F., Purca Cuicapusa, S., Ramírez Álvarez, N., Ríos Mendoza, L.M., Ruiz-Fernández, A.C., y Saldarriaga-Vélez, J.F. (2024). Determinación de la abundancia de microplásticos en arenas de playa. Red de Investigación de Estresores Marinos - Costeros en Latinoamérica y El Caribe – REMARCO. 18 pp. <https://remarco.org/manual-de-procedimientos-tecnicos-contaminacion-por-microplasticos/>

REMARCO agradece al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) el soporte para la elaboración del presente documento, a través de los proyectos de Cooperación Técnica RLA/7/025 y RLA/7/028; y a Ostin Garcés-Ordoñez, Programa de Calidad Ambiental Marina - INVEMAR, Colombia, y Universitat de Barcelona, España.

Imagen de portada: Composición del muestreo en playas de arena: a.-b.-c.-d.

Fotos: Emiliano Hines (ARG), Juan Saldarriaga (COL), Víctor Pineda (HON), Ignacio Rubilar-Donoso (CHI), Juan Guillermo Sagot (COS), Daniel Carrasco-Palma (CHI), Paola Obando (COL).

Este material no tiene fines de lucro. Se prohíbe su venta. Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del contenido de este producto para propósitos educativos u otros fines no comerciales, sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente.

Comité Ejecutivo de REMARCO

Presidenta del Comité Ejecutivo

Luisa Fernanda Espinosa Díaz
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR
COLOMBIA

Representantes de Acidificación de Océanos

Cesar Augusto Bernal
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR
COLOMBIA

Betina Lomovasky
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC),
CONICET, Universidad de Mar del Plata
ARGENTINA

Representantes de Carbono Azul

Ana Carolina Ruiz-Fernández
Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM
MÉXICO

Germán Azcune
Centro Universitario Regional del Este (CURE) –
Universidad de la República
URUGUAY

Representantes de Microplásticos

Yusmila Helguera Pedraza
Centro de Estudios Ambientales - CEAC
CUBA

Mauricio Díaz Jaramillo
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC),
CONICET, Universidad de Mar del Plata
ARGENTINA

Representantes de Eutrofización

Joan Albert Sánchez Cabeza
Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM
MÉXICO

Alain Muñoz Caravaca
Centro de Estudios Ambientales - CEAC
CUBA

Representantes de Comunicación

Laura Brenes Alfaro
Centro de Investigación en Contaminación Ambiental –
CICA
COSTA RICA

Isabela Katime Arroyave
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR
COLOMBIA

Representantes de Floraciones Algales Nocivas

Joao Paulo de Sá Felizardo
Universidade Federal Fluminense - UFF
BRASIL

Ana Martínez Goicoechea
Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA)
URUGUAY

		REMARCO-MP-P-01
Página 1 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO..... 2

2. ALCANCE..... 2

3. FUNDAMENTO TEÓRICO 2

4. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS 2

 4.1. Equipos y materiales para el trabajo de campo 2

 4.2. Equipos y materiales para el laboratorio 3

 4.3. Reactivos y soluciones 3

5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES 4

 5.1. Muestreo 4

 5.2. Análisis de microplásticos..... 7

 5.3. Reporte de la abundancia de microplásticos..... 10

6. CONTROL DE CALIDAD 10

 6.1. Buenas prácticas de trabajo de campo y laboratorio..... 10

 6.2. Análisis de blancos 10

 6.3. Repetición del proceso de detección y conteo de microplásticos..... 11

 6.4. Ensayo de aptitud 11

7. MANEJO DE RESIDUOS 11

8. REFERENCIAS 122

9. ANEXOS..... 133

 ANEXO I. Densidades de los polímeros de plástico, semisintéticos y fibras naturales más comunes. 133

 ANEXO II.1 Equipos y materiales utilizados para el monitoreo y análisis de microplásticos en arenas de playas. 144

 ANEXO II.2 Equipamiento y etapas principales del análisis de microplásticos en muestras de arenas de playa..... 155

 ANEXO III. Preparación de soluciones y materiales necesarios para el análisis de microplásticos en muestras de arena de playa. 166

 ANEXO IV. Plantilla para el registro de los datos del muestreo y abundancia de microplásticos en arenas de playa. 177

		REMARCO-MP-P-01
Página 2 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

1. OBJETIVO

Determinar la abundancia de partículas de microplásticos (MPs) en arenas de playa.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para la determinación de la abundancia de partículas de microplásticos de densidades $< 1,2 \text{ g cm}^{-3}$ y tamaños comprendidos entre 300 - 5000 μm (0,3 - 5 mm), en arenas superficiales de playas con un tamaño medio de grano inferior a 2 mm.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

El procedimiento se basa en el análisis de MPs en dos fracciones de tamaño: de 300 μm a 1 mm y de 1 a 5 mm. El análisis de los MPs incluye técnicas de tamizado en seco, separación por densidad y conteo de MPs primarios, secundarios y totales, bajo microscopio de disección o estereomicroscopio.

Los MPs a ser analizados estarán conformados por diferentes tipos de polímeros sintéticos con densidades específicas variables en el rango de 0,8 a 1,2 g cm^{-3} [1-3] (ver Anexo I), ya que en este procedimiento se utiliza una solución saturada de NaCl (1,2 g cm^{-3}) para la separación de los MPs. La selección del NaCl se debe a su bajo costo e impacto ambiental [4].

4. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

Todo el material empleado para la toma de muestras, su almacenamiento y análisis debe ser de vidrio o metal.

4.1. Equipos y materiales para el trabajo de campo

- Bitácora de registro de datos de campo y lápiz;
- GPS (grados decimales);
- Cinta métrica de al menos 20 m de longitud;
- Cuadrante de 50 x 50 cm dividido en 4 secciones enumeradas de 25 x 25 cm (ver Anexo II.1 A). El cuadrante debe ser de madera, metal o también puede usarse cuerda de algodón y estacas metálicas o de madera para delimitar el área de muestreo;
- Cuchara o pala metálica adecuada para recolección de arena superficial (Anexo II.1 B);
- Contenedores metálicos o de vidrio con tapa, de al menos 1 L de capacidad (Anexo II.1 C);
- Cinta adhesiva de papel para etiquetado de muestras;
- Marcadores de tinta indeleble;

		REMARCO-MP-P-01
Página 3 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

— Papel aluminio.

4.2. Equipos y materiales para el laboratorio

- Horno (temperatura mayor a 200 °C) o mufla para limpieza de materiales;
- Horno para secado de muestras (temperatura $\leq 50^{\circ}\text{C}$);
- Balanza (sensibilidad de 0,01 g);
- Zaranda o agitador automático/vibratorio para tamizado en cascada (adecuado para tamices de al menos 20 cm de diámetro y 5 cm de altura) (ver Anexo II.1 D);
- Agitador magnético para soluciones;
- Sonicador;
- Bomba de vacío;
- Microscopio de disección o estereomicroscopio (40X de magnificación);
- Campana de flujo laminar (recomendado);
- Bandejas de vidrio, acero inoxidable o aluminio para secado de muestras;
- Tamices de acero inoxidable (de al menos 20 cm de diámetro y 5 cm de altura) con malla metálica de 300 μm , 1 mm y 5 mm (ver Anexo II.1 E);
- Vasos de precipitados de vidrio de diversos volúmenes (600 a 1000 mL);
- Papel aluminio o vidrios de reloj (para cubrir vasos de precipitados);
- Barras agitadoras magnéticas, preferentemente de vidrio, o en su defecto barras de teflón de colores llamativos para saber cuándo se empiezan a fragmentar
- Sistema de filtración de vidrio para filtros de 25 mm o de 47 mm de diámetro (copo o embudo de filtración, base con soporte para filtro y pinzas de sujeción) (ver Anexo II.2 A);
- Matraz kitasato de al menos 1 L;
- Filtros metálicos de 25 o 47 mm de diámetro (en función del sistema de filtrado que se disponga) y 250 μm de tamaño del poro;
- Pinzas de acero inoxidable antiestáticas de punta fina;
- Cinta adhesiva de papel para etiquetado de muestras;
- Frasco lavador (piseta) para agua destilada o desionizada;
- Bata de laboratorio de algodón;
- Placas Petri y viales de vidrio (de boca ancha) para almacenar las partículas extraídas.

4.3. Reactivos y soluciones

- Agua filtrada por 250 μm o un tamaño menor;
- NaCl (grado industrial, o grado comercial);
- Detergente líquido;
- Peróxido de hidrógeno 30 - 35%;
- Etanol (grado técnico) filtrado para limpieza de materiales y superficies de trabajo;
- Solución saturada de NaCl (1,2 g cm^{-3}).

		REMARCO-MP-P-01
Página 4 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

Los detalles sobre la preparación de las soluciones y materiales de trabajo se encuentran en el Anexo III de este procedimiento.

5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

El diagrama de flujo de las actividades se describe en la Figura 1.

Previo al inicio de las actividades de recolección y procesamiento de las muestras, se deben tomar en cuenta los protocolos de cuidado y limpieza de materiales de campo y laboratorio, así como los de control de la calidad de los análisis, descritos en la Sección 6 de este procedimiento.

5.1. Muestreo

5.1.1. Selección del sitio de muestreo

La distribución y abundancia de los MPs están influenciadas por cambios estacionales, eventos naturales y actividades antrópicas que deberán ser consideradas al seleccionar y caracterizar el sitio de muestreo. Dentro de los aspectos a considerar se encuentra el uso del suelo circundante (natural, rural o urbano), la cercanía de las descargas de aguas residuales, bocas de tormenta, actividades turísticas y de pesca en la línea de costa y condiciones meteorológicas (ej. oleaje, velocidad del viento, o la ocurrencia de eventos de tormenta en días previos).

5.1.2. Recolección de las muestras de arena

- Marcar el área de recolección de las muestras definiendo un transecto de 100 m de longitud paralelo a la línea de costa y sobre la pleamar más reciente definida, correspondiente al ciclo de marea diario (Fig. 2).

Nota 1: El muestreo deberá realizarse después que ocurra la pleamar, recordando que el transecto debe ubicarse en línea recta paralela a la línea de pleamar, evitando siempre circular sobre el área a muestrear.

- Colocar a lo largo del transecto 5 cuadrantes de 50 x 50 cm, ubicándolos cada 20 m. El cuadrante de 50 x 50 cm debe estar dividido en 4 secciones de 25 x 25 cm (ver Anexo II.1 A).
- El primer cuadrante se colocará a los 20 m del inicio del transecto (Fig. 2). En caso de no divisarse la línea de pleamar cada 20 m, o que ésta se encuentre alterada (pisoteo, micro riscos, etc.), el cuadrante podrá moverse hasta encontrarla, pero siempre manteniendo el eje del transecto.

