

GUÍA METODOLÓGICA ESTANDARIZADA

para el monitoreo sistemático de

BASURA MARINA Y MICRO PLÁSTICOS

en playas arenosas en Colombia

SEGUNDA EDICIÓN

PROYECTO:

Elaboración de una guía metodológica unificada para el monitoreo de las basuras marinas (incluyendo microplásticos) en playas arenosas del territorio colombiano



Esta guía fue elaborada en el marco del contrato suscrito entre la fundación Socya y Adelphi.
SANTA MARTA, NOVIEMBRE DE 2024



GUÍA METODOLÓGICA ESTANDARIZADA

para el monitoreo sistemático de

BASURA MARINA Y MICRO PLÁSTICOS

en playas arenosas en Colombia

SEGUNDA EDICIÓN

PROYECTO:

Elaboración de una guía metodológica unificada para el monitoreo de las basuras marinas (incluyendo microplásticos) en playas arenosas del territorio colombiano

Esta guía fue elaborada en el marco del contrato suscrito entre la fundación Socya y Adelphi.
SANTA MARTA, NOVIEMBRE DE 2024

RECONOCIMIENTOS:

EQUIPO DIRECTIVO INVEVAR

Director General

Francisco A. Arias Isaza

Subdirector Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinadora Coordinación de Investigación e Información para Gestión Marina y Costera (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador Coordinación de Servicios Científicos (CSC)

Juan Carlos Márquez (E)

Coordinador Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)

Mario Rueda Hernández

Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte

Subdirectora Administrativa (SRA)

Sandra Rincón Cabal

La información contenida en la Guía titulada “Metodología Estandarizada para el Monitoreo Sistemático de Basuras Marinas y Microplásticos, Segunda Edición” incluye información de la primera edición, cuyos derechos de autor pertenecen a la Fundación Socya e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives Adreís- INVEVAR.

Citar como:

Socya-Minambiente. 2024. Guía metodológica estandarizada para el monitoreo sistemático de basura marina y microplásticos en playas arenosas de Colombia segunda edición.



Cualquier uso, reproducción o adaptación de la información de la presente guía debe respetar las disposiciones legales vigentes y dar el crédito correspondiente a los autores.

EQUIPO TÉCNICO INVEVAR

- Ostin Garcés Ordóñez- Asesor (hasta 31 mayo)
- Sandra Liliana Mayorga-León (hasta 10 junio)
- Juan Fernando Saldarriaga-Vélez
- Lizbeth Janet Vivas-Aguas
- Paola Sofía Obando Madera
- Luisa Fernanda Espinosa Díaz

EQUIPO TÉCNICO SOCYA

- Santiago Jaramillo Jaramillo
- Carlos Fernando Cadavid Restrepo
- Arnold Xavier Cantillo Palencia
- Alejandra Marín Parra
- Ivan Darío Ortega Rivero
- Alejandra Gámez Echeverri
- Elizabeth Pizano Mesa

APOYO TÉCNICO:

INVEVAR

PROGRAMA DE CALIDAD AMBIENTAL MARINA – CAM

- Darlys Milena Rodríguez
- Jady Rodríguez
- Cristian Camilo
- Ruiz Laura Fragozo
- Daniela Robles

Coordinación de Servicios Científicos (CSC)

Juan Carlos Márquez

MINAMBIENTE

DIRECCIÓN DE ASUNTOS AMBIENTALES SECTORIAL Y URBANA - DAASU

Karin Bernarda Romero Martínez
Yeferson Alexander López Miranda

Universidad Jorge Tadeo Lozano Santa Marta

Luis Felipe Garzón Rodríguez

Diseño y diagramación editorial

Juliana Andrea Fuentes Vásquez - luckyband.co

Gestión visual de ilustraciones e infografías

Manuela Giraldo Fuentes - luckyband.co

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEVAR), en colaboración con

Fotografías e ilustraciones: Imágenes de actividades de recolección de muestras de basura marina y microplásticos. Equipo Socya. www.freepik.com

TABLA DE CONTENIDO

Reconocimientos	4
Agradecimientos.....	6
Participantes y delegados por institución.....	7
Introducción	10
¿Cómo usar esta guía?.....	11
Objetivo y Alcance de la Guía	12
ANTES DE INICIAR	13
1.1 Generalidades y Conceptos Claves	14
1.2 Contexto General de las Costas Colombianas	24
1.4 Contexto de las Fases del Monitoreo	26
DESPEGAR: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN	29
Paso 1. Objetivo monitoreo.....	30
Paso 2. Definición del alcance de monitoreo de basura marina y microplásticos.....	30
Paso 3. Selección y caracterización de la playa y sus sitios de muestreo.....	31
Paso 4. Identificación de actores y coordinación del monitoreo.....	32
Paso 5. Métodos de muestreo.....	34
Paso 6. Determinación de variables a medir.....	38
Paso 7. Capacitación del personal.....	39
Paso 8. Preparación de materiales y recursos necesarios.....	39
Paso 9. Determinación de la frecuencia del monitoreo.....	41
EXPLORAR: IMPLEMENTACIÓN DEL MUESTREO	43
Paso 1. Recolección de las mega y macrobasuras.....	44
Paso 2 Recolección de los microplásticos y mesobasuras.....	45
Paso 3 Caracterización, pesaje y conteo de macro y megabasura.....	46
Paso 4. Análisis de muestras de microplásticos.....	49
DIVULGAR: ANÁLISIS Y DIFUSIÓN	57
Paso 1. Organización y Limpieza de los Datos.....	58
Paso 2. Diligenciamiento de la herramienta Excel de análisis de los datos de basuras marinas en playas arenosas colombianas.....	58
Paso 3. Análisis de la información.....	61
Paso 4. Análisis de microplásticos.....	66
Paso 5. Difusión.....	67
APÉNDICE	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

AGRADECIMIENTOS

A continuación, **se presentan las instituciones y los participantes delegados que asistieron a los diferentes espacios de trabajo** para la formulación de la presente guía metodológica estandarizada para el monitoreo sistemático de basura marina y microplásticos en playas arenosas de Colombia. **Agradecemos a todos por la activa participación**, aportes y retroalimentación que sirvió para fortalecer la construcción de este documento.

MINISTERIOS Y AUTORIDADES NACIONALES

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos (DAMCRA) Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana (DAASU)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Viceministerio de Turismo
- Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación - Minciencias
- Dirección General Marítima y Portuaria - DIMAR Autoridad Nacional de licencias Ambientales – ANLA Parques Nacionales Naturales y Áreas naturales Protegidas (PNN)
- Departamento Nacional de Planeación – DNP

INSTITUTOS Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN

- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS “JOSÉ BENITO VIVES DE ANDRÉS”
- GRUPO DE INVESTIGACIÓN SISTEMAS COSTEROS
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA COLOMBIANO – CICMAR

GESTORES Y ONG (LOCALES)

- FUNDACIÓN RETOMAR FUNDACIÓN SEVERDE FUNDACIÓN SOCYA
- FUNDACIÓN AMBIENTAL SALVA TU RIO PLÁSTICO PRECIOSO URAMBA
- FUNDACIÓN RENOVACIÓN Y HUMANISMO CORPORACIÓN POSCONSUMO PUNTO AZUL

OTRAS INSTITUCIONES

- COMISIÓN COLOMBIANA DEL OCÉANO
- SECRETARÍA EJECUTIVA DE LA COMISIÓN COLOMBIANA DEL OCÉANO - SECCO
- FUNDACIÓN - MARVIVA
- WORLD WILDLIFE FUND INC. WWF COLOMBIA ENVIRONMENTAL CLUSTER DENMARK – CLEAN PACTO GLOBAL DA ONU NO BRASIL

CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y ESTABLECIMIENTOS PÚBLICO AMBIENTAL

- Corporación Autónoma Regional de La Guajira Corporación Autónoma Regional del Magdalena
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge
- Corporación Autónoma Regional de Sucre Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca Corporación Autónoma Regional de Nariño
- Departamento Administrativo Distrital Para La Sostenibilidad Ambiental- DADSA
- Establecimiento Público Ambiental - Barranquilla Verde Establecimiento público ambiental Buenaventura

UNIVERSIDADES

- Universidad del Atlántico Universidad Autónoma de Occidente Universidad de la Salle
- Universidad Pontificia Bolivariana Universidad Católica del Norte Universidad de Barcelona Universidad Del Magdalena Universidad de La Guajira
- Universidad Jorge Tadeo Lozano Seccional Caribe

EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIO Y SECTOR EMPRESARIAL

- Asociación Colombiana de Industrias del Plástico – ACOPLÁSTICOS
- Asociación de Gestores Ambientales del Pacífico
- Compromiso Empresarial para el Reciclaje - CEMPRE
- Asociación De Recicladores Del Magdalena y de Colombia - ASOREMAGCOL
- ECCOS Ingeniería Sostenible S.A.C.
- Cooperativa de Recicladores Para La Preservación de Medio Ambiente Colombiano ESP - COOEMPRESAC
- Certified Carbon Standard – Cercarbono

PARTICIPANTES Y DELEGADOS POR INSTITUCIÓN

MINISTERIOS, AUTORIDADES Y ENTIDADES NACIONALES

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Andrea Corzo Álvarez, Carlos Manuel Pineda Triana, Ana Arriaga, Katherine Mejía Quintero, Vivian Rodríguez, Karin Romero Martínez, Alexandra Salinas, Mary Alejandra Ríos Mármol, Leidy Johanna Martínez Cristiano, Sandra Patricia Montoya Villarreal

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO

Leonardo Marriaga Rocha, Nayda Sildey Romero Buitrago

MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN – MINCIENCIAS

Mónica Carolina Soto Tamayo

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO

Mónica Lucía Acero

DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA Y PORTUARIA –DIMAR

Sara Arenas Uribe, Estefanía Palacio Cardoso, Liced Camila Beltrán Martínez, Yeny Paola Arismendi Beltrán, Yully Tatiana Palacio

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES

Gladys Emilia Rodríguez Pardo

DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA

Cesar Grisales López, Liliana Rodríguez, Libardo Rodríguez, Karina Oviedo, Mary Luz Cañón, Luis Fabián Restrepo, Laura Carreño

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA

Diana Bustos Montes, Luisa Fernanda Maldonado Morales, Roberto Pacheco Castillo, Alejandro Perlaza Gamboa, Luly Caputo, Paula Andrea Domínguez Henao, Wendy Yolani Carrillo Rada.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN – DNP

Erwin Alfonso González Ordóñez

COMISIÓN COLOMBIANA DEL OCÉANO

Santiago Hidalgo, Sonia Gonzales, Laura Burgos, Nixon Javier Torres, Natalí Delgado, Gyssel Cantillo, David Barrios

INSTITUTOS Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS “JOSÉ BENITO VIVES DE ANDRÉS”

Francisco Arias, Lizbeth Janet Vivas, Tania Hoyos, Juan Fernando Saldarriaga Vélez, Cristian Camilo Ruiz, Paola Sofía Obando Madera, Darlys Rodríguez, Yurani Rojas, Jady Rodríguez, Laura Fragozo.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN SISTEMAS COSTEROS

Andrea Milena Agudelo Arcila, Pamela Díaz, Sofía Isabel Torres Díaz, Angie Pamela Díaz Ceballos

CENTRO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y LIMNOLÓGICAS DEL CARIBE – CICMAR

Yolibeth Navarro Quiroz

GESTORES Y ONG (LOCALES)

FUNDACION RETOMAR

Juan Carlos Gutiérrez Arredondo

FUNDACIÓN SOCYA

Alejandra Gámez Echeverri, Arnold Cantillo, Omar Zapata, Eddy Rosado, Alejandra Marín Parra, Iván Darío Ortega Rivero, Elizabeth Pizano Mesa

FUNDACIÓN RENOVACIÓN Y HUMANISMO

Robinson Andrés Vergara Hoyos

FUNDACION SEVERDE

Laura Dissa Rivas Perea

PLÁSTICO PRECIOSO URAMBA

José Sebastián García

FUNDACIÓN AMBIENTAL SALVA TU RIO

Harold Estrada Forero

PUNTO AZUL

Sandra Liliana Mayorga

OTRAS INSTITUCIONES

COMISIÓN COLOMBIANA DEL OCÉANO

Patricia González Alejandra Medina

PACTO GLOBAL DA ONU NO BRASIL

Monique Ferreira

CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y ESTABLECIMIENTOS PÚBLICO AMBIENTAL

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE – CARDIQUE

Luis Gabriel Duque M

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA - CORALINA

Dayana Mitchell Celis, Luz Elena Rojas

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC

Carmen Julia Ponce Cabezas, Yamile Perdomo Quintero, Julián Valencia Estrada

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA – CORPOGUAJIRA

Álvaro López Torres, Natalia Bastidas

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SUCRE - CARSUCRE

Alex Álvarez Month

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA - CORPAMAG

Jorge Andrés Torregroza Sánchez, Robby Alex Valderrama Reinel, Andrea Rincón Monsalve, Fabiana Arrieta Cortina, Viviana De Ávila Luna, Carlos José Noguera Mario

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO-CORPONARIÑO

Marcela Caviedes

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DISTRITAL DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL – DADSA

Juan Jiménez

ESTABLECIMIENTO PÚBLICO AMBIENTAL BARRANQUILLA VERDE - EPA BARRANQUILLA VERDE

Liliana Guerrero Ramírez

ESTABLECIMIENTO PÚBLICO AMBIENTAL BUENAVENTURA - EPA BUENAVENTURA

Yuly Carolina Riascos Portocarrero

UNIVERSIDADES

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

Jesús Yarce Zarate

UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO

Victoria Andrea Arana Rengifo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE - SANTIAGO DE CALI

Juan Sebastián Narváez de los Ríos

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Ostin Garcés Ordóñez

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE DE CHILE

Daniela Honorato

OBSERVATORIO DE ECONOMÍA CIRCULAR DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Sofía Pulgarín Almanza

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Andrés Mauricio Vélez Pereira

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Jessica Andrea García

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

Liceth Carolina Costa Redondo

UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA

Ana Patricia Espinosa Romero, Melissa Paola Consuegra Terán

EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIO Y SECTOR EMPRESARIAL

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INDUSTRIAS DEL PLÁSTICO ACOPLÁSTICOS

Paula Ocampo, Paola Ruje

ASOCIACIÓN DE GESTORES AMBIENTALES DEL PACÍFICO

Emiliano Zambrano Rodríguez

COMPROMISO EMPRESARIAL PARA EL RECICLAJE - CEMPRE

Sofía Durán Duque, Kenneth Ochoa, María Paola Vélez Sosa

ASOREMAGCOL- ASOCIACION DE RECICLADORES DEL MAGDALENA Y DE COLOMBIA

José Eduardo Hadechny

ECCOS INGENIERÍA SOSTENIBLE S.A.C.

José Ricardo Cornejo Zúñiga

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – U.S.A

Programa de Vigilancia de Desechos Marinos
Hillary Burgess, Caitlin Wessel

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - BRASIL

Fernanda Romero

PARLEY FOR THE OCEANS - REPÚBLICA DOMINICANA

Eddy Frank Vásquez

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

Denisse Delvalle

FUNDACIÓN MARVIVA

Alejandra Medina

CLUSTER DANÉS DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS - CLEAN

Catalina Ospina Espitia

PACTO GLOBAL DA ONU NO BRASIL

Monique Ferreira

WORLD WILDLIFE FUND INC.WWF COLOMBIA

David Barrios

INTRODUCCIÓN

La gestión inadecuada de los desechos provenientes de actividades domésticas e industriales ha resultado en la liberación masiva de residuos en el ambiente, afectando significativamente los ecosistemas terrestres y acuáticos (Jambeck et al., 2015; Lebreton et al., 2017). Esta contaminación tiene repercusiones negativas no solo sobre la biodiversidad, sino también en la salud humana y la economía de las comunidades dependientes de los recursos naturales (Antão-Barboza et al., 2018; Rangel-Buitrago et al., 2022). En los ecosistemas marinos y costeros, como las playas, la problemática de las basuras marinas se ha intensificado, lo que ha motivado una creciente respuesta internacional en la búsqueda de soluciones coordinadas y efectivas para prevenir, mitigar y reducir esta forma de contaminación (Walker, 2021; Bastos, 2021).

Las playas arenosas, además de albergar una rica biodiversidad, son fundamentales para las comunidades costeras debido a los múltiples bienes y servicios ecosistémicos que proveen, entre ellos la protección costera, la pesca, y los servicios recreativos, esenciales para el turismo. No obstante, estos ecosistemas, estratégicos por su rol social, cultural y económico, son altamente vulnerables a la contaminación por basura marina. Esta contaminación no solo degrada la calidad ambiental del agua y la arena, sino que también deteriora el paisaje, afecta la biodiversidad y reduce el atractivo turístico, con consecuencias económicas para las comunidades locales (McLachlan y Brown, 2006; Defeo et al., 2009; Schwarz et al., 2019; Garcés-Ordóñez et al., 2020b).

El monitoreo sistemático a largo plazo de la basura marina en playas es crucial para generar información sobre la cantidad, distribución, composición y dinámicas de estos residuos. Esta información es esencial para comprender la magnitud del problema y para desarrollar estrategias de mitigación eficaces a nivel local, regional y global. Para lograr un análisis comparativo efectivo, es fundamental el uso de metodologías estandarizadas que permitan la recolección de datos confiables y comparables (Ambrose, 2021), adaptadas a las particularidades técnicas, territoriales, sociales y culturales de cada región.

En respuesta a esta necesidad, la Fundación SOCYA en el marco del Proyecto Promar con el apoyo del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR) y el acompañamiento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, han desarrollado esta Guía metodológica estandarizada para el monitoreo sistemático de basura marina y microplásticos en playas arenosas de Colombia. Esta guía se ha elaborado tomando en cuenta el contexto ambiental de las costas Caribe y Pacífico del país, y es el resultado del análisis exhaustivo de estudios científicos recientes y guías metodológicas de diversas regiones del mundo.

El propósito de esta guía es facilitar la estandarización de los métodos de monitoreo en playas arenosas de Colombia, generando datos precisos y comparables que contribuyan a la toma de decisiones informadas para la prevención y mitigación de la contaminación por basura marina en el país. Además, esta guía se alinea con la hoja de ruta interinstitucional para la evaluación y seguimiento de la basura marina en zonas costeras de Colombia (INVEMAR y MinAmbiente, 2017). La aplicación de esta metodología busca sentar las bases para la creación de un programa nacional de monitoreo de basuras marinas, que, mediante la recolección de datos de alta resolución, pueda apoyar el desarrollo de estrategias legislativas y de mitigación adaptadas a las necesidades del país.

Finalmente, esta guía incluye un enfoque práctico y accesible, diseñado para facilitar el entendimiento y la implementación de las actividades de monitoreo. Al mismo tiempo, se promueve la participación activa de las comunidades locales, lo que es clave para fomentar la conciencia ambiental y el compromiso colectivo en la conservación de las playas. Este enfoque busca empoderar a las personas para que se involucren directamente en la recolección de datos y en la toma de decisiones sobre la gestión de los residuos, contribuyendo a soluciones más sostenibles y colaborativas.

¿CÓMO USAR ESTA GUÍA?

Esta guía ha sido elaborada con base en principios de lenguaje claro, garantizando su accesibilidad y comprensión para todo tipo de usuarios. Se estructura en cuatro capítulos que guían al lector de manera progresiva y se han estructurado de la siguiente manera: Antes de iniciar, despegar, explorar y divulgar.

ANTES DE INICIAR: este primer capítulo presenta los conceptos fundamentales relacionados con la basura marina, los microplásticos, el monitoreo sistemático, entre otros, que permiten contextualizar al usuario antes de iniciar el proceso. También ofrece una visión del contexto socioambiental de las costas del Caribe y del Pacífico colombiano, asegurando que el diseño del muestreo se alinee con los objetivos específicos del monitoreo. Adicional se presenta un contexto de la distribución de las fases del muestreo, lo que permite una comprensión más clara de los factores que deben considerarse antes de comenzar las actividades.

El monitoreo está compuesto por tres fases:

FASE 1. Diseño y planificación.

FASE 2. Implementación del muestreo.

FASE 3. Procesamiento, análisis y difusión.

DESPEGAR: es el segundo capítulo y es la **fase de diseño y planificación** que detalla los métodos y procedimientos necesarios para llevar a cabo el muestreo. En esta sección se abordan recomendaciones técnicas clave que facilitan la ejecución efectiva de las actividades de monitoreo, garantizando un enfoque metódico y ajustado a las necesidades del estudio.

EXPLORAR: es el tercer capítulo y es la fase de **implementación del muestreo** donde se explica el procedimiento de manera detallada tanto para la recolección de basura marina y microplásticos como para la caracterización y conteo de la misma.

DIVULGAR: en este cuarto y último capítulo, correspondiente a la fase de **procesamiento, análisis y difusión**, se detalla cómo transformar los datos recolectados en información útil que se convierte en indicadores clave. Se ofrecen pautas claras para organizar, procesar y analizar los datos obtenidos, junto con orientaciones sobre la presentación y difusión de los resultados. Utilizando la herramienta de Excel, se procesan las métricas del muestreo, lo que permite modelar el estado de la playa de manera precisa y eficiente. Además, se optimiza la difusión de los resultados a través de la plataforma virtual descrita en este capítulo.

En la **figura 1** se presenta un esquema descriptivo de cómo usar la guía con base a la información anterior.



ANTES DE INICIAR:

Prepárate a conocer los conceptos clave y referencias para configurar el muestreo; definir el alcance del muestreo, el destino (la playa) y el contexto ambiental de playas arenosas de Colombia.

DESPEGAR:

Es la etapa de identificar todos los recursos que tienes disponible para desarrollar el muestreo antes (Fase 1), durante (Fase 2) y después (Fase 3) acorde con las capacidades identificadas y el contexto.

EXPLORAR:

Con los recursos disponibles, desarrolle el muestreo puntual y tome nota para que pueda evaluar al final el desempeño y cumplimiento de objetivos. Evidenciar lecciones aprendidas y recomendaciones para la gestión de la basura marina y ajustes para el monitoreo de largo plazo.

DIVULGAR:

Elabore mensajes clave para comunicar los resultados más relevantes a las partes interesadas, recordemos que son datos para tomar decisiones informadas.

Figura 1. Esquema descriptivo de cómo usar esta guía. Fuente: elaboración propia.

OBJETIVO Y ALCANCE DE LA GUÍA

El objetivo de esta guía es proporcionar lineamientos técnicos claros para un monitoreo efectivo de la basura marina en playas arenosas de Colombia, estableciendo un marco estandarizado para la recolección y análisis de datos. A través de un enfoque participativo, se promueve la inclusión de comunidades locales, organizaciones y entidades gubernamentales, facilitando la implementación de las metodologías por cualquier persona para obtener datos confiables y estandarizados.

La guía aplica a todas las actividades relacionadas con el monitoreo de basura marina en playas arenosas, abarcando desde la planificación hasta la difusión de resultados. Esto incluye el prelistamiento, la coordinación con actores clave, la preparación de materiales, la recolección de datos en campo, el procesamiento y análisis e interpretación de los resultados. Asimismo, la guía proporciona criterios para la selección y caracterización de playas en estudio y promueve la sensibilización de la sociedad y las autoridades sobre la importancia de reducir la contaminación marina, contribuyendo a la protección y gestión sostenible de los ecosistemas costeros.

¿A QUIÉN VA DIRIGIDA ESTA GUÍA?

Esta guía está dirigida a autoridades competentes, entidades gubernamentales, organizaciones sociales, centros de investigación, instituciones académicas, empresas privadas y la comunidad en general interesada en participar en actividades de monitoreo de playas. Su objetivo es facilitar la colaboración entre las diversas partes involucradas, proporcionando un marco metodológico claro para identificar actores clave y coordinar esfuerzos en la recolección de datos sobre la contaminación por basura marina y microplásticos en playas arenosas de Colombia. Asimismo, la guía ofrece herramientas para analizar la distribución y dinámica de estos residuos, generando información relevante que respalde la formulación de políticas públicas y la ejecución de acciones concretas para mitigar este problema ambiental.

ANTES DE INICIAR

Esta sección contiene bases teóricas y conceptos clave que le brindarán al lector el contexto para comprender los lineamientos al utilizar la guía metodológica para el monitoreo de basura marina y microplásticos.



ANTES DE INICIAR

1.1 GENERALIDADES Y CONCEPTOS CLAVES

La contaminación marina y los impactos derivados de diversas sustancias contaminantes han traspasado fronteras, afectando mares, océanos y los ecosistemas costeros de todo el mundo. Para enfrentar esta problemática, los gobiernos deben actuar de manera coordinada en los niveles global, nacional y subnacional, estableciendo metas claras en el marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 14. Este objetivo tiene como fin la conservación y el uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos. La articulación de esfuerzos entre diversos actores es esencial para implementar estrategias eficaces que mitiguen los impactos de la contaminación en los ambientes marinos y costeros del planeta.

Entre los contaminantes de mayor relevancia se encuentra la basura marina, que no solo representa un problema estético, sino que también genera graves consecuencias socioeconómicas. Además de afectar negativamente la biodiversidad y los hábitats marinos, la basura marina amenaza la salud humana, compromete la seguridad alimentaria y deteriora el bienestar de las comunidades costeras. Los efectos de estos residuos son amplios y profundos, impactando a organismos marinos, ecosistemas y sectores productivos clave como el turismo y la pesca (**Fotografía 1**).

