

# EVALUACIÓN DE LA **CONTAMINACIÓN** POR PLÁSTICOS Y BASURA MARINA COMO INSUMO PARA LA **GESTIÓN INTEGRAL** DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINACIÓN EN LAS **ZONAS MARINO COSTERAS DE COLOMBIA**

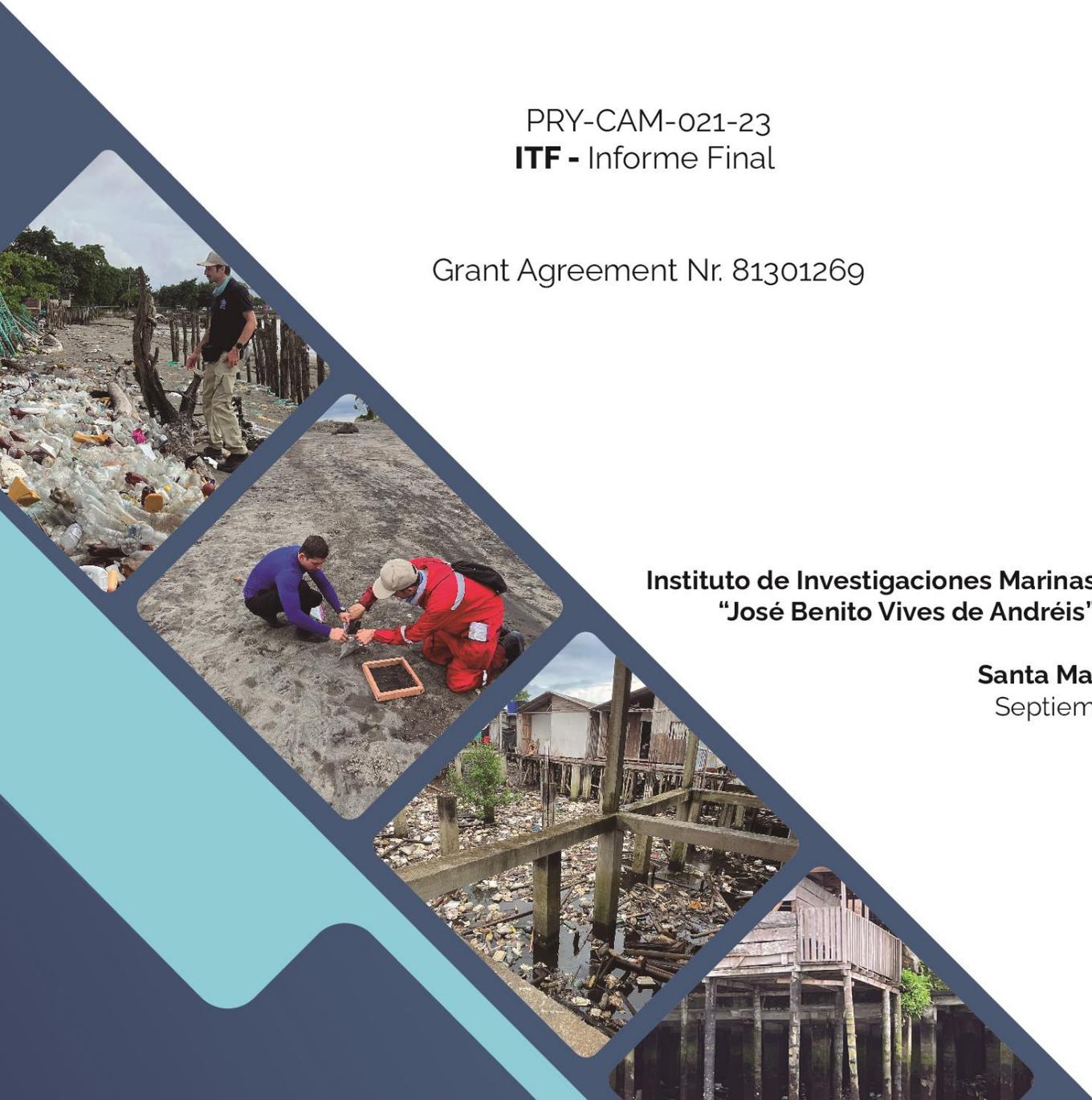
**Anexo 2.** Diagnóstico del estado actual de contaminación por plásticos  
y sus impactos socioambientales en el municipio de Tumaco, Nariño.

PRY-CAM-021-23  
**ITF - Informe Final**

Grant Agreement Nr. 81301269

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras  
"José Benito Vives de Andrés" - INVEMAR

Santa Marta D.T.C.H.,  
Septiembre de 2024



## DIRECTIVOS INVEMAR

### Director General

Francisco Armando Arias Isaza

### Subdirector de Coordinación Científica

Jesús Antonio Garay Tinoco

### Subdirectora Administrativa

Sandra Rincón Cabal

### Coordinadora de Investigación e Información para la

#### Gestión Marina y Costera (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

### Coordinador Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alejandro Alonso Carvajal

### Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

### Coordinadora Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

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

Mario Enrique Rueda Hernández

### Coordinador Servicios Científicos (CSC)

Juan Carlos Marquez

## ELABORADO POR:

### PROGRAMA CALIDAD AMBIENTAL MARINA

José Avila Cusba – Investigador Científico

Juan Fernando Saldarriaga Vélez - Investigador Científico

Laura Fragozo Velasquez - Investigadora Científica

Paola Sofía Obando-Madera – Jefe línea ESC

Luisa Fernanda Espinosa Díaz - Coordinadora Programa CAM

## APOYO TÉCNICO INVEMAR:

### Línea Evaluación y Seguimiento de la Calidad Ambiental Marina (Línea ESC):

Carlos Pacheco Vélez - Investigador Científico

Jair José Valdes Carrascal – Auxiliar de Investigación

### Laboratorio de Servicios de Información (LABSIS):

Lina Latorre Conde – Investigadora Científica

Jhony Garcés Ortega - Jefe del LABSIS

## APOYO TÉCNICO GIZ:

Lena Fürst - Responsable Go Circular Colombia

Lady Leiton – Asesora Técnica Go Circular Colombia

Natalia Ángel – Asesora Técnica Go Circular Colombia

## APOYO TÉCNICO TUMACO:

Alcaldía de Tumaco

Aguas de Tumaco S.A E.S.P.

## Citar como:

INVEMAR. 2024. Diagnóstico del estado actual de contaminación por plásticos y sus impactos socioambientales en el municipio de Tumaco, Nariño. Cusba, J., Obando, P., y Espinosa, L. (Eds). Informe Técnico Final. Financing Grant agreement No. 81301269. GIZ-INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 50 p

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	ALCANCE .....	5
3.	METODOLOGÍA.....	5
3.1	DIAGNÓSTICO CONTAMINACIÓN PLÁSTICA.....	5
3.1.1	<i>Evaluación Integral de la gestión de Residuos Sólidos.....</i>	<i>6</i>
3.1.2	<i>Monitoreo de ecosistemas y caracterización de fuentes de contaminación.....</i>	<i>10</i>
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
4.1	DIAGNÓSTICO CONTAMINACIÓN PLÁSTICA TUMACO, PACÍFICO COLOMBIANO .....	14
4.2	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WASTE FLOW DIAGRAM (WFD) EN TUMACO .....	18
4.3	COMPARACIÓN DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS PLÁSTICOS ENTRE PUERTO COLOMBIA Y TUMACO: PERSPECTIVAS LOCALES Y GLOBALES.....	28
4.4	MONITOREO DE ECOSISTEMAS Y CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN ....	32
4.5	IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS EN MICROPLÁSTICOS DE ARENAS DE PLAYA Y SEDIMENTOS DE MANGLAR EN EL MUNICIPIO DE TUMACO .....	43
4.6	DETERMINACIÓN DE IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS EN PUERTO COLOMBIA.....	44
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	46

## 1. INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras, pese a representar un porcentaje minoritario de la superficie terrestre (aproximadamente 7 %), albergan cerca del 40 % de la población mundial, con un rápido crecimiento demográfico que ha ocasionado una alta demanda de bienes y servicios ambientales, intensas presiones sobre los ecosistemas costeros e impactos sobre la salud humana y la economía (Ortíz-Álvarez et al., 2022). Uno de los principales efectos del crecimiento poblacional es el aumento de residuos sólidos en los entornos marinos y costeros, debido a factores como la producción y uso excesivo de plásticos, la falta de infraestructura para su eliminación, la falta de conciencia ambiental, y la falta de políticas y regulaciones fundamentadas a partir de un sistema de monitoreo robusto que cuantifique, mapee, evalúe y mantenga informada a la sociedad acerca de esta problemática.

En Colombia la contaminación de las zonas costeras es ocasionada por múltiples factores, entre ellos las precarias condiciones de saneamiento básico y deficientes sistemas de tratamiento de los municipios costeros y del interior del país, por lo cual hay una inadecuada disposición de residuos líquidos y sólidos generados en las actividades domésticas de la población, así como los residuos de actividades productivas, como la agricultura, minería, turismo, entre otras, que no implementan buenas prácticas en sus procesos (INVEMAR, 2018). Sumado a esto, la baja educación y conciencia ambiental, han repercutido en el incremento de la basura marina, cuyo principal constituyente son los materiales plásticos que representan una amenaza para los ecosistemas y los seres humanos, debido entre otros, a la transferencia de sustancias tóxicas adheridas a ellos, a las interacciones con organismos en múltiples niveles tróficos y a su degradación en microplásticos para los que no hay control y ocasionan un deterioro en la salud de los océanos.

En las costas Caribe y Pacífica de Colombia, la dinámica costera, el clima, la densidad de población y el desarrollo socioeconómico presentan diferencias muy marcadas que influyen en la distribución de la contaminación por plásticos en los ecosistemas marinos costeros (Garcés-Ordóñez et al., 2020). Adicionalmente, las malas prácticas de gestión de residuos en las poblaciones costeras del Pacífico pueden estar relacionadas con la complejidad del medio ambiente, sin dejar a un lado los conflictos territoriales que dificultan el acceso a las poblaciones en esta región.

Este informe presenta los resultados de la investigación sobre la contaminación por plásticos en el municipio de Tumaco, utilizando la herramienta del Diagrama de Flujo de Residuos (WFD). A través de su aplicación, se analizan los aspectos clave de la dinámica de gestión de residuos en el municipio, proporcionando una visión integral de los flujos y su manejo. Además, se evalúan los impactos ambientales y sociales, lo que permite una comprensión más profunda de esta problemática en el entorno y las comunidades locales.

## 2. ALCANCE

Diagnosticar la presencia y magnitud de la contaminación por plástico y basura marina en el municipio de Tumaco, Nariño, siendo uno de los dos municipios costeros prioritarios de la implementación del proyecto Go Circular, a través de monitoreos estandarizados y herramientas de evaluación ambiental, incluido el Diagrama de Flujo de Residuos (Waste Flow Diagram). Para finalmente, Identificar y valorar los impactos ambientales (ecológicos, sociales y económicos) asociados a la contaminación por plástico.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 DIAGNÓSTICO CONTAMINACIÓN PLÁSTICA

El diagnóstico del estado de contaminación plástica en el municipio de Tumaco en el departamento de Nariño, se llevó a cabo mediante un proceso compuesto por varias etapas integradas (Figura 3-1). La primera fase consistió en la recopilación de información, la cual fue realizada mediante: i) recorridos *in situ* para la georreferenciación de la disposición de los residuos en la zona urbana, junto con visitas de los rellenos sanitarios de cada municipio, con el propósito de obtener una comprensión integral de los patrones de disposición de residuos plásticos; ii) recopilación de información secundaria a partir de talleres, y iii) visitas donde se aplicaron encuestas a la comunidad y diversos actores involucrados en el sistema de gestión de residuos, lo que permitió identificar las fuentes de contaminación plástica y recopilar datos relevantes sobre los hábitos y disposición de la población.

La segunda etapa del proceso involucró la aplicación del Waste Flow Diagram (Diagrama de Flujo de Residuos), una herramienta reconocida internacionalmente para visualizar y analizar los flujos de residuos en un sistema determinado (GIZ et al., 2020). Este enfoque permitió identificar los puntos críticos dentro del sistema de gestión de residuos plásticos en cada municipio, destacando áreas de ineficiencia y posibles oportunidades de intervención.

La tercera etapa del proceso implicó el monitoreo de residuos plásticos en los ecosistemas estratégicos de cada municipio con la recopilación de muestras de basura marina y microplásticos en matrices como arenas de playas, sedimentos de manglar, ribera de drenajes y agua superficial de esteros categorizados como puntos críticos de contaminación. Con el objetivo de generar una línea base que aporte al diagnóstico del estado de contaminación por residuos plásticos en ambos departamentos.



Figura 3-1. Etapas y herramientas implementadas para la obtención del diagnóstico sobre contaminación plástica.

### 3.1.1 Evaluación Integral de la gestión de Residuos Sólidos

Como parte de la recopilación de información, se llevó a cabo un taller participativo de socialización e intercambio de conocimientos realizado con actores claves en el municipio de Tumaco (Figura 3-2) para identificar a través de la Cartografía Social Participativa (CSP) las posibles fuentes de contaminación y puntos críticos de acumulación de basura marina y de residuos sólidos, asociados a actividades socioeconómicas y domésticas desarrolladas en Tumaco. Los participantes aportaron a la evaluación participativa de las fugas de plásticos de los servicios de recogida, la recolección de recuperadores informales y la clasificación formal de la cadena de valor, el transporte de estos desechos hasta su eliminación y el plástico que transita desde los drenajes de agua lluvias hacia los cuerpos de agua, componente insumos de la herramienta WFD.



Figura 3-2. Taller de socialización e intercambio de conocimiento con actores locales y comunidad en general en Tumaco, Nariño.

La recolección de datos se complementó con encuestas de campo diseñadas para evaluar diversos aspectos relacionados con el manejo de residuos. Estas encuestas abordaron el transporte de residuos, incluyendo la carga de vehículos, su almacenamiento y la cobertura durante el transporte. Asimismo, se investigaron las infraestructuras de clasificación y reciclaje, indagando sobre las cantidades y tipos de materiales procesados, el destino de los materiales reciclables y la disposición de los materiales de rechazo. Se evaluaron también las infraestructuras de disposición final, analizando aspectos como las fugas, la cobertura de residuos y la exposición a riesgos ambientales. Por último, se diseñó un formulario para entrevistar a funcionarios de la alcaldía, lo que permitió obtener información adicional sobre las políticas y prácticas de gestión de residuos implementadas a nivel local.

En colaboración con expertos locales, la alcaldía municipal y un especialista en la herramienta Waste Flow Diagram (WFD), se realizaron recorridos tanto en el perímetro urbano, los centros de acopio de material de reciclaje y la zona marino-costera (Figura 3-3), así como la visita al relleno sanitario “Buchelli” (Figura 3-4). Durante estos recorridos, se identificaron los principales puntos de contaminación por residuos sólidos, además de llevar a cabo un seguimiento detallado de los recicladores, camiones de recolección y la comunidad en

general para comprender mejor los hábitos y la disposición de los residuos sólidos. Se evaluaron tanto las actividades humanas como los usos de los espacios dedicados a la gestión de residuos, analizando los factores que contribuyen a las fugas de plásticos hacia el medio ambiente. La recolección de datos en campo fue facilitada mediante el uso de un GPS GARMIN MAP-78s y la aplicación móvil "Avenza Maps: Offline Mapping", que ofrece una versión gratuita con funcionalidades básicas como el registro de ubicación GPS, la captura de fotografías y el seguimiento de rutas, permitiendo registrar de manera precisa los recorridos y puntos de interés críticos.

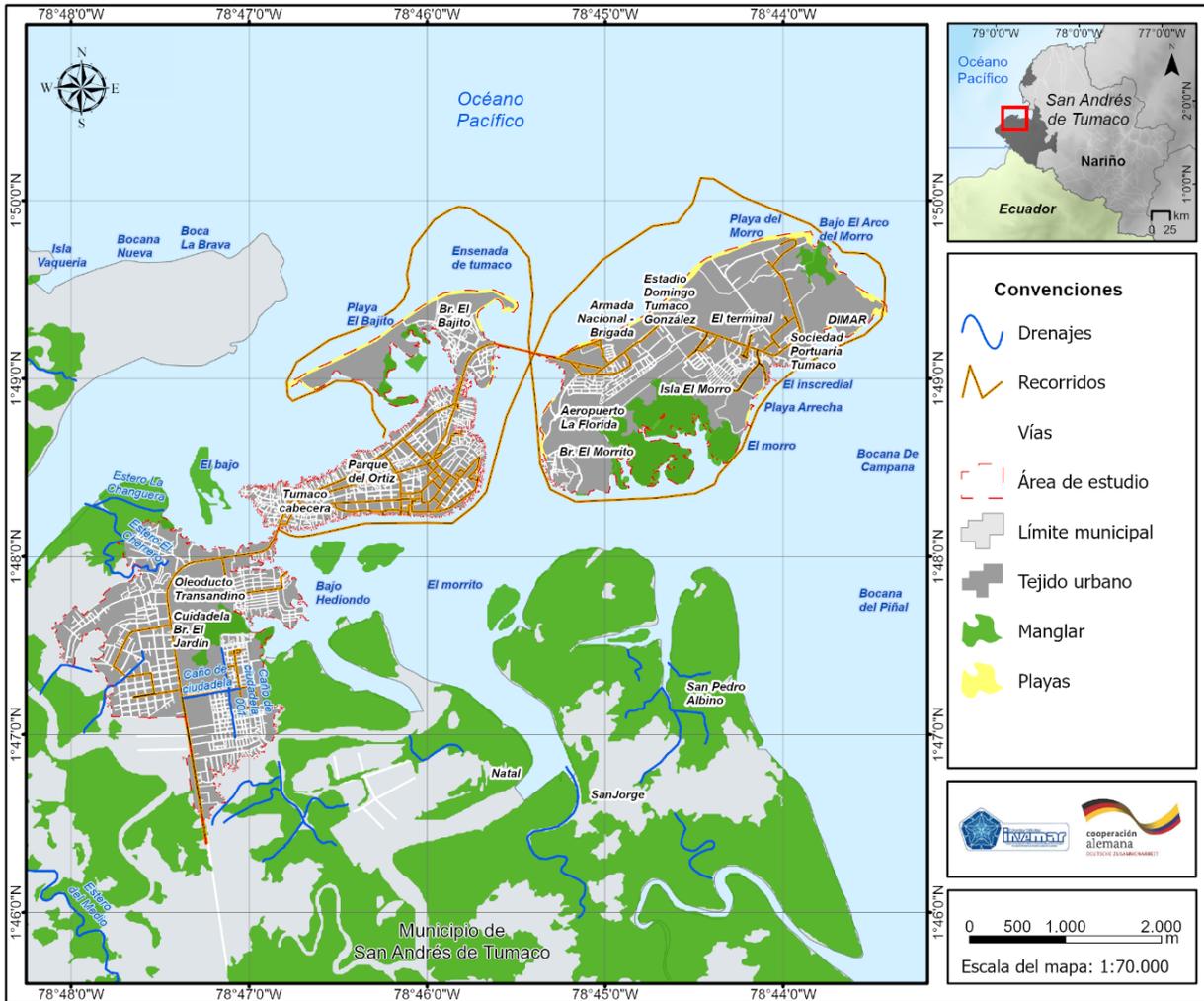


Figura 3-3. Track de recorridos sobre la zona urbana del municipio de Tumaco y la zona marino costera.