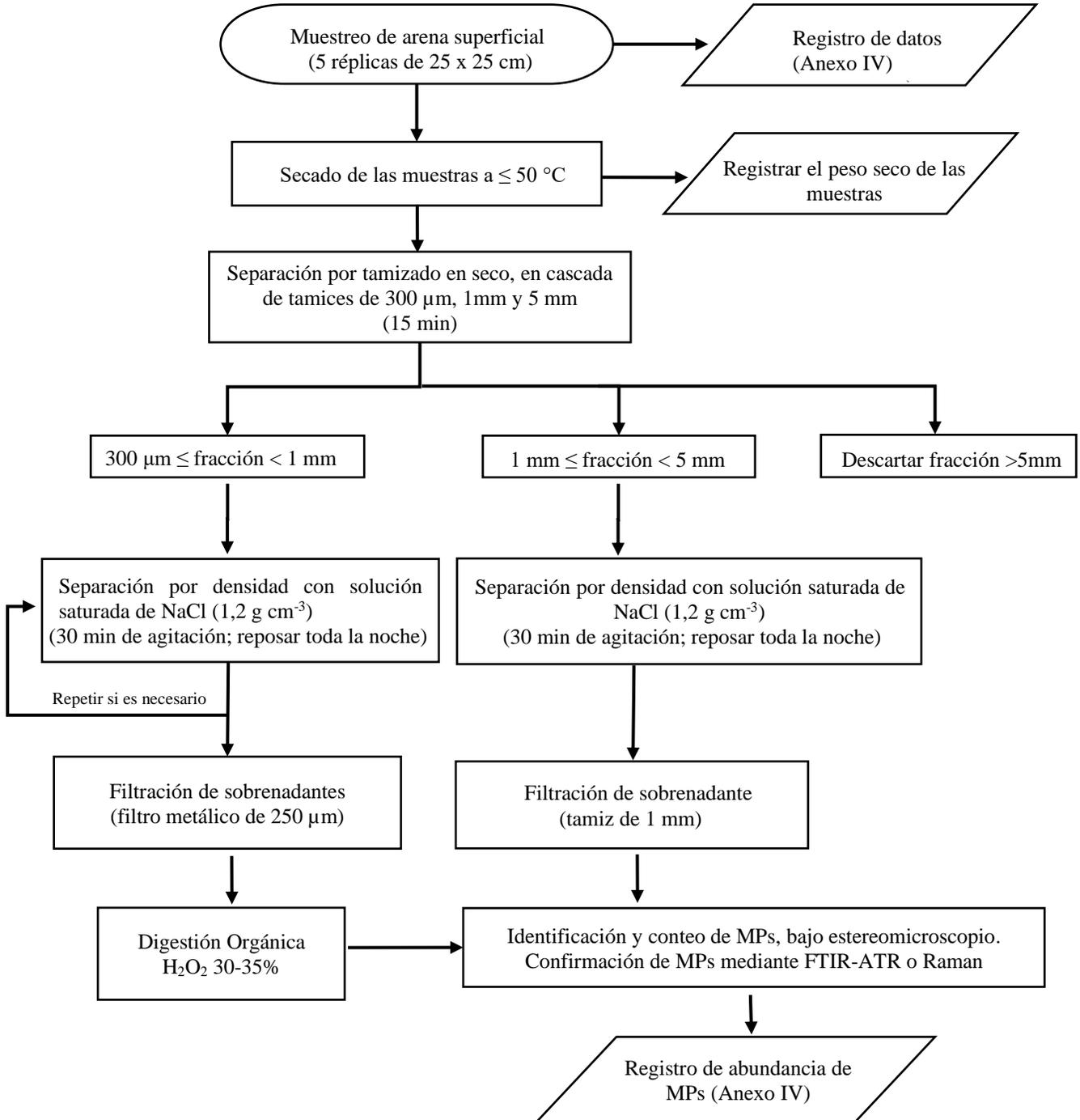


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento para la determinación de la abundancia de microplásticos en arenas de playa.

		REMARCO-MP-P-01
Página 6 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

- En cada cuadrante recolectar el primer centímetro de arena, con una cuchara o pala de acero inoxidable, de una de las cuatro secciones de 25 x 25 cm. La sección del cuadrante donde se va a tomar la muestra deberá determinarse al azar y previo al muestreo, para así evitar un sesgo.

Nota 2: Recolectar la muestra de rodillas frente al área de muestreo y con cara al viento para minimizar una posible contaminación. Para cada sitio de estudio se tendrá un total de 5 muestras que serán tratadas como réplicas (R1-R5).

- Registrar las coordenadas del sitio de muestreo en la ubicación de la muestra R3 del transecto.
- En el caso de encontrarse mesoplásticos, algas, o restos de vegetación de mayor tamaño en la sección a muestrear, estos deberán recolectarse para su posterior lavado en el laboratorio y evitar la pérdida de partículas de MPs que pudieran estar adheridos a su superficie.
- Conservar cada muestra en un recipiente de vidrio o metálico cubierto, y a temperatura ambiente, hasta su análisis.

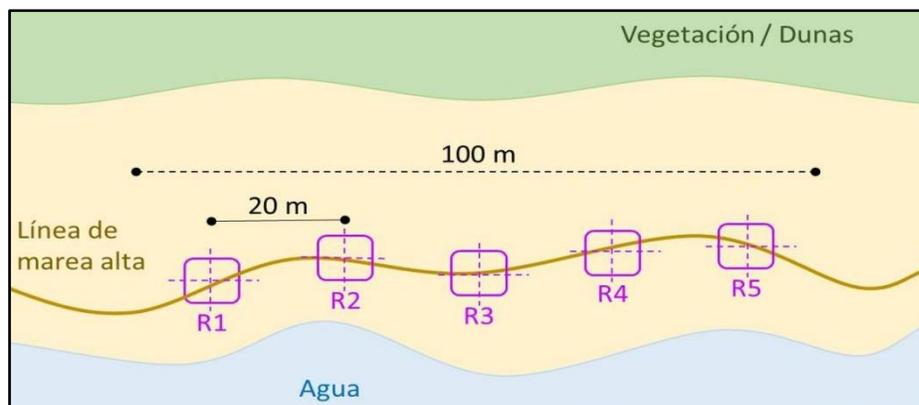


Figura 2. Delimitación del área de recolección de las muestras de arena (transecto de 100 m) en la línea alta de marea (pleamar más reciente definida) y puntos de muestreo (R1 a R5) en la playa (Adaptado de Burgess et al. [5] y OSPAR [6]).

5.1.3. Codificación de las muestras

La identificación de las muestras se realiza utilizando un código único, inequívoco y sin ambigüedades. Un sistema de identificación recomendado es el siguiente: código del proyecto (hasta siete caracteres), código del país (definido por tres caracteres), fecha del muestreo (seis dígitos, dd/mm/aa), sitio de muestreo (tres caracteres que identificarán el

		REMARCO-MP-P-01
Página 7 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

nombre de la playa), analito (microplástico: MP), tipo de muestra (Arena) y número de réplica de la muestra recolectada (R#).

Ejemplo:

Código del país	Código de la playa	Muestra de arena y # de réplica
RLA7025	CUB310124	RLN-MP-Arena R1
Código del proyecto	Fecha (dd/mm/aa)	Microplástico

5.1.4. Informe del muestreo

El registro de los datos del muestreo y cualquier observación o incidencia ocurrida durante la recolección de las muestras se realiza utilizando la plantilla del Anexo IV.

5.2. Análisis de microplásticos

Durante el análisis de las muestras se deben tener cuidados especiales respecto a la posible contaminación por fibras y partículas en el ambiente de los laboratorios, por lo que se recomienda seguir los protocolos de control de calidad descritos en la Sección 6 de este procedimiento.

5.2.1. Pre-tratamiento de las muestras de arena de playa

- Secar las muestras recolectadas a ≤ 50 °C hasta peso constante.

Nota 3: Para evitar contaminación de las muestras por partículas presentes en el ambiente del laboratorio, cubrir la muestra con papel aluminio durante el secado. Hacer algunas perforaciones al papel para permitir la salida del agua por evaporación.

- Una vez secas las muestras, dejar enfriar a temperatura ambiente cubriendo las muestras con un nuevo papel filtro, pesar las muestras y anotar el valor (peso seco de la muestra).
- En un agitador de tamices automático, realizar un tamizado en seco de las muestras en cascada de tamices de 300 μ m, 1 mm y 5 mm, por un tiempo mínimo de 15 minutos.
- Recuperar las fracciones retenidas en los tamices de 300 μ m (300 μ m \leq fracción < 1 mm) y 1 mm (1 mm \leq fracción < 5 mm).

		REMARCO-MP-P-01
Página 8 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

5.2.2. Separación y extracción de partículas de microplásticos

1 mm ≤ fracción < 5 mm

- Transferir la fracción a un vaso de precipitado o varios vasos si es mucha la muestra, previamente etiquetados.
- Adicionar solución saturada de NaCl ($1,2 \text{ g cm}^{-3}$), previamente filtrada por $250 \mu\text{m}$ o un tamaño menor, asegurando que la solución cubra al menos cinco veces el volumen de la muestra (ver Anexo II.2 B).
- Adicionar una o dos gotas de detergente líquido como tensioactivo, previamente filtrado, para evitar la adhesión de las partículas a las paredes del vaso de precipitados
- Colocar una barra de agitación magnética (preferiblemente de vidrio o de colores fácilmente identificables) en el vaso de precipitado, cubrir con papel de aluminio o vidrio de reloj el vaso y agitar gentilmente durante 20-30 minutos sobre una placa de agitación magnética.
- Pasado el tiempo de agitación dejar sedimentar toda la noche y filtrar por tamiz de 1 mm.
- Extraer las partículas directamente desde el tamiz de 1 mm con la ayuda de una pinza y conservarlas en frascos de vidrio o papel aluminio.

Nota 4: Se recomienda confirmar la longitud máxima de las partículas plásticas de mayor tamaño, evitando la cuantificación de mesoplásticos (> 5mm) en esta fracción.

300 μm ≤ fracción < 1 mm

- Transferir la fracción 300 μm -1 mm a uno o varios vasos de precipitado previamente etiquetados.
- Adicionar solución saturada de NaCl ($1,2 \text{ g cm}^{-3}$), previamente filtrada por $250 \mu\text{m}$ o un tamaño menor, asegurando que la solución cubra al menos cinco veces el volumen de la muestra (ver Anexo II.2 B).
- Agregar a la mezcla una o dos gotas de detergente líquido como tensioactivo, previamente filtrado para evitar la adhesión de partículas a las paredes del vaso.
- Colocar una barra de agitación magnética (preferiblemente de vidrio o de colores fácilmente identificables) en el vaso de precipitado con la mezcla, cubrir con papel de aluminio o vidrio de reloj el vaso y agitar durante 20-30 minutos sobre una placa de agitación magnética.