Es importante señalar que el término “basura marina” puede generar controversia en ciertos contextos, debido a su relación directa con el lugar en el que se encuentra y la gestión integral de los residuos. Sin embargo, en esta guía se adopta la interpretación global del término, con el objetivo de alinear los conceptos utilizados en Colombia con las definiciones ampliamente aceptadas en el ámbito internacional. De esta forma, se espera que los lectores y usuarios de esta guía se apropien del término “basura marina” para su uso común, contribuyendo a un lenguaje uniforme y una comprensión compartida de este problema.

Basura marina y su clasificación

Para los propósitos de esta guía, el término “basura marina” se refiere a cualquier tipo de material sólido manufacturado o procesado que ha sido descartado, vertido o liberado en el ambiente marino y costero, y que permanece en él, generando impactos ambientales a corto, mediano y largo plazo (UNEP, 2009; GESAMP, 2019). Estos residuos pueden tener diversas fuentes, incluyendo actividades humanas terrestres y marítimas, y abarcan una amplia gama de materiales que no se degradan fácilmente en el entorno.



Fotografía 1. Impactos de la basura marina en el ambiente.

Para facilitar la identificación y caracterización de la basura marina, se han desarrollado varias clasificaciones basadas en el tamaño, el tipo de material y la forma de los residuos. Estas clasificaciones permiten una mejor comprensión de la naturaleza de los desechos y son esenciales para implementar estrategias de monitoreo y mitigación efectivas (UNEP, 2009; GESAMP, 2019). **La figura 2** ilustra algunas de estas categorías, ayudando a visualizar cómo se organiza la basura marina en función de sus características físicas y composición.

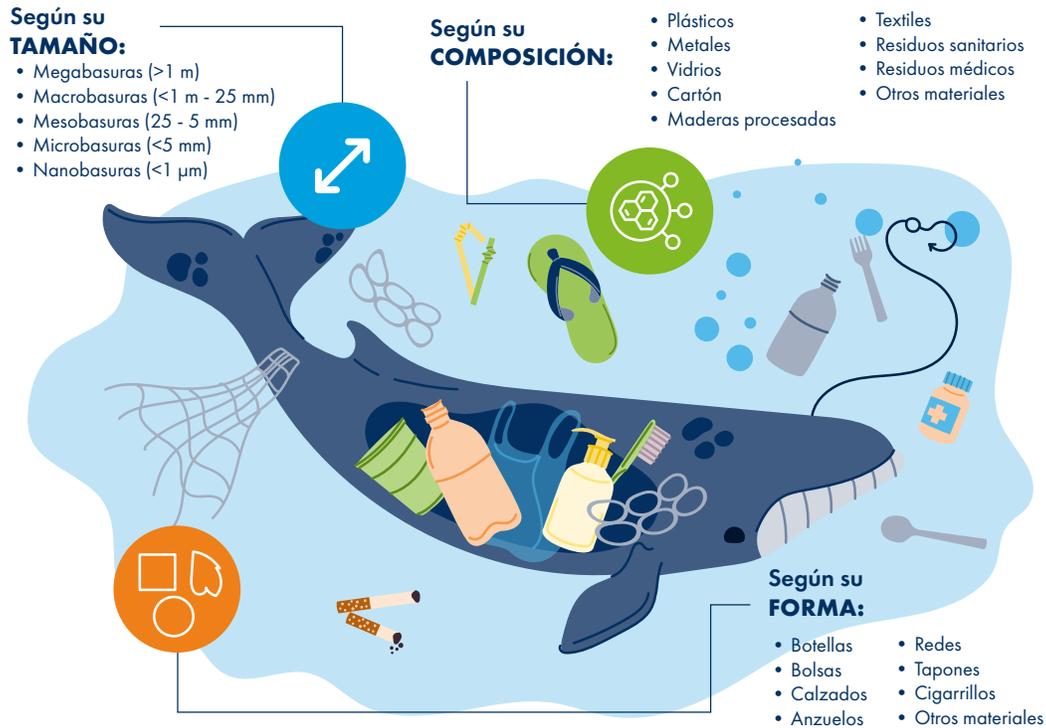
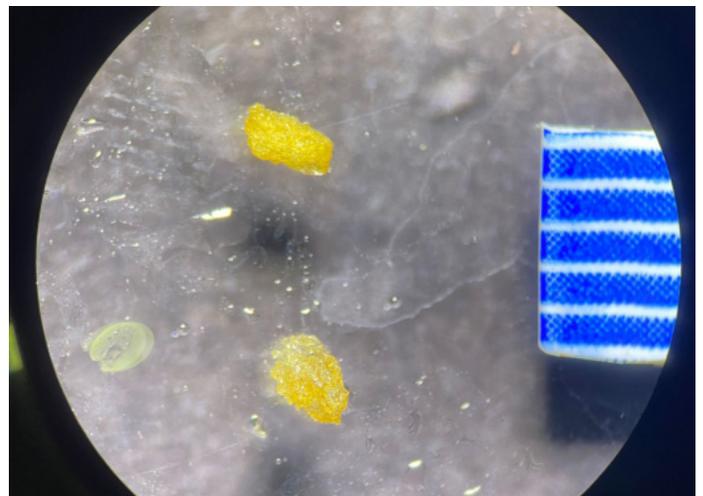
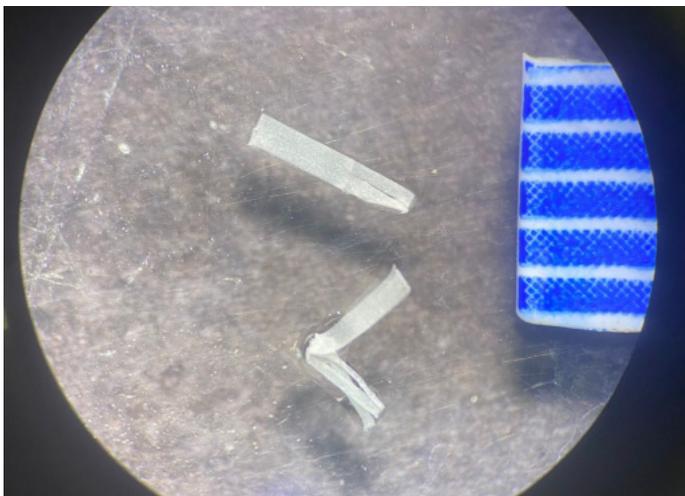


Figura 2. Clasificación de las basuras marinas según su tamaño, materiales y formas. Fuente: elaboración propia con base a UNEP, 2009; GESAMP, 2019.

Microplásticos y su clasificación

El término “microplásticos” hace referencia a partículas de plástico con un tamaño que varía entre 5 mm y 1 µm de diámetro (GESAMP, 2019) **(Fotografías 2 y 3)**. Estas pequeñas partículas son una subcategoría de la basura marina y representan una de las fuentes de contaminación más preocupantes debido a su persistencia en los ecosistemas y su capacidad de incorporarse a las cadenas alimentarias.



Fotografías 2 y 3 microplásticos vistos desde un estereoscopio. Fuente: Propia

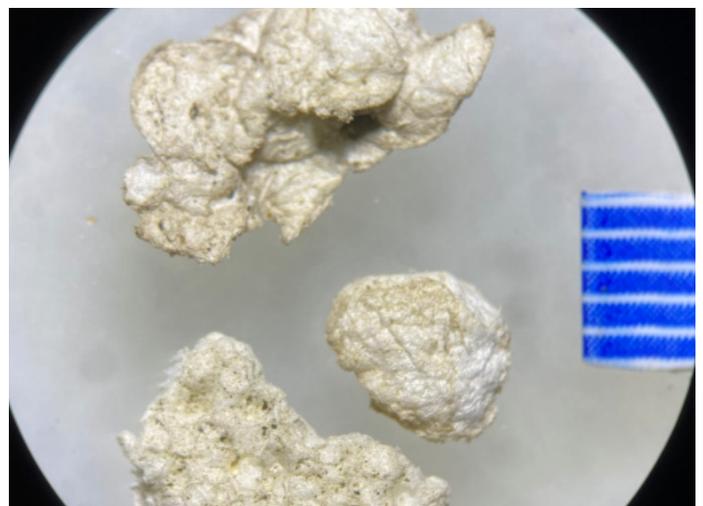
Los microplásticos se pueden clasificar según varios criterios: su origen (primarios o secundarios), tamaño, forma y color. Esta clasificación permite una caracterización más precisa, facilitando la comprensión de su distribución y su impacto ambiental (**ver figura 3**).



Figura 3. Clasificación de los microplásticos según su origen, tamaño, forma y color. Fuente: elaboración propia con base a GESAMP (2019).

Los microplásticos primarios son aquellos que se fabrican en estas dimensiones, como los microesferas utilizadas en productos cosméticos o industriales, mientras que los microplásticos secundarios provienen de la degradación de objetos plásticos más grandes, como bolsas o botellas. Clasificarlos por su tamaño, forma y color también ayuda a identificar sus fuentes y patrones de dispersión en el ambiente marino, facilitando la formulación de estrategias de control y mitigación.

Mesobasura: fragmentos de basura marina que se encuentran entre 5mm y 25 mm de diámetro. Generalmente los tipos de materiales de estos son plástico, metal, vidrio, cartón, madera procesada, textil, residuo sanitario, residuos médicos entre otros (**Ver fotografías 4,5 y 6 mesobasuras**).



Fotografías 4,5 y 6. Ejemplo mesobasuras, fuente: propia

Macrobasura: Fragmentos de basura marina mayores de 25 mm de diámetro y menores a 1 metro. A menudo, estos son los desechos más visibles en las playas y pueden incluir artículos como botellas, redes de pesca, restos de madera, bolsas, zapatos, empaques mecato, entre otros. **(Ver fotografías 7 y 8 macrobasuras)**

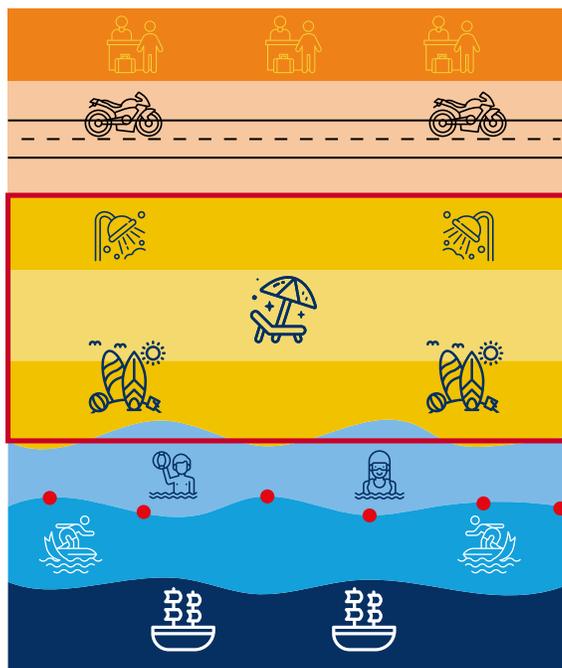


fotografías 7 y 8 macrobasuras

Playa y zonificación

La playa es un ecosistema único que se encuentra en la zona de transición entre el ambiente acuático y terrestre. Es el hogar de una gran variedad de organismos que se han adaptado a las condiciones cambiantes del entorno (WWF/Adena, 2002). Además, la playa es un destino turístico y de recreación muy popular en todo el mundo (Defeo et al., 2009; Williams y Micallef, 2009).

Esta guía de monitoreo se centra en el área terrestre de las playas arenosas, que se extiende desde la línea de marea baja hasta la zona de transición donde comienza la vegetación, las dunas o la infraestructura circundante. Esta delimitación se basa en la zonificación establecida en la NTS-TS 001-2 (Alcaldía Distrital de Santa Marta, 2015; ICONTEC, 2007; Milanés y Acosta, 2021)



- A.** Zona de servicios turísticos
- b.** Zona del sistema de enlace y articulación del espacio público
- c.** Zona de transición
- d.** Zona de reposo
- e.** Zona activa
- f.** Zona bañista
- g.** Zona para deportes náuticos
- h.** Zona para tráfico de embarcaciones

Figura 4. Esquema de ordenamiento de playas en Colombia. El recuadro rojo es el área de aplicación de esta guía de monitoreo. Fuente: elaboración propia con base a ICONTEC (2007).

El área de playa arenosa se divide típicamente en tres zonas: zona activa, zona de reposo y zona de transición (**Figura 5**).



Figura 5. Estimación de las zonas en las cuales se divide típicamente una playa de arena. A. Perfil de playa del Caribe colombiano. B. Perfil de playa del Pacífico colombiano. Tomado de: Google Earth Pro.

Zona activa: es la franja de la playa que está directamente influenciada por la acción de las olas, mareas y corrientes. Esta zona experimenta cambios constantes debido a la erosión, sedimentación y movimientos del agua. Es donde se produce la mayor interacción entre el mar y la playa. Dependiendo del clima y las condiciones oceánicas, la zona activa puede variar su extensión.

Zona de reposo: generalmente, se encuentra por encima de la línea de marea alta y está destinada al uso recreativo o de descanso, para tomar el sol, leer o simplemente relajarse. Es donde los bañistas suelen instalarse para disfrutar de la playa sin riesgo de estar en contacto constante con el agua de las mareas.

Zona de transición: comienza al final de la zona de reposo y marca el límite entre la playa y elementos como la vegetación, las dunas o la infraestructura. A menudo, en esta área se encuentran servicios de venta de alimentos, bebidas y/o establecimientos comerciales. (CONTEC, 2007; Milanés y Acosta, 2021).

Es importante señalar que la delimitación de estas zonas es aproximada y puede variar según las características específicas de cada playa, el régimen de mareas y la época de muestreo. Por lo tanto, no en todas las playas se encontrarán necesariamente las tres zonas; algunas pueden carecer de la zona de reposo o de transición.

Cuadrante: en esta guía, un cuadrante se refiere a un área delimitada por un **marco de 50 x 50 cm**, dentro del cual se recolecta una muestra de arena superficial de la playa con el fin de realizar la caracterización posterior de los microplásticos presentes (**Fotografía 9**). Este método permite una recolección estandarizada y precisa, facilitando la comparación de resultados entre diferentes sitios y momentos de muestreo. Para minimizar el riesgo de contaminación de las muestras, se recomienda que el marco utilizado sea de material no reactivo, preferiblemente madera o metal, evitando el uso de plásticos que podrían interferir con la precisión de los análisis.



Fotografía 9. Ejemplo de cuadrante de 50 x 50 cm.

Fuentes de contaminación y sumideros de basura marina y microplásticos

Las fuentes de contaminación se refieren al origen o procedencia de los diferentes tipos de contaminantes que llegan al ambiente marino. En los últimos años, se han investigado con mayor detalle las rutas a través de las cuales los desechos marinos y la contaminación por plásticos ingresan y se dispersan en el medio marino, lo que ha permitido una mejor comprensión de su distribución y destino (**Figura 5. UNEP, 2021**). No obstante, a pesar de estos avances, los volúmenes totales de plásticos en diferentes zonas y hábitats marinos siguen siendo poco conocidos.

Esta falta de información precisa se debe en gran parte a la limitada cobertura geográfica de los muestreos y a la ausencia de protocolos de monitoreo estandarizados y consistentes que permitan un seguimiento más detallado. Además, los procesos naturales que afectan la distribución y el destino final de los

microplásticos, como las corrientes marinas, la acción de las olas, el viento y los ciclos biogeoquímicos, juegan un papel fundamental en su desplazamiento, acumulación o fragmentación en los ecosistemas marinos (**Figura 6. UNEP, 2021**).

Para mejorar nuestra comprensión y la gestión de esta problemática, es crucial fortalecer los esfuerzos de monitoreo mediante el desarrollo e implementación de protocolos estandarizados y el aumento de la cobertura de los estudios, lo que permitirá obtener datos más precisos sobre la magnitud de la contaminación plástica y su distribución en los diferentes ecosistemas marinos.

En las siguientes figuras se puede evidenciar algunas de las principales fuentes y sumideros de basuras marinas y microplásticos:

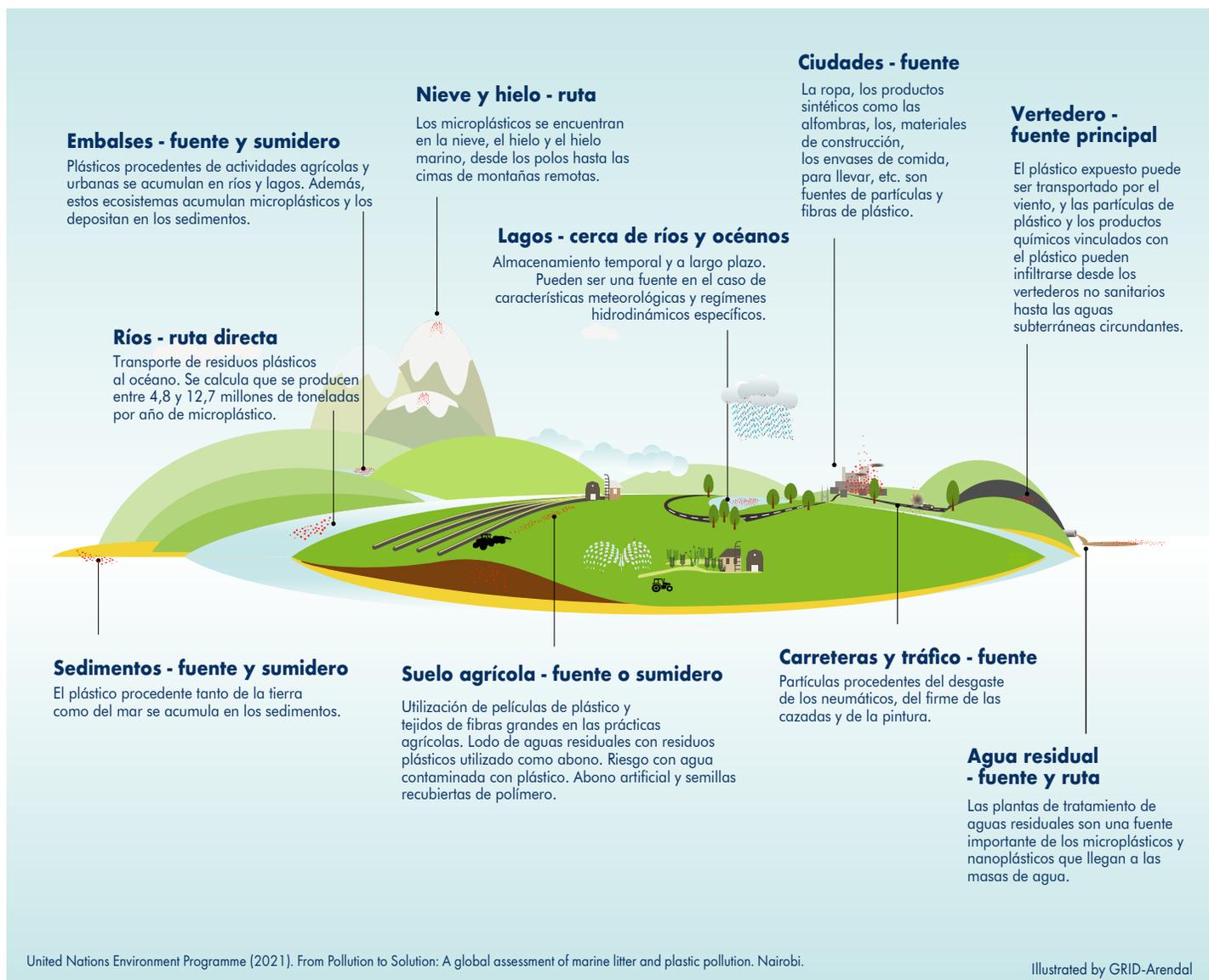


Figura 5. Principales fuentes y sumideros de microplásticos y basuras marinas. Tomado de UNEP, 2021.



Figura 6. Principales fuentes y sumideros de microplásticos y basuras marinas. Tomado de UNEP, 2021.

La distribución y el destino de los microplásticos en los ecosistemas costeros y marinos están influenciados por una serie de procesos naturales (figura 7). Factores como las corrientes marinas, el viento, las mareas y las tormentas juegan un papel crucial en el transporte y dispersión de estas partículas, mientras que la degradación física, química y biológica afecta su persistencia en el ambiente. Estos procesos determinan no solo la distribución geográfica de los microplásticos, sino también su acumulación en áreas sensibles como playas, fondos marinos y zonas de alta biodiversidad.

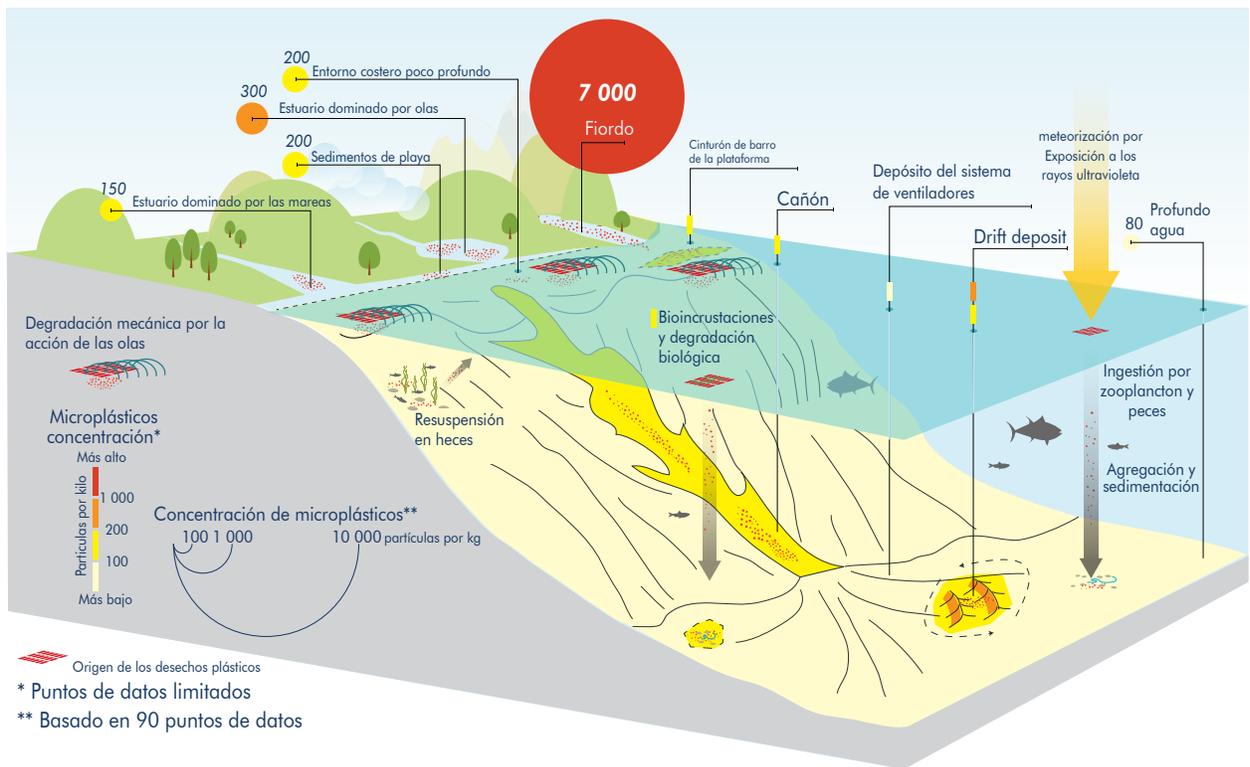


Figura 7. Procesos naturales que afectan a la distribución y el destino de los microplásticos. Tomado de UNEP, 2021.

La presencia de basura marina en las playas puede tener diversas fuentes, derivadas principalmente del manejo inadecuado y la disposición incorrecta de residuos generados por actividades humanas tanto en tierra (fuentes terrestres) como en el mar (fuentes marinas); Garcés-Ordóñez et al., 2020a, b; Rangel-Buitrago et al., 2022. Estos desechos llegan a las zonas costeras a través de múltiples rutas, como descargas directas, escorrentías superficiales, la acción del viento, eventos naturales y el transporte de sedimentos por corrientes marinas, contribuyendo significativamente a la contaminación marina (**Figura 8**).

FUENTES TERRESTRES

Fuentes de contaminación marina derivadas de actividades humanas realizadas en tierra



Turismo y recreación:

Como el uso de envases y utensilios desechables, y la generación de residuos sólidos en general.



Pesca y navegación:

Como la pérdida de aparejos de pesca, redes y cuerdas, y la basura generada a bordo de los barcos.



Descargas directas al mar:

Como las aguas residuales y los residuos sólidos municipales.

FUENTES MARINAS

Rutas de acceso de basuras a las playas, asociadas al inadecuado manejo de los residuos sólidos.



Arrastre desde tierra:

Como la basura que se acumula en las riberas y que es arrastrada por los ríos o por los vientos hacia el mar.



Eventos naturales:

Como las inundaciones o las marejadas que arrastran la basura de la costa hacia el mar.

Figura 8. Ejemplo de actividades humanas realizadas en tierra (fuentes terrestres) y en el mar (fuentes marinas); fuentes naturales, actividades y vías de basuras en las playas asociadas al inadecuado manejo de los residuos sólidos. Fuente: elaboración propia.

En Colombia, estas fuentes han sido ampliamente estudiadas a través del Programa Nacional de Monitoreo de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras (REDCAM). Este programa, junto con investigaciones realizadas por autores como Garcés-Ordóñez et al. (2020a, b, 2021) y Rangel-Buitrago et al. (2022), ha proporcionado información valiosa sobre las principales rutas de entrada de basura marina en las costas colombianas, identificando como principales contribuyentes; el mal manejo de residuos sólidos, la falta de infraestructura adecuada y las actividades económicas, como la pesca y el turismo, que agravan la contaminación. Además, se destaca el transporte transoceánico de basura a través de las corrientes marinas, lo que incrementa el problema en las costas del país.

