

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 1. Diagnóstico del estado actual de contaminación por plásticos y sus impactos socioambientales en el municipio de Puerto Colombia, Atlántico.

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

Laura Paola Fragozo Velásquez- Investigadora Científica

Juan Fernando Saldarriaga Vélez- Investigador Científico

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 Garces Ortega – Jefe 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 PUERTO COLOMBIA:

Alcaldía de Puerto Colombia

Triple A 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 Puerto Colombia, Atlántico. Cusba, J., Obando, P., y Espinosa, L. (Eds). Informe Técnico Final. Financing Grant agreement No. 81301269. GIZ-INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 48 p

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	ALCANCE	8
3.	METODOLOGÍA.....	8
3.1	DIAGNÓSTICO CONTAMINACIÓN PLÁSTICA.....	8
3.1.1	<i>Evaluación Integral de la gestión de Residuos Sólidos.....</i>	<i>9</i>
3.1.2	<i>Monitoreo de ecosistemas y caracterización de fuentes de contaminación.....</i>	<i>13</i>
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1	DIAGNÓSTICO CONTAMINACIÓN PLÁSTICA PUERTO COLOMBIA, CARIBE COLOMBIANO	17
4.2	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WASTE FLOW DIAGRAM (WFD) EN PUERTO COLOMBIA.....	21
4.3	COMPARACIÓN DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS PLÁSTICOS ENTRE PUERTO COLOMBIA Y TUMACO: PERSPECTIVAS LOCALES Y GLOBALES.....	31
4.4	MONITOREO DE ECOSISTEMAS Y CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN	35
4.5	IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS EN ARENAS DE PLAYA Y SEDIMENTOS DE MANGLAR EN EL MUNICIPIO DE PUERTO COLOMBIA.....	43
4.6	DETERMINACIÓN DE IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS EN PUERTO COLOMBIA.....	44
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Resumen resultados de residuos plásticos no gestionados en el municipio de Puerto Colombia.....	24
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Etapas y herramientas implementadas para la obtención del diagnóstico sobre contaminación plástica.....	9
Figura 3-2. Taller de socialización e intercambio de conocimiento con actores locales y comunidad en general en Puerto Colombia, Atlántico.....	10
Figura 3-3. Track de recorridos sobre la zona urbana del municipio de Puerto Colombia y la zona marino costera.....	11
Figura 3-4. Mapa de ubicación del relleno sanitario “Parque ambiental Los Pocitos” de Puerto Colombia.....	12
Figura 3-5. Etapas de la implementación de la metodología Waste Flow Diagram.....	13
Figura 3-6. Mapa con los puntos de muestreo de basura marina y microplásticos en Puerto Colombia, departamento del Atlántico.....	14
Figura 3-7. Especificaciones de cuadrantes usados en la recolección de basura marina y microplásticos en arena de playas.....	15
Figura 3-8. Clasificación de basura marina y toma de muestra de microplásticos en sedimento de manglar.....	16
Figura 3-9. Evidencias fotográficas de las salidas de campo realizadas en la recolección de basura marina y microplásticos en drenajes de Puerto Colombia.....	16
Figura 4-1. Visita a estaciones de clasificación y aprovechamiento formal e informal ubicadas en el municipio de Puerto Colombia.	19
Figura 4-2. Mapa de fuentes terrestres de contaminación marina por residuos sólidos en puerto Colombia.....	20
Figura 4-3. Diagrama Sankey del flujo de residuos plásticos en la cabecera municipal y zona rural de Puerto Colombia, Atlántico.....	21
Figura 4-4. Diagrama de flujo de residuos plásticos anual en Puerto Colombia.	22
Figura 4-5. Contribución de los residuos plástico por etapa en la gestión de residuos en Puerto Colombia.....	23
Figura 4-6. Tipos de contenedores utilizados en Puerto Colombia. (A) Bolsas plásticas y (b) canecas, dispositivos traga plásticos y contenedores de carga.....	25