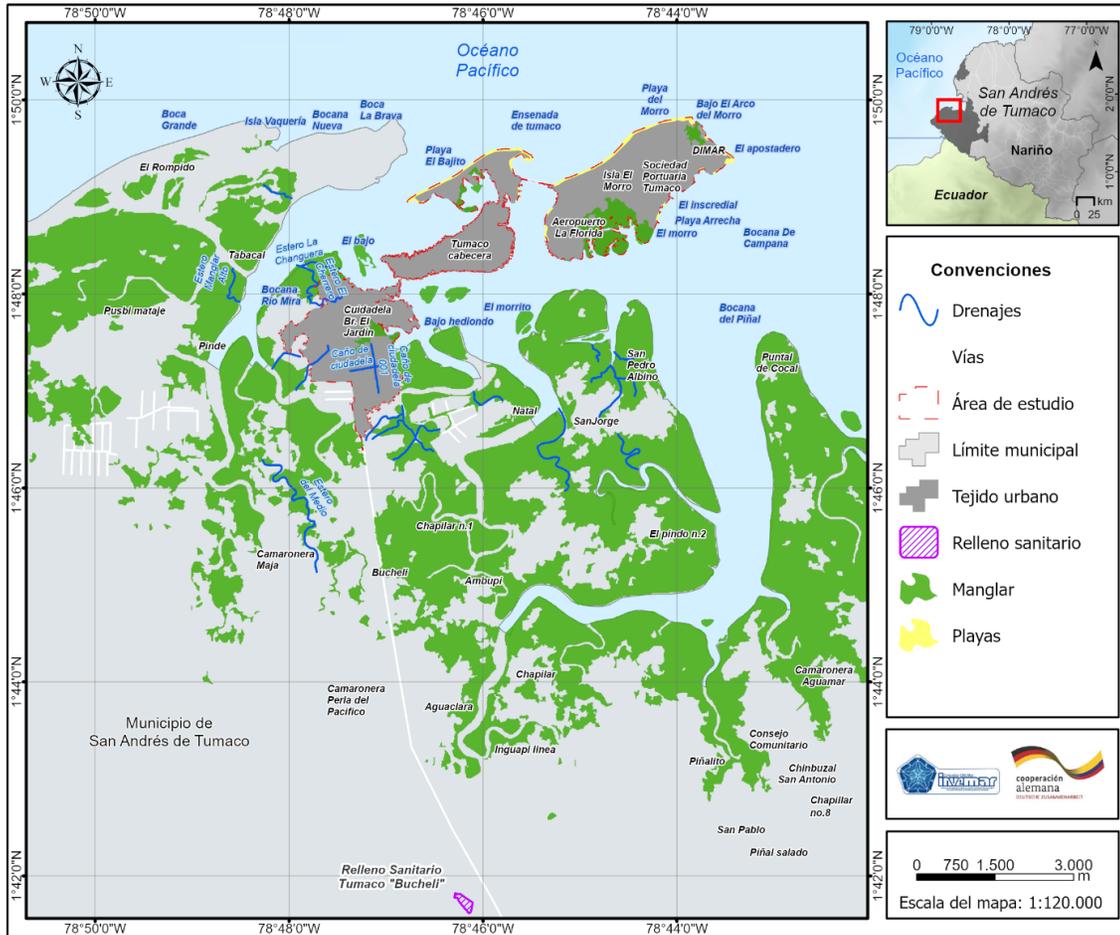


Figura 3-4. Mapa de ubicación del relleno sanitario “Buchelli Los Pocitos” de Tumaco.

### Manejo y análisis de datos

Para llevar a cabo la evaluación y cuantificación de las fugas de plástico en el sistema municipal de gestión de residuos sólidos hacia el medio ambiente, se empleó la herramienta Waste Flow Diagram (WFD), como se describe en la Figura 3-5 (GIZ et al., 2020). En la primera fase del análisis, se utilizó la información de línea base obtenida a través de observaciones, mediciones y datos recopilados durante talleres y actividades de campo para identificar los flujos de residuos en el sistema municipal de gestión de residuos. Posteriormente, se aplicó el modelo de cálculo WFD para registrar y analizar los flujos de residuos en la zona de estudio, determinando los posibles destinos de las filtraciones de plástico de manera voluntaria, involuntaria, difusa o puntual en el medio ambiente, tales como suelo, agua, quema o drenaje. Una vez implementado el modelo, se procedió a analizar los flujos de residuos y a visualizar los resultados mediante un diagrama complejo de Sankey, lo que permitió identificar las tendencias en la generación, gestión y destino final de los residuos plásticos.

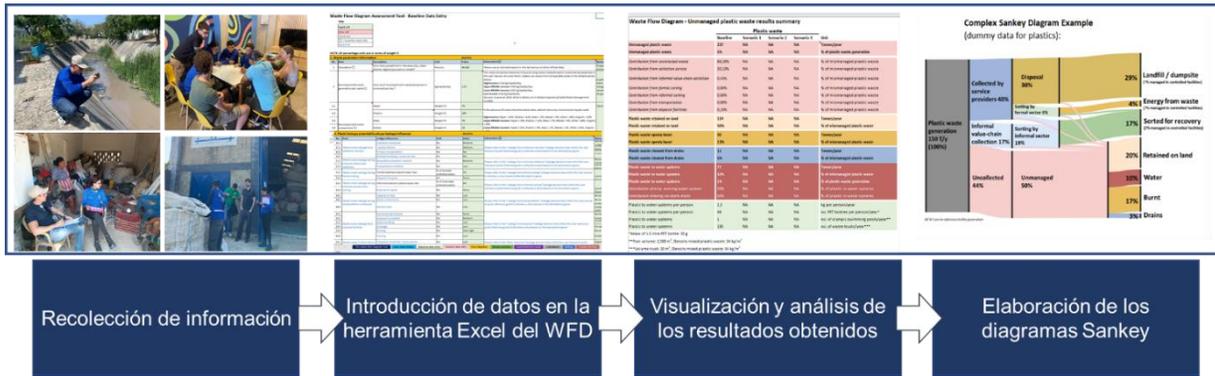


Figura 3-5. Etapas de la implementación de la metodología Waste Flow Diagram.

### 3.1.2 Monitoreo de ecosistemas y caracterización de fuentes de contaminación

Una vez cuantificadas las fugas de plástico y los puntos críticos dentro del sistema municipal de gestión de residuos sólidos, especialmente plásticos, hacia el medio ambiente en Tumaco, se procedió a la identificación de fuentes de contaminación y a recolectar muestras de basura marina y microplásticos en las matrices de arena de playa, sedimento de manglar, y esteros, complementando así el análisis con datos sobre la presencia y distribución de contaminantes plásticos en el entorno natural, proporcionando información crucial para complementar los resultados del WFD y la formulación de estrategias de mitigación y gestión en los municipios.

La recopilación de muestras de basura marina y microplásticos se llevó a cabo en los puntos identificados en los talleres de socialización e intercambio de conocimiento realizados con actores locales y comunidad en general (Figura 3-2). Estos puntos fueron evaluados y validados durante los recorridos del WFD. Los puntos de muestreo (Figura 3-6) se establecieron por ser identificados como focos importantes de contaminación en cada municipio, debido a la presencia de fuentes de contaminantes plásticos asociadas a asentamientos de comunidades, vertimiento directo de desechos sólidos, tráfico peatonal, vehicular y actividades turísticas.

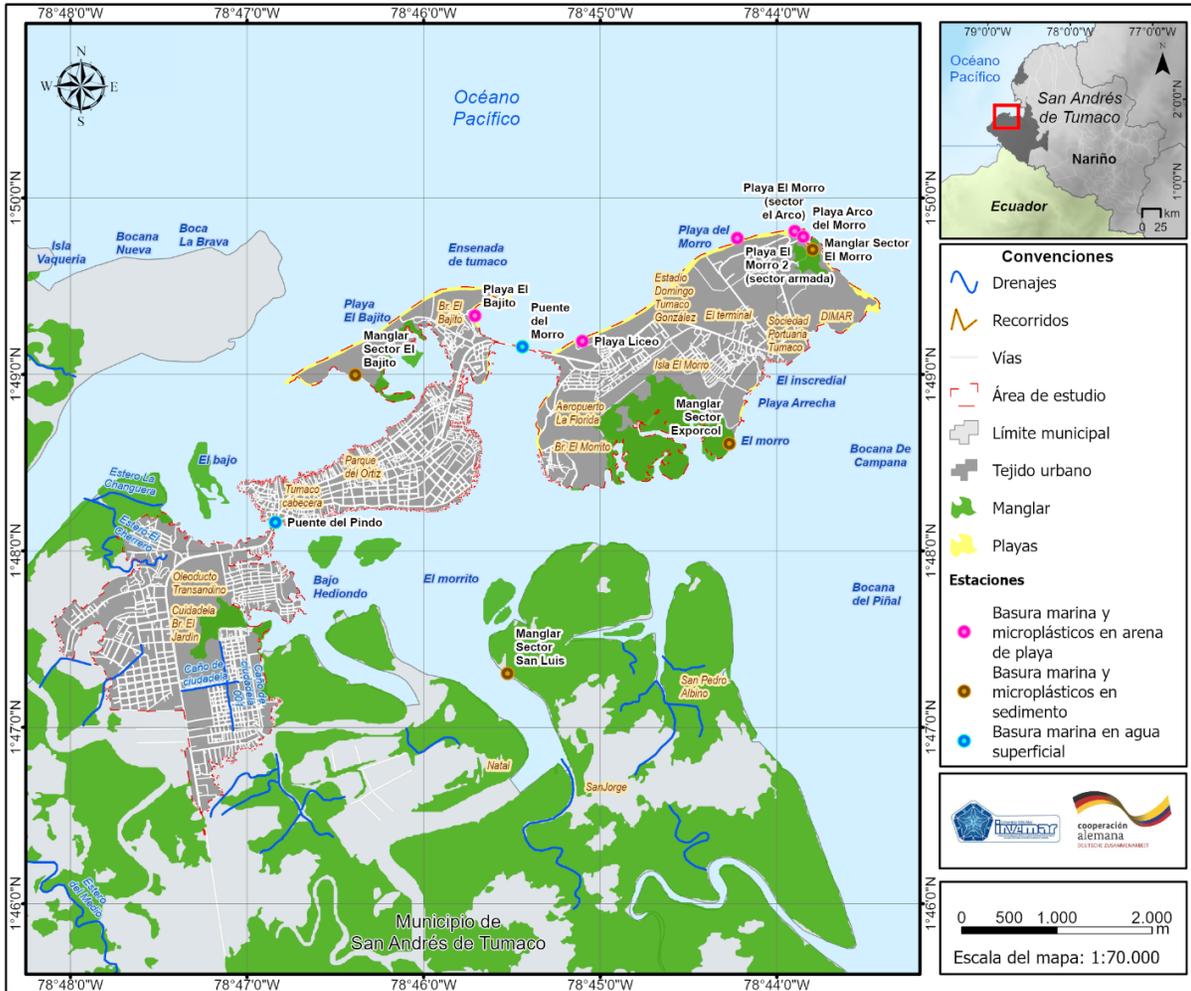


Figura 3-6. Mapa con los puntos de muestreo de basura marina y microplásticos en Tumaco, departamento de Nariño.

### Basura marina y microplásticos en arena de playas

Para la recolección de basura marina en arena de playa, en cada punto de muestreo se establecieron cinco (5) cuadrantes de 3 x 3 m en un transecto de 100 m ubicados en las zonas de pleamar. Para la recolección de las muestras de microplásticos en arena de playa, en cada cuadrante se colocaron dos (2) subcuadrantes, uno (1) de 0,5 x 0,5 m y dentro de este, uno (1) de 0,25 x 0,25 m, donde se recolectó la muestra, de forma aleatoria, usando una adaptación de la metodología de [Garcés-Ordóñez et al., 2020](#) y teniendo en cuenta la estandarización del protocolo de monitoreo de microplásticos, en marco de la Red de Investigación de Estresores Marinos – Costeros en Latinoamérica y El Caribe – REMARCO (Figura 3-7).



Figura 3-7. Especificaciones de cuadrantes usados en la recolección de basura marina y microplásticos en arena de playa.

### Basura marina y microplásticos en sedimento de manglar

Para la recolección de basura marina en sedimento de manglar, se priorizaron puntos críticos de acumulación de residuos plásticos en los manglares de Tumaco (Figura 3-6). En cada punto de muestreo, se recolectó la basura marina, la cual se pesó, se separó, se caracterizó, según las categorías (plástico, metal, vidrio, textil, papel-cartón y otros) propuestas por [OSPAR, 2010](#) (Figura 3-8) y posteriormente se realizó una clasificación cualitativa de polímeros comunes observados en terreno, utilizando técnicas de inspección visual y características distintivas de cada tipo de polímero o plástico (textura, transparencia, color y flexibilidad) ([MinAmbiente, 2022](#)). Para recolectar los microplásticos en el sedimento de manglar, se establecieron tres puntos aleatorios dentro de cada sitio de muestreo donde se tomaron tres (3) muestras aleatorias, con cuadrantes de 0,5 x 0,5 m (Figura 3-8). Las muestras de basura marina de arena de playa se recolectaron en sacos y las muestras de microplásticos se transfirieron a refractarias de aluminio, las cuales se preservaron y transportaron al LABCAM de INVEMAR para su análisis en laboratorio.



Figura 3-8. Clasificación de basura marina y toma de muestra de microplásticos en sedimento de manglar.

## Basura marina en cuerpos de agua

Los cuerpos de agua en cada departamento, variaron de acuerdo a las características de cada municipio, fueron priorizados por contar con puntos críticos de contaminación plástica, además de su impacto y criterios ambientales y socioeconómicos como su desembocadura en ecosistemas marinos estratégicos, el vertimiento directo de residuos sólidos, la cobertura del servicio de aseo a lo largo del drenaje y la importancia turística alrededor de este. En Puerto Colombia se muestrearon las riberas de los drenajes que atraviesan la ciudad, tomando como referencia dos puntos por cada drenaje, uno cerca a la desembocadura y el otro asociado a puentes peatonales (Figura 3-9). Las muestras se recolectaron en la ribera de cada drenaje, trazando un transecto, no mayor a 100m, teniendo en cuenta las dimensiones de cada ribera. En Tumaco, se muestrearon los esteros, específicamente debajo de los puentes con tráfico vehicular, realizando un conteo visual y clasificación de basura marina flotante, trazando una línea imaginaria perpendicular al cauce del estero, contando durante 20 minutos todos los elementos de basura que cruzan la línea y clasificándolos según su tipo.



Figura 3-9. Conteo de basura marina en cuerpos de agua.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DIAGNÓSTICO CONTAMINACIÓN PLÁSTICA TUMACO, PACÍFICO COLOMBIANO

De acuerdo con el taller de socialización e intercambio de conocimientos realizado en el municipio de Tumaco con instituciones responsables de la gestión de los residuos sólidos, así como las salidas de campo efectuadas para recopilar información necesaria para establecer la línea base sobre la contaminación por plástico, se implementó la metodología del Diagrama de Flujo de Residuos (WFD). Estas actividades fueron fundamentales para evaluar el estado de la gestión de residuos plásticos en el municipio e identificar áreas de mejora para la prevención y manejo adecuado de estos residuos, con el fin de disminuir la basura marina en los ecosistemas locales.

La proyección poblacional realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para la cabecera municipal de Tumaco en el año 2024, estima una población de 94.341 habitantes, sin considerar la población turística que visita el municipio (DANE, 2024). La composición de residuos sólidos domésticos fue obtenida a partir de la caracterización realizada por el PGIRS (Alcaldía de Puerto Colombia, 2016). Los porcentajes de composición corresponden a papel (15,62%), plástico (15,8%), vidrio (4,7%), metales (1,0%), orgánicos (44,8%) y otros (17,97%). De acuerdo a Wilson et al., (2015) en el reporte de la Perspectiva mundial de la gestión de residuos UNEP, estos valores son similares a los reportados para una población de ingresos medio bajo.

A partir del valor de disposición final proporcionados por aguas de Tumaco de aproximadamente 2.614 ton/mes (Media entre Julio-septiembre 2022; Alcaldía de Tumaco, 2022), se calculó el valor per cápita de residuos generados por la población, alcanzando un promedio de 1,25 kg por habitante por día. Esta cifra incluye residuos sólidos domésticos, comerciales, institucionales, públicos recogidos por Aguas de Tumaco S.A. E.S.P, los reciclables recogidos por los diferentes actores, considerando una cobertura de recolección de 80%<sup>1</sup>. A menor cobertura de recolección, la tasa de generación de residuos tiende a ser mayor. Adicionalmente, a partir de la composición de generación de residuos obtenida del PGIRS se calculó la cobertura de recolección. Cabe mencionar que los datos per cápita del PGIRS de la Alcaldía de Tumaco (2022) muestran cifras considerablemente más bajas y una cobertura del 100%, en comparación con las evidencias registradas en los informes de inspección por Superservicios (2017, 2022), donde se describe una cobertura de servicios de 65%; y con las evidencias recopiladas en las visitas realizadas por el equipo de trabajo durante este estudio. Esta diferencia pone de manifiesto la necesidad de revisar y ajustar las estrategias de gestión de residuos para garantizar una mayor eficiencia ambiental.