		REMARCO-MP-P-01
Página 9 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

- Pasado el tiempo de agitación dejar sedimentar por toda la noche.
- Trasvasar cuidadosamente el sobrenadante al sistema de filtración al vacío de vidrio, evitando resuspender la arena sedimentada. Filtrar el sobrenadante, a través de un filtro metálico de 250 µm de poro (diámetro de 25 mm o 47 mm).
- Si se observa una gran cantidad de partículas en el sobrenadante, repetir los pasos anteriores de separación por densidad, con la arena sedimentada en cada vaso precipitado.
- Una vez filtrada la totalidad de la muestra enjuagar bien con suficiente agua destilada filtrada las paredes del copo o embudo de filtración y el filtro metálico, para arrastrar todas las partículas y eliminar posibles restos de precipitados de sal que pudieran haberse formado durante el proceso.
- Remover el embudo de filtración con la bomba aún encendida para reducir la adhesión de las partículas a los bordes.
- Detener la bomba, eliminar el vacío, retirar cuidadosamente el filtro metálico con una pinza y colocarlo en una caja Petri (ver Anexo II.2 C).
- Codificar la muestra en la cinta adhesiva.
- Bajo un estereomicroscopio, realizar un barrido por todo el filtro y contar el número de partículas.

Nota 5: Si es necesario eliminar la materia orgánica, transferir el filtro a un vaso de precipitado con peróxido de hidrógeno 30-35% filtrado, retirar el filtro, enjuagando y verificando que no queden restos de partículas en el mismo, dejar reaccionar hasta que no se observen burbujas, si es necesario agregar más peróxido de hidrógeno. Filtrar nuevamente por filtro de 250 µm siguiendo los pasos anteriores.

Nota 6: Se considerará cualquier partícula asemejada a plásticos bajo un estereomicroscopio (magnificación de 40X) para su conteo como posibles MPs. Las partículas identificadas como posibles MPs por inspección visual no deberán mostrar estructuras repetitivas como las de origen biológico, la coloración deberá ser homogénea a menos que sea transparente. Clasificar según el Anexo IV.

Para confirmar la huella sintética mediante espectroscopía de infrarrojo (ATR-FTIR) o Raman. Se analizará un mínimo de 100 partículas por replica, es decir la totalidad de las partículas si su número es menor a 100 [7].

5.3. Reporte de la abundancia de microplásticos

- Determinar los valores de abundancia de microplásticos por m⁻² y kg de arena seca, mediante las siguientes ecuaciones:

$$Abundancia\ de\ MPs\ (MP\ m^{-2}) = \frac{\# \text{ total de microplásticos en el filtro}^{(1)}}{\text{Área de muestra analizada} (0,0625\ m^{-2})}$$

		REMARCO-MP-P-01
Página 10 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

$$Abundancia\ de\ MPs\ (MP\ Kg^{-1}) = \frac{\# \text{ total de microplásticos en el filtro}^{(1)}}{Peso\ seco\ de\ la\ muestra\ (kg)}$$

(1) El número de partículas de MPs identificadas en el blanco de procedimiento se reportará en conjunto con los valores obtenidos en las muestras del lote correspondiente (ver Sección 6.2).

- Registrar los valores de abundancia por tipo de microplásticos (primario o secundario) y de abundancia total (MP m⁻² y MP kg⁻¹ peso seco) de las fracciones analizadas en cada réplica, utilizando la plantilla del Anexo IV.

6. CONTROL DE CALIDAD

6.1. Buenas prácticas de trabajo de campo y laboratorio

Para minimizar la contaminación por partículas de microplásticos presentes en el ambiente de trabajo, se recomienda:

- Limpiar cuidadosamente todo el material de trabajo con agua corriente y detergente, y enjuagar con agua destilada filtrada.
- Descontaminar todo el material de vidrio en mufla a 450 °C por 2 h, o en horno a 200 °C por 12 h, para prevenir cualquier contaminación por microfibras de plástico.
- Mantener los materiales protegidos con papel de aluminio tras la limpieza hasta el momento de su uso.
- Tener la precaución de no generar contaminación cruzada durante el muestreo, debido al uso de materiales comunes para la toma de muestras y réplicas.
- Evitar la circulación de corrientes de aire en la zona de análisis; establecer áreas de trabajo alejadas de ventanas, puertas y equipos de aire acondicionado.
- Limpiar meticulosamente el área de trabajo, con alcohol técnico 70 %, para que esté libre de polvo o partículas.
- Evitar la circulación de personal en el área de trabajo durante el proceso de ensayo.
- Evitar el uso de ropa sintética, usar batas de laboratorio 100 % de algodón o de colores fácilmente distinguibles, como los colores naranja y verde empleados en uniformes del tráfico.
- Realizar limpieza de los filtros metálicos en el sonicador usando agua, etanol, acetona o metanol (grado técnico) y verificación su limpieza bajo una luz UV bajo antes de su uso.
- Evitar la exposición de las muestras al aire más de lo absolutamente necesario.
- Realizar idealmente el procesamiento de la muestra en campanas de flujo laminar.
- Filtrar por 250 µm, o un tamaño menor, todas las soluciones de trabajo utilizadas para el análisis de muestras de arena y agua.

		REMARCO-MP-P-01
Página 11 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

6.2. Análisis de blancos

Es importante identificar y cuantificar las fuentes potenciales de contaminación de las muestras durante el proceso de análisis [8]; por tanto, es necesario realizar blancos de procedimiento, utilizando 1 L de agua filtrada. Los blancos serán sometidos a todo el proceso de ensayo junto con las muestras analizadas durante una jornada de trabajo. Se analizará al menos un blanco de procedimiento por cada lote de 10 muestras como máximo, es decir, si el lote de trabajo es superior a 10 muestras debe realizar un segundo blanco. Los valores de los blancos se reportarán en conjunto con los valores de abundancia obtenidos en las muestras del lote correspondiente.

6.3. Repetición del proceso de detección y conteo de microplásticos

La repetición permite evaluar el grado de acuerdo entre los resultados de mediciones sucesivas realizadas por un analista en un periodo de tiempo breve. Es necesario que el proceso de detección y conteo de MPs sea realizado por un segundo analista y con el objetivo de comparar los resultados obtenidos sobre un filtro escogido al azar. Se recomienda que durante el proceso de implementación del procedimiento este control se realice a la totalidad de las muestras.

Los laboratorios deben determinar el coeficiente de variación de los resultados de abundancia de MP. Se considera como criterio de aceptación valores de 10-25 %.

6.4. Ensayo de aptitud

Se recomienda la participación periódica en rondas de ensayo de aptitud con el objetivo de evaluar el desempeño analítico del laboratorio.

7. MANEJO DE RESIDUOS

Se recomienda utilizar los protocolos establecidos en cada laboratorio para el manejo de los residuos generados en este procedimiento. Aunque la solución saturada de NaCl ejerce un bajo impacto al ambiente en comparación con otras soluciones que se utilizan para la separación de MPs, se recomienda su reutilización en estos procedimientos.

		REMARCO-MP-P-01
Página 12 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

8. REFERENCIAS

- [1] GESAMP, Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99 (2019) 130p.
- [2] MORTON, W.E., HEARLE, J.W.S., Physical Properties of Textile Fibers, CRC Press, Cambridge, England, (2008) 796 pp.
- [3] PLASTICSEUROPE, About plastics, (2021). <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/large-family/polyolefins>.
- [4] SIGMA-ALDRICH, Sodium chloride. Product information, (2020). [https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/SigmaAldrich/Product Information Sheet/s7653pis.pdf](https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/SigmaAldrich/Product%20Information%20Sheet/s7653pis.pdf)
- [5] BURGESS, H. K., HERRING C. E., LIPPIATT S., LOWE S., AND UHRIN A.V., NOAA Marine Debris Monitoring and Assessment Project Shoreline Survey Guide. NOAA Technical Memorandum NOSOR&R 56 (2021), 20 pp. <http://doi.org/10.25923/g720-2n18>
- [6] OSPAR, Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area, OSPAR Commission, (2010) 84 pp.
- [7] HERMSEN, E., MINTENIG, S. M., BESSELING, E., & KOELMANS, A. A. Quality criteria for the analysis of microplastic in biota samples: a critical review. Environ. Sci. Technol. 52 (2018) 10230–10240. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01611>
- [8] WESCH C., ELERT A. M., WÖRNER M., BRAUN U., KLEIN R., PAULUS M., Assuring quality in microplastic monitoring: About the value of clean-air devices as essentials for verified data, Sci. Rep. 7 (2017) 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05838-4>

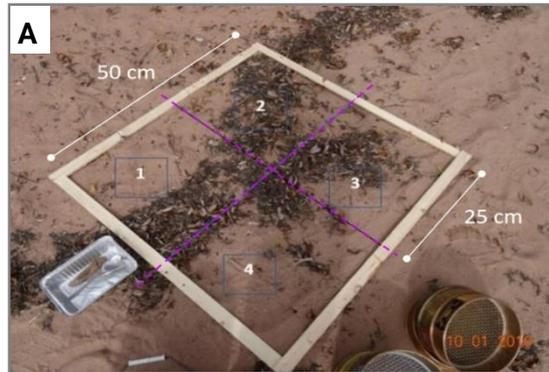
		REMARCO-MP-P-01
Página 13 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

9. ANEXOS

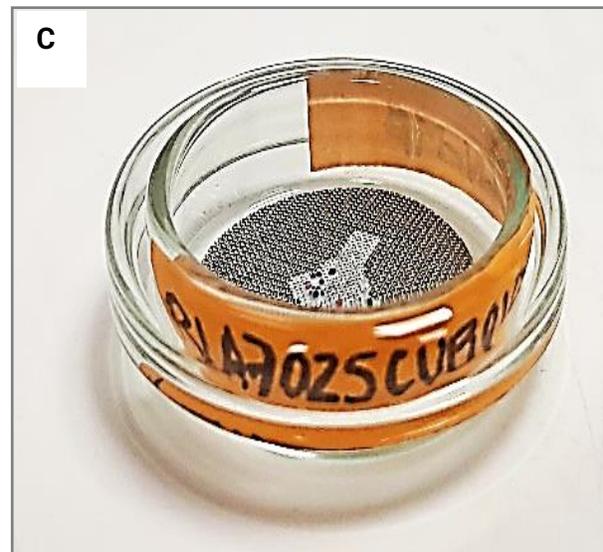
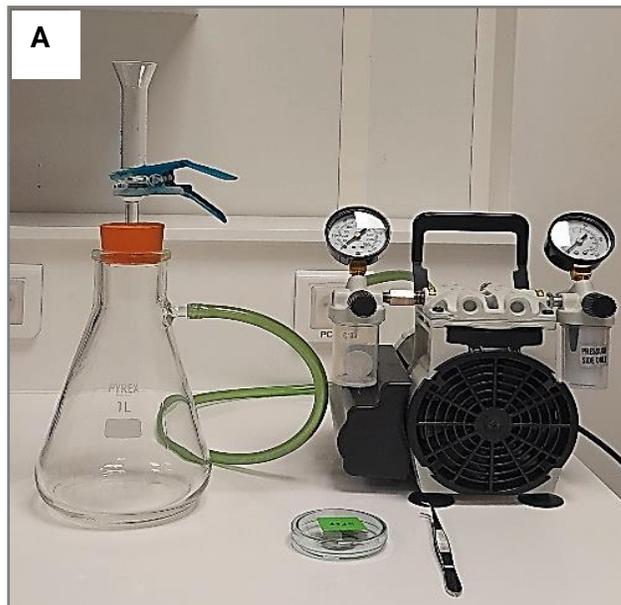
ANEXO I. Densidades de los polímeros de plástico, semisintéticos y fibras naturales más comunes.