Monitoreo Sistemático

El monitoreo sistemático consiste en la recopilación regular, planificada y organizada de datos a lo largo del tiempo, siguiendo un enfoque estructurado que garantiza la constancia y la coherencia en la observación y registro de la información. A diferencia de la recolección

esporádica o aleatoria de datos, este tipo de monitoreo permite detectar patrones, tendencias y cambios significativos en los procesos observados, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas y la evaluación precisa de la situación ambiental.

Además, el monitoreo sistemático puede ser diseñado e implementado de manera participativa, involucrando a diferentes actores como la comunidad local, organizaciones sociales, instituciones académicas y entidades gubernamentales. Este enfoque colaborativo no solo amplía el alcance y la cobertura del monitoreo, sino que también fomenta la apropiación local del proceso y promueve la sensibilización y educación ambiental, fortaleciendo las capacidades locales para la gestión y conservación de los ecosistemas.

Para seleccionar el diseño de muestreo más adecuado, que se ajuste al alcance y a las condiciones definidas durante la fase de planificación, es fundamental considerar el número de participantes involucrados en la ejecución del proceso. La cantidad de personas disponibles influirá en aspectos clave como la extensión del área de estudio, la cantidad de puntos de muestreo y la eficiencia en la recolección de datos. Una correcta asignación de recursos humanos asegura que el muestreo se realice de manera efectiva, maximizando la calidad de los datos recopilados y garantizando la representatividad de los resultados.

Muestreo puntual

El muestreo puntual se refiere a la recolección de datos o muestras en un momento específico y en un lugar determinado, proporcionando una "instantánea" de las condiciones en ese instante. A diferencia del muestreo continuo o a largo plazo (monitoreo), donde los datos se obtienen de manera regular a lo largo de un período prolongado, el muestreo puntual es útil para obtener una visión rápida y precisa del estado ambiental en un punto específico. Sin embargo, esta técnica tiene limitaciones, ya que no captura las variaciones o cambios que pueden ocurrir con el tiempo, como fluctuaciones estacionales o eventos esporádicos que afectan la calidad ambiental. Por ello, se recomienda combinar el muestreo puntual con otras estrategias de monitoreo más amplias cuando sea necesario realizar un análisis más completo de las dinámicas ambientales a largo plazo.

Monitoreo de basura marina

El monitoreo implica la recolección y análisis sistemático de información de manera regular, con el fin de evaluar un proceso, políticas o un fenómeno específico (Di Virgilio, 2012; Pasquetti y Salas, 2016; Ambrose, 2021). En este caso, el monitoreo se enfoca en la recopilación de datos sobre basura marina en playas, incluyendo su cantidad, tipo y distribución, para evaluar el grado de contaminación y dimensionar la magnitud del problema a nivel local, regional o nacional.

MONITOREO DE BASURAS MARINAS EN LAS PLAYAS ARENOSAS COLOMBIANAS



Figura 9. Propósito y visión del monitoreo de basuras marinas en las playas arenosas colombianas. Fuente: IDEAM e INVEMAR (2021).

Como herramienta de observación y recopilación de datos, el monitoreo busca proporcionar una comprensión más completa y precisa de cómo varían los procesos, fenómenos o condiciones a lo largo del tiempo. Esto es especialmente útil para detectar patrones, identificar tendencias y captar cambios sutiles que podrían pasar desapercibidos con técnicas de muestreo puntuales. Además, permite evaluar el impacto de las medidas ambientales implementadas para reducir la presencia de basura marina en las playas, y ajustar las estrategias de gestión según sea necesario.

Para ser efectivo, el monitoreo debe ser constante, regular, completo y organizado de acuerdo con métodos científicos. Debe realizarse de manera oportuna, económica y rigurosa, asegurando la fiabilidad de los datos obtenidos. Asimismo, el monitoreo puede diseñarse y ejecutarse de manera participativa, involucrando a la comunidad local y otros actores clave en su planificación y ejecución. Este enfoque participativo no solo aumenta el alcance del monitoreo, sino que también fortalece el sentido de corresponsabilidad en la gestión ambiental.

Un programa de monitoreo bien diseñado y ejecutado proporciona información valiosa que resulta crucial para la toma de decisiones informadas. Este debe contar con un propósito y una visión claros, sustentado en características que son de carácter innegociable y fundamentales para garantizar su efectividad y precisión (**Figura 9**). Esto mejora significativamente la gestión ambiental de las playas en Colombia, apoyando la creación de políticas públicas más efectivas y orientadas hacia la sostenibilidad (INVEMAR-MINAMBIENTE, 2019; Ambrose, 2021; IDEAM-INVEMAR, 2021).

Indicador ambiental

Un indicador es una expresión cuantitativa observable y verificable que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad mediante la medición de una variable o la relación entre varias de ellas (DANE, 2023). Los indicadores son fundamentales para evaluar de manera objetiva aspectos específicos de un proceso o fenómeno, facilitando su análisis y seguimiento en el tiempo.

Existen diferentes tipos de indicadores, que se pueden clasificar en simples y complejos. Los indicadores simples miden una sola variable y proporcionan información directa y fácilmente interpretable sobre un aspecto particular. Por otro lado, los indicadores complejos se construyen a partir de la combinación de múltiples variables y permiten obtener una visión más integrada y completa de fenómenos o situaciones complejas, al ofrecer un panorama más detallado y profundo de las dinámicas en estudio (**Figura 10**).

En un programa de monitoreo de basura marina en playas, los indicadores son esenciales para comunicar información científica y técnica de manera eficaz. Simplifican datos complejos en métricas accesibles, facilitando su uso por investigadores, gestores y responsables de políticas ambientales, y permitiendo que se traduzcan en acciones concretas y decisiones informadas. Además, los indicadores apoyan la mejora de políticas públicas, proporcionando evidencia cuantitativa para identificar problemas, monitorear intervenciones y evaluar su impacto, contribuyendo a políticas más efectivas basadas en datos sólidos (Segnestam et al., 2000).

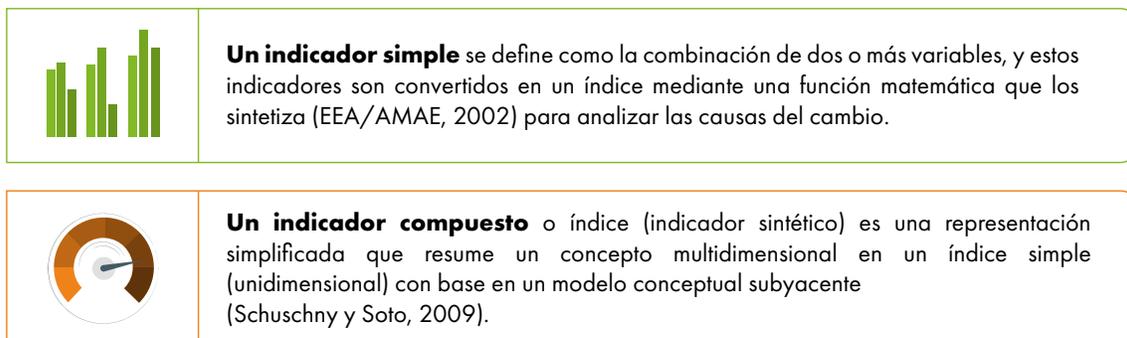


Figura 10. Definiciones de los indicadores simples y compuestos. Fuente: DANE (2023)

Mapeo de actores clave

El mapeo de actores clave es una herramienta fundamental en la planificación de proyectos de desarrollo, ya que facilita la identificación de las personas y grupos interesados, así como la comprensión de sus capacidades, intereses y niveles de influencia. Esta herramienta permite visualizar los roles que cada actor desempeña dentro del proyecto, su poder de decisión y su capacidad para influir en los resultados. Además, promueve la colaboración efectiva y la participación activa de aquellos actores que son más relevantes para el éxito del proyecto (CONDESAN, 2014; Ortiz et al., 2016).

A través del mapeo de actores, se puede obtener una visión clara y estructurada de las relaciones entre las partes interesadas, lo que asegura una participación más inclusiva y eficiente en la gestión del proyecto. Esto es especialmente importante en proyectos territoriales o ambientales, donde la cooperación entre los actores locales, regionales y nacionales es clave para el desarrollo sostenible y la correcta implementación de las acciones propuestas (Melgar, 2012; Tapella, 2007). Al tener un esquema claro de roles y responsabilidades, se optimiza la toma de decisiones y se fortalece la gobernanza del proyecto.

Línea base: condición inicial de la cantidad y tipo de basura marina y microplásticos en una playa antes de comenzar un programa de monitoreo. Esta línea base se utiliza como punto de referencia para medir cambios a lo largo del tiempo.

Técnicas de muestreo: métodos utilizados para recolectar muestras de basura marina y microplásticos de manera sistemática y representativa. Incluye técnicas como transectos, cuadrantes, y recolección manual.

Transecto: es una línea o ruta que se traza a lo largo de un área de estudio para llevar a cabo un muestreo. A lo largo de esta línea se registran observaciones o se toman muestras en intervalos regulares o en puntos específicos. Este método permite estudiar la distribución y abundancia de elementos, como la basura marina o la biodiversidad, a lo largo de un gradiente o dentro de una región específica.

En la playa, un transecto es una línea trazada perpendicularmente a la línea de la costa, a lo largo de la cual se registran los residuos encontrados.

Subtransecto: es una subdivisión más pequeña dentro del transecto principal. Se utiliza cuando el personal que realiza el muestreo es reducido y no es posible muestrear el área total del transecto. Se deben elegir mínimo 3 subtransectos de manera aleatoria si se quiere tener una muestra representativa.

1.2 CONTEXTO GENERAL DE LAS COSTAS COLOMBIANAS

En esta sección se describen de manera resumida las principales características de las costas del Caribe y el Pacífico colombiano, las cuales fueron consideradas para la adaptación de la guía de monitoreo de basuras marinas en playas arenosas



Zona costera colombiana

Las costas de Colombia abarcan aproximadamente 1,760 km en el Caribe y 1,300 km en el Pacífico (WWF Colombia, n.d.) donde desembocan más de 100 ríos principales y se encuentran ecosistemas marinos y costeros estratégicos como manglares, arrecifes coralinos, pastos marinos, estuarios, lagunas costeras y playas. Estos ecosistemas son fundamentales para la sostenibilidad ambiental, el bienestar de las comunidades costeras y el desarrollo económico del país, brindando servicios ecosistémicos como la protección contra la erosión, el mantenimiento de la biodiversidad y el apoyo a la pesca.

La región Caribe de Colombia se caracteriza por un clima tropical con una marcada estacionalidad, alternando entre temporadas lluviosas y secas. Las precipitaciones varían significativamente, oscilando entre 300 mm en las zonas más secas y hasta 4,500 mm en las áreas más lluviosas (IDEAM, 2022). Las mareas en el Caribe son relativamente bajas, con amplitudes que rara vez superan los 0.5 metros. Esta región concentra gran parte del desarrollo urbano e industrial del país, ejerciendo una fuerte presión sobre ecosistemas vulnerables como los arrecifes coralinos, los manglares y los pastos marinos, todos ellos esenciales tanto para la biodiversidad como para las actividades económicas como el turismo y la pesca.

En contraste, la región del Pacífico tiene un clima tropical húmedo, caracterizado por una de las tasas de precipitación más altas del mundo, con rangos anuales de entre 5,000 y 11,000 mm (IDEAM, 2022). Las mareas en esta región son mucho más amplias, con amplitudes que pueden superar los 4 metros. El desarrollo urbano en el Pacífico es más limitado y concentrado principalmente en ciudades como Buenaventura y Tumaco. Los ecosistemas predominantes incluyen extensos manglares y estuarios alimentados por los numerosos ríos que desembocan en el océano, los cuales son vitales para la pesca artesanal y la protección costera.

Estas diferencias subrayan la naturaleza contrastante de las regiones Caribe y Pacífico en términos de clima, hidrología y tipos de ecosistemas. Por ello, es fundamental que los programas de monitoreo de basura marina se ajusten a las particularidades ambientales de cada región, para que los datos recopilados sean representativos y efectivos en la gestión de los residuos y la protección de los ecosistemas costeros.

Colombia cuenta con aproximadamente 870 km de playas arenosas, distribuidas entre las costas del Caribe (45%) y del Pacífico (55%) (INVEMAR, 2023). Los departamentos con mayor número y extensión de playas en el Pacífico son Chocó y Valle del Cauca, mientras que en el Caribe destacan La Guajira, Magdalena y Atlántico. Estas playas no solo son importantes desde el punto de vista turístico, sino que también desempeñan un papel clave en la protección de las costas frente a la erosión, así como en la preservación de hábitats críticos para numerosas especies.

Tabla 1. Playas arenosas en las costas insular y continental del Caribe y Pacífico colombiano. Fuente: INVEMAR (2014).

Región	Departamento	# Playas	Km
Caribe	Archipiélago de SAI	6	6.37
	La Guajira	41	104.65
	Magdalena	50	101.44
	Atlántico	10	12.6
	Bolívar	26	29.57
	Sucre	10	26.19
	Córdoba	14	50.11
	Antioquia	16	48.33
Pacífico	Chocó	17	27.99
	Chocó	53	242.77
	Valle del cauca	14	77.78
	Cauca	16	50.86
	Nariño	24	86.9

Esta **tabla 1** destaca las diferencias en la distribución y extensión de las playas entre ambas regiones, lo que subraya la necesidad de un enfoque diferenciado para el monitoreo de la basura marina, adaptado a las características particulares de cada área.

Contaminación ambiental en Colombia

La contaminación ambiental sigue siendo un problema crítico en ambas costas de Colombia, agravado por la gestión inadecuada de los residuos generados por actividades humanas. Las principales fuentes de contaminación incluyen los desechos provenientes de los municipios costeros, los residuos transportados por los ríos desde las cuencas altas y las actividades marítimas como la pesca, el turismo y el transporte. En los últimos años, también se ha identificado el impacto creciente de los plásticos y microplásticos, que representan una amenaza significativa para la salud de los ecosistemas costeros y marinos, afectando tanto a la biodiversidad como a las comunidades humanas que dependen de estos recursos (UNEP, 2021).

Colombia cuenta con una división político-administrativa que abarca 12 departamentos en su costa continental e insular. En la región Caribe se agrupan ocho departamentos que incluyen 47 municipios costeros, mientras que, en la región del Pacífico, cuatro departamentos comprenden 16 municipios costeros. Según las proyecciones más recientes, la población en los departamentos costeros asciende a aproximadamente 7 millones de habitantes, con una distribución desigual entre las dos regiones (DANE, 2022). En la región Caribe se concentra el 85% de esta población, particularmente en ciudades como Barranquilla, Cartagena y Santa Marta, donde el rápido crecimiento urbano e industrial genera una mayor presión sobre los ecosistemas. En contraste, la región Pacífica alberga al 15% de la población, siendo Buenaventura y Tumaco las principales ciudades costeras, que enfrentan desafíos relacionados con una infraestructura limitada para la gestión de residuos.

Este desequilibrio poblacional, junto con las diferencias en el desarrollo urbano, industrial y en la gestión de residuos, contribuye a las variaciones en los niveles de contaminación ambiental en cada costa. La región Caribe, con su alta densidad poblacional y actividad económica, experimenta una mayor presión ambiental, mientras que la región Pacífica, aunque menos poblada, enfrenta problemas derivados de la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento y disposición de residuos (INVEMAR, 2023). Estos factores exigen enfoques diferenciados y coordinados para abordar la contaminación en ambas regiones.

1.3 CONTEXTO DE LAS FASES DEL MONITOREO DE BASURA MARINA Y MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS ARENOSAS

Es importante destacar que aunque esta guía se estructura en cuatro capítulos, el monitoreo de basura marina y microplásticos en playas arenosas se lleva a cabo en tres fases: **1) Diseño y planificación, 2) Implementación del muestreo, y 3) Procesamiento, análisis y difusión de resultados**, que corresponden a los capítulos Despegar, Explorar y Divulgar, respectivamente (**Figura 11**). Cabe destacar que el primer capítulo “**Antes de iniciar**” es de carácter contextual; aunque es necesario para enmarcar el proceso, no forma parte directa del muestreo.



Figura 11. Fases del monitoreo de basura marina y microplásticos en playas arenosas.

FASES Y PASOS



Figura 12. Fases para la implementación del monitoreo de basuras marinas en playas arenosas de Colombia. Fuente: elaboración propia.



DESPEGAR

En esta fase se establecen los objetivos del monitoreo, se seleccionan las playas a estudiar y los métodos de muestreo. También se determinan los recursos necesarios, como el equipo, personal y tiempo. Es fundamental definir la frecuencia y duración del monitoreo, y se deben seguir protocolos estandarizados para garantizar la comparabilidad de los datos.



FASE 1. DISEÑO Y PLANIFICACIÓN

El diseño del monitoreo en el contexto de la basura marina y los microplásticos es crucial para establecer un enfoque claro y sistemático que permita la recolección de datos útiles para la conservación y la gestión ambiental. Un buen diseño de monitoreo no solo ayuda a identificar la magnitud y distribución de los residuos, sino que también proporciona la base para evaluar las tendencias a lo largo del tiempo y la eficacia de las intervenciones de reducción de basura.

El **diseño y la planificación** comienza con la **definición del objetivo y alcance** del monitoreo, garantizando que sea específico, medible, alcanzable, relevante y acotado a un periodo de tiempo (SMART). Es esencial establecer indicadores claros que permitan evaluar la cantidad, tipo y distribución de la basura marina y microplásticos. Seguidamente, se determina el **área geográfica de monitoreo**, teniendo en cuenta la representatividad de las playas seleccionadas y la influencia de factores externos como corrientes marinas y actividades humanas. Se seleccionan las **herramientas y métodos de recolección**, basados en estándares internacionales o nacionales, así como las técnicas de análisis de datos que aseguren precisión y confiabilidad en los resultados. Finalmente, se planifican las estrategias de **difusión de los resultados**, priorizando la claridad y accesibilidad para diferentes audiencias, desde científicos hasta la comunidad local. Todo esto se enmarca en las **consideraciones generales del monitoreo**, como la periodicidad del muestreo, las condiciones ambientales y los recursos disponibles.

Paso 1. Objetivo monitoreo

El primer paso es definir los objetivos del monitoreo. Estos pueden variar de acuerdo a lo que se pretende lograr, desde la evaluación de la cantidad y composición de basura marina, hasta el análisis del impacto en la fauna, o la identificación de fuentes predominantes de contaminación.



Figura 13. Etapas del diseño y planificación del monitoreo participativo.

Para definir objetivos se recomienda utilizar el enfoque de la metodología SMART (Figura 14) que se refiere a las siguientes características:

1. Específico (Specific): el objetivo debe ser claro y detallado, definido con precisión para que todos comprendan su propósito y alcance.

2. Medible (Measurable): debe ser posible cuantificar o medir el progreso hacia la consecución del objetivo. Esto permite evaluar de manera objetiva si se ha logrado o no.

3. Alcanzable (Achievable): el objetivo debe ser realista y factible, teniendo en cuenta los recursos, el tiempo y las limitaciones para asegurarse de que sea posible cumplirlo.

4. Relevante (Relevant): el objetivo debe estar relacionado con los resultados deseados y contribuir al propósito general. Debe ser relevante para la visión y las metas más amplias.

5. Temporal (Time-bound): debe establecerse un plazo o una fecha límite para lograr el objetivo. Esto ayuda a mantener el enfoque y a establecer un sentido de urgencia.

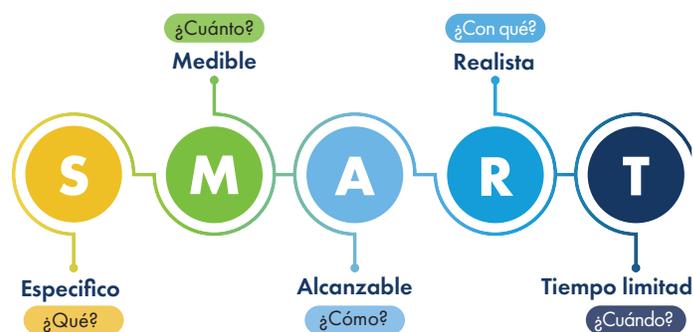


Figura 14. Modelo SMART para definir objetivos inteligentes. Acrónimo del inglés para explicar las características básicas de los objetivos SMART.

Si en la definición del objetivo se puede dar respuesta a las siguientes preguntas ¿cuál es el plan de acción?, ¿tenemos los recursos y las capacidades para alcanzar el objetivo?, ¿qué es lo que falta? se tiene un objetivo SMART bien diseñado.

Paso 2. Definición del alcance de monitoreo de basura marina y microplásticos

El principal objetivo del monitoreo de basura marina y microplásticos es recolectar datos confiables sobre la contaminación en las playas arenosas de Colombia. Esta información es clave para comprender el problema y desarrollar estrategias de prevención y mitigación. Sin embargo, para que los datos sean realmente útiles, el monitoreo debe adaptarse a las características y necesidades específicas de cada playa, así como a los desafíos ambientales, sociales y económicos locales.

El éxito del monitoreo depende de que los datos reflejen con precisión el nivel de contaminación, contribuyendo a una mejor gestión ambiental. Para definir su alcance, se deben considerar los siguientes aspectos:

Pertinencia: el monitoreo debe ajustarse a las condiciones particulares de la playa, considerando factores socioculturales, económicos y ambientales. Los indicadores deben ser útiles para abordar los problemas específicos del lugar.

Impacto: los datos recolectados deben ayudar a cumplir los objetivos ambientales locales, y ser útiles para la formulación de políticas públicas y planes de manejo que reduzcan la contaminación por basura marina.

Viabilidad económica: es necesario garantizar financiamiento continuo, ya sea público, privado o internacional, para asegurar la sostenibilidad del monitoreo a largo plazo.

Capacidad técnica: el monitoreo debe contar con recursos adecuados: personal capacitado, herramientas tecnológicas y participación comunitaria. Esto asegura que los datos sean precisos y útiles para la toma de decisiones.

Además, el monitoreo debe ser flexible para adaptarse a los cambios en el ecosistema costero y las dinámicas sociales, garantizando su relevancia a lo largo del tiempo.

Por último, debe tener un enfoque participativo, que involucre a comunidades locales, autoridades, ONG y el sector privado, enriquece el proceso y fomenta la corresponsabilidad en la gestión de la contaminación, logrando soluciones inclusivas y sostenibles.

Paso 3. Selección y caracterización de la playa y sus sitios de muestreo

Este paso implica primero la selección de la playa o playas que serán objeto del monitoreo, tomando en cuenta factores como la accesibilidad, el grado de exposición a la contaminación marina y la representatividad del área en función de los objetivos del estudio.

Una vez seleccionada la playa, se procede a la identificación de los sitios de muestreo dentro de la misma, considerando las características del terreno, las corrientes marinas y las zonas de mayor acumulación de residuos. Paralelamente, se realiza un reconocimiento y caracterización inicial de la playa, donde se evalúan aspectos físicos y ambientales, como la topografía, el tipo de sedimento, la vegetación circundante y el uso del espacio (turístico, pesquero, etc.), para obtener un diagnóstico que guiará el monitoreo y análisis posteriores.

Para seleccionar la playa se recomienda tener en cuenta los criterios para el monitoreo de la basura marina y microplásticos que se muestran en la **figura 15**.

Determinación del número de muestras a tomar en playas para el monitoreo

Una vez seleccionada la playa a monitorear, se procede con la determinación del número de muestras a tomar, la cual dependerá del tamaño de la playa evaluada, como se muestra a continuación:

La fórmula para calcular el número de muestras en una playa es:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1-p)}{E^2 * (N-1) + Z^2 * p * (1-p)}$$

Donde:

- **n:** cantidad de muestras.
- **N:** número total de tramos posibles.
- **Z:** valor Z correspondiente al nivel de confianza deseado.
- **p:** proporción de la playa que se espera tenga residuos.
- **E:** margen de error aceptable.



Figura 15. Criterios mínimos a tener en cuenta para la selección de la playa arenosa a monitorear. Fuente: elaboración propia.

Variables

N: número total de tramos posibles

- Número total de posibles tramos de muestreo.
- Ejemplo: Para una playa de 600 metros con tramos de 100 metros, $N=600/100 = 6$

Z: valor Z para el nivel de confianza

- Para un nivel de confianza del 75%, $Z \approx 1.15Z$

p: proporción esperada de la playa que se espera tenga residuos

- Se determinó en 0.5, dado que es el valor que representa la máxima variabilidad.

E: margen de error

- Representa el rango de error aceptable en los resultados de la muestra.
- Se determinó el margen de error aceptable a un nivel del 25%

La fórmula contiene variables fijas como Z, p y E, cuyos valores han sido establecidos a partir de muestreos previos en playas de Santa Marta, Colombia. Las variables fijas reflejan la realidad del entorno estudiado y permiten aplicar la fórmula con confianza en playas similares.