Los datos de composición de residuos en la disposición final corregidos, indican que el papel representa el 15,6%, el plástico el 13,3%, el vidrio 4,9%, los metales el 0,2%, los residuos

---

<sup>1</sup> Valor estimado con base en las observaciones en campo (algunas pequeñas áreas con deficiencia de recolección y práctica puntual de vertidos por la población en palafitos y otros lugares).

orgánicos el 47,1% y otros materiales el 18,9%. Estos datos fueron reajustados utilizando diversos factores, como la tasa de cobertura de recolección, la composición de generación en la fuente considerando los valores per cápita reajustados, el reciclaje generado en el municipio y la cobertura de recolección ajustada. Esto se realizó con la finalidad de validar la información y garantizar su coherencia con la metodología del WFD.

Actualmente, en el municipio de Tumaco no existen sistemas operativos de aprovechamiento de residuos en el sistema de disposición final. No se cuenta con instalaciones o cualquier otra infraestructura dedicada al reciclaje o transformación integral de residuos. Sin embargo, se ha evidenciado la presencia de aproximadamente 45 recicladores informales, la mayoría madres cabeza de familia, que se dedican a esta actividad sin las medidas de protección adecuadas. Estos recicladores han estado operando desde la apertura del relleno sanitario, trabajando en condiciones precarias.

De acuerdo a las visitas y entrevistas realizadas en campo (Figura 4-1 A), las estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA) evidenciadas en Tumaco están formalmente constituidas y contribuyen significativamente a la recolección de material reciclable, con un total de 4,27 toneladas por día. Esto indica un compromiso activo por parte de las estaciones de clasificación que recopilan alrededor de 0,65 ton/día de papel y cartón, 2,87 ton/día de plástico, 0,01 ton/día de vidrio y 0,74 ton/día de metal. Aunque la tasa de rechazo en las ECA es baja, es esencial asegurar una disposición adecuada de estos rechazos para evitar la pérdida de plásticos durante esta etapa.

Es importante resaltar que no se evidenciaron operaciones de reciclaje por parte del sector informal, salvo los recicladores del relleno sanitario (Figura 4-1 B). Estos recicladores, que han estado operando desde la apertura del relleno, venden los materiales recolectados a las estaciones de clasificación y aprovechamiento de Tumaco. Una de estas ECA adquiere alrededor del 65% de lo recopilado en el relleno sanitario, lo que equivale a aproximadamente 25 toneladas mensuales de plástico, según cálculos y entrevistas realizadas a los recicladores del relleno.



Figura 4-1. Visita a estaciones de clasificación y aprovechamiento ubicadas en el municipio de Tumaco. Estaciones formales (A) y recicladores informales que operan en el relleno sanitario (B).

### Identificación de fuentes de contaminación

Con el acompañamiento de la comunidad y la alcaldía se realizó el inventario de las fuentes de contaminación terrestres y marítimas, con base en los destinos identificados por el WFD. Se identificaron los botaderos de residuos sólidos satélite, posibles puntos de fuga, cuerpos de agua y los ecosistemas de manglar y playa receptores de residuos, y demás componentes del área de estudio que complementen la caracterización (Figura 4-2); además, se identificaron las escorrentías de los afluentes cercanos al manglar y playas, a través de recopilación y análisis de información geográfica disponible que contribuya en el proceso de caracterización socioecológica y socioeconómica del área de influencia; y se aplicaron encuestas a la población costera para la colecta de información de referencia que fuera de utilidad en la identificación de los cuerpos de agua receptores y la identificación de centros

de acumulación de residuos plásticos entre otras que complemente el análisis de información.

Esta información fue revisada con expertos locales y un especialista en la herramienta Waste Flow Diagram (WFD), y se realizaron recorridos en el perímetro urbano y la zona marino-costera de Tumaco (Figura 3-3), teniendo en cuenta la terminología usada en el WFD para identificar las presiones que producen fugas de plásticos en los ecosistemas, como:

- Disposición de contenedores de residuos sólidos en buen estado con capacidad insuficiente.
- Disposición de contenedores de residuos sólidos en mal estado.
- Identificación de bolsas plásticas sueltas con residuos sólidos.
- Residuos sólidos sueltos dispuestos en las calles (no han llegado al mar).
- Botaderos a cielo abierto.
- Puntos críticos de acumulación de residuos sólidos (incluye residuos sueltos y dispuestos en bolsas).
- Acumulación de basura marina (incluye residuos que terminan en ecosistemas marino-costeros).
- Quema de residuos sólidos.

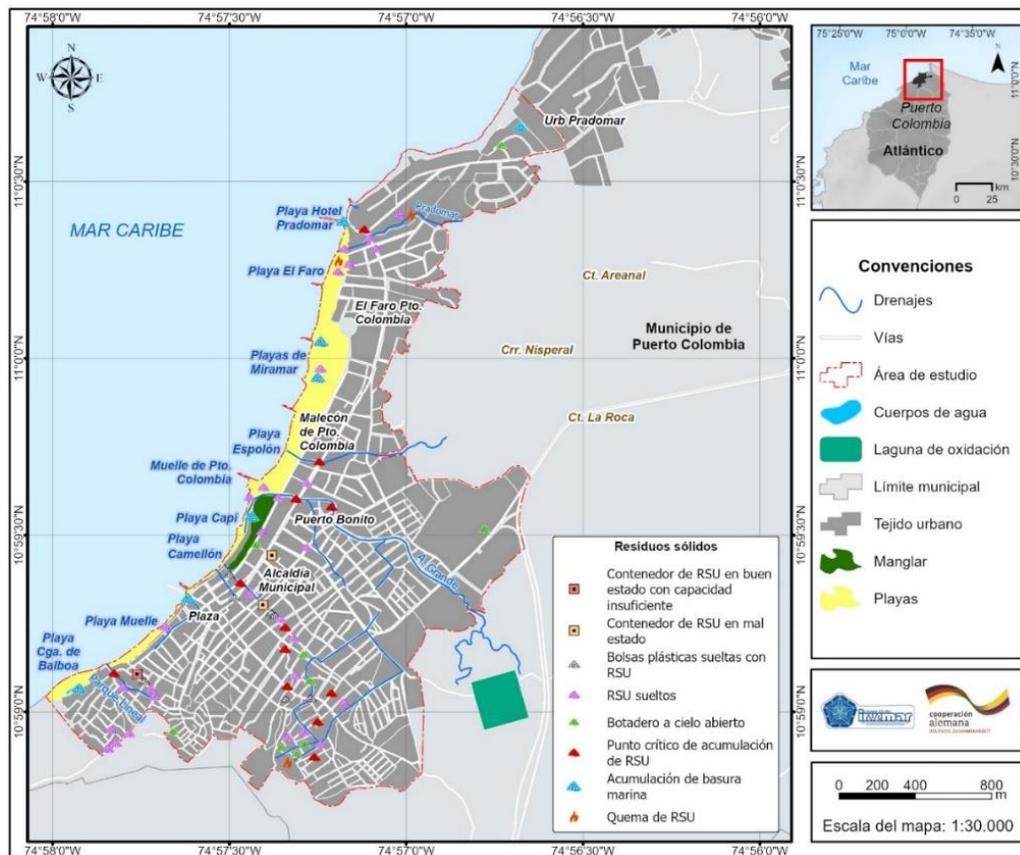


Figura 4-2. Mapa de fuentes terrestres de contaminación marina por residuos sólidos en puerto Colombia.

## 4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WASTE FLOW DIAGRAM (WFD) EN TUMACO

De acuerdo a los resultados obtenidos a través del WFD, se estima que anualmente en el municipio de Tumaco se generan aproximadamente 6.533 toneladas de residuos plásticos al año. De esta cantidad, el 64% (4.172 ton/año) es desechado en el sitio de disposición final, sin reaprovechamiento, mientras que el 16% (1.048 ton/año) es recogido por recicladores formales (en la ciudad) e informales (en el relleno) y procesado por el sector formal de clasificación y aprovechamiento.

El 21% restante de residuos plásticos, que corresponde a 1.402 toneladas/año, resultan no ser gestionados adecuadamente y termina en el ambiente. Se estimó que 591 toneladas de las 1.402 toneladas/año de residuos plásticos no gestionados se retiene en tierra, 809 toneladas afectan los sistemas de aguas y 2 toneladas de residuos plásticos se extraen de los desagües o drenajes (Figura 4-3; Figura 4-4).

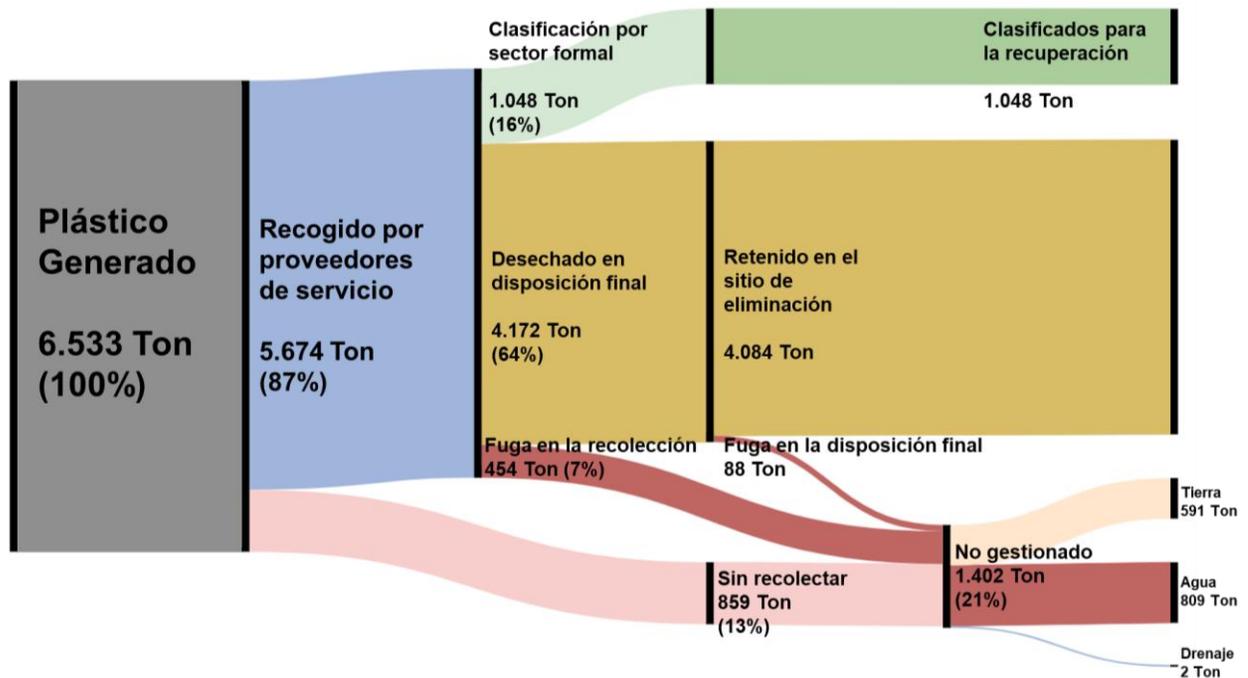


Figura 4-3. Diagrama Sankey del flujo de residuos plásticos en la cabecera municipal de Tumaco, Nariño.

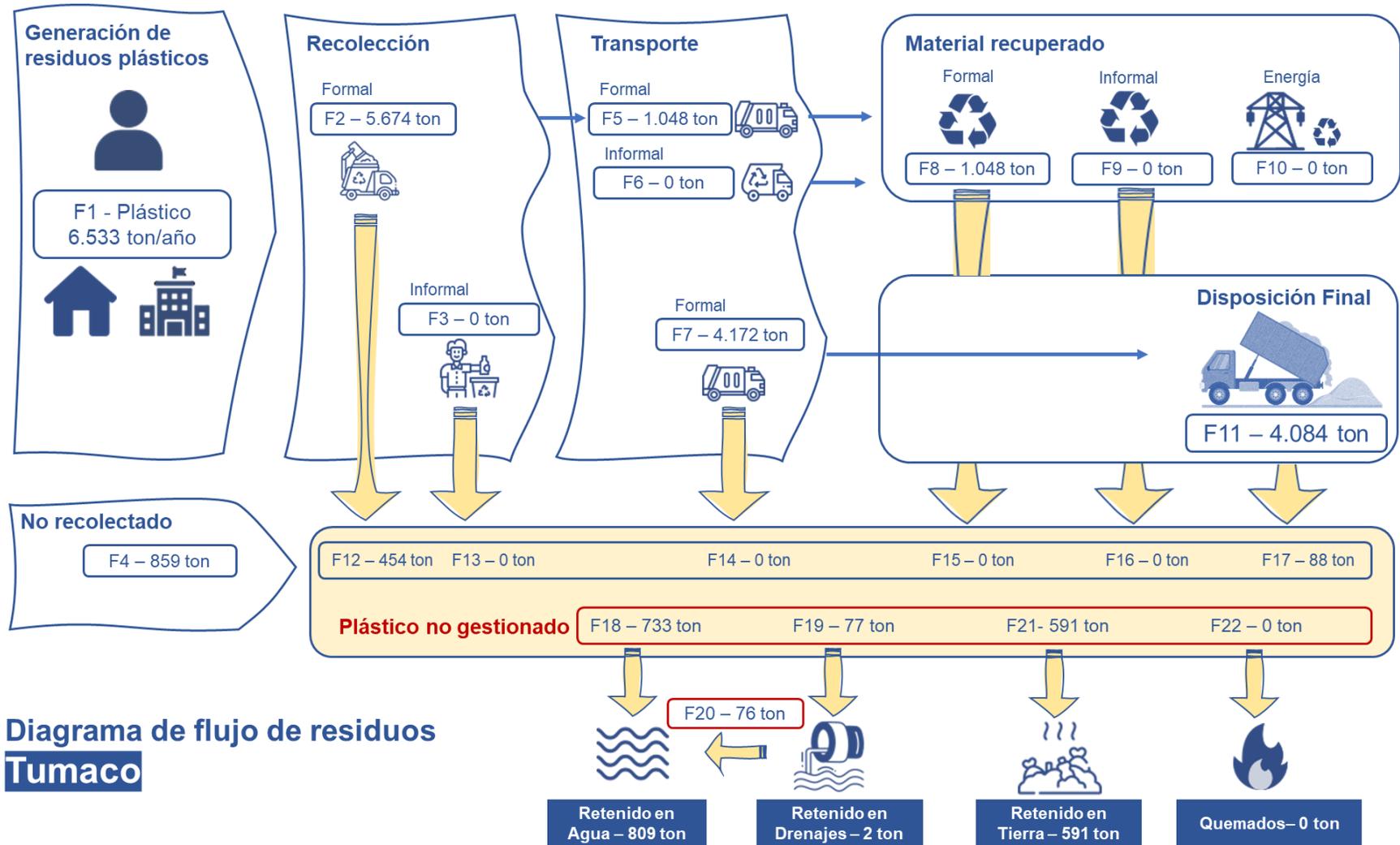


Figura 4-4. Diagrama de flujo de residuos plásticos anual en Tumaco.

La cantidad de residuos plásticos no gestionados adecuadamente representa el 21% de la generación total de residuos plásticos en el municipio. Este porcentaje implica una cantidad considerable de plásticos que terminan en el medio ambiente. La mayor parte de estos residuos plásticos mal gestionados (61,30%) se debe a la falta de recolección por proveedores del servicio o al vertido inadecuado por parte de la población (Figura 4-5). Además de los residuos no recogidos, otra contribución significativa (32,40%) proviene del propio servicio de recogida o sistema de recolección. Esto podría deberse a prácticas inadecuadas, como el almacenamiento temporal en las calles sin contenedores apropiados, lo que facilita la dispersión de los residuos, así como al incumplimiento frecuente de los horarios de recolección establecidos, lo que agrava este problema. Adicionalmente, la transferencia de residuos desde los palafitos a las esquinas o puntos de acopio, donde permanecen a la espera del camión de recolección que finalmente los dispone en el relleno sanitario, contribuye a la dispersión de plásticos en el entorno.

Finalmente, un 6,30% de los plásticos mal gestionados se debe al manejo inadecuado en las instalaciones de eliminación. Esto incluye la falta de cobertura y compactación de los residuos, así como la disposición inapropiada en celdas establecidas. Además, la ausencia de medidas o dispositivos para evitar que los plásticos sean dispersados por factores como el viento o la lluvia, y las actividades de reciclaje que se realizan en condiciones no óptimas.