Figura 4-7. Visita realizada al relleno sanitario de Puerto Colombia “Parque ambiental Los Pocitos” manejado por la empresa Triple A.....	26
Figura 4-8. Evidencias fotográficas de calles en Puerto Colombia.....	27
Figura 4-9. Acumulación de residuos sólidos identificados en tierra. Zona de playas de puerto (A) e invasiones urbanísticas (B) situadas en Puerto Colombia.....	28
Figura 4-10. Acumulación de residuos sólidos identificados en cuerpos de agua de Puerto Colombia.....	29
Figura 4-11. Acumulación de residuos sólidos identificados en drenajes de la zona urbana de Puerto Colombia.....	30
Figura 4-12. Quema de residuos sólidos identificados en los sitios visitados en Puerto Colombia.....	31
Figura 4-13. Generación de plásticos al ambiente y en sistemas de agua entre Puerto Colombia y Tumaco.....	32
Figura 4-14. Contribución de Plásticos a los Sistemas de Agua por Persona entre Puerto Colombia y Tumaco.....	33
Figura 4-15. 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)).....	34
Figura 4-16. 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)).....	35
Figura 4-17. Abundancia de basura marina en las playas priorizadas en Puerto Colombia, registradas en el muestreo realizado en abril de 2024.	36
Figura 4-18. Acumulación de residuos sólidos en la costa de playa de Miramar.	36
Figura 4-19. Porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina encontrados en las playas priorizadas de Puerto Colombia, evaluadas en abril de 2024.	37
Figura 4-20. Registro fotográfico de la basura marina encontrada en las playas priorizadas de Puerto Colombia.....	37
Figura 4-21. Abundancia de microplásticos encontrados en las muestras de arena de playas priorizadas en Puerto Colombia, registrados en el muestreo realizado en abril de 2024.	38
Figura 4-22. Presencia de residuos plásticos y microplásticos a lo largo de la costa de la playa Miramar.	38
Figura 4-23. Porcentajes de la representación de microplásticos caracterizados según su forma a partir de muestras de arena de playas priorizadas en Puerto Colombia, colectadas en abril de 2024.....	39

Figura 4-24. Abundancias y porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina en los puntos priorizados del manglar de Puerto Colombia, evaluado en abril de 2024.....	39
Figura 4-25. Registro fotográfico de la basura marina plástica encontrada en el manglar de Puerto Colombia.....	40
Figura 4-26. Abundancia y porcentajes de la representación de microplásticos caracterizados según su forma a partir de muestras de sedimento de manglar en Puerto Colombia, colectadas en abril de 2024.....	40
Figura 4-27. Evidencia fotográfica de vertimiento directo de residuos plásticos en el Punto 2 del manglar de Puerto Colombia.....	41
Figura 4-28. Abundancias y porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina en los drenajes de Puerto Colombia, evaluados en abril de 2024.D.....	42
Figura 4-29. Estado desembocadura de drenajes en Puerto Colombia. A) Desembocadura drenaje Parque Lineal – P1. B) Desembocadura drenaje Hotel Pradomar – P1.....	43
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 Puerto Colombia. 43	

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 (Ortiz-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 Puerto Colombia, 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 Puerto Colombia, Atlántico, 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 Puerto Colombia en el departamento del Atlántico, 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.