Ejemplo

Ejemplo 1: Playa de 600 metros

1. Definir el número de muestras:

$$n = \frac{600}{100} = 6$$

3. Valores:

- $Z=1.15$
- $P=0.5$
- $E= 0.25$

4. Aplicar la fórmula:

$$n = \frac{6 * (1.15)^2 * 0.5 * (1-0.5)}{(0.25)^2 * (6-1) + (1.15)^2 * 0.5 * (1-0.5)} = 3.08 \Rightarrow n = 3$$

5. Distribución de las muestras:

$$Dm = \frac{N}{n}$$

Cada 200 metros: $600/3=200$

De manera general, la fórmula es adecuada para tramos de playa mayores a un kilómetro. En el caso de playas con una longitud inferior a un kilómetro, se recomienda tomar una sola muestra. Por otro lado, cuando se trata de grandes extensiones de playa, la ecuación tiende a la toma de tres (3) muestras, lo que garantiza la representatividad de los datos. Por tanto, para superficies amplias, se sugiere establecer el número de muestras en tres (3), asegurando así una adecuada cobertura y precisión en el análisis de la playa.

Paso 4. Identificación de actores y coordinación del monitoreo

En esta etapa del proceso, es de gran relevancia la identificación de los actores que puedan generar algún aporte al proceso, dicha metodología de identificación de actores permite la evaluación de cada uno de ellos, el grado de influencia, la priorización en el desarrollo del monitoreo y su impacto en el proyecto.

Cada uno de los actores identificados tienen un rol específico en el monitoreo y podrán participar en las diferentes etapas desde la planificación hasta la ejecución y el análisis de los resultados. Se recomienda incluir entre en el análisis autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas, empresas privadas y comunidad en general.

La metodología propuesta se fundamenta en una plantilla programable en Excel, que permite al evaluador ingresar valores numéricos en variables previamente definidas, como la influencia y la posición de los actores. Una vez introducidos estos datos, la plantilla genera una representación gráfica que muestra el nivel de poder que cada actor tiene dentro del proyecto. Además, incluye variables cualitativas y descriptivas que proporcionan un análisis más detallado de cada actor.

El objetivo de esta herramienta es mapear y clasificar la relevancia de las diferentes partes interesadas, involucradas o potencialmente involucradas, en la prevención y mitigación de la basura marina, así como en la promoción de la Economía Circular. En términos generales, se deben considerar todas las partes interesadas que puedan ser impactadas o que puedan influir en el proyecto, aquellas

que puedan brindar apoyo (ya sea en forma de conocimiento especializado, recursos financieros, mano de obra, respaldo político, entre otros), así como aquellas que sean esenciales para su ejecución o que participen en la gestión de residuos sólidos dentro del área del proyecto.

Esta herramienta de Excel se organiza en seis hojas que incluyen una descripción general de la metodología, instrucciones de uso, un ejemplo ilustrativo, y tres secciones dedicadas al desarrollo metodológico. Es fácil de usar y altamente adaptable, permitiendo la categorización de las partes interesadas según sus características específicas, e incorporando múltiples matrices de Mendelow para una interpretación más detallada.

El usuario debe seguir los siguientes pasos:

- Introducir los actores clave en la columna C de la hoja P11 (Partes Interesadas).
- Asignar una calificación basada en el poder e interés en la columna D de la hoja P11.
- Registrar el poder de influencia en el proceso en la columna E de la hoja P11.

Es crucial reconocer que los actores varían en su nivel de poder e influencia dependiendo del tema o el objeto de análisis. Por esta razón, el usuario debe especificar el tema en la celda de la fila 2 de la hoja de P11 para asegurar una correcta interpretación en consultas futuras. Por ejemplo, si se trata de la elaboración de un muestreo de una playa turística, las calificaciones deben reflejar la relevancia de los actores en este contexto; sin embargo, si se aborda un muestreo de una playa no turística con desembocadura de un río, las calificaciones podrían cambiar, ya que los actores relevantes también pueden variar.

El archivo de trabajo puede ampliarse con nuevas pestañas según sea necesario, y cada vez que se aborde un nuevo tema, este debe indicarse claramente al inicio de la hoja.

Los resultados de las calificaciones ingresadas en la hoja de trabajo se reflejan en una matriz de poder/interés de Mendelow, donde el eje X representa el nivel de interés de las partes interesadas, y el eje Y su nivel de poder. Cuanto más cerca estén del punto de intersección de ambos ejes, menor será su nivel de interés y poder; a medida que se alejan del centro, su relevancia en el proyecto aumenta.

La interpretación de los resultados según los cuadrantes es la siguiente:

Cuadrante A: las partes interesadas aquí tienen bajo interés y bajo poder, por lo que no se recomienda enfocar esfuerzos en ellas.

Cuadrante B: estas partes interesadas tienen alto interés, pero bajo poder. Deben mantenerse informadas, ya que podrían involucrarse más activamente en el futuro.

Cuadrante C: con alto poder, pero bajo interés, es crucial involucrar a estas partes interesadas y garantizar su satisfacción con el proceso.

Cuadrante D: estas son las partes interesadas más influyentes y con mayor interés, por lo que su participación debe ser constante, y sus aportes y decisiones deben considerarse prioritarios.

El gráfico adjunto proporciona una visualización de cómo deben interpretarse estos resultados, permitiendo una mejor toma de decisiones en cuanto al manejo de las partes interesadas en cada proyecto.

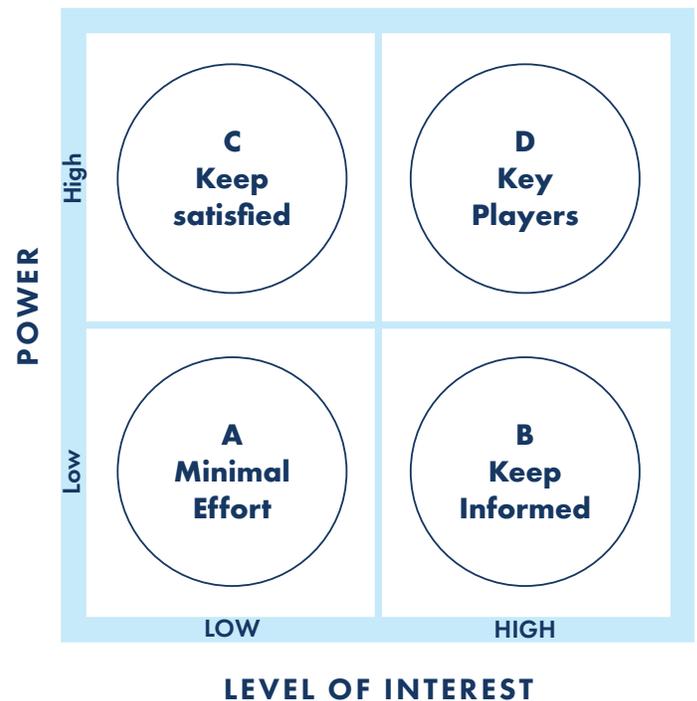


Gráfico 1. Matriz de poder/interés de Mendelow

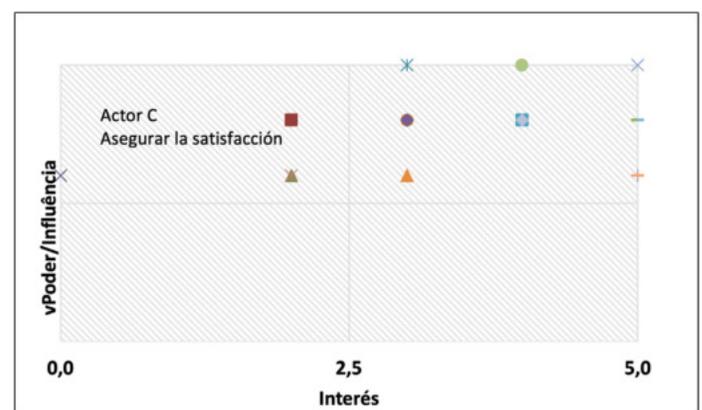


Gráfico 2. Matriz de poder/interés de Mendelow, gráfico de resultados.

Para la clasificación de los actores por grado de importancia e interés se deberá aplicar la siguiente escala la cual será evaluada a partir de un grupo interdisciplinario que permita un análisis exhaustivo del rol real del actor y determinar el grado de participación de cada uno de ellos en el muestreo.

Interés:	Calificación	Influencia	Calificación
Bajo interés	1	Influencia nula	0
Medianamente interesado	2	Influencia baja	1
Interesado	3	Influencia media	2
Muy interesado	4	Influencia moderada	3
Altamente interesado	5	Mucha influencia, pero no indispensable	4
		Influencia alta y alineación con sus metas	5

Tabla 2. Escala de clasificación de actores

Es importante mencionar que posterior a la aplicación de la metodología, es indispensable establecer las estrategias de involucramiento de cada uno de los actores, identificados, además, es necesario coordinar las fechas de muestreo, definir la logística requerida y asignar roles a los distintos actores. Esto incluye la identificación de contribuciones económicas o en especie de cada parte, como la provisión de equipos, transporte o personal.

Determinación de funciones y roles

Se debe establecer el papel que cada uno de los actores identificados puede asumir en las distintas fases y tareas del monitoreo de basura marina y microplásticos, que incluyen la planificación, la implementación, el análisis y la difusión, para asegurar una colaboración efectiva y una distribución equitativa de las responsabilidades. Se recomienda asignar como mínimo los siguientes roles a los actores involucrados (**Figura 16**).

Paso 5. Métodos de muestreo

Una vez que se han establecido todos los elementos necesarios en las etapas iniciales de la planificación del monitoreo, se presentan dos enfoques, sistemático y sistemático participativo, para la creación del sistema de monitoreo. Estos enfoques se adaptarán según los objetivos establecidos, con el propósito de recolectar y analizar la basura marina en playas de arena específicas. Este proceso contribuirá significativamente a asegurar una cobertura integral de la playa, tomando en consideración las tres zonas (activa, de transición y en reposo) definidas en la normativa colombiana (ICONTEC, 2007)

Tanto para el método sistemático como para el participativo debe de realizarse una delimitación inicial de un transecto paralelo a la línea de la costa con una longitud de 100 metros, que cubrirá todo

Coordinador regional o local del monitoreo:
Encargado de identificar y acercar los actores. Además, de coordinar y supervisar los recursos para las actividades de campo, así como recopilar y reportar los datos de basura obtenidos al coordinador general del programa.



Enlace con actores:
Es quien realiza las convocatorias y facilita el enlace y comunicación con otros actores clave.



Coordinador de logística:
Responsable de apoyar en la organización logística necesaria para llevar a cabo las actividades de campo, como transporte, alojamiento, alimentación o refrigerios para los participantes. Atento a verificar las condiciones de seguridad en la zona a estudiar.



Coordinador de campo:
Es el responsable de coordinar las actividades técnicas de campo, supervisar la toma de datos y asegurar la calidad de estos.



Equipo técnico de monitoreo:
Es el encargado de recolectar las muestras de basura y registrar los datos de campo según la metodología establecida, en coordinación con los voluntarios de trabajo de campo.



Análisis de laboratorio:
Es el responsable de recibir y analizar las mesomuestras y microplásticos de las muestras de basura colectadas en las playas siguiendo la guía metodológica.



Figura 16. Roles que se recomiendan asignar a los actores claves que participarán en las actividades de monitoreo de basuras marinas en las playas arenosas colombianas. Fuente: elaboración propia.

el ancho de la playa arenosa, desde la línea de marea baja (zona activa) hasta el inicio de las dunas, vegetación o construcciones (zona de transición) dependiendo de cada sitio de muestreo.

Método sistemático

Este método se recomienda cuando el personal disponible es reducido (menos de 10 personas), con el objetivo de garantizar una cobertura completa en un tiempo razonable y evitar que el proceso de muestreo se vuelva excesivamente complejo y agotador para el equipo. Es ideal para llevar a cabo monitoreos con una periodicidad definida durante un periodo de tiempo establecido, facilitando la recolección eficiente de datos sin sobrecargar a los participantes.



Fotografía 10. Recolección de basuras marinas con el método sistemático

En este método los 100 metros delimitados inicialmente, se deben dividir en 10 sub-transectos perpendiculares a la línea de la costa, de 10 metros de longitud cada uno (**Ver figura 17**).

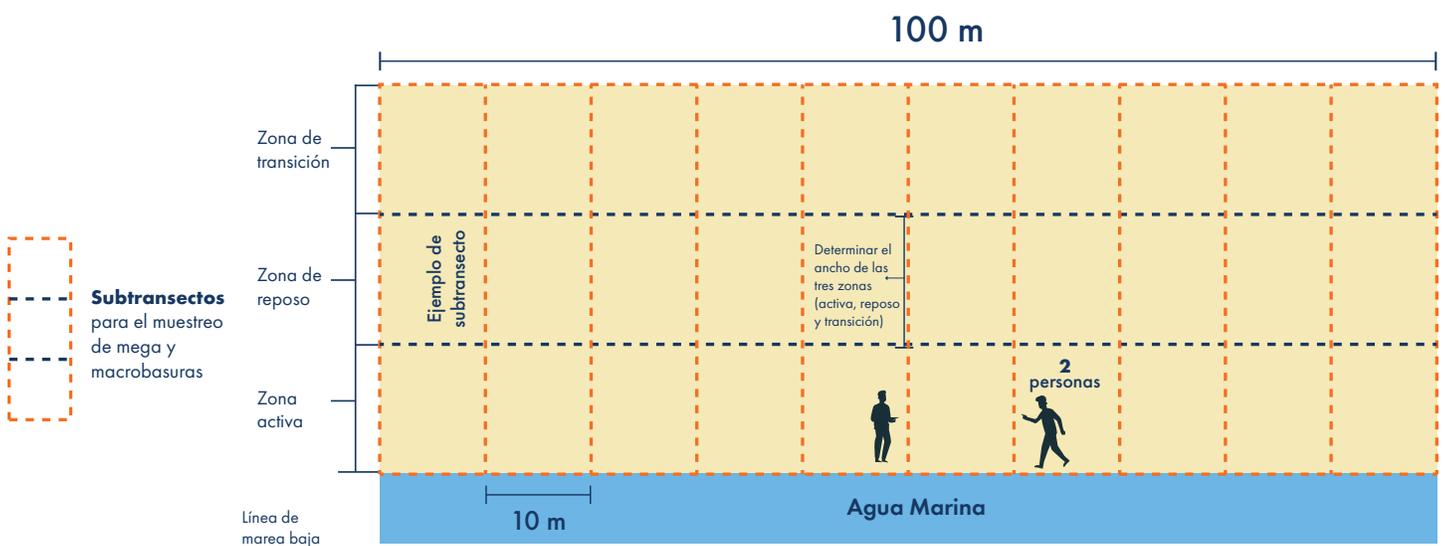


Figura 17. Esquema del método sistemático de basuras marinas en playas arenosas colombianas.

El número mínimo de sub-transectos que se deben muestrear son tres (3) para asegurar que los resultados del muestreo en una playa sean comparables y representativos. Este número permite obtener una muestra que refleje de manera más precisa la variabilidad de los residuos o características de la playa, facilitando comparaciones confiables y una evaluación más completa del área estudiada. Los subtransectos deben seleccionarse de manera aleatoria y se recomienda asignar un equipo de mínimo dos (2) personas por sub-transecto a monitorear.

Una vez seleccionado el número y ubicación de los subtransectos, se procede a identificar las tres zonas (activa, reposo y transición) donde se debe hacer el muestreo de las mega y macrobasuras.

Se debe medir el ancho total de la playa, así como el de cada una de las zonas correspondientes a los subtransectos seleccionados para el muestreo. Para delimitar el área de estudio, es necesario colocar una estaca en cada extremo de las zonas o subtransectos. Esta área puede ser delimitada utilizando una cuerda amarrada entre las estacas (**Fotografía 11**).



Fotografía 11. Delimitación del área a muestrear

Para el muestreo de mesobasuras y microplásticos por el método sistemático, en cada zona (activa, reposo y transición) de cada uno los subtransectos seleccionados para muestrear, se debe delimitar de manera aleatoria un cuadrante de 50 x 50 cm (**Figura 18**).

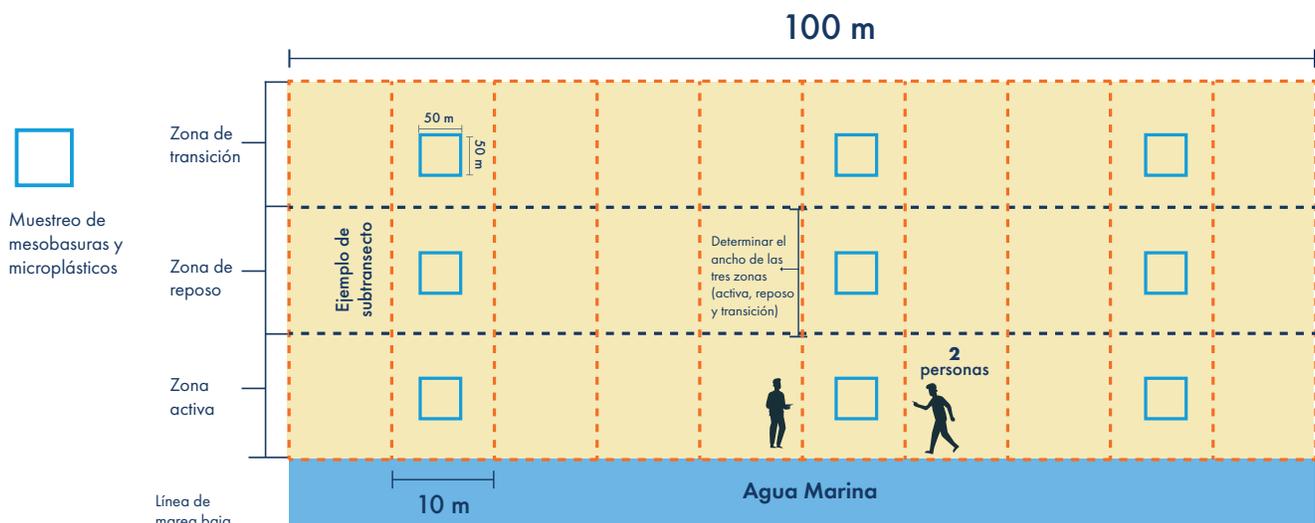


Figura 18. Delimitación para recolección de microplásticos por el método sistemático

Método sistemático con enfoque participativo

Este método se recomienda cuando el número de participantes es amplio (10 personas o más) y existe la posibilidad de involucrar a un mayor número de personas en el proceso. Se enfoca en la participación activa de los individuos, asignándoles tareas específicas dentro de un esquema estructurado de muestreo. Este enfoque permite una mayor cobertura de la playa o área de estudio, mejora la recolección de datos y fomenta la colaboración comunitaria o entre equipos. Es ideal para actividades de monitoreo que involucren voluntarios o grupos grandes.



Fotografía 12. Recolección de basuras marinas con el método sistemático participativo

Una vez delimitados los 100 metros de playa a muestrear, se procede a identificar las tres zonas de muestreo: zona activa, zona de reposo y zona de transición, donde se recolectarán datos sobre mega y macrobasuras (**Figura 19**).

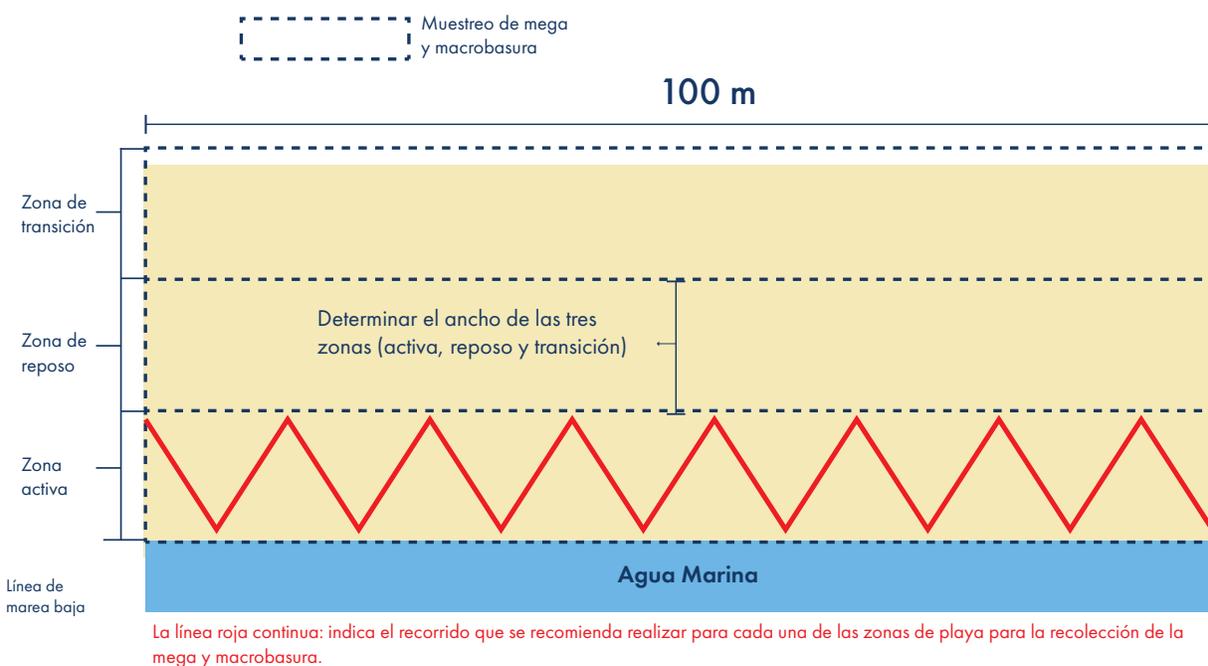


Figura 19. Esquema del método sistemático con enfoque participativo de basuras marinas en playas arenosas colombianas.

Es fundamental medir el ancho total de la playa, así como el de cada una de estas zonas, para determinar el área exacta que se muestreará y asegurar que los datos recolectados sean representativos del entorno.

Para determinar el área de muestreo, se debe colocar una estaca en los extremos de cada zona. Posteriormente, el área puede delimitarse utilizando una cuerda atada a las estacas, asegurando que el equipo de trabajo pueda identificar claramente los límites y concentrar sus esfuerzos dentro de estas áreas específicas.

Para el muestreo de mesobasuras y microplásticos por el método sistemático participativo, en cada zona (activa, reposo y transición), se debe delimitar de manera aleatoria mínimo 3 cuadrantes de 50 x 50 cm (Figura 20). Este diseño de muestreo permitirá una cobertura completa y la detección de patrones de distribución de los microplásticos en la playa y asociarlo con las posibles fuentes de contaminación, o actividades que se realizan en cada zona.

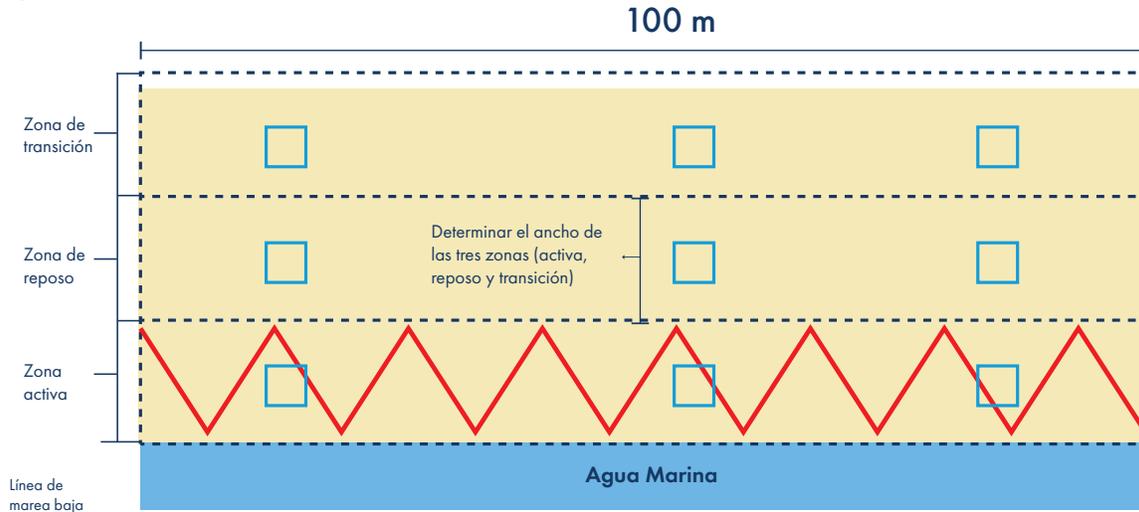


Figura 20. Delimitación para recolección de microplásticos y mesobasuras por el método sistemático participativo

Paso 6. Determinación de variables a medir

A la hora de realizar la caracterización de residuos en playas, es fundamental registrar diferentes variables según el tipo de basura para un análisis más detallado y preciso.

- Para megabasura y macrobasura, se deben registrar la composición, las formas, y cuando sea posible, las marcas, además del número total de residuos clasificados según su tamaño.
- En cuanto a microplásticos y mesobasura, la caracterización debe realizarse en el laboratorio, registrando variables como las formas, el color y el tipo de polímero.

En la imagen que se presenta a continuación, se describen las variables clave a tener en cuenta:



Figura 21. Variables que se recomiendan medir en el monitoreo de basuras marinas en playas arenosas. Fuente: elaboración propia.

Paso 7. Capacitación del personal

Antes de realizar el muestreo de basura marina en playas arenosas, es esencial que el personal reciba una capacitación teórica adecuada. Esta preparación previa no solo mejora la comprensión del proceso, sino que también garantiza la calidad y consistencia de los datos que se recopilan.