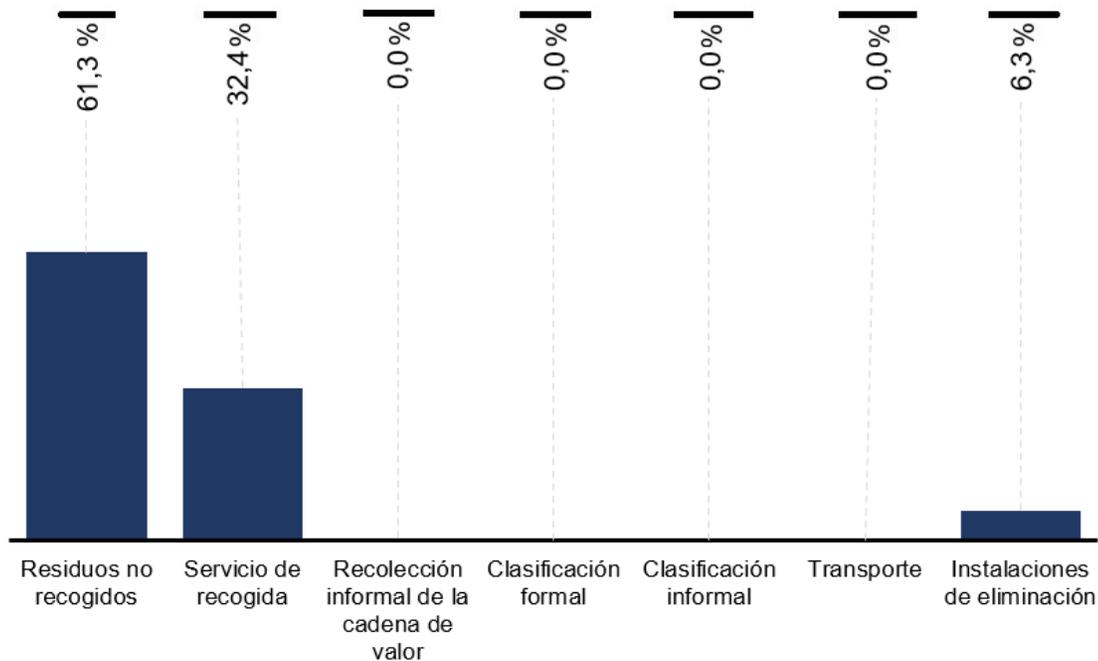


Figura 4-5. Contribución de los residuos plástico por etapa en la gestión de residuos en Tumaco.

Como consecuencia de estas deficiencias en la gestión de residuos plásticos, aproximadamente la mitad (58%) de los residuos mal gestionados (809 toneladas/año) terminan en los sistemas acuáticos, principalmente de forma directa (sin transitar por el

sistema de drenaje). La contribución del sistema de drenaje es mínima debido a su cuasi ausencia, es decir, a su aporte insignificante. Mientras tanto, el 42% (591 toneladas/año) queda retenido en tierra (Tabla 4-1).

La dinámica de las mareas juega un papel crucial en el destino de los residuos plásticos acumulados en tierra. Estos residuos, debido a la acción de las mareas, terminan siendo arrastrados hacia los sistemas acuáticos, donde se acumulan en grandes cantidades, especialmente en los pueblos palafíticos de la región. Esta situación no solo afecta la estética y limpieza de estos entornos costeros, sino que también representa un serio problema ambiental y de salud pública.

La acumulación de plásticos en los pueblos palafíticos puede tener consecuencias devastadoras para los ecosistemas acuáticos y la vida marina local. Los plásticos pueden causar daños directos a los organismos marinos al ser ingeridos o enredarse en sus cuerpos, además de contribuir a la contaminación del agua y la degradación de los hábitats naturales. Esta contaminación plástica también conlleva la generación de microplásticos, diminutas partículas de plástico que son ingeridas por organismos marinos de todos los tamaños, desde peces hasta organismos planctónicos, lo que puede tener efectos dañinos en toda la cadena alimentaria marina. Además de que estos grandes volúmenes de plásticos acumulados también aumentan el riesgo de proliferación de enfermedades transmitidas por vectores, como mosquitos, que encuentran en estos residuos un ambiente propicio para su reproducción.

**Tabla 4-1. Resumen de resultados de residuos plásticos no gestionados en el municipio de Tumaco.**

Residuos plásticos		
Items	Valor	Unidad
Residuos plásticos no gestionados	1.402	Toneladas/año
Residuos plásticos no gestionados	21%	% de generación de residuos plásticos
Residuos plásticos retenidos en tierra	591	Toneladas/año
Residuos plásticos retenidos en tierra	42%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos quemados a cielo abierto	0	Toneladas/año
Residuos plásticos quemados a cielo abierto	0%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos limpiados de los desagües	2	Toneladas/año
Residuos plásticos limpiados de los desagües	0%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos en los sistemas de agua	809	Toneladas/año
Residuos plásticos en los sistemas de agua	58%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos en los sistemas de agua	12%	% de generación de residuos plásticos
<i>Contribución que entra directamente en los sistemas de agua</i>	91%	% de plástico en los sistemas de agua
<i>Contribución que entra por los desagües pluviales</i>	9%	% de plástico en los sistemas de agua
Plástico a sistemas de agua por persona	9,0	kg por persona/año
Plástico a sistemas de agua por persona	299	no. Botellas PET por persona/año*
Plástico a los sistemas de agua	10	n° de piscinas olímpicas/año**
Plástico a los sistemas de agua	1.190	n° de camiones de residuos/año***

\*Masa de la botella PET de 1,5 litros: 30 g  
 \*\*Volumen de la piscina: 2.500 m3, Densidad de los residuos plásticos mezclados: 34 kg/m3  
 \*\*\*Volumen camión: 20 m3, Densidad de los residuos plásticos mezclados: 34 kg/m3

La falta de contenedores adecuados y la exposición de los residuos a factores ambientales y animales, como perros y goleros, contribuyen al potencial de fuga de plásticos durante la recolección, de aproximadamente 454 toneladas del plástico generado en el municipio pasan al ambiente (Figura 4-6). Adicionalmente otros factores son la ausencia de la separación del reciclaje desde casa y el volcamiento de residuos en puntos críticos que afectan la eficiencia de la recolección, aumentando la posibilidad de fugas de plásticos. Los sistemas de contenedores de residuos sólidos identificados en el perímetro urbano mayoritariamente son bolsas plásticas dispuestas en el suelo, como se observa en la Figura 4-6 A. Sin embargo, en áreas de mayor afluencia pública como parques, plazas y avenidas, se encuentran contenedores de diferentes tipos, como canecas, así como contenedores implementados por la comunidad. Cabe mencionar que también se observaron contenedores improvisados, como baldes reutilizados por la comunidad para depositar residuos (Figura 4-6 B).

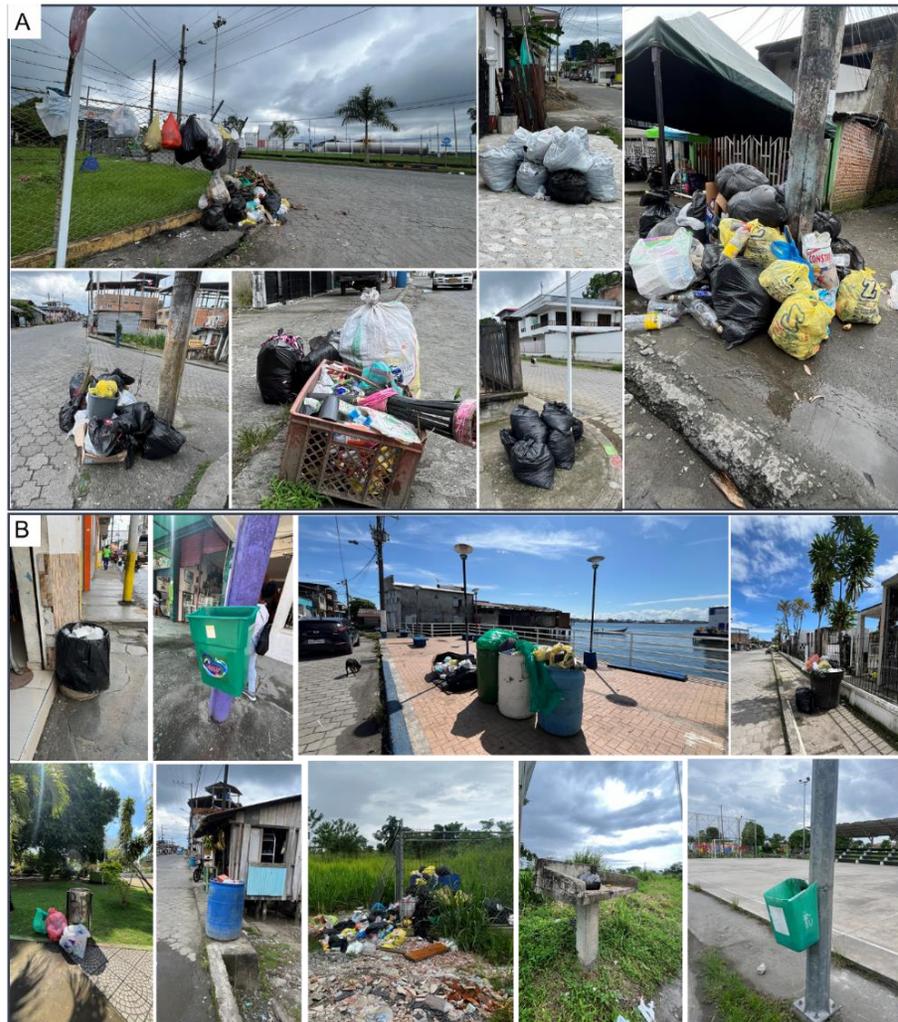


Figura 4-6. Tipos de contenedores utilizados en Tumaco. (A) Bolsas plásticas y (b) canecas, dispositivos de almacenamiento y contenedores.

Durante la fase de recolección de residuos en Tumaco, se identificaron varios factores que afectan la gestión de plásticos. La alta carga de los vehículos y la falta de contención adecuada durante el transporte, pueden resultar en la dispersión de plásticos a lo largo de las rutas de recolección (Figura 4-7). Aunque no se observaron muchos vehículos con capacidad de carga superada, el tipo de vehículo también influye. La predominancia de volquetas abiertas con poca capacidad y la escasez de compactadores afectan la eficiencia en la recolección y el manejo de los residuos. Además, la recolección puerta a puerta, aunque programada con horarios fijos, a menudo se ve comprometida debido a diversos factores, lo que afecta su cumplimiento total.

El relleno sanitario se encuentra en una zona propensa a lluvias, lo que genera desafíos adicionales. Las precipitaciones pueden afectar la compactación y la estabilidad de las celdas de disposición. Se requiere una planificación más estratégica para evitar la contaminación del entorno y garantizar una disposición adecuada de los residuos plásticos, como por ejemplo la implementación de dispositivos atrapa plásticos en el área del relleno. Estos dispositivos están diseñados para capturar los residuos plásticos que podrían salir volando debido a los efectos del viento o instalar barreas físicas, mallas o redes de contención. Aunque se realiza un cubrimiento con material de geomembranas, es muy deficiente para la cantidad de residuos que se observan en el medio. Por otra parte, la presencia de recicladores en el sitio es un aspecto positivo, ya que contribuye a la disminución de fugas y a la recuperación del material en disposición final. Sin embargo, su integración en el sistema de gestión de residuos debe ser más efectiva para maximizar la recuperación de materiales reciclables y mejorar la sostenibilidad del proceso.

De acuerdo a los recorridos realizados en los barrios de Tumaco, se observa que la falta de barrido frecuente afecta la limpieza de las calles. Las avenidas más transitadas y las playas parecen recibir más atención en términos de limpieza (barridos), mientras que algunas calles presentan una acumulación significativa de residuos plásticos más pequeños, como envases de material icopor, vasos plásticos y botellas. Esta situación resalta la necesidad de mejorar las prácticas de limpieza y la gestión de residuos en áreas menos atendidas.



Figura 4-7. Evidencias fotográficas de los camiones de recolección y visita realizada al relleno sanitario de Tumaco "Bucheli" manejado por la empresa Aguas de Tumaco S.A. E.S.P.

A continuación, se incluyen evidencias fotográficas de los plásticos que han escapado al ambiente, respaldando de manera visual los resultados obtenidos en el municipio de Tumaco. Estas fotografías ofrecen una representación visual de la realidad de la gestión de residuos plásticos en la cabecera municipal, palafitos y zona marino costera, proporcionando un contexto claro de cómo estos plásticos afectan a los ecosistemas terrestres y acuáticos. Las fotografías muestran específicamente las fugas de plástico en diferentes entornos: Tierra, quema, agua y drenajes.



### Fugas en cuerpos de agua:

La dinámica de las mareas desempeña un papel crucial en el destino de los residuos plásticos acumulados en cuerpos de agua. Las mareas influyen en la redistribución y desplazamiento de estos desechos, aumentando significativamente el riesgo de que los plásticos lleguen a los sistemas acuáticos. Esta situación contribuye a la contaminación y afecta de manera adversa a diversos ecosistemas, como las playas de Tumaco, los manglares y los barrios palafíticos (Figura 4-9).

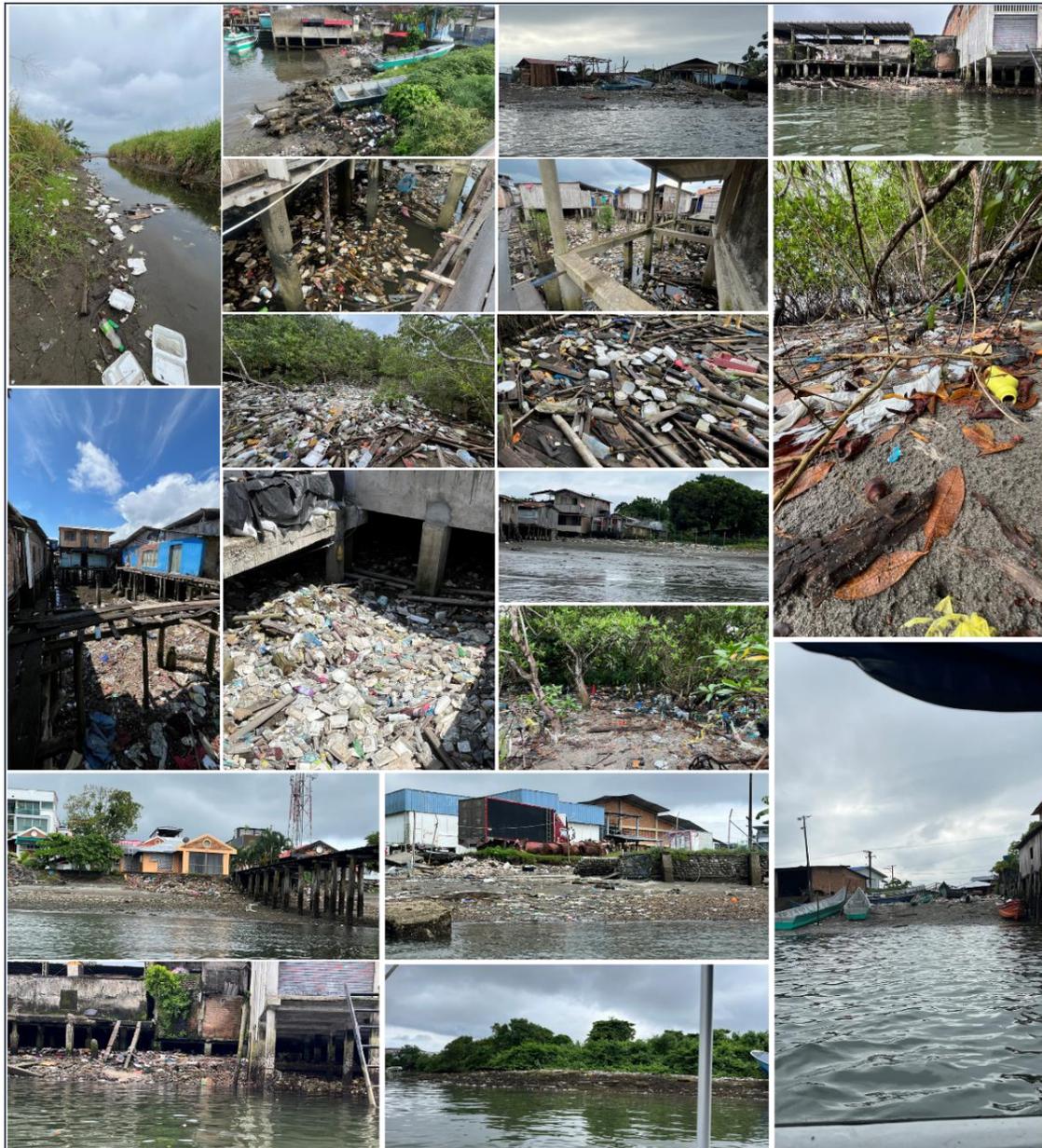


Figura 4-9. Acumulación de plástico identificados en cuerpos de agua de Tumaco.

## Fugas en drenajes:

La fuga de plásticos a través de los drenajes en Tumaco representa cifras significativamente bajas. Según los recorridos realizados en la zona, se ha evidenciado la escasez de estructuras de drenaje y, en muchos casos, la ausencia de alcantarillado en el municipio. Esta falta de infraestructura limita la cantidad de plásticos que pueden ingresar a los sistemas de drenaje.

Durante las inspecciones, se observó que los plásticos que efectivamente llegan a los drenajes son muy pocos (Figura 4-10). Sin embargo, para mantener y mejorar esta situación, e impedir que estos plásticos terminen en los sistemas de agua, es fundamental implementar y mantener actividades de limpieza y mantenimiento regulares en las pocas estructuras de drenaje existentes.