Polímero	Densidad (g cm⁻³)
Acetato de celulosa [1]	1,22 – 1,24
Algodón/lino [2]	1,55
Estireno-butadieno [1]	0,94
Cloruro de Polivinilo [1]	1,16 – 1,30
Lana [2]	1,3
Nilón [1]	1,13 – 1,15
Poliacrilonitrilo [1]	1,18
Poliéster [1]	>1,35
Poliestireno [1]	1,04 – 1,09
Poliestireno (expandido) [1]	0,02 – 0,64
Polietileno de alta densidad [3]	0,93 - 0,97
Polietileno de baja densidad [3]	0,91 – 0,94
Polietilentetrafloruro [1]	2,2
Polimetilacrilato [1]	1,17 – 1,20
Polipropileno [3]	0,895 - 0,92
Poliuretano [1]	1,2
Rayón/Viscosa [2]	1,50 - 1,52
Seda [2]	1,34
Tereftalato de polietileno [1]	1,35 – 1,39

ANEXO II.1. Equipos y materiales utilizados para el monitoreo y análisis de microplásticos en arenas de playas. (A) cuadrante de 50 x 50 cm dividido en cuatro secciones de 25 x 25 cm, colocado en la línea de marea alta, (B) materiales para el muestreo, (C) contenedor para muestras de arena, (D) agitador de tamices automático y (E) juego de tamices de acero inoxidable con malla metálica.



ANEXO II.2. Equipamiento y etapas principales del análisis de microplásticos en muestras de arenas de playa. (A) sistema de filtración al vacío, de vidrio y 25 mm de diámetro, (B) separación de microplásticos por flotación (proporción 5:1, solución:muestra), (C) filtro metálico, con posibles partículas de microplásticos, dentro de placa Petri para su conservación e inspección bajo estereomicroscopio.



		REMARCO-MP-P-01
Página 16 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

ANEXO III. Preparación de soluciones y materiales necesarios para el análisis de microplásticos en muestras de arena de playa.

Las soluciones por utilizar en el procedimiento deberán filtrarse con el mismo tipo de filtro que se usará para la separación de las partículas de microplásticos, o uno menor (ej. filtro metálico de 250 μm o menor), para evitar contaminación por otras partículas de plásticos ajenas a la muestra.

Solución saturada de NaCl (~ 1,2 g cm^{-3}): En un matraz Erlenmeyer donde previamente se han añadido 900 mL de agua destilada, se añaden ~358 g de NaCl, empleando un agitador magnético para facilitar la disolución, cuando ya no disuelva más el NaCl y haya cristales en el fondo, llevar a un litro en volumen con agua destilada. Verificar la densidad de la solución usando un matraz volumétrico, densímetro o un picnómetro. Previo a su utilización o reutilización la densidad de la solución debe ser verificada.

Preparación y limpieza de filtros metálicos y tamices: Los filtros metálicos de 25 o 47 mm de diámetro, se preparan manualmente, a partir de mallas metálicas que pueden adquirirse en el mercado. Para evitar la contaminación de las muestras por residuos de materia orgánica o de plástico en los filtros o los tamices, limpiarlos con etanol (70 %) filtrado, sonicarlos por 10 min antes de su uso y verificar efectividad de la limpieza bajo una luz UV o un estereomicroscopio o microscopio de disección.

		REMARCO-MP-P-01
Página 17 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

ANEXO IV. Plantilla para el registro de los datos del muestreo y abundancia de microplásticos en arenas de playa.

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO						Hoja No. 1/3	
País:							
Sitio de estudio:				Código del Sitio ⁽¹⁾ :			
Primer nivel de división administrativa del país ⁽²⁾ :				Segundo nivel de división administrativa del país ⁽²⁾ :			
Tipo de área:	(x)		Proximidad a:	(x)		Presencia de:	(x)
Área protegida			Industria			Basura flotante	
Urbana			Instalaciones turísticas			Macroalgas	
Rural			Descargas de residuales			Contaminación	
			Puertos			Huellas de autos	
			Facilidades de pesca			Quema de residuos	
			Zona no antropizada			Animales muertos	
			Instalaciones acuícolas				
			Ríos o esteros				
			Recolección de mariscos				
DATOS DE MUESTREO							
Fecha de muestreo:				Hora inicio/término:			
Coordenadas de la Réplica 3 (centro del transecto) en grados decimales ⁽³⁾ :				Latitud:			
				Longitud:			
Identificación de las muestras ⁽⁴⁾ :							
Réplica 1							
Réplica 2							
Réplica 3							
Réplica 4							
Réplica 5							
Incidencias y comentarios:							
Responsable por el muestreo:							

⁽¹⁾ Código de tres letras mayúsculas que identifican el sitio de estudio (playa): ej. RLN (Rancho Luna)

⁽²⁾ Primer/segundo nivel administrativo del país: ej. Región/Comuna; Provincia/Municipio; Departamento/Provincia.

⁽³⁾ Coordenadas (Grados decimales): ej. - 43,13895 y -73,61636 (Chile); 22.03576 y -80.42056 (Cuba).

⁽⁴⁾ Identificación de la muestra: código según Sección 1.5.1.3.

		REMARCO-MP-P-01
Página 18 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

REPORTE DE ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS: 300 µm ≤ MPs < 1 mm						Hoja No. 2/3	
Código de la Muestra		Primarios ⁽⁵⁾		Secundarios ⁽⁶⁾		Totales	
		MP m ⁻²	MP kg ⁻¹	MP m ⁻²	MP kg ⁻¹	MP m ⁻²	MP kg ⁻¹
Réplica 1							
Réplica 2							
Réplica 3							
Réplica 4							
Réplica 5							
Promedio							
Observaciones:							
Responsable (s) del análisis:							

REPORTE DE ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS: 1 mm ≤ MPs < 5 mm						Hoja No. 3/3	
Código de la Muestra		Primarios ⁽⁵⁾		Secundarios ⁽⁶⁾		Totales	
		MP m ⁻²	MP kg ⁻¹	MP m ⁻²	MP kg ⁻¹	MP m ⁻²	MP kg ⁻¹
Réplica 1							
Réplica 2							
Réplica 3							
Réplica 4							
Réplica 5							
Promedio							
Observaciones:							
Responsable (s) del análisis:							

⁽⁵⁾ MPs Primarios: pellets, esferas, gránulos.

⁽⁶⁾ MPs Secundarios: fragmentos, líneas, películas, espumas, etc.



REMARCO

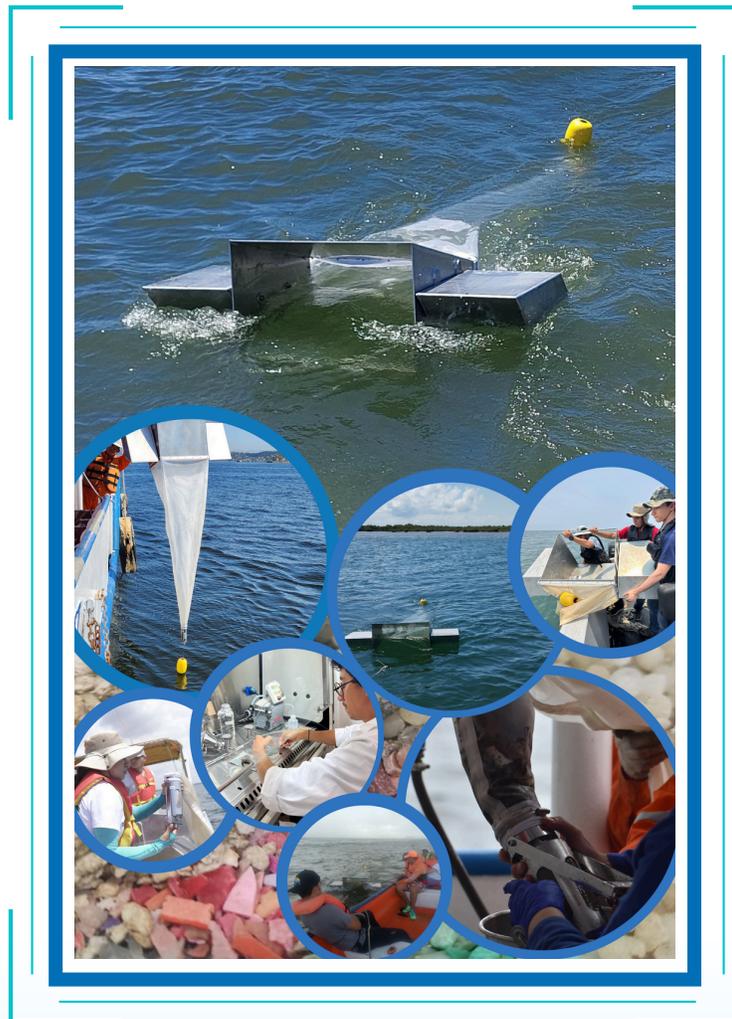
Red de Investigación de Estresores Marino-Costeros
de América Latina y el Caribe





Red de Investigación de Estresores Marino-Costeros
de América Latina y el Caribe

Determinación de la abundancia de microplásticos flotantes usando red manta



REMARCO

REMARCO-MP-P-02, VERSIÓN 00

Febrero 2025



Elaborado por:

Alonso Hernández, Carlos Manuel - Radioecology Laboratory | IAEA Environment Laboratories | Department of Nuclear Sciences and Applications | International Atomic Energy Agency.