La capacitación teórica debe incluir los siguientes temas:

- **Conceptos básicos de basura marina:** definición, tipos y fuentes.
- **Clasificación de residuos marinos:** diferenciación entre macrobasura, microplásticos y otros tipos de residuos.
- **Métodos de muestreo:** descripción de las técnicas empleadas para la recolección y el registro de los residuos en las playas, explicando cómo aplicar los protocolos de muestreo de manera estandarizada.
- **Proceso de monitoreo:** explicación del ciclo de monitoreo, desde la planificación y preparación, hasta la recolección de datos, procesamiento de la información y análisis de resultados.



Fotografía 13. Capacitaciones del personal



Fotografías 14. Capacitaciones del personal

Las actividades prácticas y operativas, como la recolección e identificación de residuos, se explicarán en el campo el mismo día del muestreo, junto con recomendaciones e instrucciones precisas antes de iniciar el trabajo (**fotografía 15 y 16**).



Fotografía 15. Recomendaciones e instrucciones antes de iniciar el muestreo

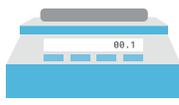


Fotografía 16. Recomendaciones e instrucciones antes de iniciar el muestreo

Paso 8. Preparación de materiales y recursos necesarios

Para realizar un monitoreo exitoso, es fundamental elaborar un listado de los materiales básicos necesarios para llevar a cabo el muestreo puntual o el monitoreo de residuos marinos en las playas arenosas seleccionadas. En la **figura 22** se presenta una lista de verificación de referencia con los materiales requeridos para la recolección de muestras, el análisis de residuos marinos y microplásticos, y su caracterización en playas arenosas de Colombia. Asimismo, en las **Figuras 23 y 24** se proporcionan los rotuladores específicos para clasificar las macrobasuras y los microplásticos, respectivamente.

Figura 22. Listado de materiales necesarios para la recolección de muestras, análisis de laboratorio y caracterización de basuras marinas en playas arenosas colombianas. elaboración propia.

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL E HIDRATACIÓN					
 Gorra	 Guantes anticorte o guantes de nitrilo	 Lentes de sol	 Zapatos cerrados	 Bloqueador solar	 Refrigerio o hidratación
ELEMENTOS PARA RECOPIRAR INFORMACIÓN					
		<ul style="list-style-type: none"> • GPS para registrar las coordenadas del área (idealmente). En caso de no tener GPS, tomar fotografía con fecha y hora, que permita asociarla en una herramienta de visualización geográfica. • Cámara fotográfica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formatos de caracterización de la playa. • Formatos de recolección de datos (tabla de campo). • Lápiz para tomar nota. 		
ELEMENTOS PARA EL MUESTREO					
Para mega y macrobasuras	Microplásticos				
<ul style="list-style-type: none"> • Cinta métrica para establecer el transecto. • Estacas y cuerdas para delimitar el área de muestreo. • Costales para depositar la basura encontrada. • Vehículo para trasladar las basuras (carreta). • Palo de recolección (opcional). 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadrante de madera de 50x50 cm para delimitar el área de muestreo. • Regla o cinta métrica. • Pala metálica para recoger la arena. • Tamices con mallas 25, 5 y 1 mm. • Frascos de vidrio, aluminio o recipientes de madera con capacidades de al menos 12.5 L para depositar las muestras. • Marcadores y rotuladores de muestras. 				
ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LABORATORIO Y LA CARACTERIZACIÓN DE LAS BASURAS					
Para mega y macrobasuras	Para meso y microbasuras				
 <ul style="list-style-type: none"> • Báscula con capacidad de más de 100 kg. • Cinta métrica para medir el tamaño de las basuras. • Planilla portapapeles. • Formatos de registro de datos de los tipos de basuras. • Mesa y sillas. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada filtrada y frasco lavador. • Sal común (NaCl) para preparar la solución hipersalina. • Vasos precipitados de 600 o 1000 ml. • Cajas de Petri de vidrio. • Pinzas de punta ultrafina. • Estereoscopio o lupa. • Bata de laboratorio de algodón. 				

Muestras de macrobasura y megabasura



Fecha: _____ Hora: _____ Ciudad: _____ País: _____

Nombre de la playa: _____

Nombre completo de la muestra(Código): _____

Método: Sistemático _____ Subtransecto #: _____ Sistemático participativo _____

Zona: Activa _____ Reposo _____ Transición _____ Número de participantes: _____

Nombre de quien recoge: _____ Observaciones: _____

Nombre de quien entrega: _____

Nombre de quien recibe: _____

Coordenadas:

	Latitud (N)	Longitud(W)	Latitud (N)	Longitud(W)
Inicio()	_____	_____	_____	_____
FinalZ()	_____	_____	_____	_____

Figura 23. Rótulos para muestras de macrobasura

Muestra de microplásticos



Fecha: _____ Hora: _____ Ciudad: _____ País: _____

Nombre de la playa: _____

Nombre completo de la muestra(Código): _____

Método: Sistemático _____ Subtransecto #: _____ Sistemático participativo _____

Zona: Activa _____ Reposo _____ Transición _____ Número de participantes: _____

Nombre de quien recoge: _____ Observaciones: _____

Nombre de quien entrega: _____

Nombre de quien recibe: _____

Coordenadas: Latitud (N) _____ Longitud (W) _____

Figura 24. Rótulos para muestras de microplásticos - Nota: Los rótulos de las muestras están en el apéndice de la guía.

Paso 9. Determinación de la frecuencia del monitoreo

Desde la fase de planificación, es fundamental definir la frecuencia del monitoreo, teniendo en cuenta factores como las condiciones climáticas y las actividades humanas, como el turismo, en la playa o sus alrededores. Dado el impacto del turismo en estos ecosistemas, se recomienda realizar muestreos en temporadas con diferente afluencia turística (alta y baja), así como a diferentes horas del día (mañana, mediodía y tarde), para identificar patrones o tendencias. También es importante considerar los períodos climáticos específicos en cada región, como las épocas de lluvias y sequías en el Pacífico y el Caribe. Esta información ayudará a documentar los cambios en la cantidad de residuos en la playa bajo estas condiciones variables.

El número mínimo de muestreos y su frecuencia deberá definirse según el objetivo y el alcance del programa de monitoreo. Además, es importante tener en cuenta que la frecuencia de los muestreos puede depender de la capacidad operativa del equipo encargado, los recursos económicos disponibles, y la colaboración entre los distintos grupos de interés involucrados.



EXPLORAR

En esta fase se ejecutan las actividades de campo, que incluyen la recolección de muestras de basura y microplásticos en las playas seleccionadas. Se procede a la caracterización, conteo y pesaje de los residuos más grandes, como macro y megabasuras, para evaluar su composición y volumen. Paralelamente, se recogen muestras de sedimento para el procesamiento y análisis de microplásticos en el laboratorio, donde se identifican y cuantifican mediante técnicas especializadas.



FASE 2. IMPLEMENTACIÓN DEL MUESTREO

Paso 1. Recolección de las mega y macrobasuras

Antes y después de recolectar las muestras de basura marina, es importante realizar un registro fotográfico completo de la playa desde diferentes ángulos para documentar su estado inicial y final. Adicionalmente, se deben tomar las coordenadas en cada esquina del inicio y el final de la zona activa, el final de la zona de reposo y el final de la zona de transición como se indica en los puntos rojos de la **Figura 25**, para el caso del método sistemático este procedimiento se debe hacer en cada uno de los subtramos elegidos para muestrear.



Figura 25. Ubicación para toma de coordenadas

La toma de coordenadas permite garantizar que los muestreos en una playa específica se realicen siempre en el mismo transecto delimitado inicialmente, lo cual es fundamental para el monitoreo. Esta consistencia en los puntos de muestreo a lo largo del tiempo es crucial para la comparación de datos y el análisis de resultados.

El sistema de referencia para registrar las coordenadas debe ser el de coordenadas geográficas en formato decimal. Por ejemplo: longitud (-74.219236) y latitud (11.236411).

Durante el muestreo de mega y macrobasura se pueden recolectar manualmente los elementos visibles que tengan un tamaño superior a 2,5 cm en la superficie de la arena de la playa. Para esto, es importante usar siempre los elementos de protección personal adecuados y evitar recolectar objetos peligrosos, como elementos cortantes o que puedan causar infecciones, como frascos rotos, agujas de jeringa, pañales y toallas sanitarias (**Fotografías 17, 18 y 19**), y objetos de gran tamaño o peso, como colchones o electrodomésticos (**Fotografías 20 y 21**). Estos elementos deben registrarse, medir o estimar sus dimensiones, fotografiarse y dejarse en su lugar original.



Fotografías 17. Objetos peligrosos



Fotografía 18. Objetos peligrosos



Fotografía 19. Objetos peligrosos



Fotografía 20. *Objetos peligrosos*

Para la recolección y almacenamiento de las basuras evidenciadas en el área delimitada para el muestreo, se debe contar con costales o bolsas debidamente rotuladas ([ver rótulos en la pag 41](#)) con la información de la zona a la que pertenece y el método que se está implementando.

El tiempo recomendado para la recolección de residuos en el método sistemático es de un máximo de 5 minutos por zona en cada subtrayecto, mientras que para el método sistemático participativo es de 20 minutos por zona. Sin embargo, es importante aclarar que, si la recolección de residuos finaliza antes de agotar el tiempo asignado, se puede proceder a recolectar en la siguiente zona.

Para maximizar la eficacia del muestreo, se sugiere dividir al equipo de trabajo en subgrupos conformados por al menos dos personas; una encargada de la recolección de la basura y otra que será el líder encargado de coordinar el subgrupo y reportar las diferentes novedades, tales como la basura que no se puede recolectar, realizar la toma de las fotografías de la misma y llevar el control del tiempo. Esta organización previa permite recolectar simultáneamente la basura.

Para garantizar que el muestreo se realice de una manera eficiente y las muestras sean más representativas, se presentan las siguientes recomendaciones para cada uno de los métodos:

Método Sistemático: se deben formar tantos equipos como subtrayectos priorizados para el muestreo, en función del número de personas disponibles. Por ejemplo, si se seleccionan 2 subtrayectos, será necesario conformar dos equipos de trabajo.

Cada subtrayecto estará dividido en tres zonas: activa, reposo y transición. Los responsables de la recolección deberán recorrer toda el área de cada una de estas zonas, asegurándose de recoger la basura identificada en cada una de ellas de manera exhaustiva.

Método Sistemático con enfoque participativo: el equipo de muestreo se divide en tres subgrupos, asignando al menos cuatro



Fotografía 21. *Objetos peligrosos*

personas a cada una de las tres zonas del trayecto: activa, reposo y transición. En cada subgrupo, una persona será responsable de tomar notas, mientras que las otras tres se dedicarán a recoger la basura. Los encargados de la recolección recorrerán la zona de muestreo en un patrón zigzag, comenzando desde un extremo del trayecto, para asegurar que se cubra la totalidad del área de manera eficiente.

Nota: se recomienda que, si la playa presenta poca contaminación, se realice el muestreo en toda el área completa de cada zona para obtener una muestra más representativa.

Paso 2. Recolección de los microplásticos y mesobasuras

Para el muestreo de microplásticos y mesobasuras, se recomienda recolectar **5 cm** de la superficie de la arena empleando cuadrantes de madera de **50 cm x 50 cm** y una pala metálica (**Fotografía 22**). Para marcar la profundidad en la arena a recolectar, se sugiere utilizar una regla graduada en centímetros.



Fotografía 22. *Cuadrante de madera y recolección con pala metálica*

Durante la recolección de muestras de arena, se deben cernir utilizando tamices con aberturas de 25 mm, 5 mm y 1 mm, con el objetivo de separar los elementos según su tamaño (**Fotografía 23**). Posteriormente, los fragmentos comprendidos entre 5 mm y 25 mm (mesobasura) se clasifican en campo según el tipo de material (plástico, vidrio, metal, entre otros) y se almacenan en recipientes etiquetados adecuadamente para su posterior pesaje en laboratorio. Adicionalmente, las partículas de tamaño entre 1 µm y 5 mm, correspondientes a microplásticos, deben ser recolectadas en recipientes de vidrio, madera o metal debidamente etiquetados, para ser enviadas al laboratorio donde serán analizadas y caracterizadas de forma detallada.



Fotografía 23. Proceso de tamizaje de las muestras de microplásticos

Dado que es común encontrar playas arenosas con abundante humedad, o con alto contenido de granos con tamaños superiores a 1 mm, se debe recolectar la totalidad de las muestras y transportarlas al laboratorio para su posterior secado y tamizaje. Para esto se recomienda utilizar recipientes con una capacidad de al menos 12.5 L (**con dimensiones aproximadas de 25 cm × 20 cm × 25 cm o 50 cm × 50 cm × 5 cm**). Se sugiere que estos recipientes sean de vidrio o madera para evitar la contaminación cruzada de las muestras, asegurando la precisión de los resultados.



Fotografía 24. Recolección de arena o sedimento de playa para el análisis de microplásticos y mesobasuras

Una vez los microplásticos llegan al laboratorio, se procede a identificar y separar las diferentes formas y tipos de materiales bajo el estereoscopio o lupa, para luego realizar el conteo, caracterización y registros fotográficos de estos.

Paso 3. Caracterización, pesaje y conteo de macro y megabasura

Asignación de roles o responsabilidades

La actividad de caracterización, pesaje y conteo de las muestras de basura requiere un alto nivel de atención y concentración, por lo que se recomienda realizarla después de un periodo de descanso. Antes de comenzar, es fundamental organizar y asignar de manera clara las responsabilidades entre los miembros del equipo para los distintos procesos, con el fin de optimizar el tiempo y garantizar una ejecución eficiente (**Figura 25**).

Registro de peso

Se recomienda determinar y registrar el peso de la totalidad de mega y macrobasura por composición. Para esto, se pueden utilizar básculas de plataforma (**Fotografía 25**) o básculas colgantes (**Fotografía 26**) para medir el peso de uno o varios costales con basura a la vez.



Fotografía 25. Pesaje con báscula colgante



Fotografía 26. Pesaje con báscula de plataforma



Figura 25. Responsabilidades para las personas que participan en la caracterización de la basura marina.

Separación

Para facilitar la caracterización de los desechos recolectados, se recomienda colocar una superficie de plástico sobre las mesas o el suelo y vaciar todas las mega y macrobasuras recolectadas sobre ella. Luego, los participantes encargados de la separación pueden iniciar el proceso, considerando la composición predominante (**Ver Fotografía 27**) y los tamaños de las mega (mayores de 1 m) y macrobasuras (de 1 m a 2,5 cm). Posteriormente, se debe caracterizar según las formas más comunes (**Ver Fotografías 28 y 29**). Se sugiere comenzar identificando los artículos más frecuentes y abundantes que sean fácilmente distinguibles, como botellas de plástico, botellas de vidrio, bolsas plásticas, latas metálicas y calzado, entre otros.



Fotografías 28. Caracterización de basura marina por formas



Fotografía 27. Separación de la basura marina por composición.



Fotografías 29. Caracterización de basura marina por formas

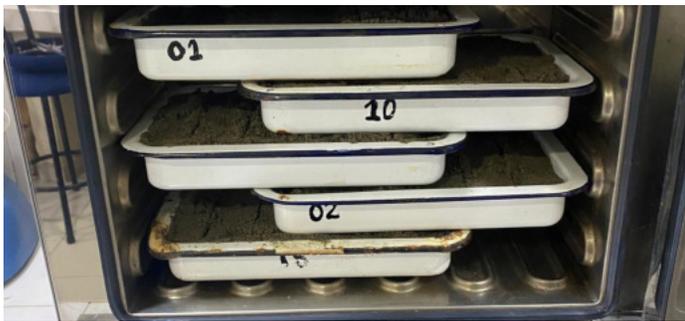
Paso 4. Análisis de muestras de microplásticos

Antes de iniciar el análisis de muestras de microplásticos es muy importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales con el fin de minimizar el riesgo de contaminación de las muestras en el laboratorio, se sugiere utilizar bata de algodón, mantener las áreas de trabajo limpias y con acceso controlado, y aire restringido (aire acondicionado, ventajitas, puertas, etc.). Además, es fundamental que las herramientas y materiales utilizados sean de metal o vidrio para evitar la introducción de contaminantes plásticos.

Es igualmente importante disponer de recipientes de control con agua destilada filtrada, que deben mantenerse cerca de las muestras durante todo el procedimiento. Al finalizar cada observación, estos recipientes deben revisarse cuidadosamente. Si se detectan microplásticos grandes en los recipientes de control, su cantidad debe restarse del total registrado en las muestras para asegurar la precisión de los resultados.

Almacenamiento y desecación de muestras:

Una vez en el laboratorio, aquellas muestras de arena húmeda con microplásticos deben someterse a un proceso de secado en un horno a 60 °C durante un periodo de 48 a 72 horas, o hasta que el sedimento esté completamente seco repitiendo este proceso una muestra a la vez (**Fotografías 30 y 31**). Para la manipulación y almacenamiento de las muestras durante este proceso se recomienda utilizar bandejas metálicas previamente lavadas con agua filtrada (25 µm), y cubrir las bandejas con papel aluminio mientras que estén fuera del horno disminuyendo el riesgo de contaminación cruzada hasta que se proceda con su almacenamiento final.



Fotografías 30 y 31. Secado de muestras en horno empleando bandejas metálicas y posterior almacenamiento con cobertura de aluminio.

Luego de que todas las muestras estén completamente secas, se debe determinar el peso seco en kilogramos de cada una de estas empleando una báscula calibrada (**Fotografía 32**) y la siguiente fórmula:

Peso seco muestra (kg)=

$$\text{Peso (bandeja+muestra)} - \text{Peso (bandeja vacía)}$$



Fotografía 32. Báscula calibrada

Caracterización de los microplásticos

Luego de pesar las muestras de sedimento arenoso, estas deben cernirse por el tamiz de 1 mm manualmente o con un tamizador durante 15 minutos. Posteriormente, se procede a identificar, aislar y caracterizar los microplásticos.

Los microplásticos (tamaños entre 5 mm y 1 mm) pueden examinarse directamente bajo el estereoscopio o lupa para identificarlos y separarlos de la arena y otros materiales naturales, siempre que el material retenido contenga poca arena y material orgánico, como hojarasca (**Fotografía 33**).



Fotografía 33. Observación de muestras de microplásticos en el estereoscopio.

Nota: la flecha roja indica el posicionamiento del blanco o recipiente testigo.

En el caso de tener muestras cargadas con abundante arena gruesa con una alta cantidad de material orgánico y fragmentos de exoesqueletos de organismos marinos (por ejemplo, conchas de caracoles), se debe proceder a la separación por densidades que se explica a continuación.

Separación por densidades:

Para este procedimiento es necesario preparar una solución hipersalina con agua destilada filtrada (25 μm) para lo cual se sugiere disolver en beakers de vidrio cloruro de sodio (NaCl) o cloruro de calcio (CaCl_2) (opciones que de acuerdo con Scheurer y Bigalke (2018) y con Thomas et al. (2020) son relativamente económicas y no presentan riesgos significativos para el ambiente ni para la salud humana.

Inicialmente se debe preparar la solución hipersalina, para lo cual se recomienda utilizar un picnómetro completamente limpio y previamente pesado en una balanza analítica en el que se debe verter la solución preparada para luego medir la masa que esta ocupa en el volumen fijo del picnómetro de tal forma que se permita determinar la densidad mediante la fórmula:

Densidad (g/cm^3)=

$$\frac{\text{Peso}(\text{picnómetro}+\text{solución}) - \text{Peso}(\text{picnómetro vacío})}{\text{volumen de picnómetro}}$$

Una vez alcanzada la densidad deseada (1.2 g/cm^3 y 1.45 g/cm^3 al usar NaCl o CaCl_2 , respectivamente), se debe verter la muestra de arena junto con la solución, agitándolos con una varilla de vidrio o una cuchara metálica para dejar reposar la muestra por 10 minutos mientras que los microplásticos con una densidad menor a la solución hipersalina se separan y terminen flotando en el sobrenadante. Una vez concurrido el tiempo, la muestra es filtrada en una bomba de vacío empleando filtros de fibra de vidrio Whatman GF/A (tamaño de poro de 1.2 μm) sobre los cuales es depositado el sobrenadante, procurando no revolver ni verter el precipitado (granos de arena) para posteriormente transferir cada filtro a una caja de Petri limpia con ayuda de unas pinzas metálicas. En caso de que se presente abundante hojarasca, el sobrenadante puede ser recolectado inicialmente con la ayuda de una cuchara metálica para ser transferido directamente a una caja de Petri dado que estos elementos pueden obstaculizar el proceso de filtración de la bomba de vacío (**Fotografía 34**).



Fotografía 34. Proceso de separación por densidades empleando cloruro de calcio (1.45 g/cm^3) seguido de la filtración e inspección visual

Cabe resaltar que, aunque la cantidad de microplásticos extraídos con cloruro de calcio (CaCl_2) es mayor que con cloruro de sodio (NaCl), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas considerando un grupo de nueve muestras como se observa en la **Tabla 3** (Permanova, pseudo-F = 0.0103, gl = 1, 17, p = 0.9104).

Muestra	CaCl_2	NaCl
S0-ZA	246	228
S0-ZR	148	138
S0-ZT	764	748
S5-ZA	22	22
S5-ZR	24	22
S5-ZT	62	58
S9-ZA	36	24
S9-ZR	66	56
S9-ZT	372	340
Total	1740	1636
X ± DE (#MP)	193.33 ± 244.61	181.78 ± 238.95
Min-Max (#MP)	22 - 764	22 - 748
CV (%)	126.52	131.45

Tabla 3. Cantidad neta y estadísticos (promedio: X, desviación estándar: DE, mínimo: Min, máximo: Max, coeficiente de variación: CV) de microplásticos extraídos empleando cloruro de calcio (1.45 g/cm³) y cloruro de sodio (1.2 g/cm³). Fuente: elaboración propia análisis de microplásticos proyecto PROMAR.

No obstante, se recomienda el uso de CaCl_2 en este procedimiento, ya que esta solución alcanza una mayor densidad que la de NaCl (1.20 g/cm³), permitiendo separar partículas con densidades inferiores a 1.45 g/cm³, como las provenientes de desechos plásticos comúnmente encontrados, tales como el tereftalato de polietileno (PET) asociado con botellas plásticas, así como otros polímeros, como se muestra en la **Tabla 4**.

Polímero	Fuente	Densidad (g/cm ³)	Agua (1.00 g/cm ³)	NaCl (1.20 g/cm ³)	CaCl_2 (1.45 g/cm ³)
Acrílico	Recubrimientos, adhesivos, fibras textiles, pañales.	1.09-1.20	-	+	+
Alcohol polivinílico (PVA)	Detergentes, textiles, embalaje de carnes, fármacos.	1.19-1.31	-	±	+
Alquídico	Pinturas sintéticas, barnices, coberturas de muebles y estructurales.	1.24-2.10	-	-	+
Poliamida (PA)	Redes, trampas, textiles (Nylon).	1.02-1.05	-	+	+
Policloruro de vinilo (PVC)	Películas plásticas, botellas, vasos, construcción.	1.16-1.58	-	±	+
Poliéster (PL)	Ropa y otros textiles.	1.24-2.30	-	-	+
Poliestireno (PS)	Contenedores de comida, textiles.	1.04-1.10	-	+	+
Polietileno (PE)	Bolsas, botellas, pitillos, redes, cajas de leche y jugos.	0.92-0.97	+	+	+
Polimetilmetacrilato (PMA)	Alternativas al cristal.	1.17-1.20	-	+	+
Polioximetileno (POM)	Bolígrafos, cremalleras, cigarrillos electrónicos.	1.41-1.61	-	-	±
Polipropileno (PP)	Cuerdas, tapas de botellas, redes, contenedores reutilizables de comida.	0.90-0.91	+	+	+
Poliuretano (PU)	Aislantes para construcción y de neveras, colchones.	1.20-1.20	-	-	+
Tereftalato de polietileno (PET)	Botellas plásticas, embalaje de textiles.	1.37-1.45	-	-	+

+: Separación, ± posible separación, -: no separado

Tabla 4. Polímeros de objetos plásticos comúnmente hallados en desechos plásticos junto con su densidad y soluciones empleadas en su separación. Modificado de Engler (2012), Hidalgo-Ruz et al. (2012) y Prata et al. (2019).

El material recolectado se examina bajo el estereoscopio para identificar, aislar y caracterizar los microplásticos. Se recomienda registrar las formas (espuma, filamentos, fragmentos, gránulos, láminas, y pélet), los colores (blanco, negro, verde, rojo, azul, amarillo, multicolor, etc).

Identificación visual: para la identificación visual de los microplásticos, es recomendable considerar algunos criterios básicos como: (1) ausencia de estructuras celulares u orgánicas visibles, (2) filamentos con igual espesor en toda su longitud y no afiladas al final, y (3) partículas con colores claros y homogéneos, no brillantes. En caso de dudas sobre si una partícula es o no de plástico, se puede recurrir a la prueba de la aguja caliente, en la que los microplásticos se enrollan, desvían o derriten cuando la punta de una aguja caliente se mueve alrededor o los toca. Esta prueba y el tamaño de 5 mm-1 µm ayuda a reducir posibles errores en la separación visual de microplásticos.

Prueba de aguja caliente

Los materiales requeridos para esta prueba son un mechero lleno de alcohol al 70%, una caja de Petri (previamente lavada con agua filtrada a través de un tamiz de poro de 25 µm), una aguja, un microscopio (opcional, para observación detallada) y una cámara

fotográfica o equipo para capturar imágenes de las partículas.