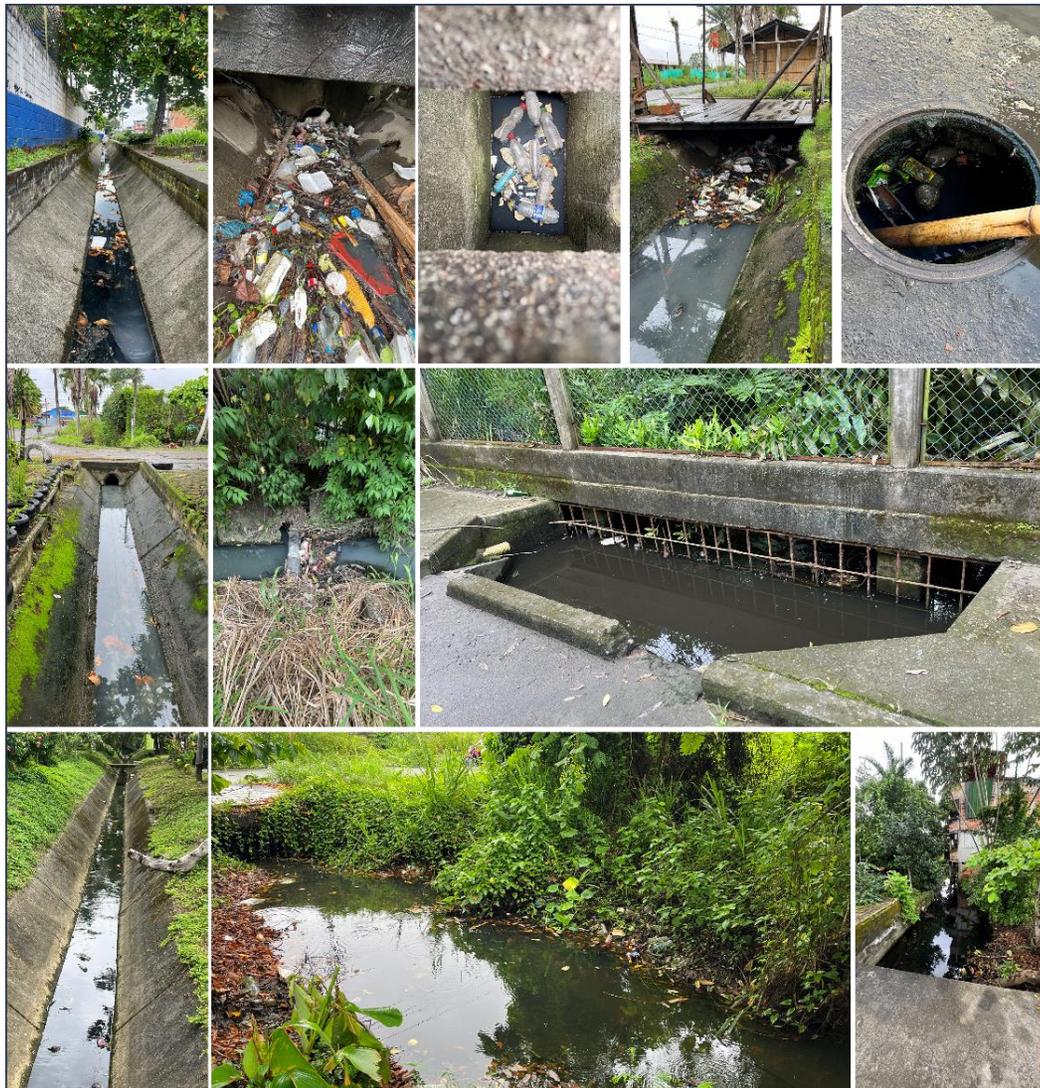


Figura 4-10. Acumulación de residuos plásticos identificados en drenajes de la zona urbana de Tumaco.

## Quema:

La quema de residuos no fue muy evidente como una práctica regular durante las observaciones en Tumaco. Esta práctica parece ser poco frecuente, posiblemente debido al clima lluvioso característico de la región, que dificulta la incineración de desechos. Además, el clima húmedo y las frecuentes precipitaciones contribuyen a mantener el material orgánico y otros residuos en condiciones que no favorecen la quema. Esto es positivo desde una perspectiva ambiental, ya que la quema de residuos puede liberar contaminantes tóxicos al aire, afectando la calidad del aire y la salud de los habitantes locales.

### 4.3 COMPARACIÓN DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS PLÁSTICOS ENTRE PUERTO COLOMBIA Y TUMACO: PERSPECTIVAS LOCALES Y GLOBALES

En la Figura 4-11 se compara la generación de residuos plásticos que van al ambiente y los sistemas de agua entre Puerto Colombia y Tumaco. Se observan diferencias significativas en la cantidad de plástico generado por ambos municipios.

En términos de plásticos en el ambiente, Puerto Colombia genera aproximadamente 227 toneladas al año, lo que representa el 5% del total de plástico originado en el municipio. En contraste, Tumaco genera 1.402 toneladas anuales, equivalente al 21% del plástico total en el municipio. Esta gran diferencia resalta la mayor contribución de Tumaco a la contaminación ambiental por plásticos (Figura 4-11 A).

En cuanto a los sistemas de agua (Figura 4-11 B), en Puerto Colombia se generaron 72 toneladas anuales (equivalente a 106 camiones), mientras que Tumaco genera 809 toneladas al año (equivalente a 1.190 camiones). Esto refleja una afectación mucho mayor de los cuerpos de agua en Tumaco, el cual enfrenta desafíos significativamente mayores en cuanto a la contaminación plástica, tanto en el ambiente como en los sistemas de agua, en comparación con Puerto Colombia.

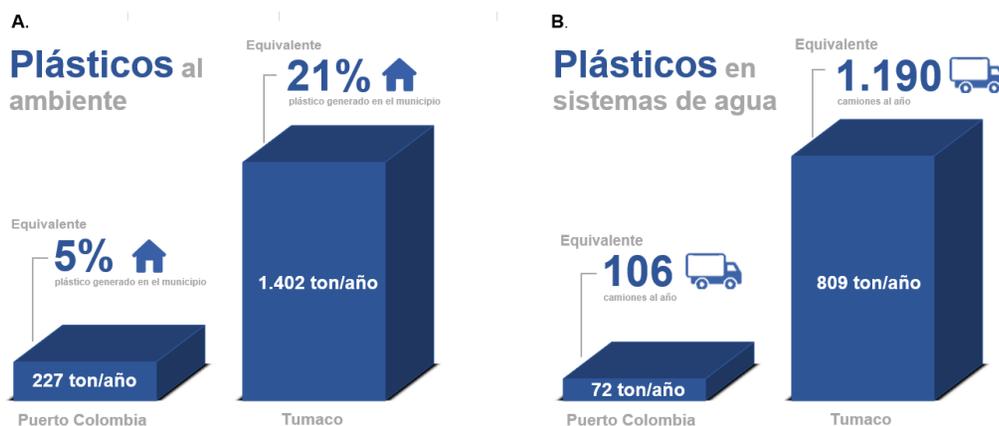


Figura 4-11. Generación de plásticos al ambiente y en sistemas de agua entre Puerto Colombia y Tumaco.

La comparación entre Puerto Colombia y Tumaco revela una notable diferencia en la cantidad de plásticos que terminan en los sistemas de agua. En promedio, una persona en Tumaco contribuye con seis veces más desechos de plástico al año que una persona en Puerto Colombia (Figura 4-12). Esta diferencia se representa con número de botellas PET, donde Tumaco muestra un número mayor (299 botellas PET) en comparación con Puerto Colombia (49 botellas PET), evidenciando una mayor carga de contaminación plástica en los sistemas acuáticos en Tumaco.

Varias razones podrían explicar esta diferencia. En Puerto Colombia, la mayor cobertura del servicio de recolección de residuos asegura una gestión más efectiva de los plásticos, mientras que, en Tumaco el servicio de recolección podría ser menos eficiente. Además, en Puerto Colombia, existe una mayor proporción de plásticos recogidos y acopiados para reciclaje, lo que reduce la cantidad de residuos plásticos que terminan en los sistemas de agua. La gestión de las condiciones de disposición final también es más rigurosa en Puerto Colombia, contribuyendo a una menor fuga de plásticos al ambiente acuático. Por otro lado, Tumaco enfrenta una mayor sensibilidad a fugas directas al agua, especialmente en los barrios palafíticos, donde el manejo de residuos puede ser más desafiante. Estas diferencias en la infraestructura y gestión de residuos explican, en parte, la discrepancia en la carga de contaminación plástica entre ambos lugares.

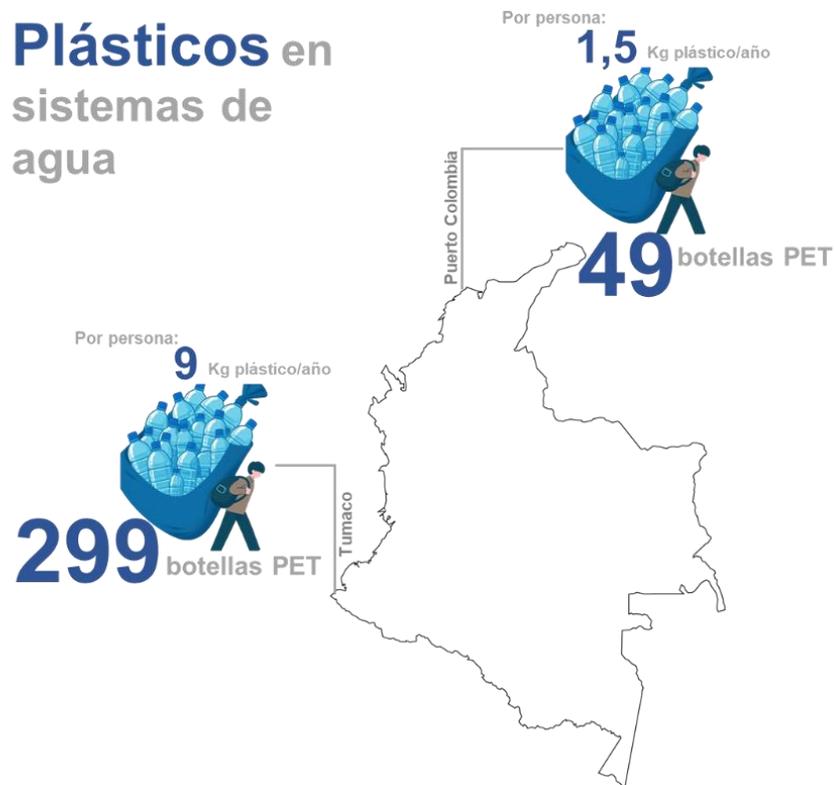


Figura 4-12. Contribución de Plásticos a los Sistemas de Agua por Persona entre Puerto Colombia y Tumaco.

A nivel global, se observa que muchas ciudades enfrentan problemas significativos de acumulación de plásticos en diversos ambientes. Predomina una tendencia general hacia la acumulación en sistemas de agua y tierra, siendo este último el destino predominante para el plástico no gestionado (Figura 4-13).

Tumaco (Colombia) presenta una preocupación ambiental crítica con una alta cantidad de plástico en el agua, representando más del 50% del plástico no gestionado en el municipio en comparación de los demás ambientes (tierra, drenaje y quema). Es notable que Tumaco se encuentra entre los pocos casos donde el destino “agua” representa más del 50% del plástico no gestionado. Esta situación se explica por su especificidad geográfica y urbanística: Tumaco es una pequeña isla y su estructura urbana incluye numerosos barrios palafíticos, lo que contribuye a una mayor acumulación de plásticos en los sistemas acuáticos. Esta área enfrenta desafíos significativos en la gestión de residuos plásticos que afectan directamente sus cuerpos de agua.

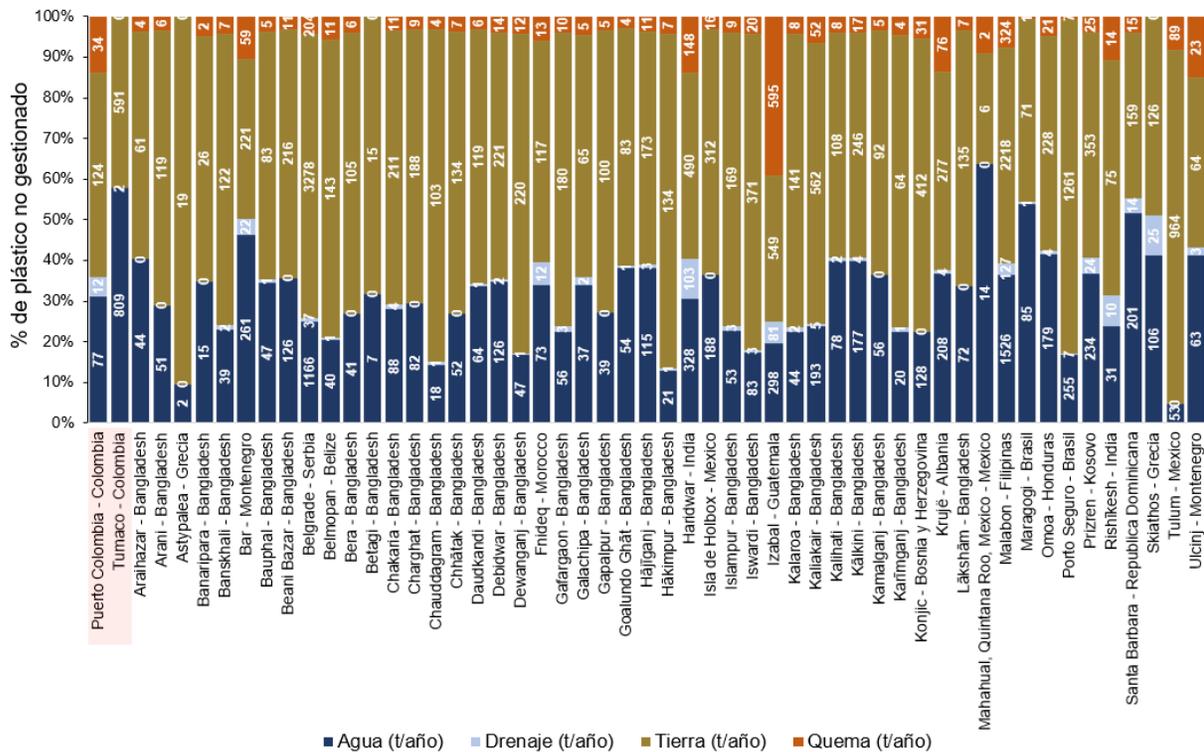


Figura 4-13. Comparación global de los destinos del plástico no gestionado. Entre las barras se muestran los valores expresados en toneladas por año de plásticos en los diferentes destinos: agua, drenaje, tierra y quema. Los datos fueron obtenidos del portal WFD (Waste Flow Diagram Data Portal ([rwm.global](http://rwm.global))).

Tumaco se sitúa en una posición alta en el gráfico con una fuga de plástico en agua de aproximadamente 9 kg/per cápita/año (Figura 4-14). Este valor coloca a Tumaco entre las localidades con mayores índices de contaminación plástica per cápita en el agua, destacándose como una de las más afectadas en comparación con otras ciudades.

Esta cifra indica un grave problema de gestión de residuos plásticos que contribuye significativamente a la contaminación de sus cuerpos de agua. Por otro lado, Puerto Colombia, muestra una fuga de plástico en agua significativamente menor en comparación con Tumaco, situándose en la parte media del gráfico. A pesar de tener una menor proporción de fuga de plástico en agua, Puerto Colombia no está exento de problemas relacionados con la gestión de residuos, pero su situación es menos crítica que la de Tumaco, el cual se enfrenta a un desafío significativo. Estas localidades con altos índices de fuga de plástico en agua deben ser objeto de estudios detallados para identificar y replicar prácticas efectivas de gestión de residuos, mientras que las áreas con menores índices pueden servir de modelo para desarrollar estrategias de reducción de la contaminación plástica.

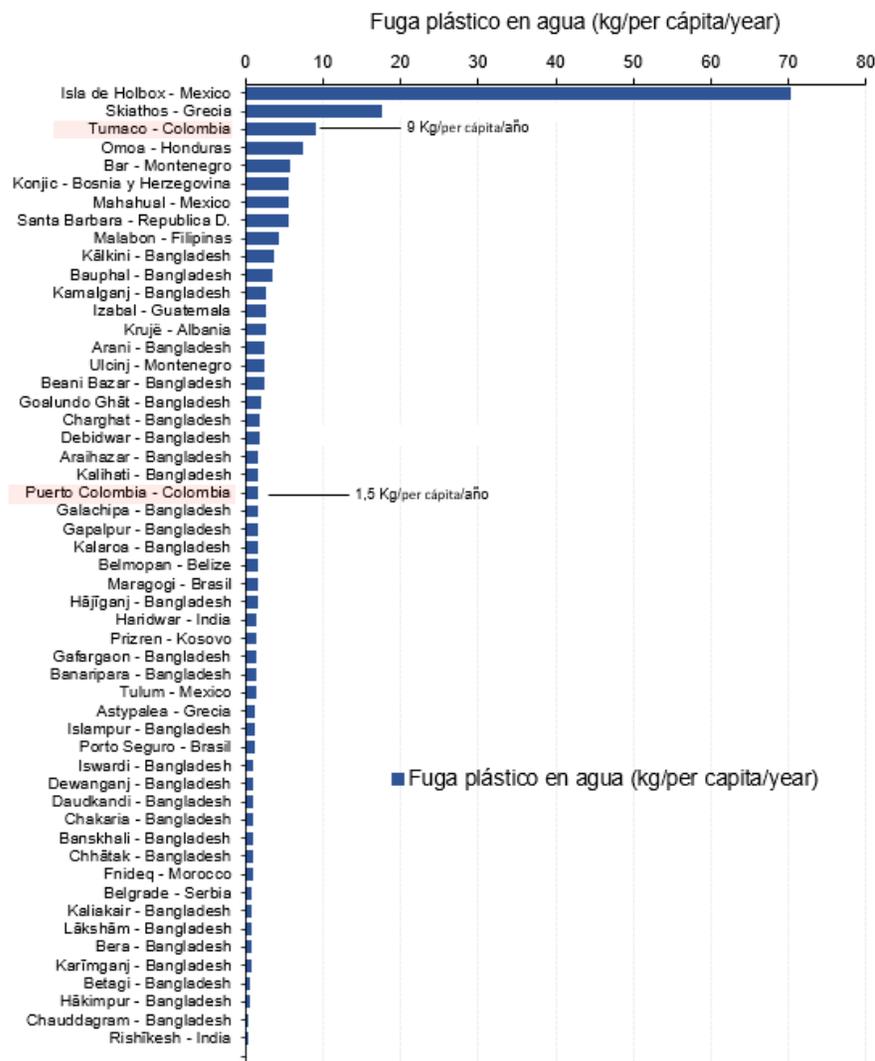


Figura 4-14. Fuga de Plástico en Agua (kg/per cápita/año) por localidad a nivel global. Los datos fueron obtenidos del portal WFD (Waste Flow Diagram Data Portal ([rwm.global](http://rwm.global))).

#### 4.4 MONITOREO DE ECOSISTEMAS Y CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN

##### Basura marina y microplásticos en arena de playas

La evaluación de cinco (5) sitios de muestreo priorizadas en playas del municipio de Tumaco, mostró que la concentración de basura marina osciló entre 0,36 y 1,69 ítems/m<sup>2</sup> (Figura 4-15). La playa con mayor abundancia de basura marina reportada fue Playa El Liceo, seguido de Playa Arco del Morro con 1,43 ítems/m<sup>2</sup> y Playa El Morro (Sector el Arco) con 1,16 ítems/m<sup>2</sup> (Figura 4-15).