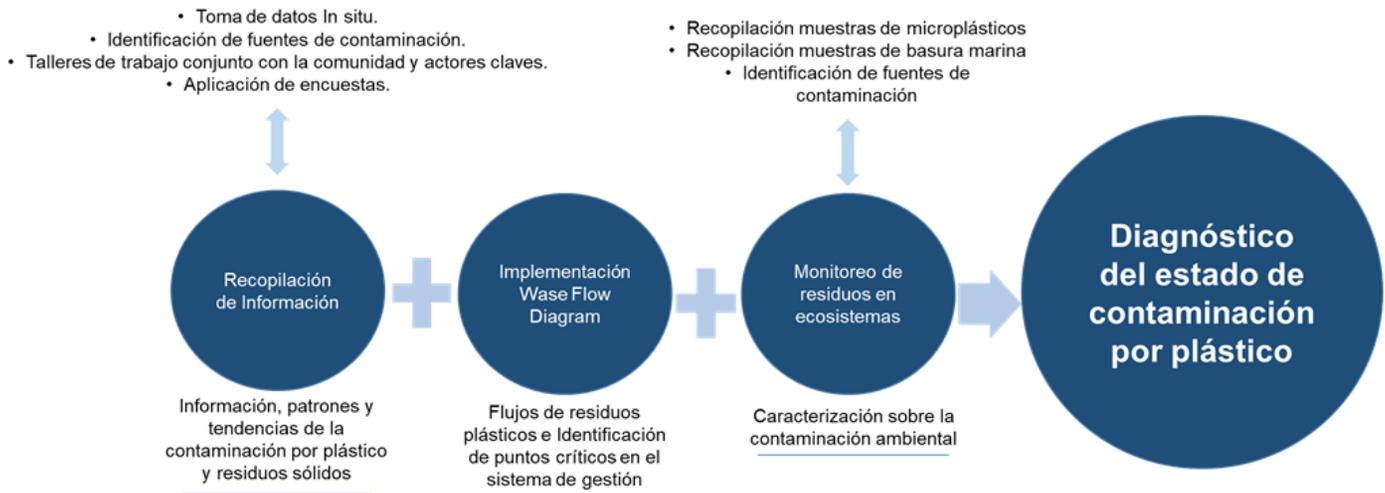


Figura 3-1. Etapas y herramientas implementadas para la obtención del diagnóstico sobre contaminación plástica.

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 Puerto Colombia (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 Puerto Colombia. 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.

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.



Figura 3-2. Taller de socialización e intercambio de conocimiento con actores locales y comunidad en general en Puerto Colombia, Atlántico.

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 “Parque ambiental Los Pocitos” (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.