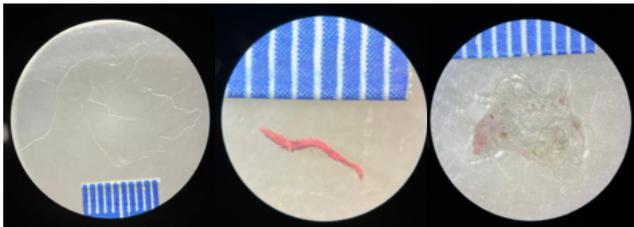
Inicialmente se debe preparar el área de trabajo colocando el mechero de alcohol en una superficie estable, se debe posicionar la caja de Petri lavada junto al mechero. Esta caja funcionará como el recipiente testigo o blanco durante la prueba de identificación.

El procedimiento de la prueba de aguja caliente es inicialmente calentar la aguja utilizando el mechero de alcohol.

Con la aguja caliente, tocar las partículas presentes en la caja de Petri. Finalmente observar el comportamiento de las partículas al contacto con la aguja (fusión, contracción, etc.), ya que esto permite identificar materiales plásticos.

En la **Figura 27** se muestran fotografías de referencia de los microplásticos, acompañadas de una descripción de sus morfologías y características principales. Estas imágenes resultan muy útiles para facilitar el proceso de caracterización

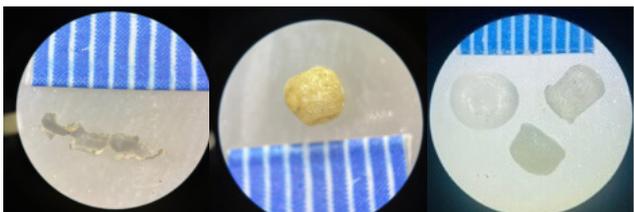
Filamentos: flexibles del mismo grosor a lo largo de toda su extensión con puntas de corte limpio o deshilachadas. Incluyen cúmulos o marañas, los cuales son un grupo de filamentos enredados en una masa que se debe procurar no desenredar en filamentos individuales por riesgo a la sobrestimación de estos tras su rompimiento.



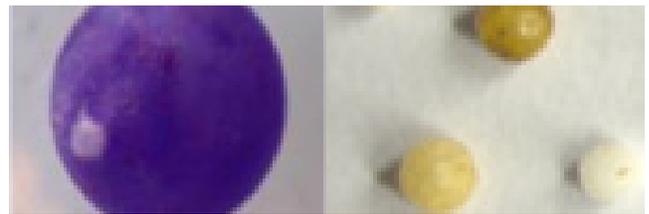
Fragmentos: de estructura rígida, normalmente de forma irregular, encontrándose también con formas redondas, angulares.



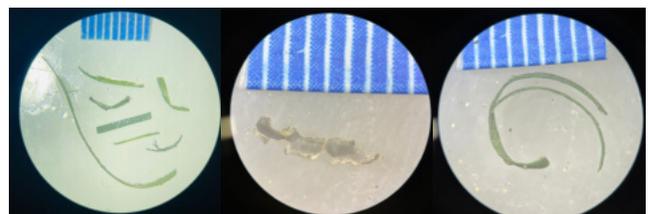
Pélets: similares a los gránulos, pero de mayor tamaño, oscilando entre 3 y 5 mm. Normalmente rígidos redondeados a cilíndricos, aunque varía su firmeza y consistencia de acuerdo con el grado de desgaste.



Gránulos: redondos de superficies suaves y de estructura rígida o semi-rígida a manera de esferas o semiesferas (resultado de su manufactura, uso o desgaste). Típicamente de tamaños que oscilan de 100 µm a 2 mm. Imágenes tomadas de Viršek et al. (2016) y Rochman et al. (2019).



Láminas: planas, delgadas irregulares y flexibles. Pueden ser dobladas y manipuladas con un difícil rompimiento



Espumas: suaves, compresibles de colores usualmente blancos, marrones o beige, generalmente provenientes de objetos de poliestireno expandido o poliestireno extruido.



Figura 27. Descripción y fotografías de las formas más comunes de microplásticos

Así mismo, a la hora de realizar la identificación visual de los microplásticos se recomienda considerar los criterios propuestos por Acosta-Coley y Olivero-Verbel (2015), Rochman et al. (2019), Kovač-Viršek et al. (2016), los cuales se enfocan en la identificación y caracterización de microplásticos mediante observación visual y pruebas complementarias. A continuación, se resumen los principales criterios de cada fuente:

1. Acosta-Coley y Olivero-Verbel (2015):

Color: los microplásticos suelen tener colores vibrantes como azul, rojo, verde, amarillo, etc. Estos colores ayudan a diferenciarlos de partículas orgánicas.

Forma: se identifican diferentes tipos de formas, tales como fragmentos, fibras, pellets (pequeñas esferas) y películas.

Textura: se observan superficies lisas y uniformes que sugieren origen plástico, comparadas con la textura rugosa o irregular de los sedimentos naturales.

Flexibilidad: los microplásticos tienden a ser más flexibles o quebradizos que los materiales naturales de tamaños similares.

Pruebas térmicas: la prueba de la aguja caliente se menciona como una técnica útil para identificar plásticos, ya que se derriten o deforman al contacto con calor.

2. Rochman et al. (2019):

Clasificación por tipos de polímeros: los microplásticos se clasifican según el tipo de polímero con técnicas avanzadas como espectroscopia FTIR o Raman, pero también mediante análisis visual preliminar.

Tamaño: rochman et al. especifican microplásticos como partículas de menos de 5 mm, dividiéndose en categorías como nano, micro y macroplásticos.

Degradación: consideran los signos de degradación, como la decoloración, grietas o bordes desgastados, para diferenciar los microplásticos de objetos más recientes.

Forma: similar a Acosta-Coley, pero incluye la categorización adicional de partículas como esponjosas o esféricas, provenientes de productos como cosméticos.

3. Kovač-Viršek et al. (2016):

Tamaño y forma: se enfoca en las categorías de microplásticos, especialmente fibras, fragmentos y partículas esféricas, reconociendo que las fibras plásticas son comunes en aguas de descarga de lavanderías.

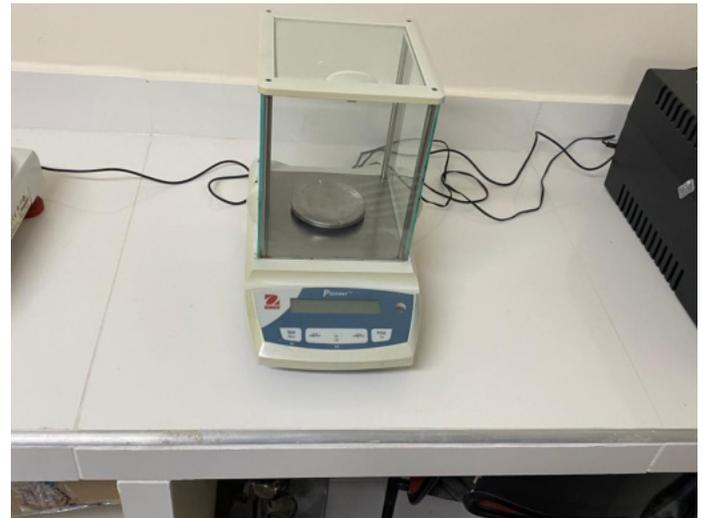
Color y brillo: se enfatiza que los microplásticos suelen ser brillantes y de colores artificiales, lo que ayuda a distinguirlos de

sedimentos naturales.

Prueba de flotación: utilizan la separación por densidades para distinguir plásticos de otros materiales, similar al uso de soluciones hipersalinas, dado que los plásticos de menor densidad flotan en estas soluciones.

Pesaje:

Luego de que las partículas de microplásticos hayan sido extraídas, se procede a determinar su masa utilizando una balanza analítica (**Fotografías 35 y 36**). Primero se procede a medir la masa del recipiente en el que se depositarán las partículas (e.g. caja de Petri vacía, recipiente metálico vacío o tubo de microcentrifuga), para luego repetir el proceso con el mismo recipiente conteniendo esta vez los microplásticos, de tal forma que al restar la masa del recipiente vacío y lleno, se obtenga la masa de los microplásticos. Este procedimiento también debe llevarse a cabo con las partículas de mesobasura provenientes de la fase de campo. Es fundamental asegurarse que el recipiente utilizado esté completamente limpio y seco antes de cada medición para evitar errores.



Fotografía 35. Balanza analítica



Fotografía 36. Balanza analítica

Técnicas de Identificación de polímeros en microplásticos

La identificación de los polímeros presentes en los residuos plásticos se realiza mediante diversas técnicas analíticas. Entre las más utilizadas se destaca la espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) y la espectroscopía Raman (**Figura 28**). Estas técnicas permiten caracterizar la composición química de los polímeros al analizar cómo interactúan con la luz.

Ambas técnicas son complementarias y proporcionan un análisis preciso y no destructivo de los materiales plásticos, lo que es fundamental para evaluar su composición y su impacto ambiental.

Espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)	En el análisis de FTIR, los polímeros interactúan con la radiación infrarroja, y cada uno de ellos tiene su propia "huella" de infrarrojo. Esta huella se refleja en un espectro de absorción único, que permite identificar el polímero en cuestión.
Espectroscopia Raman	Esta técnica se basa en la dispersión inelástica de la luz y proporciona información sobre las vibraciones moleculares de los polímeros. Los espectros Raman también tienen huellas únicas que permiten identificar los polímeros.

Figura 28. Técnicas de espectroscopia más usadas en la identificación de polímeros de los residuos plásticos.

Finalmente, se sugiere utilizar el siguiente formato de registro de datos y anotar los artículos una vez sean identificados, contados y pesados.

Información Sampling- Formulario muestreo de microplásticos y mesobasura

Formulario de caracterización de microplásticos y mesobasuras													
Ciudad del muestreo:													
Playa del muestreo:													
Fecha:													
Método:		Sistemático			Sistemático participativo								
Cantidad de subtransectos muestreados:													
Número de subtransecto:													
Nombre de la zona		Activa		Reposo		Transición							
Código de ubicación ejemplo: Playa los cocos S1ZA													
Ancho de zona (m):													
Hora de conteo:		Inicio:											
		Fin:											
Número de participantes:													
Coordenadas área de muestreo		(N)					(W)						
(Tomar una en el centro de cada cuadrante 50 x 50)													
MICROPLÁSTICOS (5 - 1 mm)	FORMAS		COLORES										Total
			Amarillo	Azul	Blanco	Marrón	Multi	Negro	Verde	Rojo	Transp	Otro	
	Espuma	(#) (g)											
	Filamento	(#) (g)											
	Fragmento	(#) (g)											
	Gránulo	(#) (g)											
	Lámina	(#) (g)											
	Pélet	(#) (g)											
	Total	(#) (g)											
	MESOBASURAS (25mm-5mm)	TIPO DE MATERIAL		CANTIDAD (#)				PESO (gr)					
Plástico													
Metal													
Vidrio													
Cartón													
Madera procesada													
Textil													
Residuo sanitario													
Residuos médico													
Otro													

Nota: Se debe diligenciar un formato por cada una de las zonas (activa, reposo y de transición).

Figura 29. Formato de registro de microplásticos y mesobasura

Nota: este formato de registro se encuentra dentro del apéndice de la guía "Formulario de caracterización de microplásticos y mesobasuras" y cuenta con un instructivo de diligenciamiento.

Cálculo de la abundancia de microplásticos:

Luego de cuantificar y caracterizar los microplásticos, se debe expresar la cantidad total de partículas estandarizada por unidad de área, la cuál equivale a la del cuadrante empleado para la recolección de cada muestra (0.25 m²). Sin embargo, la unidad de área será acumulada conforme se aumente de nivel de interés, de tal forma que al considerar tres subtramos, el área de cada tendrá como equivalente 0.75 m², siendo entonces 2.25 m² el total en la playa. A raíz de lo anterior, la concentración de microplásticos (ítem/m²) se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración de microplásticos (ítems/m}^2\text{)} = N/A$$

Donde,

N: cantidad de ítems encontrados en el área a considerar.

A: área muestreada en m². El área variará con cada uno de los niveles (subtramo, zona o muestreo).

Las formas numéricas y gráficas sugeridas para presentar los resultados de concentración de microplásticos en la playa se observa en la **Figura 30** y en la **Tabla 5**. En esta última se encuentra también la cantidad de sedimento seco analizado, así como el peso total de microplástico por muestra junto con otras dos unidades de abundancia de microplásticos: número de partículas por kilogramo de muestra (ítems/kg) y miligramo de microplásticos por kilogramo de muestra (mg/kg), las cuales surgen como insumo para hacer comparables los resultados con los de muestreos que empleen estas unidades.

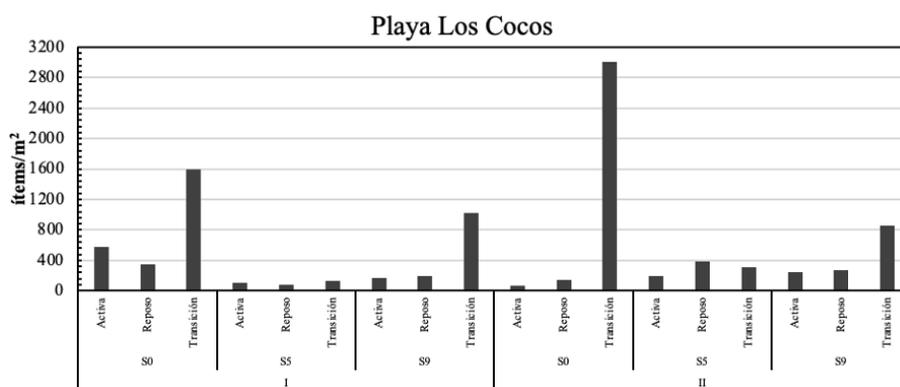


Figura 30. Representación gráfica de la concentración de microplásticos de las zonas en cada subtramo de la playa de Los Cocos en ambos muestreos.

Playa	Muestreo	Zona	Subtramo	Peso muestra (kg)	Área muestreada (m ²)	Ítems (# MP)	Peso MP (mg)	ítems/m ²	ítems/kg	mg/kg
Los Cocos	I	Activa	S0	20.95	0.25	145	177.0	580.0	6.92	8.45
			S5	13.75	0.25	26	74.0	104.0	1.89	5.38
			S9	14.25	0.25	43	24.0	172.0	3.02	1.68
			General	48.95	0.75	214	275.0	285.3	4.37	5.62
		Reposo	S0	17.65	0.25	87	76.0	348.0	4.93	4.30
			S5	15.25	0.25	20	36.0	80.0	1.31	2.36
			S9	14.65	0.25	50	56.2	200.0	3.41	3.84
			General	15.85	0.75	157	168.2	209.3	3.30	3.54
		Transición	S0	16.50	0.25	398	534.4	1592.0	24.12	32.39
			S5	16.30	0.25	32	139.6	128.0	1.96	8.56
			S9	15.65	0.25	255	98.7	1020.0	16.29	6.31
			General	16.15	0.75	685	772.7	913.3	14.14	15.95
	Total general			16.11	2.25	1056	1215.9	469.3	7.29	8.39
	II	Activa	S0	15.05	0.25	17	96.5	68.0	1.13	6.41
			S5	15.00	0.25	48	218.9	192.0	3.20	14.59
			S9	14.75	0.25	63	205.9	252.0	4.27	13.96
			General	14.93	0.75	128	521.3	170.7	2.86	11.64
		Reposo	S0	14.75	0.25	36	51.7	144.0	2.44	3.51
			S5	16.00	0.25	95	411.7	380.0	5.94	25.73
			S9	14.70	0.25	69	224.7	276.0	4.69	15.29
			General	15.15	0.75	200	688.1	266.7	4.40	15.14
		Transición	S0	15.50	0.25	752	2206.6	3008.0	48.52	142.36
			S5	16.10	0.25	78	330.2	312.0	4.84	20.51
			S9	13.60	0.25	213	445.7	852.0	15.66	32.77
General			15.07	0.75	1043	2982.5	1372.0	23.08	65.98	
Total general			15.05	2.25	1371	4191.9	603.1	10.12	30.95	

Tabla 5. Ejemplo de los resultados de la cuantificación de microplásticos (MP) por unidad de área (MP/m²) y peso (MP/kg), así como peso de partículas y su relación con la cantidad de sedimento (mg MP/kg) proveniente de la playa en diferentes muestreos.

Análisis de la información:

Con el fin de verificar si hay cambios espaciales (zona) y temporales (muestreo) estadísticamente significativos se sugiere emplear métodos multivariados que empleen el coeficiente de Bray-Curtis. Tal es el caso del análisis de varianza permutacional (Permanova) con el cual se considerarán la forma y el color de los microplásticos como variables dentro de un diseño multivariado con 9999 permutaciones en un modelo reducido con suma de cuadrados tipo III (**Tabla 6**). Se recomienda además acompañar los resultados de esta prueba estadística con tantas representaciones gráficas como factores significativos haya mediante ordenaciones de escalamiento multidimensionales métricas (MDS) con los promedios de Bootstrap calculados a partir de las concentraciones (**Figura 31**).

Factor	Grados de libertad	Cuadrado medio	Pseudo-F	Valor p
Muestreo: Mu	1	3830.9	1.97	0.062
Zona: Zo	2	4475.4	2.30	0.029*
Mu \times Zo	2	1247.6	0.64	0.857
Residual	12	1944.8		
Total	17			

Tabla 6. Permanova en 18 muestras a partir de la matriz de semejanzas proveniente del coeficiente de Bray-Curtis. *Diferencias significativas ($p < 0.05$)

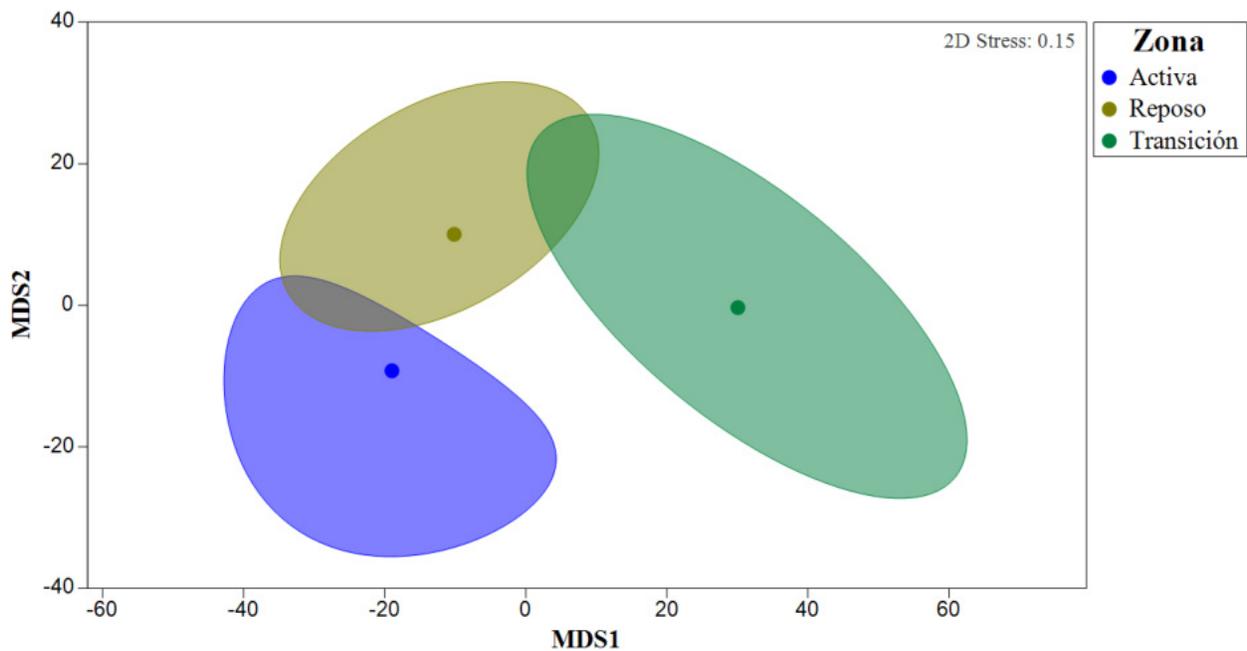


Figura 31. Ordenación MDS construida de los promedios de Bootstrap calculados a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis de las concentraciones de microplásticos sin transformar sobre el factor significativo de la Tabla L2: zona.

DIVULGAR

En este capítulo se detalla cómo transformar los datos recolectados en información útil, que luego se convierte en indicadores clave. A través de la herramienta de Excel, se procesan métricas sobre el muestreo, lo que permite modelar el estado de la playa.



FASE 3. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS Y DIFUSIÓN

Análisis de muestras de macrobasura y microplásticos

Paso 1. Organización y limpieza de los Datos

El primer paso en el procesamiento de los datos es organizar y validar la información recolectada en campo. Esto implica una revisión exhaustiva para identificar posibles errores, duplicados o inconsistencias que puedan interferir en el análisis.

Una vez que los datos hayan sido validados y se tenga plena seguridad de su exactitud, se procederá a cargarlos en la herramienta de Excel diseñada para modelarlos. Es en esta herramienta donde se procesarán las diferentes métricas y se llevarán a cabo los análisis correspondientes. Este paso es crucial, ya que los indicadores clave se modelarán en función de la calidad y organización de dichos datos.

Paso 2. Diligenciamiento de la herramienta Excel de análisis de los datos de basuras marinas en playas arenosas colombianas

Paso 2.1 Información general

Una vez los datos han sido depurados, es crucial seleccionar correctamente el método de muestreo utilizado en la herramienta de Excel, ya que este varía significativamente entre el muestreo sistemático y el muestreo sistemático participativo. Cada método tiene su propia forma de diligenciar los datos, como se puede apreciar en las **Figuras 32 y 33**.



Información General del Muestreo

Muestreo sistemático

Ciudad de muestreo	Santa Marta
Playa del muestreo	Los cocos
Fecha	26/04/2024
Cantidad de subtransectos	1
Número de subtransecto	0
Número de participantes	24
Hora de inicio	8:47:00
Hora de finalización	9:07:00
Días sin limpiar	2
Tiempo (Lluvia, verano...)	Nublado



Zonas	Subtransecto 0			Subtransecto 1			Subtransecto 2				
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	
Zona Activa											
Zona de reposo											
Zona transición											

Zonas	Subtransecto 3			Subtransecto 4			Subtransecto 5				
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	
Zona Activa											
Zona de reposo											
Zona transición											

Zonas	Subtransecto 6			Subtransecto 7			Subtransecto 8				
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	
Zona Activa											
Zona de reposo											
Zona transición											

Figura 32. Método sistemático

Figura 33. Método sistemático participativo

El primer paso dentro de este proceso es completar la información general del muestreo, que incluye datos como la ciudad donde se realizó, el nombre de la playa, la fecha del muestreo, número de subtransectos (si aplica), participantes, y otros datos relevantes como el tiempo y la cantidad de días sin limpiar la playa. Este registro inicial es fundamental para identificar correctamente el muestreo y garantizar que los análisis posteriores se realicen de manera precisa.

Como se observa en las Figuras 32 y 33, en la herramienta, hay una distinción clara entre las celdas de color verde claro y las de blanco. Siempre que se presente esta estructura, la parte en verde

debe mantenerse sin modificaciones, mientras que la parte en blanco está destinada a ser diligenciada con los datos obtenidos del muestreo.

Paso 2.2 Datos del muestreo de mesobasuras, macrobasura y megabasuras

Los datos obtenidos en campo, previamente revisados y procesados en los formatos de campo, se deben diligenciar en la sección correspondiente de la herramienta de Excel a “Diligenciamiento de información muestreada”, como se observa en la Figura 34.

Identificación de artículos			Zona activa		SOZA	Zona de reposo		SOZR	Zona de transición		SOZT
Material (composición)	No.	Artículo (forma)	Cantidad	Peso (gr)	Tamaño (Macro >25mm y <= 1m) (Mega > 1 m)	Cantidad	Peso (gr)	Tamaño (Macro >25mm y <= 1m) (Mega > 1 m)	Cantidad	Peso (gr)	Tamaño (Macro >25mm y <= 1m) (Mega > 1 m)
Plásticos asociados a pesca	1	Boyas plásticas	45	58 gr	Macro						
	2	Líneas de pesca									
	3	Redes y/o trasmallos									
	4	Anzuelos o señuelos									
	5	Cuerdas de nylon									
	6	Cuerdas gruesas									
	7	Residuos de botes (fibra de vidrio)									
	8	Nylon pesca									
	9	Disponible									
	10	Disponible									
	11	Disponible									
	12	Disponible									
Insumo	13	Botellas de bebidas									
	14	Otras botellas PET y HDPE				2	54 gr	Macro			
	15	Anillos de botella									
	16	Tapas de botella plástica							2	4 gr	Macro
	17	Tapas de plástico general									
	18	Contenedores de plástico (incluye la tapa)									
	19	Contenedor de comida "a domicilio" (plástico)									
	20	Contenedor de comida "a domicilio" (estereofón liso)	74	62 gr	Macro	213	57 gr	Macro			
	21	Cucharas y cubiertos desechables (plástico)	2	28 gr	Macro				3	4 gr	Macro

Figura 34. Sección de diligenciamiento de marcas.

En esta sección de la herramienta, los artículos y sus respectivas cantidades estarán automatizados, por lo tanto, lo que se debe diligenciar manualmente son los nombres de las marcas y los países de procedencia de cada de estas. En caso de no identificar una marca o desconocer el país de procedencia, se debe marcar como N/A (No Aplica).