Carrasco Palma, Daniel - Laboratorio de Toxinas Marinas (Sede Castro) | Facultad de Medicina | Universidad de Chile.

de Sa Felizardo, João Paulo - Universidade Federal Fluminense, Brasil.

Díaz Jaramillo, Mauricio - Grupo Estresores Múltiples en el Ambiente, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Universidad Nacional de Mar del Plata | CONICET, Argentina.

Domínguez Cazco, Gustavo Adolfo - Facultad Ciencias de la Vida | Escuela Superior Politécnica del Litoral Campus Gustavo Galindo Guayaquil, Ecuador.

González, Mariana - Grupo Estresores Múltiples en el Ambiente, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Universidad Nacional de Mar del Plata | CONICET, Argentina.

Helguera Pedraza, Yusmila - Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC) | Agencia de Energía Nuclear y Técnicas de Avanzada (AENTA) | Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente (CITMA), Cuba.

Obando-Madera, Paola Sofía - Programa de Calidad Ambiental Marina | Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), Colombia.

Ontiveros Cuadras, Jorge Feliciano - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Purca Cuicapusa, Sara - Área Funcional de Investigaciones Marino Costeras | Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú.

Ríos Mendoza, Lorena M. - Program of Chemistry and Physics | Department of Natural Sciences | University of Wisconsin-Superior, Estados Unidos.

Ruiz-Fernández, Ana Carolina - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Saldarriaga-Vélez, Juan Fernando - Programa de Calidad Ambiental Marina | Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), Colombia.

Teixeira de Mello, Franco - Departamento de Ecología y Gestión Ambiental | Centro Universitario de la Región Este (CURE), Universidad de la República de Uruguay.

Citar como:

Alonso Hernández, C.M., Carrasco Palma, D., de Sa Felizardo, J.P., Díaz-Jaramillo, M., Domínguez Cazco, G.A., González, M., Helguera Pedraza, Y., Obando-Madera, P.S., Ontiveros Cuadras, J.F., Purca Cuicapusa, S., Ríos Mendoza, L.M., Ruiz-Fernández, A.C., Saldarriaga-Vélez, J.F., y Teixeira de Mello, F. (2025). Determinación de la abundancia de microplásticos flotantes usando red manta. Red de Investigación de Estresores Marinos - Costeros en Latinoamérica y El Caribe – REMARCO. 21 pp. <https://remarco.org/manual-de-procedimientos-tecnicos-contaminacion-por-microplasticos/>

Agradecimiento:

REMARCO agradece al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) por el soporte brindado en la realización del presente documento, a través de los proyectos de Cooperación Técnica RLA/7/025 y RLA/7/028.

Imágenes de portada: Gastón Iturburu (Argentina), Daniel Carrasco (Chile), Paola Obando (Colombia), Yusmila Heguera (Cuba), Gustavo Domínguez (Ecuador), Ingrid Argueta (El Salvador), José Ortíz (Guatemala), Bárbara de Feo (Uruguay), Adriana Pérez (Venezuela).

Este material no tiene fines de lucro. Se prohíbe su venta. Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del contenido de este producto para propósitos educativos u otros fines no comerciales, sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente.

Comité Ejecutivo de REMARCO

Presidenta del Comité Ejecutivo

Luisa Fernanda Espinosa Díaz
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR
COLOMBIA

Representantes de Acidificación de Océanos

Cesar Augusto Bernal
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR
COLOMBIA

Betina Lomovasky
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC),
CONICET, Universidad de Mar del Plata
ARGENTINA

Representantes de Carbono Azul

Ana Carolina Ruiz-Fernández
Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM
MÉXICO

Germán Azcune
Centro Universitario Regional del Este (CURE) –
Universidad de la República
URUGUAY

Representantes de Microplásticos

Yusmila Helguera Pedraza
Centro de Estudios Ambientales - CEAC
CUBA

Mauricio Díaz Jaramillo
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC),
CONICET, Universidad de Mar del Plata
ARGENTINA

Representantes de Eutrofización

Joan Albert Sánchez Cabeza
Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM
MÉXICO

Alain Muñoz Caravaca
Centro de Estudios Ambientales - CEAC
CUBA

Representantes de Comunicación

Laura Brenes Alfaro
Centro de Investigación en Contaminación Ambiental –
CICA
COSTA RICA

Isabela Katime Arroyave
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR
COLOMBIA

Representantes de Floraciones Algales Nocivas

Joao Paulo de Sá Felizardo
Universidade Federal Fluminense - UFF
BRASIL

Ana Martínez Goicoechea
Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA)
URUGUAY

		REMARCO-MP-P-02
Página 1 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETIVO	2
2.	ALCANCE	2
3.	FUNDAMENTO TEÓRICO	2
4.	MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS	2
4.1.	Equipos y materiales para el trabajo de campo	2
4.2.	Equipos y materiales para el laboratorio	3
4.3.	Reactivos y soluciones	4
5.	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	4
5.1.	Muestreo	4
5.2.	Análisis de microplásticos	9
5.3.	Reporte de la abundancia de microplásticos	11
6.	CONTROL DE CALIDAD	12
6.1.	Buenas prácticas de trabajo de campo y laboratorio	12
6.2.	Análisis de blancos	13
6.3.	Repetición del proceso de detección y conteo de microplásticos	13
6.4.	Ensayo de aptitud	13
7.	MANEJO DE RESIDUOS	14
8.	REFERENCIAS	15
9.	ANEXOS	16
	ANEXO I. Densidades de los polímeros de plástico y semisintéticos más comunes.	16
	ANEXO II.1. Equipamiento y etapas del procedimiento de monitoreo con red manta y análisis de microplásticos en agua de mar superficial.	17
	ANEXO II.2. Equipamiento y etapas principales del análisis de microplásticos en aguas marinas superficiales.	18
	ANEXO III. Preparación de soluciones y materiales necesarios para el análisis de microplásticos en muestras de aguas marinas superficiales.	19
	ANEXO IV. Plantilla para el registro de los datos del muestreo y abundancia de microplásticos en aguas marinas superficiales.	20

		REMARCO-MP-P-02
Página 2 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

1. OBJETIVO

Determinar la abundancia de microplásticos (MPs) flotantes en aguas marinas superficiales.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para la determinación de la abundancia de microplásticos flotantes, de densidades $< 1.2 \text{ g cm}^{-3}$ y de tamaños comprendidos entre $300 \mu\text{m}$ y 5 mm , en aguas marino- costeras superficiales usando una red manta.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

El método consiste en la recolección de tres réplicas de muestras de agua de mar, mediante el arrastre de una red manta, la separación cada muestra en dos fracciones de tamaño ($300 \mu\text{m}$ - 1 mm ; 1 mm - 5 mm ;) por tamizado en cascada y la extracción de MPs por flotación con una solución saturada de cloruro de sodio (NaCl, densidad (d) $\sim 1.2 \text{ g cm}^{-3}$). Para reducir la interferencia en el conteo de las posibles partículas de MPs, se realiza una digestión química con peróxido de hidrógeno (H_2O_2 30 %). La identificación y cuantificación de MPs primarios, secundarios y totales se realiza bajo un estereomicroscopio, y su composición polimérica se confirma usando espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (FTIR-ATR, por sus siglas en inglés) o espectrometría Raman [1-5].

Dado que el procedimiento usa una solución saturada de NaCl ($d \sim 1.2 \text{ g cm}^{-3}$ [6]) se espera encontrar MPs compuestos por polímeros con densidades entre 0.02 y 1.2 g cm^{-3} (Anexo I). La selección de NaCl se basa en su bajo costo y mínimo impacto ambiental.

4. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

Todo el material empleado para la toma de muestras, su almacenamiento y análisis debería ser preferentemente de vidrio o metal. Todas las soluciones de trabajo deberán filtrarse, usando un filtro de tamaño de poro menor al que se usará para la separación de las partículas de MPs. Los detalles sobre la preparación de materiales y las soluciones de trabajo se encuentran en el Anexo III de este procedimiento.

4.1. Equipos y materiales para el trabajo de campo

- Bitácora de registro de datos de campo y lápiz;
- GPS (grados decimales);

		REMARCO-MP-P-02
Página 3 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

- Red manta (dimensiones de la boca o apertura= 70 cm x 30 cm; longitud de la red = 3 m; luz de malla de la red = 300 μ m) con copo, cubilete o bolsa colectora desmontable con malla de 300 μ m (ver Anexo II.1);
- Soportes, estructuras, cuerdas y ganchos, preferiblemente metálicos, necesarios para el arrastre de la red manta dependiendo de la embarcación (grúa, winche, polea, arnés o brida);
- Flujómetro;
- Cronómetro;
- Bomba sumergible o balde para lavado de la red;
- Tamices de acero inoxidable (de al menos 20 cm de diámetro y 5 cm de altura) y malla metálica de 5 mm (ver Anexo II.2);
- Cuchara y pinzas metálicas;
- Frasco lavador (piseta);
- Frascos de boca ancha para almacenamiento de muestras;
- Papel aluminio;
- Cinta adhesiva de papel para etiquetar muestras;
- Marcadores de tinta indeleble;
- Guantes (si es que son necesarios).

4.2. Equipos y materiales para el laboratorio

- Horno (temperatura de 200 °C) o mufla para limpieza de materiales;
- Horno para secado de muestras (temperatura \leq 50°C);
- Balanza (sensibilidad de 0.01 g);
- Agitador magnético para soluciones;
- Baño ultrasónico;
- Bomba de vacío;
- Microscopio de disección o estereomicroscopio (40X de magnificación);
- Campana de flujo laminar (recomendado);
- Tamices de acero inoxidable (de al menos 20 cm de diámetro y 5 cm de altura) con malla metálica de 300 μ m, 1 mm y 5 mm (ver Anexo II.2);
- Vasos de precipitados de vidrio de diversos volúmenes (250 a 1000 mL);
- Papel aluminio o vidrios de reloj (para cubrir vasos de precipitados);
- Barras agitadoras magnéticas, preferentemente de vidrio;
- Sistema de filtración de vidrio para filtros de 25 mm o de 47 mm de diámetro (copo o embudo de filtración, base con soporte para filtro y pinzas de sujeción) (ver Anexo II.2);
- Matraz Kitasato de al menos 1 L;

		REMARCO-MP-P-02
Página 4 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

- Filtros metálicos de 25 o 47 mm de diámetro (en función del sistema de filtrado que se disponga) y tamaño del poro menor de 300 μm ;
- Pinzas de acero inoxidable antiestáticas de punta fina;
- Placas Petri y viales de vidrio (de boca ancha) para almacenar las partículas extraídas;
- Cinta adhesiva de papel para etiquetado de muestras;
- Frasco lavador (piseta) para agua destilada o desionizada;
- Bata de laboratorio de algodón (se recomienda de color llamativo para la identificación en los blancos);
- Guantes y gafas de seguridad para preparación y manipulación de las soluciones de trabajo.

