



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.

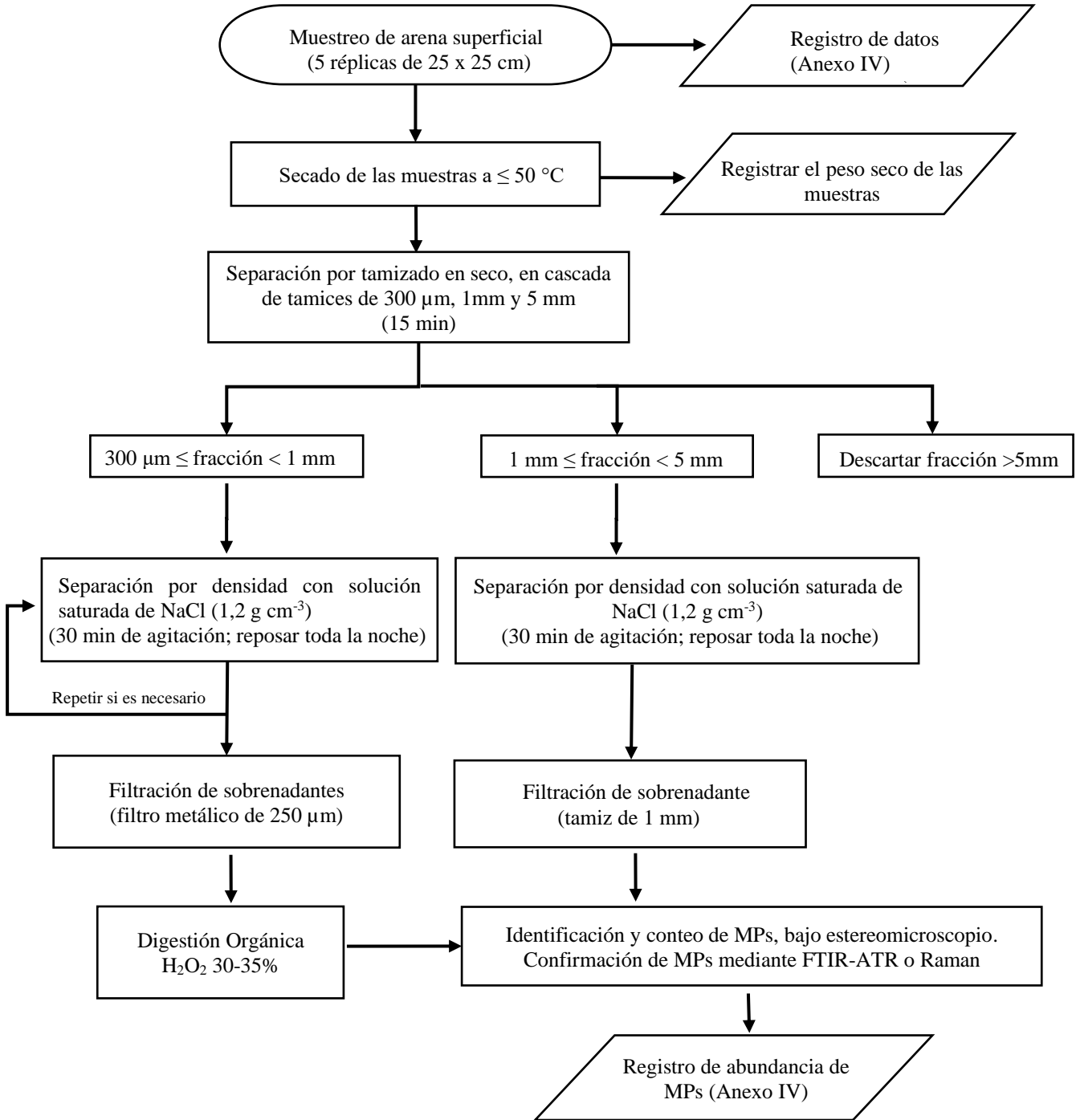


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento para la determinación de la abundancia de microplásticos en arenas de playa.

		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.