Paso 2.3 Datos del muestreo de microplásticos

Para llevar a cabo el análisis de microplásticos, es necesario utilizar una herramienta especializada que permita procesar adecuadamente los datos recolectados en campo. A continuación, se suministra dicha herramienta, tal como se muestra en la **Figura 35**, la cual detalla de manera precisa cada uno de los pasos necesarios para su correcto diligenciamiento y uso. Es importante destacar que, si ya se cuenta con una herramienta con la cual se sienta más familiarizado, se puede optar por utilizarla. No obstante, se recomienda emplear la herramienta sugerida en la guía, ya que ha sido diseñada específicamente para asegurar la precisión y consistencia en el análisis, garantizando que los resultados cumplan con los estándares metodológicos establecidos.

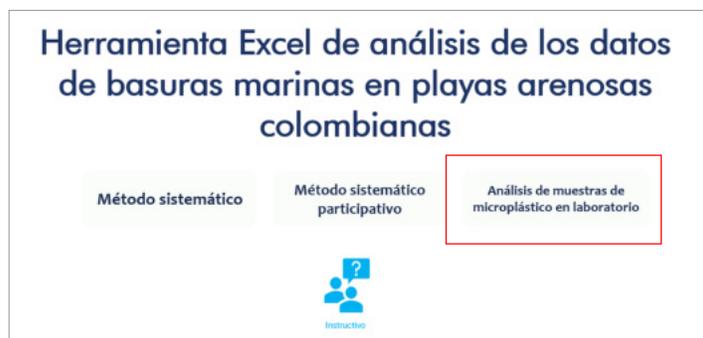


Figura 35. Análisis de muestras de microplásticos

Paso 2.4 Resultados del muestreo de microplásticos

Una vez ingresados los datos correspondientes a meso, macro y megabasuras, y procesadas las muestras de microplásticos utilizando la herramienta referenciada, se debe proceder con el registro de los resultados obtenidos en la sección titulada “Análisis de microplásticos del muestreo” (**Figura 36**). Esta etapa es fundamental para consolidar la información del análisis y garantizar que los resultados sean documentados de manera clara y precisa, además de incluir los resultados en la ecuación del estado de la playa.

Socya
Muestreo sistemático

Análisis descriptivo del muestreo

Resultados de microplásticos

Playa muestreada	Subtramo	Zona	Peso de la muestra (Kg)	Área muestreada (m2)	Items (#mp)	Peso (mg)	mp/m2	mp/kg	mg mp/Kg
Los cocos	S0	Activa	16.31	0.75	214	275	285.3	4.37	8.45
Los cocos	S0	De reposo	15.85	0.75	157	168.2	209.3	9.91	10.61
Los cocos	S0	De transición	16.15	0.75	685	772.7	913.3	42.41	47.85
Los cocos	Total		16.10	0.75	1056.00	1215.90	469.30	56.69	66.91
Playa muestreada	Subtramo	Zona	Peso de la muestra (Kg)	Área muestreada (m2)	Items (#mp)	Peso (mg)	mp/m2	mp/kg	mg mp/Kg
Los cocos	S3	Activa	14.93	0.75	128	521.3	170.7	8.57	34.91
Los cocos	S3	De reposo	15.15	0.75	200	688.1	266.7	13.2	45.42
Los cocos	S3	De transición	15.07	0.75	1043	2982.5	1372	68.3	197.95
Los cocos	Total		15.05	0.75	1371.00	4191.90	603.13	90.07	278.28
Playa muestreada	Subtramo	Zona	Peso de la muestra (Kg)	Área muestreada (m2)	Items (#mp)	Peso (mg)	mp/m2	mp/kg	mg mp/Kg
Los cocos	S9	Activa	14.93	0.75	900	521.3	780	8.57	34.91
Los cocos	S9	De reposo	15.15	0.75	500	688.1	680	13.2	45.42
Los cocos	S9	De transición	15.07	0.75	1043	2982.5	1200	68.3	197.95
Los cocos	Total		15.05	0.75	2443.00	4191.90	886.67	90.07	278.28

Figura 36. registro de información sobre microplásticos

En esta sección, una vez finalizado el análisis de las muestras, se deben reportar los siguientes datos: peso de la muestra, área muestreada, cantidad total de ítems, peso en miligramos (mg), cantidad de microplásticos por metro cuadrado, microplásticos por kilogramo de arena y miligramos de microplásticos por kilogramo de arena. Cabe resaltar que, si se han analizado menos de 9 muestras, los campos restantes deben dejarse en blanco.

Paso 3. Análisis de la información

Una vez que se han diligenciado todos los datos en la herramienta de Excel, se procede al análisis de la información recolectada. El objetivo de esta fase es generar una serie de indicadores clave que proporcionen una visión detallada del estado de las playas y de la contaminación de estas. A continuación, se detalla cada uno de estos indicadores, analizando su importancia y el impacto que tienen en la evaluación general de las playas.

3.1 Abundancia de basuras

El indicador de abundancia de basuras ofrece una representación visual de la cantidad de residuos acumulados en las diferentes zonas de la playa. Este tipo de gráfico (**Gráfico 3**) ilustra que las distintas zonas de una playa tienden a acumular basura de manera desigual, dependiendo de factores como las actividades humanas, las condiciones naturales y las características físicas de la zona.

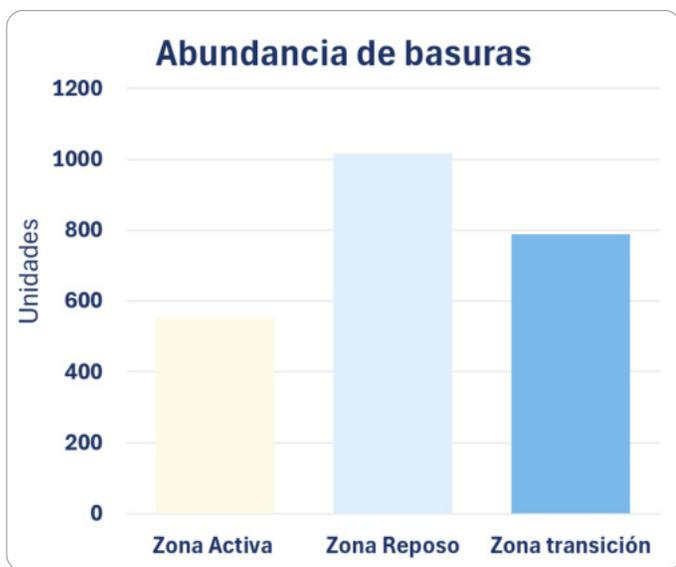


Gráfico 3. Abundancia de basura

De manera general, la zona de reposo tiende a acumular la mayor parte de los desechos, especialmente en playas urbanas frecuentadas por turistas. En cambio, la zona activa suele tener menos residuos visibles por la acción de las olas. La zona de transición, ubicada entre la zona de reposo y áreas urbanizadas, acumula residuos moderados de diversas fuentes.

3.2 Proporción de basuras por zona

El indicador de proporción de basuras por zona (**Gráfico 4**), similar al anterior, brinda una perspectiva integral sobre cómo se distribuyen los residuos en las diferentes áreas de una playa, lo que es clave para entender las dinámicas de acumulación de basura y los posibles factores que influyen en su distribución.

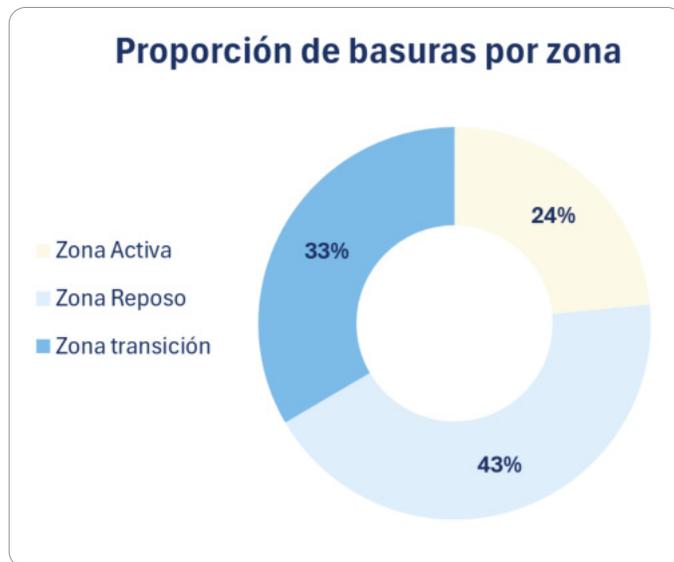


Gráfico 4. Proporción de basuras por zona

3.3 Proporción de basuras por peso

El indicador de proporción de basuras por peso (**Gráfico 5**) ofrece una perspectiva clave al considerar el peso en cada zona de la playa. Analizar el peso de los residuos es fundamental, ya que ciertos materiales, aunque sean menos frecuentes en número, pueden tener un impacto significativo debido a su peso o volumen, como los metales o plásticos duros.

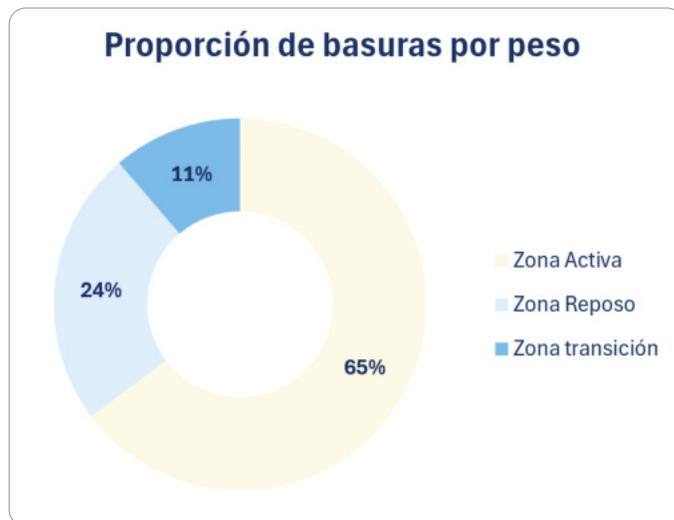


Gráfico 5. Proporción de basuras por peso

3.4 Tipos de materiales

El indicador de tipos de materiales (**Gráfico 6**) presenta la distribución de los diferentes tipos de residuos encontrados en las tres zonas de la playa: zona activa, zona de reposo y zona de transición. Cada barra representa la cantidad de ítems acumulados y su clasificación según el tipo de material, lo que permite analizar las características de la basura en cada área.

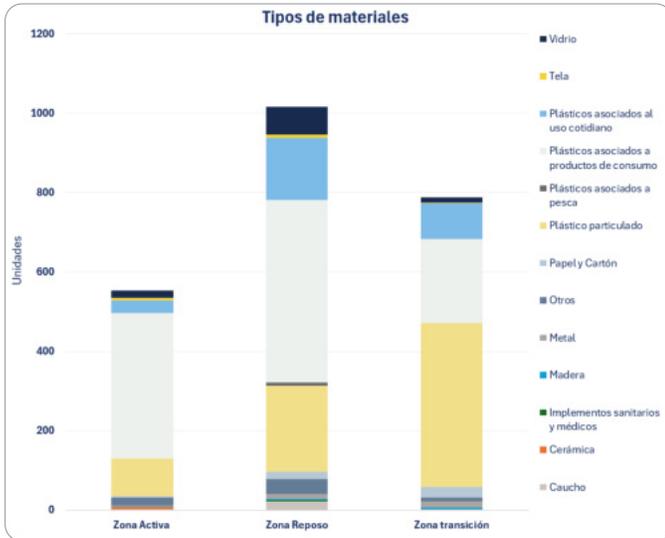


Gráfico 6. Tipo de materiales por zona

Este gráfico ayuda a entender que, aunque haya una tipología de residuo presente en todas las zonas, cada una tiene características particulares que influyen en la acumulación de otros tipos de residuos.

3.5 Procedencia de las basuras

El indicador de procedencia de las basuras (**Gráfico 7**) proporciona una visión importante sobre el origen geográfico de



Gráfico 7. Procedencia de las basuras

los residuos encontrados en la playa, lo que nos permite identificar tanto la influencia de fuentes locales como la de fuentes externas o transfronterizas. Al analizar este tipo de gráficos, no solo permite observar qué países tienen mayor o menor representación, sino que, además, si se realiza un análisis contrastando la información de los gráficos anteriores, permite entender los posibles patrones de contaminación y la relación entre las actividades locales y globales.

3.6 Densidad de plásticos Und/m²

Este indicador de densidad de plásticos (und/m²) proporciona una visión clara sobre la cantidad de residuos plásticos acumulados por metro cuadrado en las distintas zonas de la playa y en el total de esta. Este tipo de gráfico (**Gráfico 8**) es fundamental para evaluar el impacto de la contaminación plástica, dado que, los plásticos son uno de los residuos más persistentes y dañinos para los ecosistemas marinos.

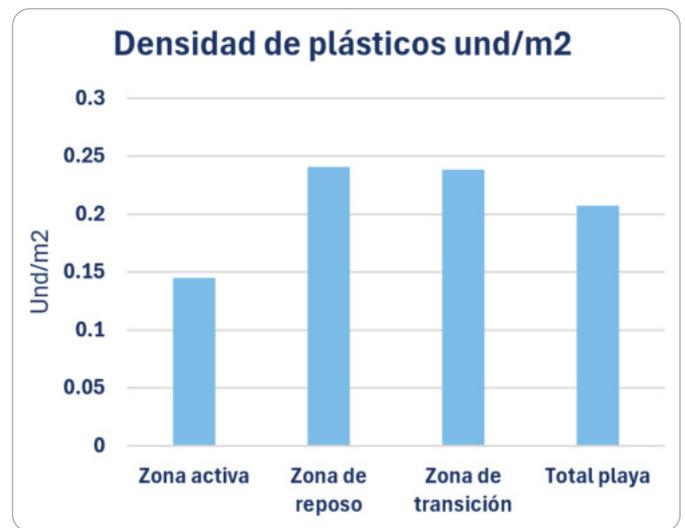


Gráfico 8. Densidad de plásticos Und/m²

Este tipo de gráfico es esencial para evaluar la eficacia de las medidas de limpieza y para diseñar estrategias que reduzcan la acumulación de plásticos en las playas. Además, permite monitorear la evolución de la contaminación plástica a lo largo del tiempo y medir el éxito de iniciativas como la reducción del uso de plásticos de un solo uso o la implementación de políticas de reciclaje y recolección.

3.7 Formas de basuras más comunes por peso

El indicador de basuras más comunes por peso, es esencial para entender el impacto que los diferentes tipos de residuos pueden tener en el entorno. A diferencia de los gráficos que muestran la cantidad de los ítems recolectados, un gráfico basado en el peso permite priorizar los materiales que, aunque menos frecuentes, tienen un mayor impacto debido a su masa.



Gráfico 9. Formas de basura más por peso

El análisis de los residuos por peso es particularmente relevante debido a que algunos materiales, aunque se encuentren en menor cantidad, requieren más esfuerzo en términos de transporte, reciclaje o disposición final. Por ejemplo, materiales como metales o vidrio pueden no ser muy comunes, pero su peso y volumen los hacen más difíciles de remover. Este tipo de gráfico permite ajustar las estrategias de manejo de residuos, no solo basándose en la cantidad, sino también en los recursos necesarios para gestionar diferentes tipos de basura marinas de masas significativas.

3.8 Basuras más comunes

Este indicador de basuras más comunes muestra las categorías de residuos que se encuentran con mayor frecuencia en un área específica. Al analizar este tipo de gráfico (Gráfico 10), es importante no solo observar qué ítems aparecen con mayor frecuencia, sino también considerar cómo su abundancia puede influir en la planificación de estrategias de manejo de residuos y en las políticas de prevención.



Gráfico 10. Basuras más comunes

Este tipo de indicador es útil para las autoridades locales, ONG, y gestores de residuos, ya que ofrece una visión clara de qué residuos se deben priorizar en las políticas de manejo. Si un tipo de basura es consistentemente dominante, se pueden tomar acciones específicas para reducir su prevalencia, como el establecimiento de restricciones para su uso o incentivos para su reciclaje. Además, el análisis de residuos comunes ayuda a identificar patrones de consumo y comportamiento que pueden ser abordados mediante campañas educativas.

3.9 Plásticos más comunes

Este indicador de plásticos más comunes (Gráfico 11) brinda una visión de los tipos de residuos plásticos que se encuentran con mayor frecuencia en las áreas monitoreadas. Los plásticos, debido a su durabilidad y uso masivo, suelen ser uno de los componentes más problemáticos de la contaminación, ya que pueden persistir en el medio ambiente durante décadas o incluso siglos.



Gráfico 11. Plásticos más comunes | Foto: BPMC

A partir de este tipo de análisis, se pueden diseñar intervenciones específicas que aborden las fuentes más comunes de contaminación plástica. Las políticas de prohibición de plásticos de un solo uso, junto con la mejora de la infraestructura de reciclaje y la promoción de productos reutilizables, pueden ayudar a reducir la prevalencia de estos desechos en el medio ambiente. Además, las campañas de educación y concientización dirigidas tanto a los consumidores como a los pescadores pueden ayudar a disminuir la acumulación de plásticos en las áreas costeras.

3.10 Marcas y unidades

El indicador de marcas y unidades muestra la cantidad de residuos asociados a diferentes marcas comerciales que se encontraron durante el muestreo. Este tipo de análisis es fundamental en estudios de responsabilidad extendida del productor (REP), ya que permite identificar qué marcas están contribuyendo más a la acumulación

de residuos en las playas, y ayuda a las autoridades y organizaciones a generar estrategias de responsabilidad y reciclaje.



Gráfico 12. Marcas y unidades.

3.11 CCI (Índice de Limpieza de la Costa)

El Índice de Limpieza de la Costa (CCI, por sus siglas en inglés) es una herramienta desarrollada por Alkalay et al. (2007), ampliamente utilizada a nivel global. El CCI se calcula multiplicando la abundancia de basura plástica, expresada en número de ítems por metro cuadrado, por un coeficiente K igual a 20. Los resultados se dividen en cinco categorías que indican el nivel de limpieza de la playa: "Muy limpio" (0-2), "Limpio" (2-5), "Moderado" (5-10), "Sucio" (10-20) y "Extremadamente sucio" (más de 20). Este índice ofrece una evaluación clara y accesible del estado de limpieza de una playa, facilitando la implementación de medidas para su mejora. Además, es útil para evaluar el impacto de campañas educativas, cobertura mediática y acciones de cumplimiento, siendo aplicable al contexto colombiano.



Figura 37. Índice de Limpieza de la Costa (CCI)

3.12 Estado de la playa

El indicador de estado de la playa se determina utilizando una fórmula que evalúa la cantidad de residuos presentes en la playa. Esta fórmula tiene en cuenta diversos factores, como la densidad de

plásticos, el peso de los plásticos, la densidad de otros residuos, el peso de otros residuos, los microplásticos (opcional), y se penaliza si se encuentran residuos sanitarios.

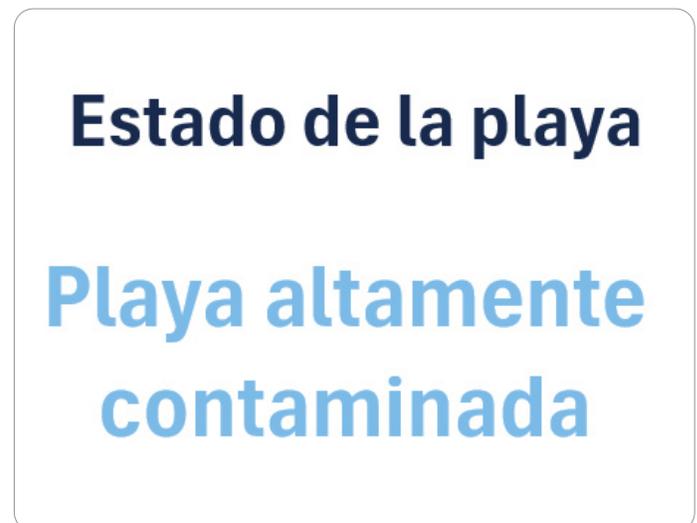


Figura 38. Estado de la playa

Esta fórmula es crucial porque permite evaluar de manera cuantitativa y estandarizada el estado de las playas, facilitando la comparación entre diferentes sitios y periodos. Además, ayuda a priorizar las acciones de limpieza y mitigación, identificando las áreas más contaminadas y los tipos de residuos más prevalentes. También es una herramienta valiosa para monitorear el impacto de las estrategias de manejo de residuos y políticas ambientales, contribuyendo a la gestión sostenible de las zonas costeras. A continuación, se explica cómo funciona la fórmula y la importancia de cada variable.

La fórmula general para calcular el estado de la playa es la siguiente:

$$E_p = D_p^n + P_p^n + D_o^n + P_o^n + M_m^n + S$$

Si se decide no incluir los microplásticos en el cálculo, **la fórmula es la siguiente:**

$$E_p = D_p^n + P_p^n + D_o^n + P_o^n + S$$

Explicación de las variables

1. Densidad de plásticos (D_p):

La densidad de plásticos es la cantidad de residuos plásticos encontrados por metro cuadrado de la playa. Se calcula dividiendo la cantidad total de residuos plásticos por el área total muestreada. Luego se normaliza utilizando el valor máximo determinado de 0.9317 residuos/m².

D_p = Cantidad total de plásticos / Área total muestreada

$$D_p^n = D_p / 0.9317$$

2. Peso de plásticos (P_p):

El peso de plásticos se refiere a la cantidad total de masa de plásticos por metro cuadrado. Se calcula dividiendo el peso total de plásticos por el área total muestreada y se normaliza con el valor máximo de 7.12 g/m².

P_p = Peso total de plásticos / Área total muestreada

$$P_p^n = P_p / 7.12$$

3. Densidad de otros residuos (D_o):

La densidad de otros residuos es la cantidad de residuos no plásticos encontrados por metro cuadrado. Se normaliza con el valor máximo de 0.094 residuos/m².

D_o = Cantidad total de otros residuos / Área total muestreada

$$D_o^n = D_o / 0.094$$

4. Peso de otros residuos (P_o):

El peso de otros residuos es la masa de residuos no plásticos por metro cuadrado. Se normaliza con el valor máximo de 27.36 g/m².

P_o = Peso total de otros residuos / Área total muestreada

$$P_o^n = P_o / 27.36$$

5. Microplásticos (M_m):

Los microplásticos se refieren a la cantidad de partículas pequeñas de plástico por metro cuadrado. Se normaliza utilizando el valor máximo de 1523.11 microplásticos/m². Esta variable es opcional en el cálculo del estado de la playa.

M_m = Cantidad total de microplásticos / Área total muestreada

$$M_m^n = M_m / 1523.11$$

6. Penalización por residuos sanitarios (S):

Si se encuentran residuos sanitarios, se añade una penalización de 0.2 por cada residuo encontrado. Esta penalización incrementa el valor de la fórmula, alejando el resultado de cero, lo cual representa un valor peor.

A continuación, se muestra una tabla que resume los valores obtenidos a partir de la ecuación de estado de la playa. Un valor cercano a 0 indica una mejor calidad ambiental de la playa, mientras que valores superiores a 4 reflejan un deterioro en la calidad de la misma.

Nivel	Estado de la playa	Descripción breve	Actividades
>0-1	Playa levemente limpia (buen estado)	Pocos residuos, adecuada para actividades recreativas con algunas restricciones.	Juegos y actividades controladas en la arena, caminatas, eventos pequeños en zonas sin residuos, uso limitado de sombrillas y tumbonas.
1-2	Playa moderadamente limpia	Residuos visibles, actividades recreativas con precauciones.	Juegos organizados, caminatas, uso limitado de sombrillas, picnic supervisado.
>2-3	Playa levemente contaminada	Residuos plásticos y otros visibles, molestias posibles.	Juegos en zonas controladas, caminatas cortas, recolección voluntaria de residuos.
>3-4	Playa contaminada	Cantidad considerable de residuos, requiere limpieza.	Caminatas cortas, actividades de limpieza, uso restringido de zonas de descanso.
>4	Playa altamente contaminada	Acumulación grave de residuos, no apta para recreación.	Exclusivamente actividades de limpieza y rehabilitación ambiental.

Tabla 7. Rangos de calificación de estado de la playa

Es crucial mencionar que los valores máximos utilizados para normalizar cada una de las variables en la fórmula fueron obtenidos a partir de datos recogidos en 10 muestreos realizados en las playas de Santa Marta, Colombia. Estos valores de referencia permiten que el análisis sea comparable en distintos lugares, pero es importante tener en cuenta que la precisión del cálculo puede verse afectada si se aplican en playas con condiciones muy diferentes a las de Santa Marta.

Si se desea una mayor precisión en la evaluación del estado de la playa, se recomienda que los valores de cada una de las variables se ajusten utilizando datos locales específicos del lugar donde se realizará el muestreo. Esto se debe a que el porcentaje de error aumenta cuanto más se aleja el sitio del muestreo original en Santa Marta. Las características ambientales, los patrones de acumulación de residuos y la actividad humana pueden variar significativamente entre distintos lugares, lo que hace que la referencia a datos locales sea esencial para obtener resultados más exactos y contextualizados.

Paso 4. Análisis de microplásticos

A continuación, se procederá a realizar un análisis detallado de los datos recopilados sobre microplásticos, con el fin de entender su distribución en las playas monitoreadas, su densidad, y su impacto general en el ecosistema. Este análisis permitirá evaluar las áreas más afectadas y será clave para el diseño de estrategias de mitigación y limpieza que aborden tanto la contaminación plástica visible como la invisible a simple vista.