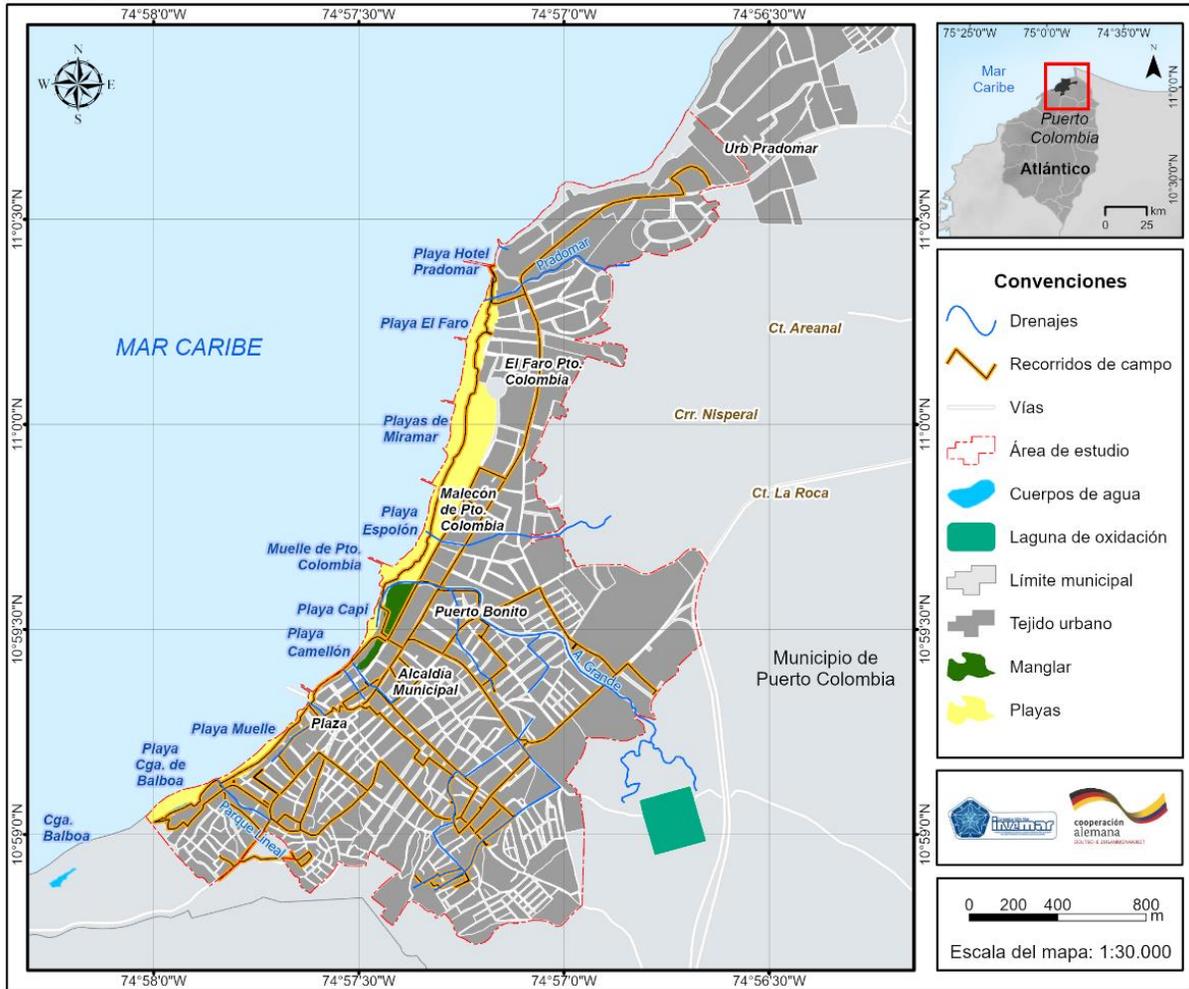


Figura 3-3. Track de recorridos sobre la zona urbana del municipio de Puerto Colombia y la zona marino costera.