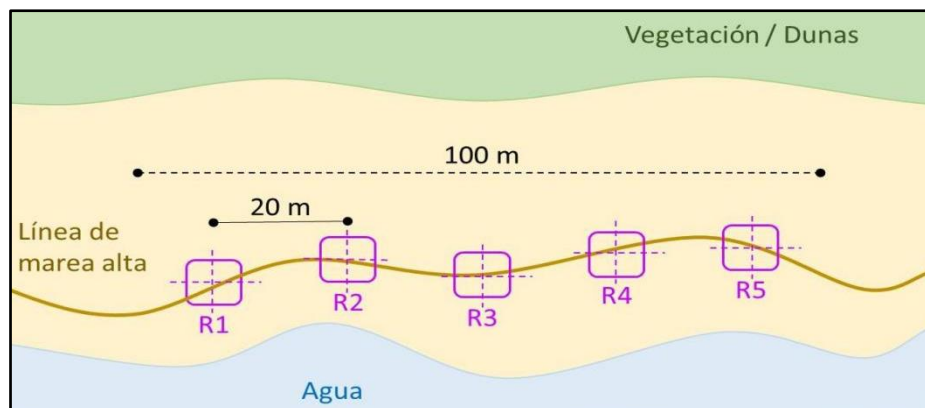


Figura 2. Delimitación del área de recolección de las muestras de arena (transecto de 100 m) en la línea alta de marea (pleamar más reciente definida) y puntos de muestreo (R1 a R5) en la playa (Adaptado de Burgess et al. [5] y OSPAR [6]).

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>

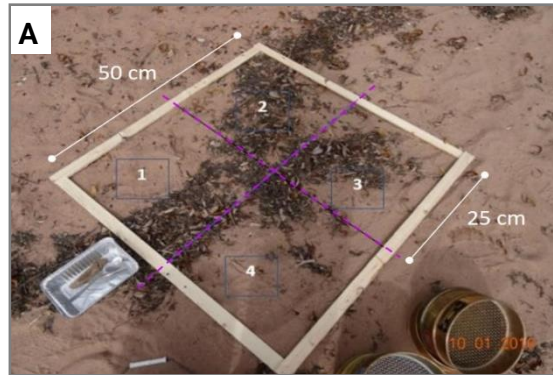
		REMARCO-MP-P-01
Página 13 de 18	DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE PLAYA	Versión 00

9. ANEXOS

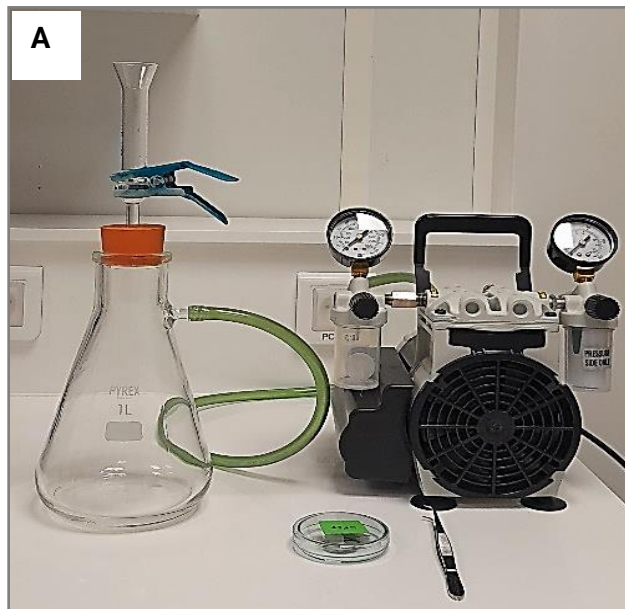
ANEXO I. Densidades de los polímeros de plástico, semisintéticos y fibras naturales más comunes.

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 ($\sim 1,2 \text{ g cm}^{-3}$): En un matraz Erlenmeyer donde previamente se han añadido 900 mL de agua destilada, se añaden $\sim 358 \text{ g}$ 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.

**REPORTE DE ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS:
 300 μ m \leq 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 \leq 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