4.1 Densidad de microplásticos/m²

Este indicador, muestra la densidad de microplásticos (**Gráfico 13**) en diferentes zonas de una playa, la densidad por unidades, en este caso de microplásticos, se refiere a la cantidad de partículas de microplásticos presentes en una unidad de área, como metros cuadrados (microplásticos/m²). Este indicador cuantifica cuántas partículas se encuentran dispersas en una superficie de un metro cuadrado.

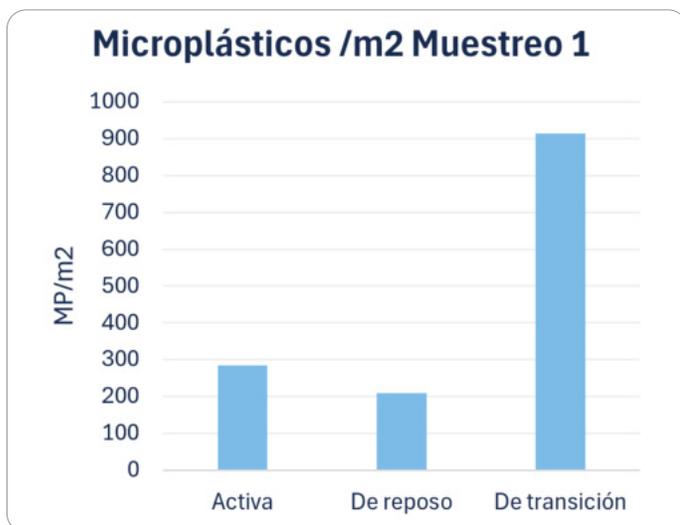


Gráfico 13. Densidad de microplásticos.

Este indicador es clave para entender la distribución de microplásticos en distintas zonas de la playa. A diferencia de la densidad de masa, que mide el peso total, la densidad por unidades cuenta solo las partículas, sin considerar su tamaño o peso. El gráfico resultante permite identificar las áreas más críticas de acumulación. Además, resalta la importancia de estudiar diferentes zonas, debido a que la acumulación varía según las características físicas y ambientales, con esta información, se podrán diseñar estrategias de mitigación y abordaje de las fuentes generadoras.

4.2 Formas de los microplásticos

Este indicador de formas de microplásticos (**Gráfico 14**) muestra la representación proporcional de los diferentes tipos de microplásticos encontrados en distintas zonas de una playa, así como un promedio general. Este tipo de gráfico es esencial para comprender no solo la presencia de microplásticos, sino también qué formas predominan en cada área y cómo varía su distribución según la zona.

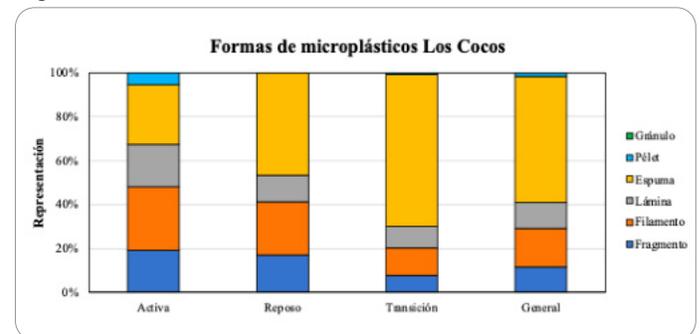


Gráfico 14. Formas de microplásticos.

El gráfico refleja cómo la distribución de cada tipo de microplástico varía entre las diferentes zonas: en las zonas cercanas al agua, es común encontrar fragmentos y filamentos, que suelen ser transportados por las corrientes marinas, en cambio las zonas de reposo y transición tienden a mostrar una mayor proporción de espumas y láminas, que son más livianas y, por lo tanto, más susceptibles a ser arrastradas por el viento o el agua hasta acumularse en áreas menos perturbadas por la actividad humana o el movimiento de las olas.

Además, la información sobre las formas de microplásticos también ayuda a identificar las posibles fuentes de contaminación, lo que puede guiar las políticas preventivas, como la regulación de ciertos materiales o productos, o la mejora de los procesos industriales para evitar fugas de pellets o gránulos.

4.3 Colores de los microplásticos

Este indicador de colores de microplásticos (**Gráfico 15**) muestra la representación proporcional de los microplásticos según su color en la zona activa, zona de reposo, zona de transición, y en el promedio general. El color de los microplásticos es importante debido a que, puede ofrecer información valiosa sobre su origen y su impacto ambiental.

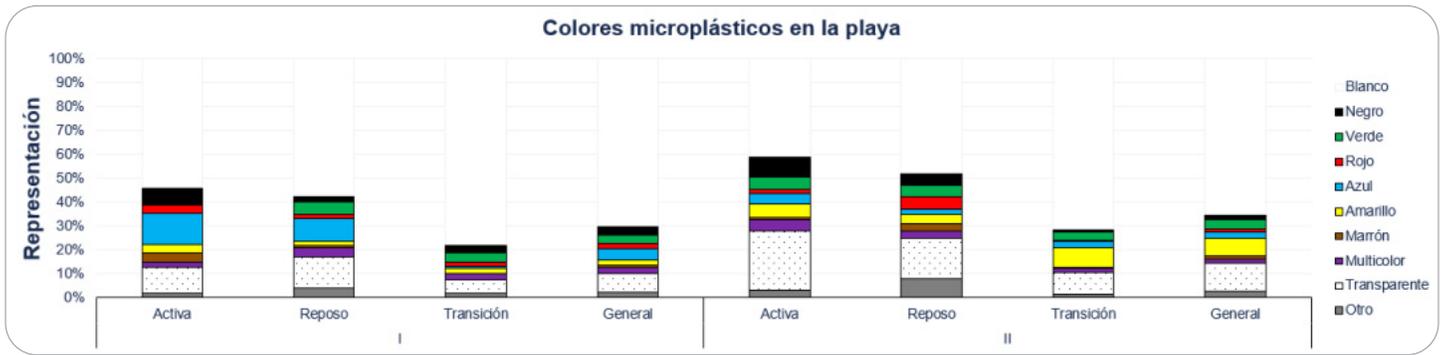


Gráfico 15. Colores de microplásticos

Los microplásticos varían en color, y su tonalidad puede estar relacionada con su origen y su interacción con el ambiente. Por ejemplo, los microplásticos blancos, transparentes y multicolores suelen estar vinculados a productos de consumo, como empaques o envases plásticos. Los microplásticos negros o marrones pueden provenir de actividades industriales o del desgaste de neumáticos. Los colores más brillantes, como rojo, amarillo o azul, generalmente se asocian con plásticos desechables, juguetes y otros productos de consumo visualmente atractivos.

El análisis de los colores también es relevante debido a que algunos colores de microplásticos pueden ser más atractivos para la fauna, lo que aumenta el riesgo de que sean ingeridos por los animales.

Este tipo de información ayuda a identificar zonas con mayor concentración de microplásticos peligrosos y permite tomar medidas específicas para reducir su impacto en el ecosistema, diseñando estrategias de mitigación y abordando fuentes de generación.

Paso 5. Difusión

En la etapa de difusión, los resultados obtenidos de los muestreos serán compartidos a través de una plataforma digital, diseñada para facilitar la visualización y el acceso a la información. Esta plataforma permite a los usuarios explorar los datos recopilados de los diferentes muestreos realizados en las playas, brindando una visión clara del estado de la playa, la cantidad de residuos y los indicadores clave de contaminación (**Figura 39**).



Figura 39. Sistema de información para la difusión de resultados

Cabe aclarar, que el diligenciamiento de los datos se realiza a través de un formulario (**Figura 40**). La información que debe registrarse en este formulario se obtiene directamente de la herramienta de Excel, en el apartado final de los gráficos de microplásticos.

Sistema de información de playas arenosas de Colombia

1. Nombre del responsable de la toma de muestras *

Escriba su respuesta

2. Nombre de la playa *

Escriba su respuesta

3. País de ubicación de la muestra *

Selecciona la respuesta

4. Tipo de muestreo realizado *

Figura 40. Formulario de diligenciamiento de información de muestreos

Para completar el formulario, se debe ingresar al siguiente enlace: <https://promar.org/es/muestreo-de-datos-de-la-playa> que contendrá a su vez el sistema de información para la difusión, esta guía y todos sus apéndices.

Esta fase de difusión es crucial para aumentar la concientización pública sobre el estado de las playas, promover la participación ciudadana en la recolección de información y generar acciones de gestión ambiental más efectivas. Además de la plataforma, la información puede compartirse a través de campañas de sensibilización lideradas por autoridades ambientales, instituciones educativas y universidades. Estas instituciones pueden integrar los datos en sus programas académicos y proyectos de investigación, fomentando un enfoque basado en la evidencia.

Por otro lado, se pueden organizar jornadas de socialización comunitaria, involucrando a grupos locales y ONG, así como incluir los resultados en informes públicos, foros ambientales y medios de comunicación. Colaboraciones con proyectos de sostenibilidad y redes de voluntarios ayudarán a extender el alcance de la información, asegurando soluciones basadas en datos concretos y promoviendo un impacto real.

APÉNDICE

1. MAPEO DE ACTORES
2. HERRAMIENTA EXCEL DE ANÁLISIS DE LOS DATOS DE BASURAS MARINAS EN PLAYAS ARENOSAS COLOMBIANAS
3. FORMULARIO DE CARACTERIZACIÓN DE BASURA MARINA (MEGA Y MACROBASURA)
4. FORMULARIO PARA CONTEO DE BASURA MARINA (MESO Y MICROPLÁSTICOS)
5. ROTULADORES PARA CLASIFICAR LAS MACROBASURAS Y MEGABASURAS Y LOS MICROPLÁSTICOS Y MESOBASURAS.
6. SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA DIFUSIÓN DE RESULTADOS ([HTTPS://PROMAR.ORG/ES/MUESTREO-DE-DATOS-DE-LA-PLAYA](https://promar.org/es/muestreo-de-datos-de-la-playa))
7. FORMULARIO DE DILIGENCIAMIENTO DE INFORMACIÓN DE MUESTREOS ([HTTPS://PROMAR.ORG/ES/MUESTREO-DE-DATOS-DE-LA-PLAYA](https://promar.org/es/muestreo-de-datos-de-la-playa))

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Distrital de Santa Marta. 2015. Decreto distrital No 376 de 2015 por medio del cual se reglamenta el uso, zonificación y horario de las playas con vocación turística del Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta, aptas para actividades culturales. Gaceta Distrital No. 063 de diciembre de 2015: 283-291 p.

Alkalay R., Pasternak G., Zask A., 2007. Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*, 50(5–6): 352-362. Ambrose, K. 2021. Coordination and harmonization of a marine plastic debris monitoring program for beaches in the Wider Caribbean Region: Identifying strategic pathways forward. *Marine Pollution Bulletin*, 171: 112767. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112767>.

Antão-Barboza, L., Vethaak, A., Lavorante, B., Lundebye, A. & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Mar. Poll. Bull.* 133, 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>.

Acosta-Coley, I., & Olivero-Verbel, J. (2015). Microplastic resin pellets on an urban tropical beach in Colombia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 435. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4650-4>

Bastos de Sousa, F.D., 2021. The role of plastic concerning the sustainable development goals: The literature point of view. *Cleaner and Responsible Consumption*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100020>.

Bonney R., Dickinson J.L., 2012. Overview of citizen science. In: Dickinson J.L., Bonney R. (Eds.). *Citizen Science: Public Participation in Environmental Research*. Cornell University Press, New York, 19-26p.

Bravo, J., Orozco, W. y Soto, D. 2016. Desarrollo de un sistema de monitoreo ambiental para mejorar la prevención y capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades pesqueras y acuícolas: caso de estudio Estero Real Nicaragua. *FAO, Circular de Pesca y Acuicultura No 1112 FIRA/C1112 (Es)*. ISSN 2070-7061. 52 p.

CAO, 2008. Monitoreo participativo del agua: guía para prevenir y manejar el conflicto. Washington. 110 p. <https://www.cao-ombudsman.org/sites/default/files/2021-06/watermonsp.pdf>.

CEGESTI, Abrelpe, 2022. Guía Metodológica para el Monitoreo de los residuos sólidos en Playa. 1 ed. San José, Costa Rica. 35 pp. <https://www.cegesti.org/manuales/GuíaMuestreoPlaya.pdf>.

Cheshire A.C., Adler E., Barbière J., Cohen Y., Evans S., Jarayabhand S., Jeffic L., Jung R.T., Kinsey S., Kusui E.T., Lavine I., Manyara P., Oosterbaan L., Pereira M.A., Sheavly S., Tkalin A., Varadarajan S., Wenneker B., Westphalen G., 2009. *UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*. UNEP Regional Seas Reports and Studies No.

186. Nairobi, Kenya. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/13604>.

DANE, 2023. Sistema de consulta de Conceptos Estandarizados. Departamento Administrativo Nacional de Estadística- DANE S.F- Departamento Nacional de Planeación DNP S.F. https://conceptos.dane.gov.co/conceptos/conceptos_catalogo.

DANE, 2022. Proyecciones de Población Municipales 2018-2035. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Defeo O., McLachlan A., Schoeman D., Schlacher T., Dugan J., Jones A., Lastra M., Scapini F., 2009. Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81 (1): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.09.022>.

EEA/AMAE. 2002. Towards an urban atlas Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas.

Environmental issue report No 30. Copenhagen. 85 p.

Engler, R.E. 2012, The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environ. Sci. Tech.*, 46: 12302-12315.

Garcés-Ordóñez O, Espinosa L, Pereira R, Issa B, Meigikos R., 2020a. Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environ. Pollut.* 267: 115495.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>.

Garcés-Ordóñez O, Espinosa L, Pereira R, Muniz M., 2020b. The impact of tourism on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Mar. Pollut. Bull.*, 160: 111558.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>.

Garcés-Ordóñez O., Saldarriaga-Vélez J., Espinosa-Díaz L., 2021. Marine litter pollution in mangrove forests from Providencia and Santa Catalina islands, after Hurricane IOTA path in the Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 168: 112471. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112471>.

GESAMP, 2019. Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. GESAMP Rep. Stud. Series No. 99, 130 p. <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>.

Hajkowicz S., 2006. Multi-attributed environmental index construction. *Ecological Economics*, 57(1):122-139. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.023>.

Hidalgo-Ruz, V 2012., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. 46, 3060-3075.

Hidalgo-Ruz, V., D. Honorato-Zimmer, M. Gatta, P. Nuñez, I. Hinojosa y M. Thiel. 2018. Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. *Mar Pollut Bull.*, 126: 516-524.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.014>.

Hidalgo-Ruz, V., Thiel M., 2013. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. *Mar Environ Resear.*, 87-88: 12-18.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>.

Ibarra A., Belmonte F., 2017. Comprendiendo el litoral: dinámica y proceso. Editum, Murcia, 66 pp. <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2017/12/IbarraBelmonte.pdf>.

IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto.

IDEAM, INVEMAR, 2021. Protocolo de Monitoreo y Seguimiento del Agua. Bogotá, D. C., 2021. 631 p.

IDEAM, 2022. Anuario Meteorológico y Climático de Colombia 2021-2022. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>

IDEAM. 2014. Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Bogotá, D. C. 134 p.

ICONTEC. 2007. Norma Técnica NTS-TS Sectorial Colombiana 001-2. Destinos turísticos de playa. Requisitos de sostenibilidad. Bogotá, D.C. 17 p. INVEMAR. 2022. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2021. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 254 p.

INVEMAR. 2014. Elementos técnicos que permitan establecer medidas de manejo, control, uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Código: ACT-BEM-001-014. Informe técnico final. Convenio MADS-INVEMAR No. 190. Santa Marta, Colombia.

INVEMAR, 2023. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia 2022-2023. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". Disponible en: <https://www.invemar.org.co>

- ISWA, ABRELPE, Avfall Sverige, Universidad de Leeds, 2021. Waste Free Water: Actions to improve the waste management and avoid water pollution. Guia Lixo Fora D'Água – Abrelpe.
- Kovač M, Palatinus A, Koren Š, Peterlin M, Horvat P, Kržan A., 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *JoVE.*, 118: 55161. <https://doi.org/10.3791/55161>.
- Lebreton, L., van der Zwet, J., Damsteeg J., Slat B., Andrady A., Reisser, J., 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.* 8, 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>.
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., & Gill, S. (2019). Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703-711. <https://doi.org/10.1002/etc.4371>
- López I., 2016. Clasificación morfológica de las playas y modelado del perfil transversal en Valencia, Alicante y Murcia. Universidad de Alicante (tesis de doctorado), Alicante. 152 pp. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/58897/1/tesis_lopez_ubeda.pdf.
- Manjarres Bovea, C.P., Botero Saltaren, C.M., Pereira Pomarico, C.I., 2020. Design of a method of evaluation of the beach tourist potential from an integrated management approach: case of the Magdalena Department, Colombia. *Revista Costas*, 2(1): 1-24. <https://doi.org/10.26359/costas.0102>.
- Marin C., Niero H., Zinnke I., Pellizzetti M., et al., 2019. Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 31:100771. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100771>.
- McLachlan, A.; Brown, A.C. (2006). *The ecology of sandy shores*. Second edition. Academic Press: Amsterdam. ISBN 0- 12-372569-0. 373 pp.
- Melgar, M. 2012. Manual para el desarrollo de mapeo de actores claves (MAC). Proyecto Municipios y desarrollo sustentable. República Dominicana. 14p. <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2006/03/manual-5-manual-para-el-desarrollo-del-mapeo-de-actores-claves-mac-1.pdf>.
- Milanés C., Acosta B., 2021. Metodología para el ordenamiento marino costero en playas. Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa. <https://acortar.link/fjVe1S>.
- OSPAR, 2010. Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area. London. 84 p. https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf.
- Phillips M.R., House C., 2009. An evaluation of priorities for beach tourism: Case studies from South Wales, UK. *Tourism Management*, 30(2): 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.05.012>.
- PNUMA, MarViva, 2022. Plan de Acción de Basura Marina para el Pacífico Nordeste 2022-2026. Costa Rica: San José. 116 pp. <https://marviva.net/wp-content/uploads/2022/06/Plan-de-Accion-de-Basura-Marina-2022-2026.pdf>.
- Prata, J.C., da Costa, J.P., Duarte, A.C., Rocha-Santos, T. (2019) Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *Trends Analyt. Chem.* 110, 150-159.
- Rangel-Buitrago N., Velez-Mendoza A., Gracia A., Neal W., 2020. The impact of anthropogenic litter on Colombia's central Caribbean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 152:110909. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110909>.
- Rangel-Buitrago N., Arroyo-Olarte H., Trilleras J., Arana V., et al., 2021. Microplastics pollution on Colombian Central Caribbean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 170:112685. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112685>.
- Rangel-Buitrago N., Williams A., Neal W., Gracia A., Micallef A. 2022. Litter in coastal and marine environments, *Marine Pollution Bulletin*, 177:113546. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113546>.

- Schuschny A., Soto H. 2009. Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, BMZ, GTZ. Naciones Unidas. Santiago de Chile. 109 p.
- Schwarz A.E., Lighthart T.N., Boukris E., van Harmelen T., 2019. Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study. *Marine Pollution Bulletin*, 143: 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.029>.
- Segnestam, L., Winograd M., Farrow. A. 2000. Desarrollo de Indicadores. Lecciones aprendidas de América Central. Departamento del Medio Ambiente, Banco Mundial. PNUMA, CIAT. Washington, D.C. 50 p.
- Seoane-Camba J., 1969. La zonación de la zona litoral y su nomenclatura. *Inv. Pesq.* 33(1):261-267. https://digital.csic.es/bitstream/10261/88547/1/Seoane_1969.pdf.
- Short, A. D. (2012) Coastal Processes and Beaches. *Nature Education Knowledge* 3(10):15. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/coastal-processes-and-beaches-26276621/>.
- Smeets E, Weterings R., 1999. Environmental indicators: typologies and overview. Technical report No. 25. European Environmental Agency. 19 p. <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>.
- Tapella, E. 2007. El mapeo de Actores Claves, documento de trabajo del proyecto Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario", Universidad Nacional de Córdoba, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI). <https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>.
- Therburg A., D´Inca V., López M., 2005. Modelo de indicadores ambientales: Observatorio ambiental. En: *Proyección*, 3:1-17. <https://bdigital.uncu.edu.ar/3152>.
- UNEP, 2009. Marine litter, a global challenge. UNEP, Nairobi, Kenia, 232 p. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7787>.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2021). From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution. Nairobi: United Nations Environment Programme. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>
- United Nations, 2015. Sustainable Development Knowledge Platform. <https://sustainabledevelopment.un.org/>
- Walker, T., 2021. (Micro)plastics and the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 30, 100497. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100497>.
- Williams A., Micallef A., 2009. Beach management: principles and practice. Earthscan, London (2009), p. 445. ISBN: 978- 1-84407-435-8.
- Williams, A.T., 2011. Definitions and typologies of coastal tourism destinations. In: Andrew Jones and Mike Phillips (eds.), 2011. *Disappearing Destinations: Climate change and future challenges for coastal tourism*. CABI, UK. 47-66 p.
- WWF/Adena, 2002. El litoral mediterráneo: importancia, diagnóstico y conservación. Madrid. 42 pp. http://awsassets.wwf.es/downloads/litoral_02.pdf.
- Di Virgilio, M. M. 2012. Monitoreo y evaluación de políticas, programas y proyectos sociales. Fundación CIPPEC, Buenos Aires. 125 p. ISBN 978-987-1479-35-1
- Pasquetti, C. M., y Salas, C. 2016. Los sistemas de monitoreo y evaluación: Hacia la mejora continua de la planificación estratégica y la gestión pública. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0000453>
- Misteli Schmid, M., Angarica L. y Ortiz R. 2009. Manual de monitoreo y evaluación participativos. Programa de innovación agropecuaria

local-PIAL. la Habana, 122 p.

Seoane-Camba J., 1969. La zonación de la zona litoral y su nomenclatura. *Inv. Pesq.* 33(1):261-267. https://digital.csic.es/bitstream/10261/88547/1/Seoane_1969.pdf.

Segnestam, L., Winograd M., Farrow. A. 2000. Desarrollo de Indicadores. Lecciones aprendidas de América Central.

Departamento del Medio Ambiente, Banco Mundial. PNUMA, CIAT. Washington, D.C. 50 p.

Therburg A., D´Inca V., López M., 2005. Modelo de indicadores ambientales: Observatorio ambiental. En: *Proyección*, 3:1-17. <https://bdigital.uncu.edu.ar/3152>.

Hajkovicz S., 2006. Multi-attributed environmental index construction. *Ecological Economics*, 57(1):122-139. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.023>.

Tapella, E. 2007. El mapeo de Actores Claves, documento de trabajo del proyecto "Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario", Universidad Nacional de Córdoba, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI). <https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/qc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>.

Thomas, D., Schutze, B., Heinze, W.M., Steinmetz, Z. (2020). Sample preparation techniques for the análisis of microplastics in soil – A review. *Sustainability*, 12: 9074.

Alkalay R., Pasternak G., Zask A., 2007. Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*, 50(5–6): 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002>.

Williams A., Micallef A., 2009. Beach management: principles and practice. Earthscan, London (2009), p. 445. ISBN: 978- 1-84407-435-8.

Melgar, M. 2012. Manual para el desarrollo de mapeo de actores claves (MAC). Proyecto Municipios y desarrollo sustentable. República Dominicana. 14p. <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2006/03/manual-5-manual-para-el-desarrollo-del-mapeo-de-actores-claves-mac-1.pdf>.

Di Virgilio, M. M. 2012. Monitoreo y evaluación de políticas, programas y proyectos sociales. Fundación CIPPEC, Buenos Aires. 125 p. ISBN 978-987-1479-35-1

Hidalgo-Ruz, V., Thiel M., 2013. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. *Mar Environ Resear.*, 87-88: 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>.

Ibarra A., Belmonte F., 2017. Comprendiendo el litoral: dinámica y proceso. Editum, Murcia, 66 pp. <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2017/12/IbarraBelmonte.pdf>.

Schwarz A.E., Lighthart T.N., Boukris E., van Harmelen T., 2019. Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study. *Marine Pollution Bulletin*, 143: 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.029>.

Scheurer, M., Bigalke, M. (2018). Microplastics in Swiss floodplain soils. *Environ. Sci. Technol.*, 52: 3591-3598.

Garcés-Ordóñez O, Espinosa L, Pereira R, Muniz M., 2020b. The impact of tourism on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Mar. Pollut. Bull.*, 160: 111558.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>.

Bastos de Sousa, F.D., 2021. The role of plastic concerning the sustainable development goals: The literature point of view. *Cleaner and Responsible Consumption*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100020>.

Kovač M, Palatinus A, Koren Š, Peterlin M, Horvat P, Kržan A., 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea

Surface and Sample Analysis. JoVE., 118: 55161. <https://doi.org/10.3791/55161>.

ICONTEC. 2007. Norma Técnica NTS-TS Sectorial Colombiana 001-2. Destinos turísticos de playa. Requisitos de sostenibilidad. Bogotá, D.C. 17 p.

WWF Colombia. (n.d.). Océanos. WWF Colombia. https://www.wwf.org.co/que_hacemos/oceanos/#:~:text=El%2045%25%20de%20Colombia%20es,1.300%20kil%C3%B3metros%20sobre%20el%20Pac%C3%ADfico.



SANTA MARTA, NOVIEMBRE DE 2024