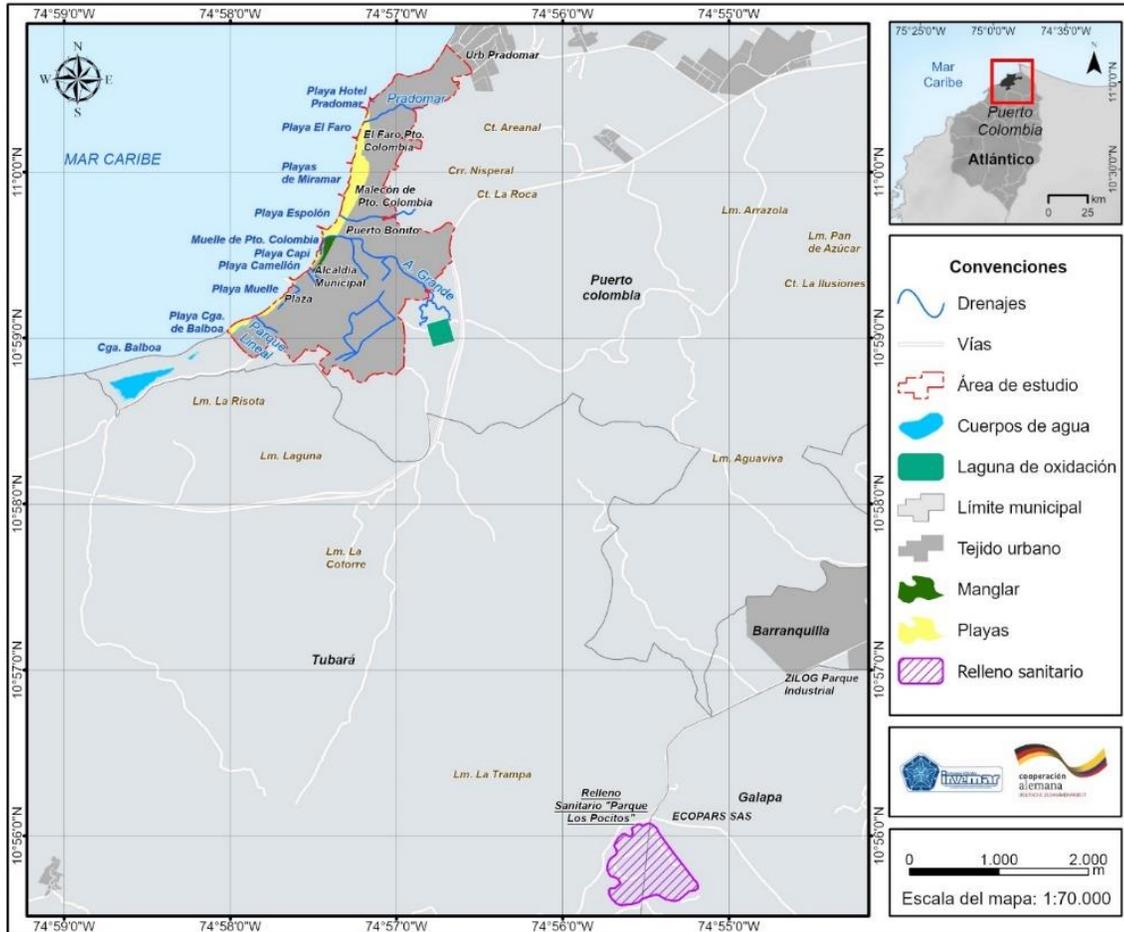


Figura 3-4. Mapa de ubicación del relleno sanitario "Parque ambiental Los Pocitos" de Puerto Colombia.

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.

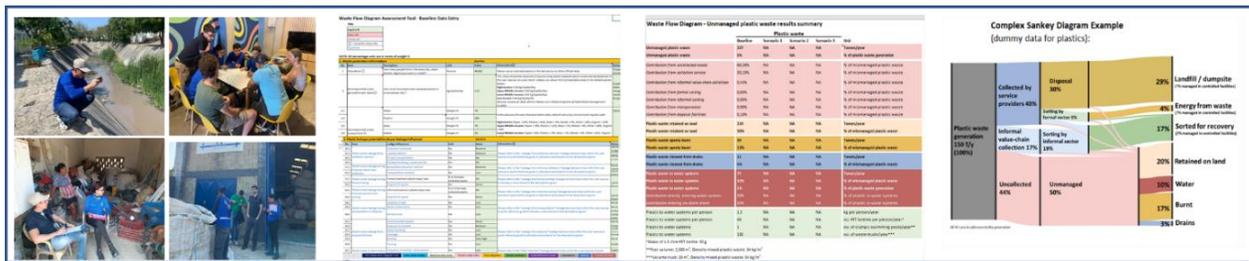


Figura 3-5. Etapas de la implementación de la metodología Waste Flow Diagram

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 Puerto Colombia, 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, drenajes 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.