La alta acumulación de basura marina en la playa de El Liceo, puede estar asociada con la inadecuada gestión de los residuos sólidos urbanos generados en las actividades socioeconómicas del municipio, los cuales por dinámicas mareales pueden arribar y depositarse en este sector, tal como se observa en la Figura 4-16.

A diferencia de la playa de El Liceo, las playas de El Morro, Arco del Morro y El Bajito cuentan con servicio de limpieza diario por parte de Aguas de Tumaco E.S.P. y de los caseteros que desarrollan sus actividades económicas en este sector; por lo cual las abundancias reportadas están asociadas al desarrollo de actividades de recreación y turismo de sol y playa, toda vez que estos sectores son los que recibe mayor afluencia de bañistas locales y turistas en el casco urbano del municipio de Tumaco (Figura 4-15).

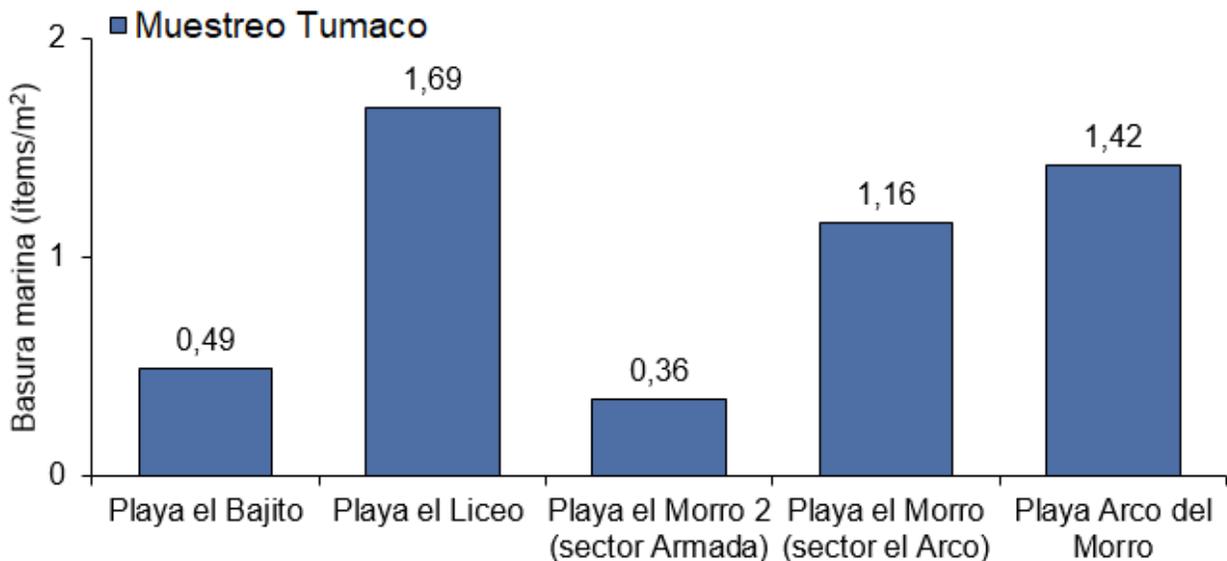


Figura 4-15. Abundancia de basura marina en las playas priorizadas en Tumaco, registradas en el muestreo realizado en mayo de 2024.



Figura 4-16. Acumulación de residuos sólidos en la playa del sector del Liceo

Entre los ítems de basura marina reportados en las playas priorizadas, el plástico representó el 77,83%, seguido por el vidrio, con un 8,26% (Figura 4-17). Asimismo, en cada una de las playas priorizadas, el plástico fue el tipo de material más reportado, en porcentajes que oscilan entre 68,75% y 82,69%. De los productos plásticos más encontrados, se destacan los elementos de un solo uso, como vasos, bolsas, cucharas, botellas PET, fragmentos de contenedores de comida de poliestireno expandido-EPS, empaques de confitería, entre otros (Figura 4-18).

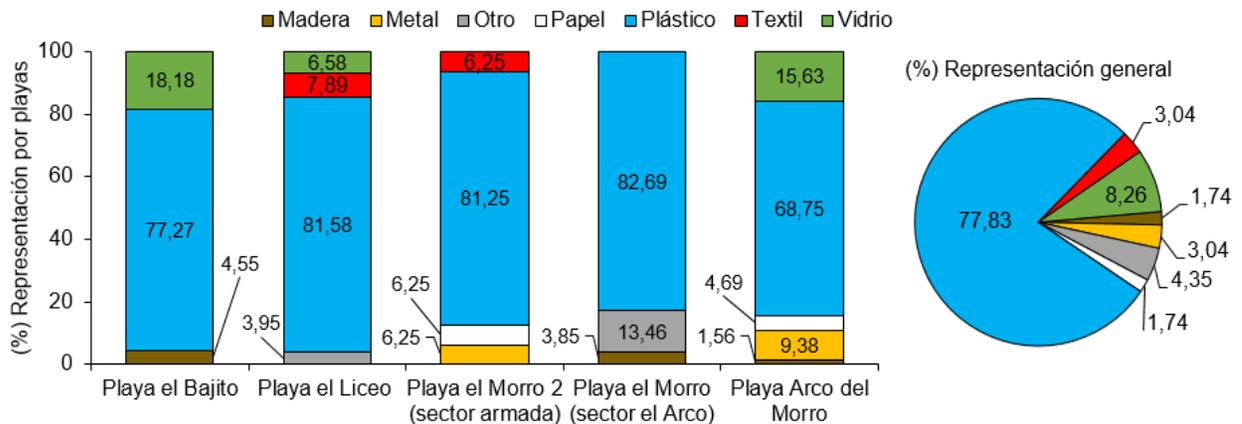


Figura 4-17. Porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina encontrados en las playas priorizadas de Tumaco, evaluadas en mayo de 2024.

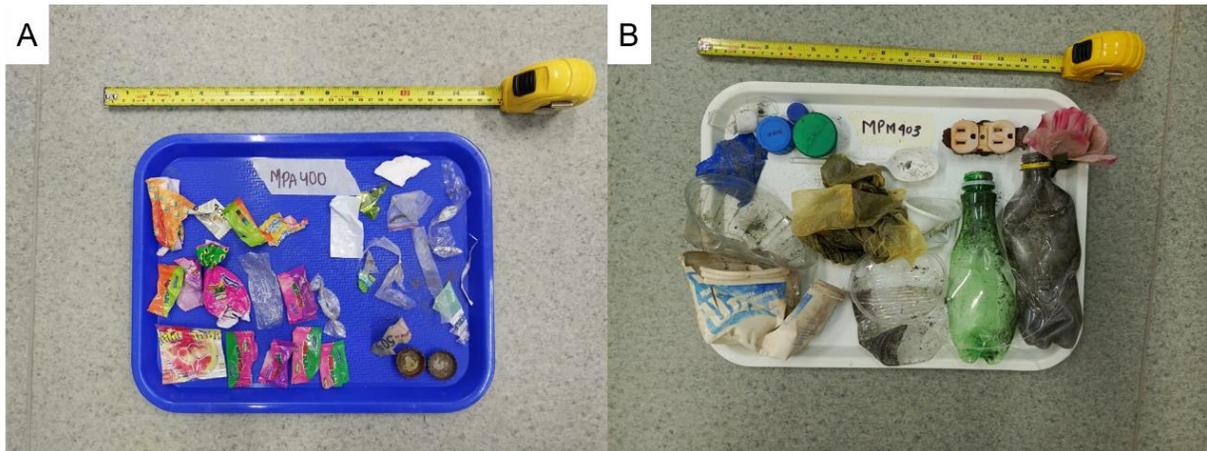


Figura 4-18. Registro fotográfico de la basura marina encontrada en las playas priorizadas de Tumaco. A: Playa Arco del Morro; B

La cuantificación y el análisis de la contaminación por microplásticos, en arena de playa de los 5 sitios de muestreo priorizados en Tumaco, mostró la presencia de microplásticos en todas las playas evaluadas, con abundancias entre 9,6 – 38,4 items/m<sup>2</sup> (Figura 4-19). Los sitios con mayor abundancia de microplásticos fueron Playa Arco del Morro con 38,4 items/m<sup>2</sup>, seguido de Playa el Morro 2 con 25,6 items/m<sup>2</sup> y Playa el Morro con 22,4 items/m<sup>2</sup> (Figura 4-19).

A pesar de que en Playa el Liceo se reportó la mayor abundancia de basura marina, las concentraciones de microplásticos fueron menores en relación con las demás playas; lo cual puede estar asociado con las dinámicas mareales y la morfología de la playa (Li *et al.*, 2018). Toda vez que, durante la pleamar, el agua alcanza la zona de la vegetación, lo que puede facilitar el arrastre de posibles partículas de microplásticos hacia esta área. Lo anterior, se ve respaldado por la observación en campo de una playa intermareal con una acumulación significativa de basura marina en la zona de vegetación (Figura 4-16). Para profundizar en este análisis, sería útil realizar un seguimiento multitemporal de las abundancias de microplásticos en la Playa El Liceo, para comprender mejor las variaciones a lo largo del ciclo de mareas y en diferentes temporadas del año.

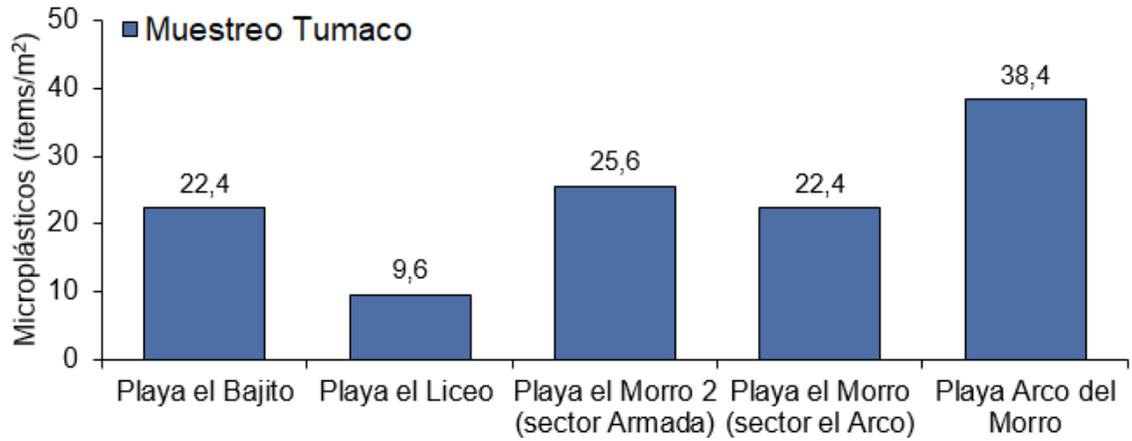
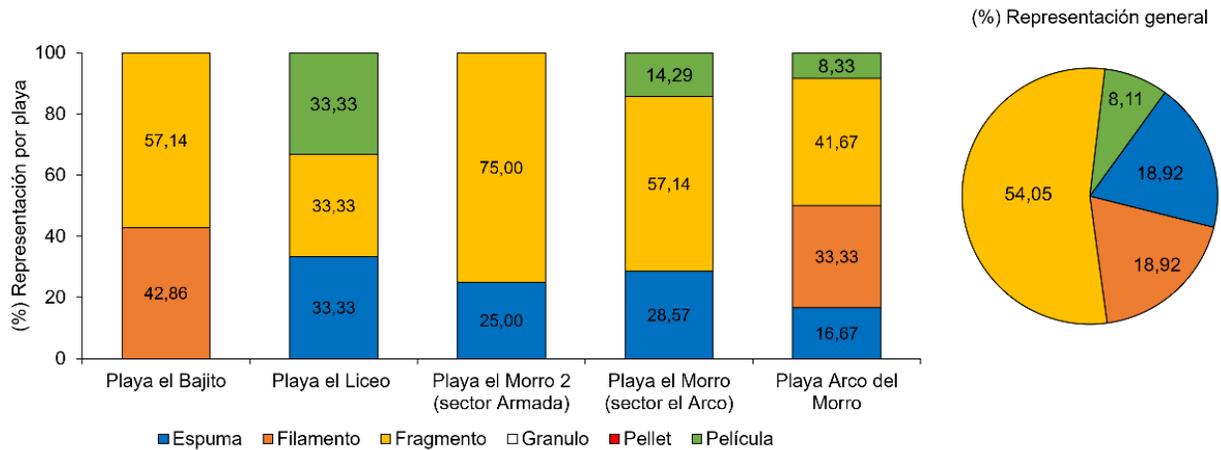


Figura 4-19. Abundancia de microplásticos encontrados en las muestras de arena de playas priorizadas en Tumaco, registrados en el muestreo realizado en mayo de 2024.



Figura 4-20. Presencia de residuos plásticos y microplásticos en la playa del sector del Liceo en Tumaco.

Los microplásticos fueron caracterizados según su forma, para determinar de manera visual su origen, primario o secundario. Los tipos de microplásticos identificados, estuvieron representados en un 100 % por microplásticos de origen secundario, los cuales se derivan de la fragmentación de desechos plásticos de mayor tamaño, expuestos a agentes degradantes como la radiación UV, temperatura, acción del viento, las olas y corrientes y enzimas biológicas (Almeida *et al.*, 2023). Las formas más abundantes fueron fragmentos con un 54,05 %, seguido de filamentos y espumas con un 18,92 % cada uno. (Figura 4-21).



### Basura marina y microplásticos en sedimento de manglar

En Tumaco se priorizaron cuatro (4) sitios de muestreo en ecosistemas de manglar para la determinación de la abundancia de basura marina y microplásticos. En total se recolectaron 304 unidades de basura marina en un área total de 913 m<sup>2</sup>. Se reportaron abundancias de basura marina entre 0,06 – 27,50 items/m<sup>2</sup> (Figura 4-22); con las mayores concentraciones en el Manglar Sector El Bajito (27,50 items/m<sup>2</sup>), seguido de Manglar Sector Exporcol, con 16,89 items/m<sup>2</sup> (Figura 4-22). El Manglar Sector El Morro, a diferencia de los otros dos sitios de muestreo, no está directamente influenciado por corrientes marinas y la dinámica mareal; sin embargo, es un sector que cuenta con un sendero turístico para contemplación de fauna y flora por parte de los visitantes y locales. Por lo anterior, la presencia de basura marina en este último se puede atribuir a la inadecuada disposición de residuos sólidos por parte de turistas y locales que transitan por el sendero ecológico.

En el Manglar Sector San Luis, se reportó una abundancia de basura marina de 0,15 items/m<sup>2</sup>. A pesar de que el muestreo se realizó en el borde del manglar, como en los sectores de El Bajito y Exporcol, las abundancias reportadas fueron menores (Figura 4-22). Lo anterior, puede estar asociado a que el Manglar Sector San Luis está ubicado a las afueras del casco urbano del municipio, aguas arriba de la Ensenada de Tumaco, y no se encuentra rodeado de

perturbaciones antrópicas in situ como desarrollo urbano, densidad poblacional y transporte marítimo como los manglares del sector El Bajito y Exporcol; convirtiéndolos en trapas de basura marina (Martin *et al.*, 2019; Martin *et al.*, 2020; Johnson *et al.*, 2023).

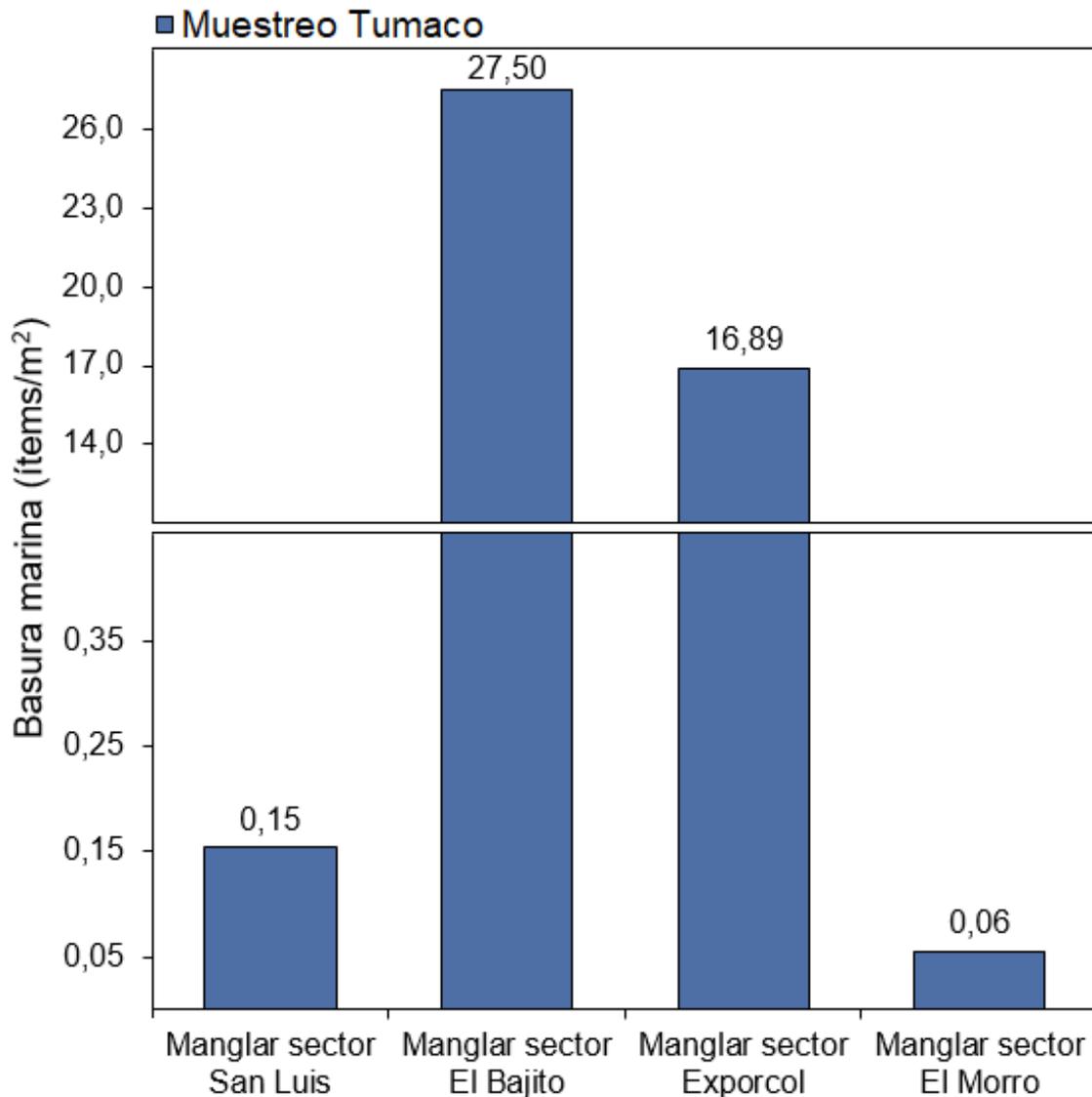


Figura 4-22. Abundancia de basura marina en los ecosistemas de manglar priorizados en Tumaco, registradas en el muestreo realizado en mayo de 2024. Área de muestreo por manglar: San Luis: 300 m<sup>2</sup>; El Bajito: 4 m<sup>2</sup>; Exporcol: 9 m<sup>2</sup>; El Morro: 600 m<sup>2</sup>.