4.3. Reactivos y soluciones

- Agua destilada;
- Alcohol 70% para preservación de muestras;
- NaCl (grado industrial o comercial);
- Etanol o metanol (grado técnico) para limpieza de materiales y superficies de trabajo;
- Solución saturada de NaCl ($d \sim 2 \text{ g cm}^{-3}$);
- Peróxido de hidrógeno al 30% (H_2O_2);
- Detergente líquido;

5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

El diagrama de flujo de las actividades se describe en la Figura 1.

Previo al inicio de las actividades de recolección y procesamiento de las muestras, se deben tener en cuenta los protocolos de cuidado y limpieza de materiales de campo y laboratorio, así como los de control de la calidad de los análisis, descritos en la Sección 6 de este procedimiento.

5.1. Muestreo

El muestreo de microplásticos flotantes en aguas marinas superficiales se realizará por arrastre con una red manta, desde una embarcación. La embarcación utilizada para el muestreo con una red de este tipo debe navegar entre 1 y 3 nudos para estabilizar adecuadamente la red, prevenir su desgarramiento y evitar turbulencias en la boca de la red. Durante la toma de las muestras es importante evitar la estela generada por el motor de la embarcación y la contaminación generada por la propia embarcación. Lo ideal es

		REMARCO-MP-P-02
Página 5 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

desplegar el dispositivo a unos 3 - 4 m de distancia del costado del barco, con ayuda de un brazo u otro dispositivo. Otra alternativa es usar una cuerda para la sujeción de la red manta a la embarcación lo suficiente larga (ej. 50 m) (ver Anexo II.1 A-B).

El muestreo de microplásticos flotantes debe realizarse en condiciones de calma, para evitar los efectos causados por la turbulencia en la columna de agua. No debe ejecutarse el muestreo cuando las condiciones del mar no son favorables como, por ejemplo, durante la ocurrencia de florecimientos de algas y/o proliferación de zooplancton.

En cada sitio de muestreo se realizarán tres arrastres para obtener de 3 réplicas de muestras. El tiempo de arrastre por cada uno de los 3 transectos deber ser de 5 a 20 min, dependiendo de la concentración de sólidos suspendidos y/o abundancia de organismos en el sitio de muestreo.

De acuerdo a las características del sitio de muestreo, como su geomorfología, batimetría, entre otras, se decidirá el recorrido. Se recomienda hacer transectos de navegación que cubran la mayor área de muestreo, en zig-zag si el área es muy cerrada, o bien, paralelo a la línea de costa. Para evitar sesgos en el muestreo se recomienda decidir el área de recolección de la muestra con anterioridad.

5.1.1. *Recolección de las muestras de agua superficial*

- Antes de iniciar la recolección de las muestras, lavar la red manta por fuera con agua del sitio de muestreo para eliminar cualquier material contaminante.
- Armar la red manta con la disposición y altura correcta de sus flotadores, con el fin de que se obtengan muestras de superficie.
- Sujetar la red manta a la embarcación con un cabo de seguridad para evitar su pérdida (ver Anexo II.1).
- Colocar el flujómetro a la mitad de la entrada de la boca de la red y registrar la lectura inicial antes de lanzar la red al agua.
- Lanzar la red manta al agua asegurándose de que la posición respecto a la embarcación sea correcta (ver Anexo II.1) y dándole suficiente cuerda para que se desplace suavemente. Verificar que las alas de la estructura de la manta estén en la superficie del agua y la boca de la manta esté completamente sumergida.
- Registrar la hora y coordenadas de inicio.
- Realizar la recolección de las muestras durante un tiempo de arrastre de entre 5 y 20 minutos, a una velocidad de 1 - 3 nudos.
- Al finalizar el tiempo de arrastre de cada transecto, subir la red manta con precaución a la embarcación y registrar la lectura del flujómetro (lectura final), la hora y coordenadas finales.

		REMARCO-MP-P-02
Página 6 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

- Enjuagar la red manta por fuera con agua del mismo sitio de muestreo, para recolectar en el copo todos los materiales adheridos a la red.
- Desmontar el copo de la red manta y transferir la muestra a un frasco de vidrio o metálico de boca ancha, con ayuda de cucharas, pinzas metálicas y un frasco lavador con agua filtrada (ver Anexo II.; Nota 1)¹.

¹ Solo si es necesario, usar guantes de algodón o carnaza durante este proceso para evitar lesiones causadas por organismos con estructuras urticantes. Si la muestra tuviese mucho material grueso (ej. ramas, vegetación, restos de basura), pasarla por un tamiz de 5 mm, enjugando bien con agua filtrada para arrastrar las partículas que pudieran estar adheridas.

		REMARCO-MP-P-02
Página 7 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

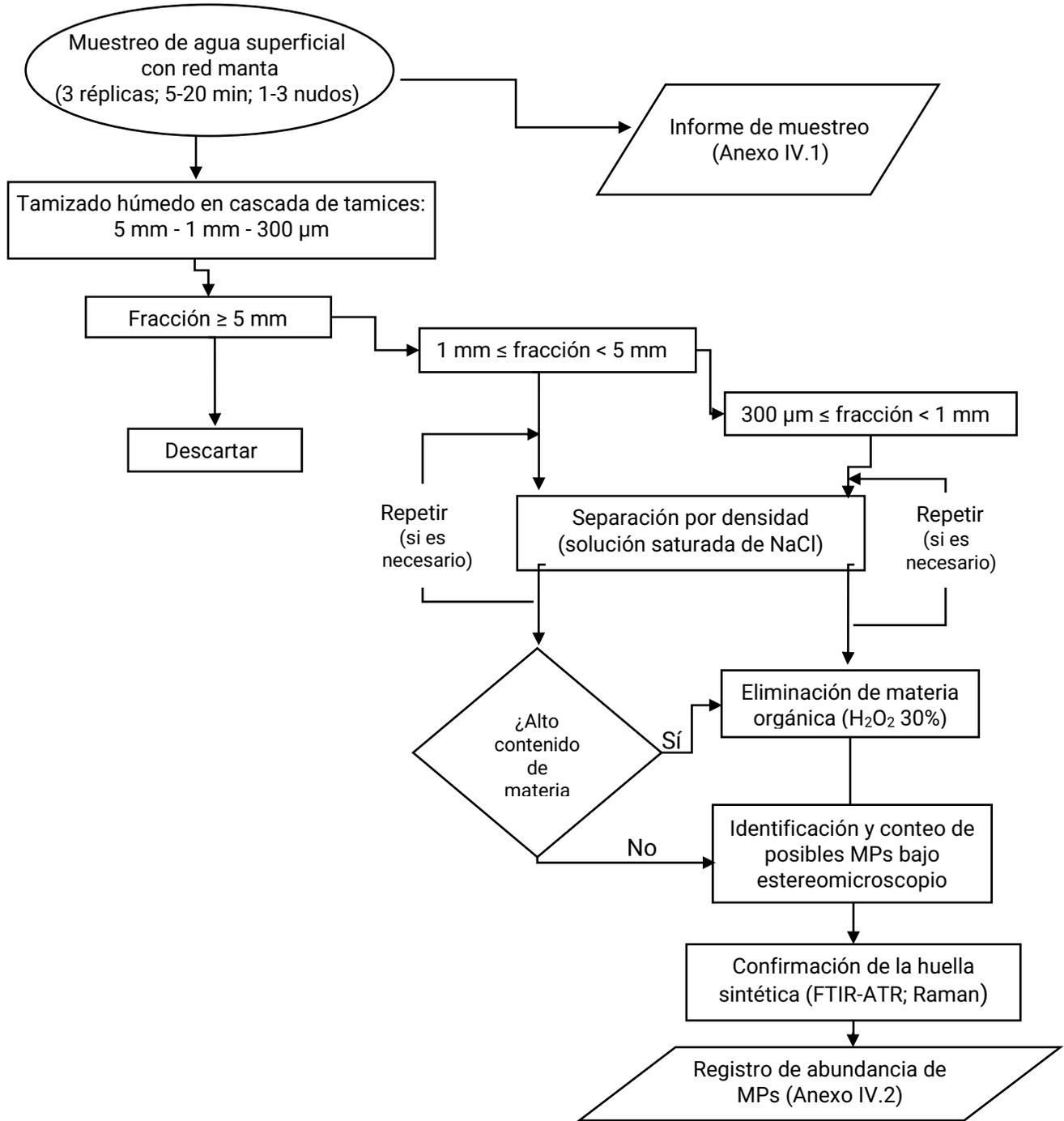


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento para la determinación de la abundancia de microplásticos en aguas marinas superficiales (red manta).

		REMARCO-MP-P-02
Página 8 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

- Etiquetar la muestra, adicionarle etanol 70 % (relación 3:1) y conservarla en una hielera para su traslado al laboratorio.
- En el laboratorio mantener la muestra refrigerada (ver Anexo III) si no va a ser analizada de inmediato.

5.1.2. Codificación de las muestras

La identificación de las muestras se realiza utilizando un código único, inequívoco y sin ambigüedades. Se recomienda usar el código del proyecto (hasta siete caracteres), código del país (definido por tres caracteres), fecha del muestreo (seis dígitos: aammdd), código de sitio de estudio (tres caracteres), analito (microplástico: MP), tipo de muestra (Manta) y número de réplica de la muestra recolectada (R#).

Ejemplo:

Código del país	Código del área de muestreo	# de réplica	
RLA7025	CUB310124	RLN	MP-Manta R1
Código del proyecto	Fecha (dd/mm/aa)	Microplástico	

5.1.3. Cálculo del volumen final de agua filtrada

- Calcular el volumen final de agua filtrada durante la recolección de la muestra por arrastre, mediante la ecuación del flujómetro utilizado. Por ejemplo:

Basado en un flujómetro modelo 2030R series General Oceanic®, la ecuación sería:

$$V_f (m^3) = (A * Nr * Cr) / 99999$$

Donde:

V_f = volumen final (m^3)

A = área de la boca o apertura de la manta (m^2)

Nr = diferencia entre la lectura final y la lectura inicial del flujómetro

Cr = velocidad estándar constante (26873) del motor del flujómetro ⁽¹⁾

99999 = límite máximo del conteo en el flujómetro ⁽¹⁾

		REMARCO-MP-P-02
Página 9 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

Si el flujómetro es un Hydro-Bios con una hélice de tres aspas acoplada directamente a un contador de cinco dígitos que registra cada revolución² de la hélice usar la siguiente ecuación:

$$V_f = N_r * A * B$$

Donde:

V_f = volumen final (m³)

A = área de la boca o apertura de la red manta (m²)

B = distancia por revolución de la hélice en el flujómetro (0.3 m, valor constante)

N_r = diferencia entre la lectura final y la lectura inicial del flujómetro

- En caso de que el flujómetro no funcione, la distancia del arrastre se puede estimar a partir de la georreferenciación del punto inicial y el final de cada transecto. El volumen final se calcularía mediante la siguiente ecuación: $V_f = A * D$

Donde:

V_f = volumen final (m³)

A = área de la boca o apertura de la manta (m²)

D = distancia del arrastre desde la georreferenciación (m)

5.1.4. *Informe del muestreo*

El registro de los datos del muestreo y cualquier observación o incidencia ocurrida durante la recolección de las muestras se realiza utilizando la plantilla del Anexo IV.