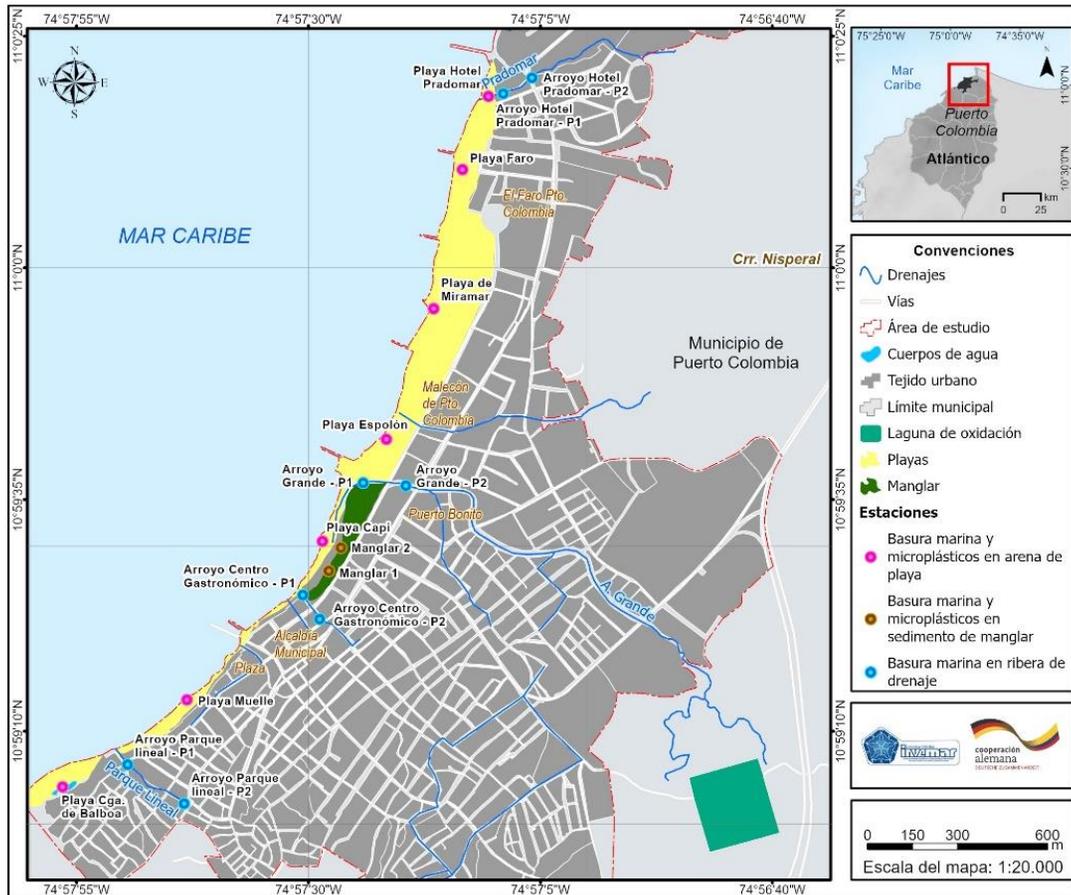


Figura 3-6. Mapa con los puntos de muestreo de basura marina y microplásticos en Puerto Colombia, departamento del Atlántico

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).

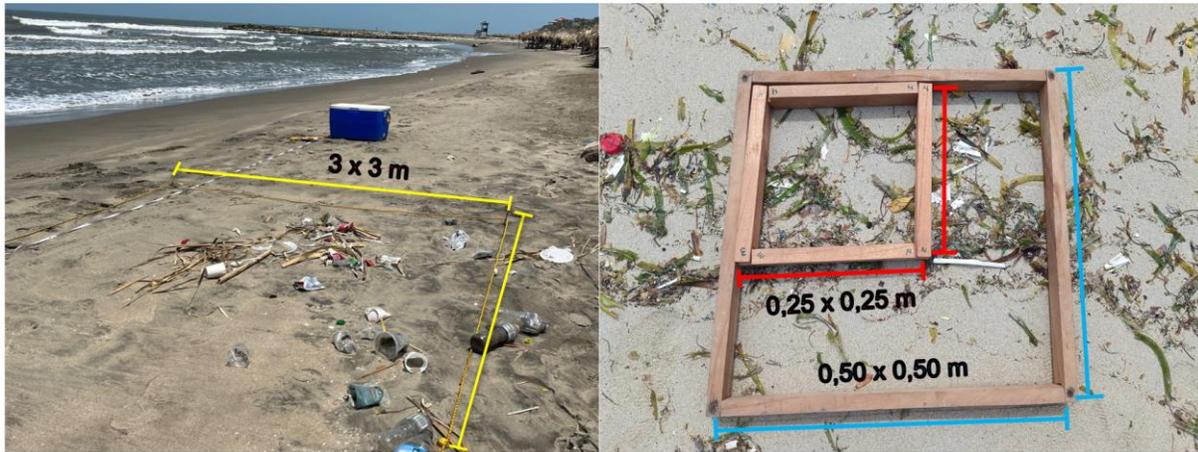


Figura 3-7. Especificaciones de cuadrantes usados en la recolección de basura marina y microplásticos en arena de playas.

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 Puerto Colombia (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 Puerto Colombia 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, seleccionando dos puntos por cada drenaje; uno ubicado en su desembocadura y otro situado aguas arriba, cerca de puentes peatonales (Figura 3-9). Las muestras se recolectaron en la ribera de cada drenaje, trazando un transecto no mayor a 100m, considerando las dimensiones de cada ribera.