La basura marina plástica representó el 95,31 % del total y fue predominante en los cuatro (4) sitios de muestreo. Este tipo de basura estuvo compuesto principalmente por plásticos de un solo uso, tales como botellas PET, empaques de alimentos, vasos y cubiertos desechables, y bolsas plásticas, entre otros (Figura 4-23; Figura 4-24).

El vidrio se reportó en los cuatro (4) sitios de muestreo, con una abundancia de 3,52 %, y estuvo compuesto principalmente por botellas y fragmentos. Por otro lado, la basura marina metálica representó de manera general el 1,17 %; sin embargo, solo se cuantificó en el manglar del Sector El Morro, donde su representación porcentual alcanzó el 12,12 %, compuesta principalmente por latas de bebidas (Figura 4-23).

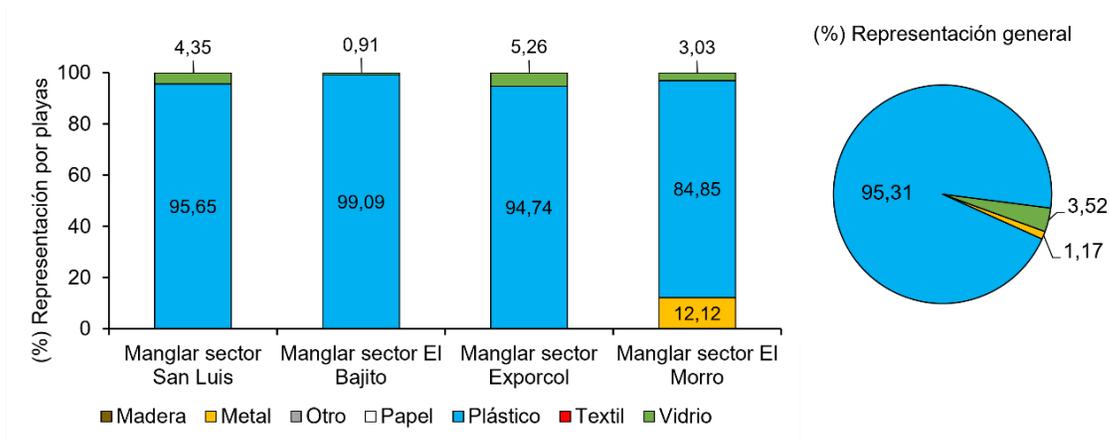


Figura 4-23. Porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina en los puntos priorizados del manglar de Tumaco, evaluado en mayo de 2024.



Figura 4-24. Registro fotográfico de la basura marina plástica encontrada en el manglar de Tumaco

La abundancia de microplásticos en los sitios de muestreo en manglar osciló entre 32 – 1568 items/m<sup>2</sup>; reportándose las mayores abundancias en el Manglar Sector Exporcol, con 1568 items/m<sup>2</sup>, seguido de Manglar Sector El Bajito, con 384 items/m<sup>2</sup> y Manglar Sector El Morro, con 369 item/m<sup>2</sup> (Figura 4-25). Estos manglares están ubicados en el área urbana del municipio de Tumaco y se encuentran influenciados por asentamientos urbanos, actividades antrópicas relacionadas con el transporte marítimo, comercio, pesca e industria, las cuales pueden ser fuentes potenciales de contaminación por microplásticos (Johnson *et al.*, 2023).

En contraste, el manglar del sector de San Luis se encuentra ubicado en la zona periurbana del municipio de Tumaco, aguas arriba de la Ensenada de Tumaco. En este manglar se registraron 32 items/m<sup>2</sup>, la menor abundancia microplásticos en comparación los demás sitios de muestreo. Estos resultados eran esperados, toda vez que diversos estudios han reportado mayores concentraciones de microplásticos en sistemas urbanizados en comparación con sistemas periurbanos (Govender *et al.*, 2020; Tibbetts *et al.*, 2018; Nor and Obbard, 2014; Zhang *et al.*, 2020; Johnson *et al.*, 2023).

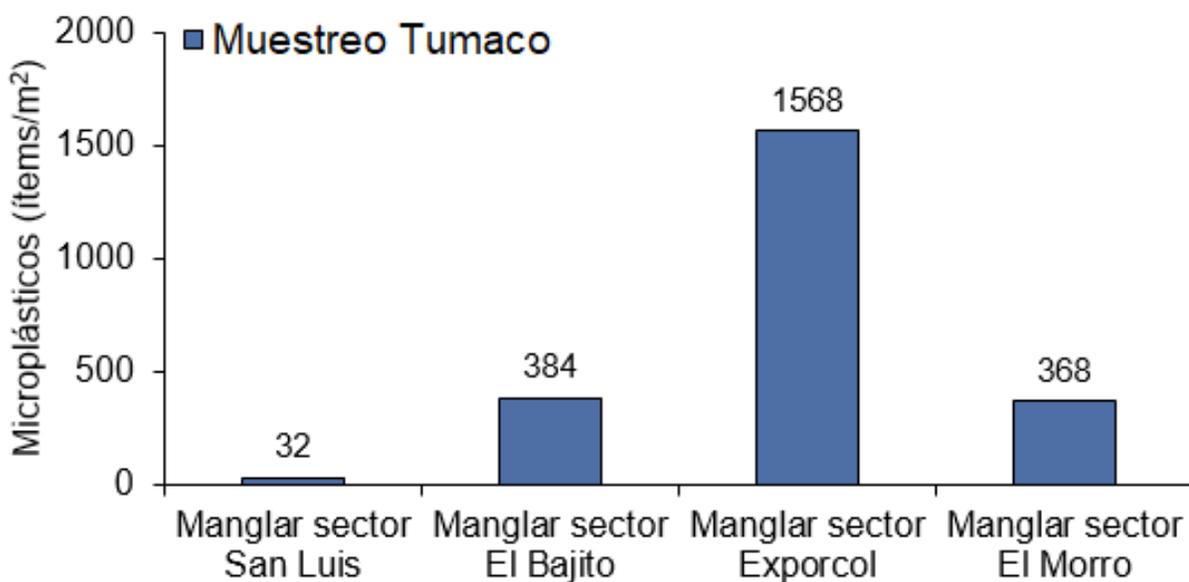


Figura 4-25. Abundancia de microplásticos encontrados en las muestras de sedimento de manglar priorizadas en Tumaco, registrados en el muestreo realizado en mayo de 2024.

La caracterización de los microplásticos de acuerdo con sus formas indicó que el 100 % de las partículas fueron de origen secundario, representados en un 62,55 % por películas, 21,56 % por filamentos y 13,05 % por fragmentos (Figura 4-26).

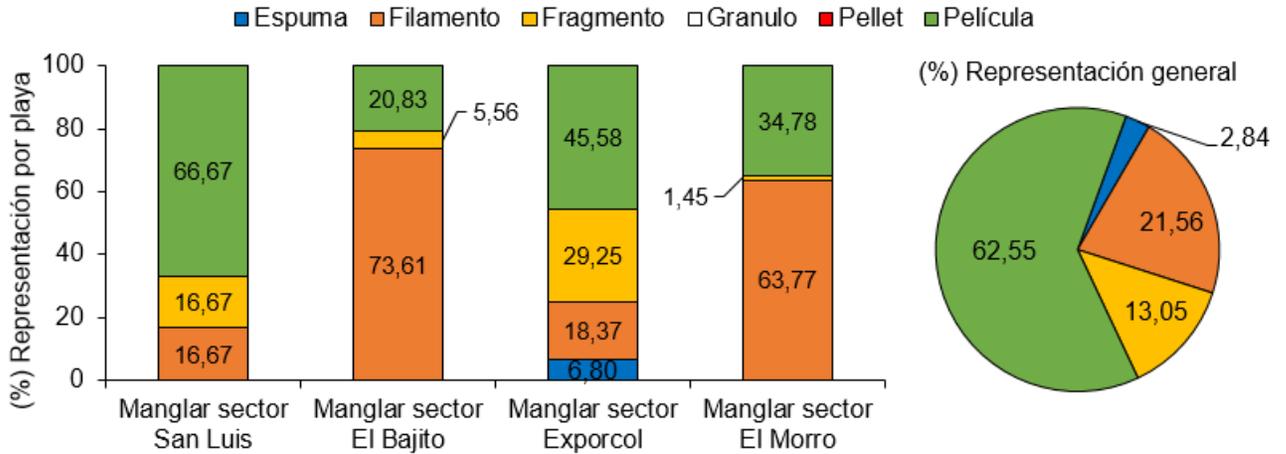


Figura 4-26. Porcentajes de la representación de microplásticos caracterizados según su forma a partir de muestras de sedimento de manglar priorizadas en Tumaco, colectadas en mayo de 2024.



Figura 4-27. Evidencia fotográfica de acumulación de basura marina en ecosistemas de manglar de Tumaco.

## Basura marina en agua superficial

El conteo visual y clasificación de la basura marina flotante en el municipio de Tumaco, se realizó el jueves 23 de mayo de 2024, desde los puentes de los ríos El Pindo y El Morro, durante la fase de ascenso, periodo en el cual el nivel del mar está aumentado hacia la pleamar. En el Puente El Morro se reportó el 68,03 % de la abundancia total de basura marina flotante con 249 items/hora, mientras que en el Puente el Pindo el 31,97 % con una concentración de 117 items/hora.

Para ambos sitios de muestreo la basura plástica predominó en relación los demás tipos de basura, con un 92,62 %, seguido de madera con 4,10 % y vidrio con 1,64 % (Figura 4-28). Estos resultados coinciden con estudios previos que reportan los plásticos como la basura marina flotante predominante; como en la Península de Shiretoko en Japón (Ogawa & Mitani., 2024) (86,5 %), Pacífico Sureste (86 %) (Thiel et al., 2003); el sur de Chile (80 %) (Hinojosa y Thiel, 2009), Pacífico Nordeste mexicano (80 %) (Díaz-Torres et al., 2017) y el sector africano del océano Antártico (96 %) (Ryan et al., 2014)

Aunque estos resultados pueden estar asociados con la inadecuada gestión de los residuos sólidos urbanos generados en las actividades socioeconómicas que se desarrollan en el municipio; así como por factores geográficos como corrientes marinas y tributación de ríos (Moore et al., 2002; UNEP, 2009; Barnes et al., 2009; Ramirez-Liodra et al., 2013); cabe señalar con este estudio no se pudieron identificar las fuentes específicas de la basura marina. Por esto, es importante realizar más investigación, en cooperación con la comunidad, para determinar el origen de los residuos marinos a través de las corrientes oceánicas y evaluar el alcance de la afluencia de los desechos de los ríos locales (Ogawa & Mitani., 2024), para poder establecer las medidas de manejo que permitan disminuir esta contaminación.

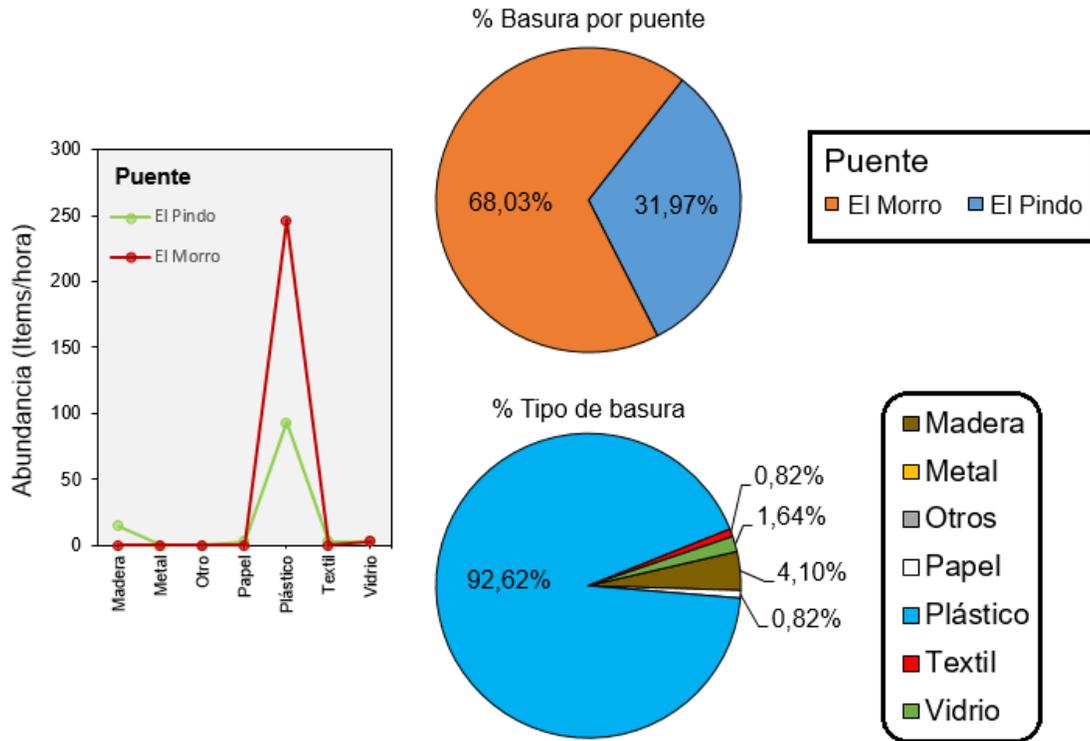


Figura 4-28. Abundancias y porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina en el agua superficial de Tumaco, evaluados en mayo de 2024.

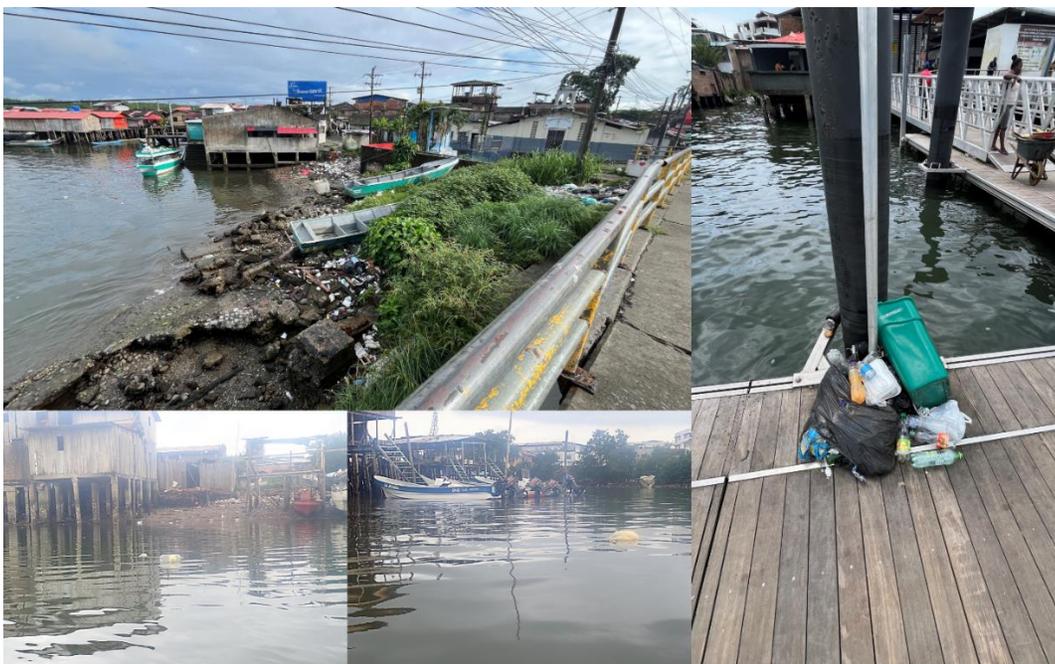


Figura 4-29. Evidencia fotográfica de acumulación e inadecuada disposición de residuos sólidos en Tumaco

#### 4.5 IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS EN MICROPLÁSTICOS DE ARENAS DE PLAYA Y SEDIMENTOS DE MANGLAR EN EL MUNICIPIO DE TUMACO

De los microplásticos encontrados en las muestras de arena de playa y sedimento de manglar del municipio de Tumaco, se identificaron 8 y 5 grupos de polímeros sintéticos; respectivamente. En arena de playa predominaron las partículas del Polipropileno-PP con 27 %, seguido de Polietileno-PE y Poliéstireno-PS con 19 % cada uno, Poliuretano-PU (12 %), Tereftalato de Polietileno-PET y Policloruro de vinilo-PVC con 8 % cada uno y Poliester y Estireno/Butadieno SBS con 4 % cada uno (Figura 4-30). En sedimento de manglar las mayores abundancias fueron PE con 79 %, seguido de PP con 11 %, PS (8%) y PVC y PET con 1 % cada uno (Figura 4-30). En consonancia con las tendencias de producción mundial de plásticos, los polímeros de microplásticos más comunes identificados en arena de playa y sedimento de manglar de Tumaco corresponder a los polímeros plásticos más fabricados (*Geyer et al., 2017; Simon-Sánchez et al., 2024*).