5.2. **Análisis de microplásticos**

Durante el análisis de las muestras se deben tener cuidados especiales para evitar la posible contaminación por partículas flotantes en el ambiente de los laboratorios, por lo que se recomienda seguir los protocolos de control de calidad descritos en la Sección 6 de este procedimiento.

5.2.1. *Pretratamiento de las muestras de la muestra*

- Tamizar la muestra en húmedo (usando agua filtrada), a través de una columna de tamices de 5 mm - 1 mm - 300 µm. En el proceso de tamizado, retirar con ayuda de pinzas las partículas de mayor tamaño, enjuagándolas cuidadosamente sobre el

² Tener en cuenta que el contador del Hydro-Bios no se puede reiniciar, por lo que el número de revoluciones debe leerse antes y después del despliegue de la red manta.

		REMARCO-MP-P-02
Página 10 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

tamiz para evitar la pérdida de partículas de menor tamaño que puedan estar adheridas.

- Transferir el material retenido en los tamices de 1 mm ($1 \text{ mm} \leq \text{fracción} < 5 \text{ mm}$) y 300 μm ($300 \mu\text{m} \leq \text{fracción} < 1 \text{ mm}$) a vasos de precipitado previamente etiquetados, usando solución saturada de NaCl (1.2 g cm^{-3}).
- Una vez transferida toda la fracción adicionar solución saturada de NaCl hasta asegurar que se cubra unas 5 veces el volumen de la muestra.
- Cubrir los vasos precipitados con las fracciones usando papel de aluminio o vidrio reloj.

5.2.2. Separación, extracción y conteo de partículas de microplásticos

- Agregar a la mezcla una gota de detergente líquido como surfactante, para evitar la adhesión de partículas a las paredes del vaso.
- Depositar una barra de agitación magnética en el vaso de precipitado con la mezcla, cubrir con papel de aluminio o vidrio de reloj el vaso y agitar moderadamente durante 20-30 minutos sobre una placa de agitación magnética.
- Pasado el tiempo de agitación dejar sedimentar durante toda la noche o por al menos 8 horas.
- Filtrar el sobrenadante, usando un sistema de filtración al vacío (ver Anexo II.2) y un filtro metálico de 250 μm (diámetro de 25 mm o 47 mm). Trasvasar cuidadosamente el sobrenadante al sistema de filtración para evitar la resuspensión del sedimento.
- Repetir una vez más el procedimiento de separación por densidad, si es necesario.
- Una vez filtrada la totalidad de la muestra lavar bien las paredes del embudo de filtración y el filtro, tres veces usando agua prefiltrada para arrastrar todas las partículas y eliminar posibles restos de precipitados de sal que pudieran haberse formado durante el proceso.
- Remover el embudo de filtración con la bomba aún encendida para reducir la adhesión de las partículas en los bordes del embudo.
- Detener la bomba, eliminar el vacío, retirar cuidadosamente el filtro metálico con una pinza y colocarlo en una caja de Petri, previamente codificada.
- En la fracción 1 mm - 5 mm no se espera encontrar un alto contenido de materia orgánica, pero si éste fuera el caso, se recomienda seguir los pasos indicados posteriormente (eliminación de materia orgánica) para la fracción de 300 μm - 1 mm.

		REMARCO-MP-P-02
Página 11 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

- Cuando la fracción de 1 mm - 5 mm no tiene un alto contenido de materia orgánica, extraer las posibles partículas de MPs del filtro bajo un estereomicroscopio y ayuda de unas pinzas³.
- Colocar las partículas extraídas en frascos de vidrio etiquetados para su posterior análisis.
- Transferir el filtro metálico con la fracción 300 µm -1mm a un vaso de precipitado seco y limpio, y añadir lentamente H₂O₂ 30 % (para evitar el exceso de burbujas) hasta cubrir el filtro, para eliminar la materia orgánica restante.
- Dejar enfriar y volver a agregar H₂O₂ 30 %; si ocurre efervescencia, repetir el paso anterior.
- Si ya no ocurre efervescencia, lo que indica la completa eliminación de la materia orgánica, añadir 20 mL de agua desionizada filtrada y enjuagar el filtro sobre la propia solución asegurándose que no hayan quedado partículas en el mismo (observándolo bajo una luz UV).
- Filtrar la solución usando un filtro metálico de 250 µm en un sistema de filtración al vacío.
- Enjuagar las paredes del frasco de vidrio tres veces con agua prefiltrada para recuperar cualquier partícula que se haya quedado en el frasco.
- Detener el vacío y retirar el filtro y colocar en una placa de Petri de vidrio previamente etiquetada.
- Extraer del filtro las posibles partículas de MPs bajo un estereomicroscopio y conservarlas en una placa de Petri de vidrio limpia y seca, previamente codificada.
- Confirmar la huella sintética de las partículas de ambas fracciones, usando FTIR o Raman.
- Para confirmar la huella sintética mediante espectroscopía de infrarrojo (FTIR-ATR-) o Raman se analizará un mínimo de 100 partículas por réplica, es decir la totalidad de las partículas si su número es menor a 100 [7].

5.3. Reporte de la abundancia de microplásticos

- Determinar los valores de abundancia de potenciales MPs por m³ mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Abundancia de MP (MP/ m}^3\text{)} = \frac{\text{\# total de microplásticos en el filtro}}{\text{Volumen de agua filtrada (m}^3\text{)}}$$

³ En ambas fracciones, cualquier partícula mayor a 1mm y a 300 µm, respectivamente, que, bajo un microscopio de disección, a una magnificación de 40X, se asemeje a plástico será cuantificada como posible MP. Las partículas identificadas como MP por inspección visual no deberán mostrar estructuras repetitivas como las de origen biológico, la coloración deberá ser homogénea, a menos que sea transparente.

		REMARCO-MP-P-02
Página 12 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

- Para cada sitio, registrar los valores promedios y desviación estándar de abundancia total de MPs, MPs primarios y secundarios, de acuerdo a la plantilla del Anexo IV.
- El número de partículas de MPs identificadas en el blanco de procedimiento se reportará junto con los valores obtenidos en las muestras del lote correspondiente (ver Sección 6.2).

6. CONTROL DE CALIDAD

6.1. Buenas prácticas de trabajo de campo y laboratorio

Para minimizar la contaminación por partículas de microplásticos presentes en el ambiente de trabajo, se recomienda:

- Limpiar cuidadosamente todo el material de trabajo con agua corriente y detergente, y enjuagar con agua destilada filtrada.
- Descontaminar todo el material de vidrio en mufla a 450 °C por 2h, o en horno a 200 °C 12h, para prevenir cualquier contaminación por partículas de plástico.
- Mantener los materiales protegidos con papel de aluminio tras la limpieza hasta el momento de su uso.
- Tener la precaución de no generar contaminación cruzada durante el muestreo, debido al uso de materiales comunes para la toma de muestras y réplicas.
- Evitar la circulación de corrientes de aire en la zona de análisis; establecer áreas de trabajo alejadas de ventanas, puertas y equipos de aire acondicionado.
- Limpiar meticulosamente el área de trabajo, con alcohol técnico 70 %, para que esté libre de polvo o partículas.
- Evitar la circulación de personal en el área de trabajo durante el proceso de ensayo.
- Evitar el uso de ropa sintética, usar batas de laboratorio 100 % de algodón o de colores fácilmente distinguibles, como los colores naranja y verde empleados en uniformes del tráfico.
- Realizar limpieza de los filtros metálicos en baño ultrasónico, usando agua, etanol 70 % o metanol (grado técnico), y verificar su limpieza bajo una luz UV antes de su uso.
- Evitar la exposición de las muestras al aire más de lo absolutamente necesario, cubriéndola con vidrio de reloj o aluminio durante todo el procedimiento.
- Realizar el procesamiento de la muestra bajo campana de flujo laminar, pero no es un requisito obligatorio para este procedimiento.
- Filtrar por 25 µm, o un tamaño menor, todas las soluciones de trabajo utilizadas para el análisis de muestras (agua, etanol, metanol, solución saturada de NaCl, detergente, H₂O₂ 30 %).

		REMARCO-MP-P-02
Página 13 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

— Identificar el tipo de material con el que está fabricada la manta utilizada en el muestreo, de manera que pueda identificarse una posible contaminación de la muestra con este material, debido al desgaste o desgarre de la red.

6.2. Análisis de blancos

Es importante identificar y cuantificar las fuentes potenciales de contaminación de las muestras durante el proceso de muestreo y análisis. En cada ocasión de muestreo se recomienda realizar uno o más blancos de lavado de la red, antes de lanzarla al agua. Adicionalmente, se llevará al muestreo un frasco (preferentemente igual al de las muestras) con 1L de agua filtrada, que será destapado cada vez que se realiza la transferencia de la muestra desde la red al frasco.

Se realizarán blancos de procedimiento utilizando 1L de agua filtrada, los cuáles serán sometidos a todo el proceso de ensayo, junto con las muestras analizadas durante una jornada de trabajo. Se analizará al menos un blanco de procedimiento por cada lote de 10 muestras; es decir, si el lote es superior a 10 muestras, se debe realizar un segundo blanco. Los valores de los blancos se reportarán junto a los valores de abundancia obtenidos en las muestras del lote correspondiente.

6.3. Repetición del proceso de detección y conteo de microplásticos

La repetición permite evaluar el grado de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas realizadas por un analista en un periodo de tiempo breve. Es necesario que el proceso de detección y conteo de posible MPs sea realizado por un segundo analista y con el objetivo de comparar los resultados obtenidos sobre un filtro escogido al azar. Se recomienda que durante el proceso de implementación del procedimiento este control se realice a la totalidad de las muestras.

Los laboratorios deben determinar el coeficiente de variación de los resultados de abundancia de MPs, reportados por diferentes analistas. Se considera como criterio de aceptación valores de 10 a 25 %.