Figura 3-9. Evidencias fotográficas de las salidas de campo realizadas en la recolección de basura marina y microplásticos en drenajes de Puerto Colombia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DIAGNÓSTICO CONTAMINACIÓN PLÁSTICA PUERTO COLOMBIA, CARIBE COLOMBIANO

Considerando las respuestas recibidas de las instituciones involucradas en la gestión de residuos sólidos de Puerto Colombia (Figura 3-2), y salidas de campo realizadas para recopilar información, se obtuvo la información necesaria para establecer la línea base que servirá de punto de partida para aplicar la metodología del WFD.

De acuerdo con la proyección poblacional realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para la cabecera municipal y rural de Puerto Colombia en el año 2024, se estima una población de 55.463 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 de 2016 (Alcaldía de Puerto Colombia, 2016). Los porcentajes de composición corresponden a papel (7%), plástico (14%), vidrio (7%), metales (2%), orgánicos (67%) y otros (3%). 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 la Triple A de 2.463 ton/mes, se ha calculado el valor per cápita de residuos generados por la población, alcanzando un promedio de 1,69 kg por habitante por día. Esta cifra incluye residuos sólidos domésticos, comerciales, institucionales, públicos recogidos por Triple A, los reciclables recogidos por los actores formales e informales, considerando una cobertura de recolección de 95%¹. Este porcentaje de cobertura es coherente con lo descrito por González Hernández (2022), quien menciona que el servicio público de aseo en el área urbana supera el 80%. Es importante destacar que, a menor cobertura de recolección, la tasa de generación de residuos tiende a ser mayor. Es relevante notar que los datos per cápita del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de 2016 muestran cifras considerablemente más bajas en comparación con las cantidades de disposición final reportadas por la empresa Triple A (Alcaldía de Puerto Colombia, 2016). 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, indican que el papel representa el 3,1%, el plástico el 8,3%, el vidrio el 6%, los metales el 1,2%, los residuos orgánicos el 59,4% y otros materiales el 3%. 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

¹ Valor estimado con base en las observaciones en campo (algunas pequeñas áreas con deficiencia de recolección y práctica puntual de vertido en campo, drenaje por la población).

recolección. Esto se realizó con la finalidad de validar la información y garantizar su coherencia con la metodología del WFD.

Actualmente, no se utilizan residuos para la generación de energía, ya que no existe una empresa operativa dedicada a esta función ni a la transformación integral de los mismos. Se observó que en las instalaciones del relleno sanitario Los Pocitos está presente un Ecopars, aunque su funcionamiento actual es limitado. Este Ecopars se encarga principalmente del reciclaje del PET de Barranquilla, procesándolos para su posterior envío a la producción. Este panorama subraya la necesidad de desarrollar y fortalecer iniciativas que aborden de manera integral la gestión de residuos y la generación de energía a partir de los mismos en esta localidad.

Se definió a las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA) del sector formal como aquellas registradas o autorizadas por el municipio. Alternativamente, el sector informal se define como aquellos que no están registrados o no tienen licencia del municipio. De acuerdo a las entrevistas aplicadas en campo (Figura 4-1), las estaciones de clasificación y aprovechamiento formal en Puerto Colombia están contribuyendo significativamente a la recolección de material reciclable, con un total de 7,5 toneladas por día. Esto indica un compromiso activo por parte de la única estación en la gestión sostenible de residuos, especialmente en lo que respecta a papel (2,7 ton/día), plástico (4,1 ton/día), vidrio (0,2 ton/día) y metal (0,49 ton/día). Sin embargo, es importante resaltar que las operaciones informales, aunque en menor medida con 0,6 toneladas por día, también participan activamente en el proceso de reciclaje. Ambas, tanto las estaciones de clasificación formal como las informales, muestran un mayor esfuerzo hacia el reciclaje de plásticos, con cantidades recogidas que representan un 33% del plástico generado en la ciudad.