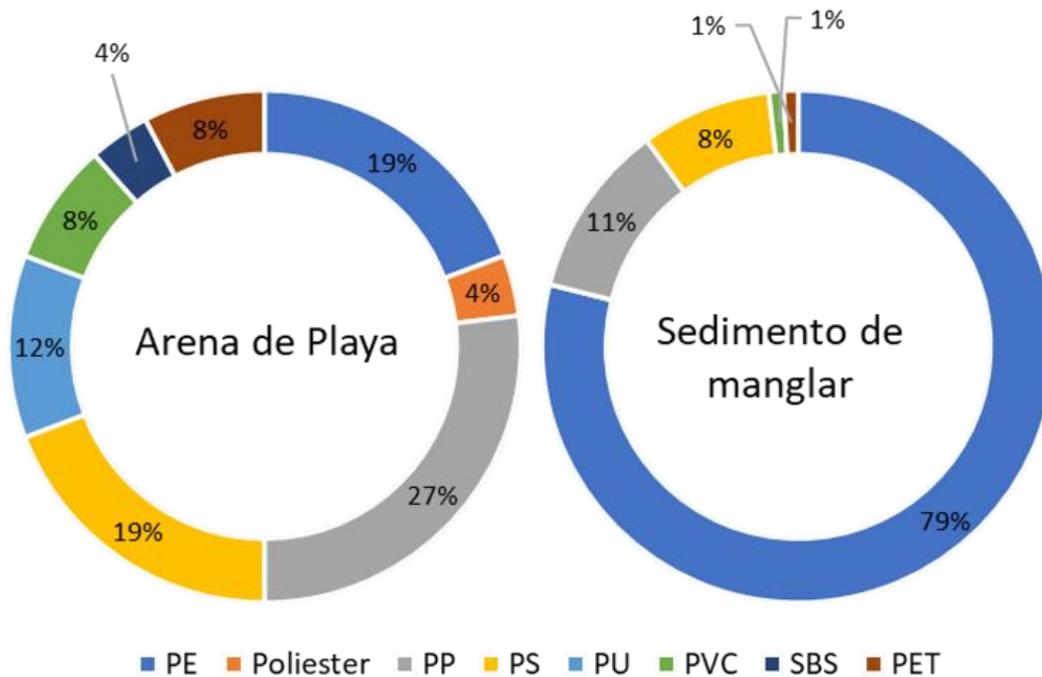


Figura 4-30. Representación porcentual de tipos de polímeros plásticos identificados en las muestras de arena de playa y sedimento de manglar en el municipio de Tumaco.

## 4.6 DETERMINACIÓN DE IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS EN PUERTO COLOMBIA

El municipio de Tumaco enfrenta múltiples impactos socioecológicos como resultado de la acumulación y mala gestión de residuos plásticos, exacerbados en gran medida por prácticas inadecuadas en los barrios palafíticos. Uno de los efectos más visibles es el deterioro del paisaje urbano, especialmente en áreas clave como las vías principales, fuentes hídricas y playas, lo que no solo afecta la estética del municipio, sino también la afluencia turística, un sector crucial para la economía local. La ausencia de suficientes contenedores de residuos y la disposición irregular de los desechos en horarios no establecidos agravan esta problemática, creando puntos críticos de acumulación que se extienden a lo largo de los cuerpos de agua.

En los barrios palafíticos, la práctica común de arrojar directamente los residuos plásticos al agua, genera un grave impacto en los ecosistemas acuáticos. La acumulación de plásticos en los cuerpos de agua no solo reduce la cobertura de agua disponible, sino que también obstruye el flujo natural y altera los hábitats locales, contribuyendo a la degradación de áreas ecológicamente sensibles, como los manglares. Esta contaminación afecta directamente la biodiversidad, poniendo en riesgo a especies marinas y a la salud de los ecosistemas costeros, que son esenciales para la subsistencia de las comunidades locales.

Por otro lado, la falta de conciencia ambiental y la baja educación sobre la correcta gestión de residuos, han generado un impacto significativo en el sentido de pertenencia de la comunidad. La acumulación de basura, que finalmente termina en el mar, ha incrementado la basura marina y los residuos flotantes, mientras que la inadecuada disposición de residuos fomenta la proliferación de vectores de enfermedades. Estos residuos, al no ser recogidos o gestionados de manera adecuada, se convierten en focos de infección.

Para obtener un mayor nivel de detalle sobre los impactos mencionados y las áreas críticas identificadas en el municipio, se recomienda revisar el *Informe Técnico Final evaluación de impactos ambientales municipio de Tumaco, Nariño*. Este anexo proporciona un análisis exhaustivo de los factores que contribuyen a la acumulación de residuos, los patrones observados durante los recorridos de campo y las recomendaciones específicas para mitigar los efectos tanto ambientales como sociales de esta problemática.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis de las fugas de plásticos en Tumaco pone de manifiesto una problemática crítica en la gestión de residuos sólidos, especialmente en los barrios palafíticos, donde la disposición inadecuada de residuos plásticos es frecuente. Estos desechos son comúnmente arrojados a cuerpos de agua o terrenos baldíos, lo que agrava la contaminación. En los cuerpos de agua, la dinámica de las mareas facilita la redistribución de los plásticos, incrementando su acumulación en ecosistemas particularmente sensibles, como playas, manglares y estuarios. Este proceso no solo afecta la biodiversidad, sino que también exacerba las vulnerabilidades socioambientales de las comunidades locales, cuya subsistencia depende en gran medida de estos ecosistemas. Las estaciones formales de clasificación y aprovechamiento juegan un papel crucial al contribuir significativamente a la recolección de material reciclable en Tumaco, especialmente en la categoría de plásticos.
- Las instalaciones del relleno sanitario en Tumaco presentan deficiencias significativas, careciendo de los dispositivos y mecanismos adecuados para prevenir fugas de plásticos al medio ambiente. Esta situación, junto con la falta de una gestión integral de los residuos sólidos y la proximidad del relleno a cuerpos de agua y áreas urbanas, exacerba la dispersión de plásticos, aumentando las fugas al ambiente.
- Los resultados del proyecto muestran la necesidad urgente de fortalecer la infraestructura de gestión de residuos en todas las etapas del proceso, desde la recolección y el transporte hasta el manejo y disposición final en el relleno sanitario, con un enfoque en la recolección eficiente y el tratamiento adecuado de plásticos, para minimizar la dispersión de plásticos en el entorno y reducir su impacto en los ecosistemas locales. Además, es esencial implementar estrategias integrales que incluyan programas educativos dirigidos a la comunidad, así como políticas de economía circular que promuevan la reducción, reutilización y reciclaje de plásticos. Cabe destacar que, la colaboración interinstitucional y la participación activa de las comunidades son fundamentales para mitigar esta crisis de contaminación plástica en el territorio.
- En playas y manglares de Tumaco se evidenció una alta presencia de basura marina, especialmente plásticos, que representaron la mayor parte de los residuos, con mayores acumulaciones en Playa El Liceo, Arco del Morro y el manglar El Bajito, influenciados por actividades humanas y mareas. Los microplásticos, hallados en todos los sitios, fueron mayormente secundarios, producto de la degradación de plásticos más grandes. La variación en sus concentraciones se relaciona con la morfología del área y la cercanía a asentamientos urbanos. Estos resultados subrayan la urgencia de mejorar la gestión de residuos y establecer monitoreos continuos para mitigar su impacto ambiental.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Tumaco 2024. Plan de Desarrollo Distrital "Juntos por Tumaco", 2024-2027
- Alcaldía de Tumaco. (2020). Plan de desarrollo municipal "Enamórate de Tumaco, 2020-2023". Obtenido de <https://www.obsgestioneducativa.com/wp-content/uploads/2021/02/Tumaco.pdf>
- Alcaldía de Tumaco. 2022. Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del municipio de Tumaco-Nariño (2022 - 2034).
- Almeida, Marcelo P., Khauê Vieira, and Estefan M. da Fonseca. 2023. "The prevalence of microplastics on the earth and resulting increased imbalances in biogeochemical cycling" *Water Emerging Contaminants & Nanoplastics*. 2, 2-7. <http://dx.doi.org/10.20517/wecn.2022.20>
- ANLA, 2018. Guía para el Diseño y Construcción de Indicadores de Impactos Internalizables en el marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia. Bogotá. 19 p
- Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.* 364 (1526), 1985–1998.
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (Eds.). 2015. *Marine Anthropogenic Litter*. Springer
- Brookings Institution. 2005. "Enhancing Development through Better Use of Public Resources: How Independent Watchdog Groups Can Help". <https://www.brookings.edu>
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597.
- DANE. 2024. Proyección de Población para Colombia periodo 2020-2035. Recuperado de [<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>].
- Daniel, D., Thomas, S., Thomson, K. 2020. Assessment of fishing-related plastic debris along the beaches in Kerala Coast, India. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110696. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110696>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- Derraik, J. G. B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842-852.
- Díaz-Torres, E.R., Ortega-Ortiz, C.D., Silva-Iniguez, L., Nene-Preciado, A., Orozco, E.T., 2017. Floating marine debris in waters of the Mexican Central Pacific. *Mar. Pollut. Bull.* 115 (1–2), 225–232.

- Duan, J., Han, J., Cheung, S. G., Chong, R. K. Y., Lo, C. M., Lee, F. W. F., Xu, S. J. L., Yang, Y., Tam, N. F. yee, & Zhou, H. C. (2021). How mangrove plants affect microplastic distribution in sediments of coastal wetlands: Case study in Shenzhen Bay, South China. *Science of The Total Environment*, 767, 144695. <https://doi.org/10.1016/j.SCITOTENV.2020.144695>
- Galloway, T. S., Cole, M., & Lewis, C. 2017. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, 1(5), 0116.
- Garcés-Ordóñez O., Espinosa L., Pereira R., Muniz M., 2020. Impact of tourism activity 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. F., Espinosa-Díaz, L. F., Patiño, A. D., Cusba, J., Canals, M., & Thiel, M. 2022. Microplastic pollution in water, sediments and commercial fish species from Ciénaga Grande de Santa Marta lagoon complex, Colombian Caribbean. *Science of the Total Environment*, 829, 154643.
- Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3 <https://doi.org/10.1126/SCIADV.1700782>.
- GIZ, University of Leeds, Eawag-Sandec, Wasteaware. 2020. User Manual: Waste Flow Diagram (WFD): A rapid assessment tool for mapping waste flows and quantifying plastic leakage. Version 1.0. February 2020. Principal Investigator: Velis C.A. Research team: Cottom J., Zabaleta I., Zurbruegg C., Stretz J. and Blume S. Eschborn, Germany. Obtain from: <http://plasticpollution.leeds.ac.uk>.
- González Hernández, C. V. 2022. Diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos en los cinco municipios con los que se firmaron los acuerdos para el aprovechamiento de plástico y otros materiales reciclables en el Caribe colombiano. *Consultor Ambiental*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IDB.
- Govender, J., Naidoo, T., Rajkaran, A., Cebekhulu, S., Bhugeloo, A., Naidoo, S., 2020. Towards characterising microplastic abundance, typology and retention in mangrove-dominated estuaries. *Water* 12 (10), 1–25. <https://doi.org/10.3390/w12102802>
- Hartley, B. L., Pahl, S., Veiga, J., Vlachogianni, T., Vasconcelos, L., Maes, T., ... & Thompson, R. C. 2018. Exploring public views on marine litter in Europe: Perceived causes, consequences and pathways to change. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 945-955.
- He, B., Wijesiri, B., Ayoko, G.A., Egodawatta, P., Rintoul, L., Goonetilleke, A., 2020. Influential factors on microplastics occurrence in river sediments. *Sci. Total Environ.* 738 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139901>.
- Hinojosa, I.A., Thiel, M., 2009. Floating marine debris in fjords, gulfs and channels of southern Chile. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 341–350.
- INVEMAR. 2018. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Bayona-Arenas, M. y Garcés-Ordóñez, O. (Ed). Red de

- vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CAR.
- INVEMAR. 2023. Documento técnico de soporte para el monitoreo de basura marina y microplásticos en playas del territorio colombiano. Informe técnico de avance, contrato 3166-2023, Fundación SOCYA e INVEMAR. Santa Marta. 20 p.
- Iñiguez, M.E. 2019. Estudio de la contaminación marina por plásticos y evaluación de contaminantes derivados de su tratamiento.
- Johnson, J., Peer, N., Sershen, A., & Rajkaran, A. 2023. Microplastic abundance in urban vs. peri-urban mangroves: The feasibility of using invertebrates as biomonitors of microplastic pollution in two mangrove dominated estuaries of southern Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115657. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115657>.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Publications
- Li, J., Zhang, H., Zhang, K., Yang, R., Li, R., & Li, Y. 2018. Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 401-406. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.025>
- Martin, C., Almahasheer, H., & Duarte, C. M. 2019. Mangrove forests as traps for marine litter. *Environmental Pollution*, 247, 499-508. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.067>
- Martin, C., Baalkhuyur, F., Valluzzi, L., Saderne, V., Cusack, M., Almahasheer, H., Krishnakumar, P. K., Rabaoui, L., Qurban, M. A., Arias-Ortiz, A., Masqué, P., & Duarte, C. M. 2020. Exponential increase of plastic burial in mangrove sediments as a major plastic sink. *Science Advances*, 6(44), 5593. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5593>
- Moore, C.J., Moore, S.L., Weisberg, S.B., Lattin, G.L., Zellers, A.F., 2002. A comparison of neustonic plastic and zooplankton abundance in southern California's coastal waters. *Mar. Pollut. Bull.* 44 (10), 1035–1038.
- Nor, N.H.M., Obbard, J.P., 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Mar. Pollut. Bull.* 79 (1–2), 278–283.
- Ocean Conservancy. 2018. *International Coastal Cleanup: Building a Clean Swell*. Ocean Conservancy Report.
- Ogawa, M., & Mitani, Y. 2024. Distribution and composition of floating marine debris in Shiretoko peninsula, Japan, using opportunistic sighting survey. *Marine Pollution Bulletin*, 201, 116266. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116266>.
- Ortiz-Alvarez, C., Alfaro-Cordova, E., Bielli, A., Mangel, J. C., & Alfaro-Shigueto, J. 2022. Solid waste assessment in a coastal fishing community in Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113632.

- 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](https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf). ISBN 9036319739.
- Pájaro, D y Tello, E. 2014. Fundamentos epistemológicos para la cartografía participativa. En: Revista Etnoecológica. Abril 2014. vol. 10, no. 1, p. 1-20. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/296665874\\_Fundamentos\\_epistemologico\\_s\\_para\\_la\\_cartografia\\_participativa](https://www.researchgate.net/publication/296665874_Fundamentos_epistemologico_s_para_la_cartografia_participativa).
- Ramirez-Liodra, E., De Mol, B., Company, J.B., Coll, M., Sard` a, F., 2013. Effects of natural and anthropogenic processes in the distribution of marine litter in the deep Mediterranean Sea. Prog. Oceanogr. 118, 273–287.
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. 2015. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. Scientific Reports, 3, 3263.
- Ryan, P.G., Musker, S., Rink, A., 2014. Low densities of drifting litter in the African sector of the Southern Ocean. Mar. Pollut. Bull. 89 (1–2), 16–19.
- Simon-Sánchez, L., Vianello, A., Kirstein, I. V., Molazadeh, M.-S., Lorenz, C., & Vollertsen, J. 2024. Assessment of microplastic pollution and polymer risk in the sediment compartment of the Limfjord, Denmark. Science of The Total Environment, 950, 175017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175017>.
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. 2018. Microplastics in seafood and the implications for human health. Current Environmental Health Reports, 5(3), 375-386.
- Superservicios. 2017. Evaluación integral de prestadores empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Colombia S.A. E.S.P – AQUASEO en liquidación S.A. E.S.P.
- Superservicios. 2022. Informe de inspección detallada de Aguas de Tumaco. INFORME DE VIGILANCIA O INSPECCIÓN ESPECIAL, DETALLADA O CONCRETA. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- 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>
- Thiel, M., Hinojosa, I., Vasquez, N., Macaya, E., 2003. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). Mar. Pollut. Bull. 46 (2), 224–231.
- Tibbetts, J., Krause, S., Lynch, I., Smith, G.H.S., 2018. Abundance, distribution, and drivers of microplastic contamination in urban river environments. Water 10, 1597. <https://doi.org/10.3390/w10111597>.
- UNEP/MAP/MEDPOL, 2009. Results of the Assessment of the Status of Marine Litter in the Mediterranean. Meeting of MED POL Focal Points No. 334, 91 pp.

- UN-Habitat. 2021. Waste Wise Cities Tool - Step by Step Guide to Assess a City's Municipal Solid Waste Management Performance through SDG indicator 11.6.1 Monitoring. 78 P.
- University of Wollongong – UOW. 2023. "How marine plastic pollution impacts countries that rely on tourism"
- Urban Agenda Platform. 2023. Community-based waste management. Recuperado de <https://www.urbanagendaplatform.org>
- Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S. 2016. Toxic pollutants from plastic waste- A review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701-708.
- Wagner, M., & Lambert, S. (Eds.). 2018. *Freshwater Microplastics: Emerging Environmental Contaminants*. Springer.
- Wang, T., Hu, M., Song, L., Yu, J., Liu, R., Wang, S., Wang, Z., Sokolova, I.M., Huang, W., Wang, Y., 2020. Coastal zone use influences the spatial distribution of microplastics in Hangzhou Bay, China. *Environ. Pollut.* 266 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115137>.
- Wilson, D. C., Rodic, L., Modak, P., Soos, R., Carpintero, A., Velis, K., Simonett, O. 2015. *Global waste management outlook*. UNEP.
- Zhang, Z., Wu, H., Peng, G., Xu, P., Li, D., 2020. Coastal ocean dynamics reduce the export of microplastics to the open ocean. *Sci. Total Environ.* 713, 136634 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136634>