6.4. Ensayo de aptitud

Con el objetivo de evaluar el desempeño analítico del laboratorio se recomienda la participación periódica en rondas de ensayos de aptitud.

		REMARCO-MP-P-02
Página 14 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

7. MANEJO DE RESIDUOS

Se recomienda utilizar los protocolos establecidos en cada laboratorio para el manejo de los residuos generados en este procedimiento. Aunque la solución saturada de NaCl ejerce un bajo impacto al ambiente, en comparación con otras soluciones que se utilizan para la separación de MPs, se recomienda su reutilización en estos procedimientos.

		REMARCO-MP-P-02
Página 15 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

8. REFERENCIAS

- [1] GESAMP, Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO- IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99 (2019) 130p.
- [2] BURGESS, H. K., HERRING C. E., LIPPIATT S., LOWE S., AND UHRIN A.V., NOAA Marine Debris Monitoring and Assessment Project Shoreline Survey Guide. NOAA Technical Memorandum NOSOR&R 56 (2021), 20 pp. <http://doi.org/10.25923/g720-2n18>
- [3] DEHAUT A., CASSONE A. L., FRÈRE L., HERMABESSIERE L., HIMBER C., RINNERT E., RIVIÈRE G., LAMBERT C., SOUDANT P., HUVET A., DUFLOS G., PAUL-PONT I., Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. Environ. Pollut. 215 (2016) 223–233. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.05.018.
- [4] ISO 24187:2023 (en). Principles for the analysis of microplastics present in the environment.
- [5] PASQUIER, G., DOYEN, P., KAZOUR, m., DEHAUT, A., DIOP, M., DUFLOS, G., AMARA, R. Manta net: The Golden Method for Sampling Surface Water Microplastics in Aquatic Environments. Front. Environ. Sci. 10:811112. doi:10.3389/fenvs.2022.811112
- [6] SIGMA-ALDRICH, Sodium chloride. Product information, (2020). https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/SigmaAldrich/Product_Information_Sheet/s7653pis.pdf
- [7] HERMSEN, E., MINTENIG, S. M., BESSELING, E., & KOELMANS, A. A. Quality criteria for the analysis of microplastic in biota samples: a critical review. Environ. Sci. Technol. 52 (2018) 10230–10240. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01611>
- [8] PLASTICSEUROPE, About plastics, (2021). [PE_TheFacts_24_digital-1pager.pdf](#)

		REMARCO-MP-P-02
Página 16 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

9. ANEXOS

ANEXO I. Densidades de los polímeros de plástico y semisintéticos más comunes.

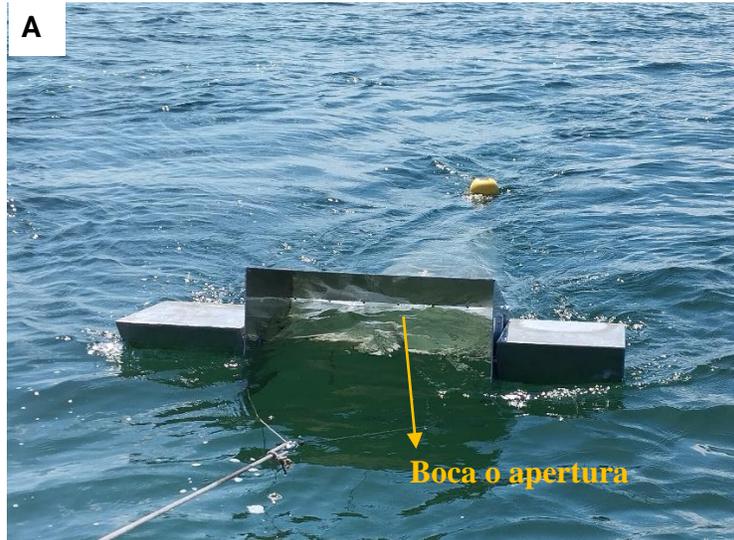
Polímero	Densidad (g cm ⁻³)
Acetato de celulosa [1]	1.22 – 1.24
Estireno-butadieno [1]	0.94
Nilón [1]	1.13 – 1.15
Poliacrilonitrilo [1]	1.18
Poliéster [1]	>1.35
Poliestireno [1]	1.04 – 1.09
Poliestireno (expandido) [1]	0.02 – 0.64
Polietileno de alta densidad [8]	0.93 - 0.97
Polietileno de baja densidad [8]	0.91 – 0.94
Polietilentetrafloruro [1]	2.2
Polimetilacrilato [1]	1.17 – 1.20
Polipropileno [10]	0.895 - 0.92
Poliuretano [1]	1.2
Polivinilo [1]	1.16 – 1.30
Tereftalato de polietileno (PET) [8]	1.35 – 1.39

¹GESAMP [1]

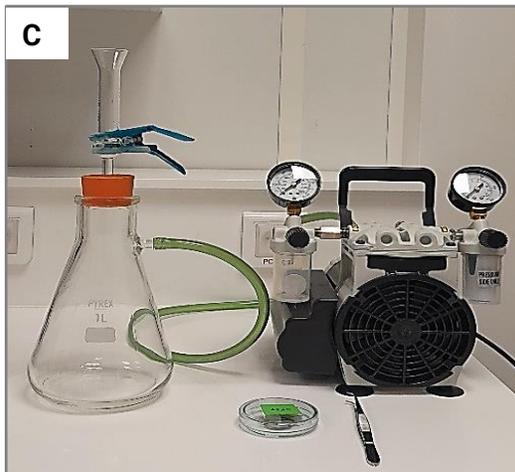
³PlasticsEurope [8]

		REMARCO-MP-P-02
Página 17 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

ANEXO II.1. Monitoreo con red manta. (A-B) Colocación recomendada de la red manta.



ANEXO II.2. Equipamiento y etapas principales del análisis de microplásticos en aguas marinas superficiales. (A-B) Procesamiento de la muestra por tamización en cascada, (B) sistema de filtración al vacío, de vidrio y 25 mm de diámetro, (C) filtro metálico, con posibles partículas de microplásticos, dentro de placa Petri para su conservación e inspección bajo estereomicroscopio.



		REMARCO-MP-P-02
Página 19 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

ANEXO III. Preparación de soluciones y materiales necesarios para el análisis de microplásticos en muestras de aguas marinas superficiales.

Para evitar contaminación por otras partículas de plásticos ajenas a la muestra, las soluciones que se utilizan en este procedimiento deberán filtrarse, usando un filtro de tamaño de poro menor al que se usará para la separación de las partículas de MPs (p. ej. filtro metálico de 100 μm , 25 μm , o filtros GF/C).

Solución saturada de NaCl ($\sim 1.2 \text{ g cm}^{-3}$). En un matraz Erlenmeyer añadir 900 mL de agua destilada y $\sim 358 \text{ g}$ de NaCl; agitar con un agitador magnético para facilitar la disolución. Cuando no se disuelva más el NaCl y se observen cristales en el fondo, enrasar a un litro el volumen de la solución con agua destilada. Verificar la densidad de la solución usando un matraz volumétrico, densímetro o un picnómetro. La densidad de la solución debe verificarse previo a su uso o reúso.

Preparación y limpieza de filtros metálicos y tamices. Los filtros metálicos de 25 o 47 mm de diámetro, se preparan manualmente, a partir de mallas metálicas que pueden adquirirse en el mercado. Para evitar la contaminación de las muestras por residuos de materia orgánica o de plástico en los filtros o los tamices, limpiarlos con etanol (70 %), metanol, agua o acetona filtrados, someterlos a baño sónico por 10 min antes de su uso y verificar efectividad de la limpieza, bajo una luz UV o un estereomicroscopio o microscopio de disección. Repetir la limpieza hasta que no se observen partículas bajo la luz UV.

		REMARCO-MP-P-02
Página 20 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

ANEXO IV. Plantilla para el registro de los datos del muestreo y abundancia de microplásticos en aguas marinas superficiales.

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO						Hoja No. 1/3	
País:							
Sitio de estudio:				Código del Sitio ⁽¹⁾ :			
Primer nivel de división administrativa del país ⁽²⁾ :				Segundo nivel de división administrativa del país ⁽²⁾ :			
Tipo de área:	(x)	Proximidad a:		(x)	Presencia de:		(x)
Área protegida		Industria			Basura flotante		
Urbana		Instalaciones turísticas			Macroalgas		
Rural		Descargas de residuales			Contaminación		
		Puertos			Huellas de autos		
		Instalaciones pesqueras			Quema de residuos		
		Zona no antropizada			Animales muertos		
		Instalaciones acuícolas					
		Ríos o esteros					
		Recolección de mariscos					
DATOS DE MUESTREO							
Fecha de muestreo:							
Réplicas	Identificación de las muestras ⁽³⁾	Coordenadas en grados decimales ⁽⁴⁾		Hora		Lectura del flujómetro	
		Latitud	Longitud	Inicio	Término	Inicio	Final
Réplica 1							
Réplica 2							
Réplica 3							
Incidencias y comentarios:							
Responsable por el muestreo:							

⁽¹⁾ Código de tres letras mayúsculas que identifican el sitio de estudio (playa): ej. RLN (Rancho Luna)

⁽²⁾ Primer/segundo nivel administrativo del país: ej. Región/Comuna; Provincia/Municipio; Departamento/Provincia.

⁽³⁾ Identificación de la muestra: código según Sección 5.1.3

⁽⁴⁾ Coordenadas del punto de inicio de cada transecto (Grados decimales): ej. - 43,13895 y -73,61636 (Chile); 22.03576 y -80.42056 (Cuba).

		REMARCO-MP-P-02
Página 21 de 21	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS FLOTANTES USANDO RED MANTA	Versión 00

REPORTE DE ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS: 300 µm ≤ MPs < 1 mm				Hoja No. 2/3
Código de la Muestra		Primarios ⁽⁵⁾	Secundarios ⁽⁶⁾	Totales
		MP/m ³	MP/m ³	MP/m ³
Réplica 1				
Réplica 2				
Réplica 3				
Promedio				
Observaciones:				
Responsable (s) del Análisis:				

REPORTE DE ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS: 1 mm ≤ MPs < 5 mm				Hoja No. 3/3
Código de la Muestra		Primarios ⁽⁵⁾	Secundarios ⁽⁶⁾	Totales
		MP/m ³	MP/m ³	MP/m ³
Réplica 1				
Réplica 2				
Réplica 3				
Promedio				
Observaciones:				
Responsable (s) del Análisis:				

⁽⁵⁾ MPs Primarios: pellets, esferas, gránulos

⁽⁶⁾ MPs Secundarios: fragmentos, líneas, películas, espumas, etc.



REMARCO

Red de Investigación de Estresores Marino-Costeros
de América Latina y el Caribe