La tasa de rechazo en las ECAs es baja (1%), sin embargo, es esencial asegurar una disposición adecuada de los rechazos para evitar la pérdida de plásticos durante esta etapa. Los rechazos son depositados en canecas para que el sistema de recolección o prestador de servicio los recoja y sean enviados a disposición final.



Figura 4-1. Visita a estaciones de clasificación y aprovechamiento formal e informal ubicadas en el municipio de Puerto Colombia.

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 complementen 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 Puerto Colombia (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.

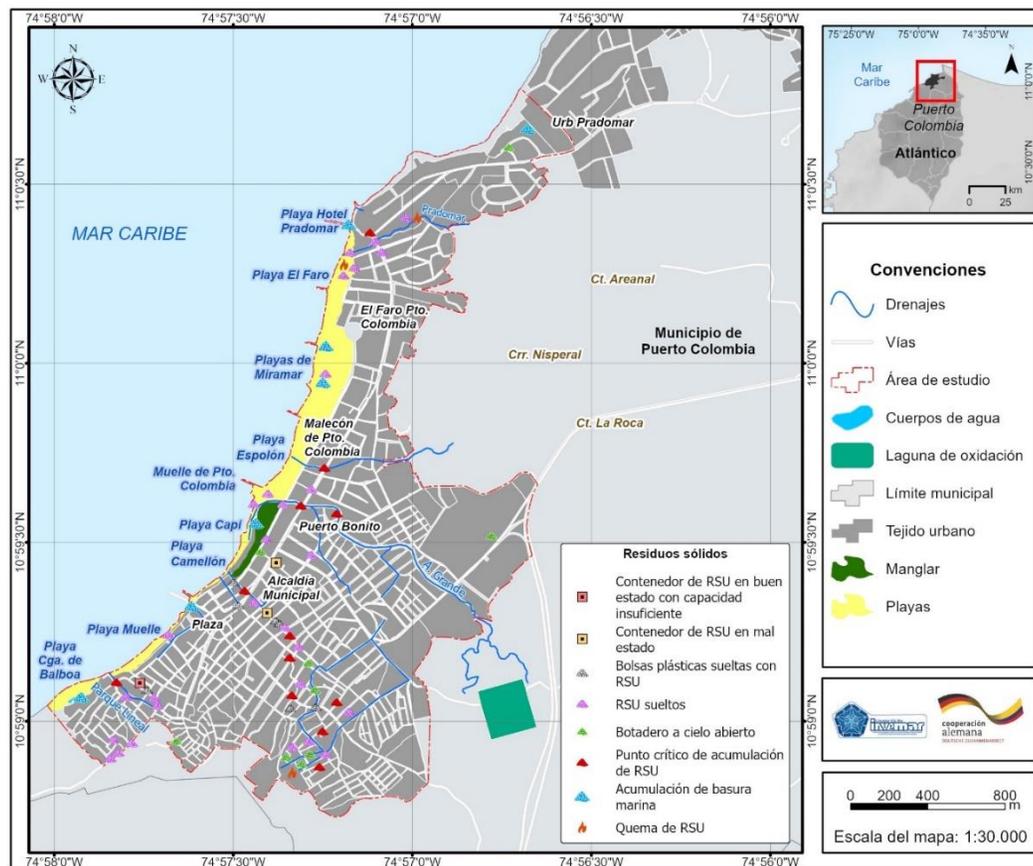


Figura 4-2. Mapa de fuentes terrestres de contaminación marina por residuos sólidos en puerto Colombia.

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WASTE FLOW DIAGRAM (WFD) EN PUERTO COLOMBIA

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de la herramienta WFD, se estima que anualmente en la cabecera municipal de Puerto Colombia se generan aproximadamente 4.875 toneladas de residuos plásticos al año. De esta cantidad, el 62% (3.011 toneladas/año) es recolectado por el servicio de recolección y llevado a disposición final, el 31% (1.497 toneladas/año) es recogido por el sector formal de clasificación y aprovechamiento y el 2% (120 toneladas/año) por el sector informal. El 5% restante de residuos plásticos, que corresponde a 247 toneladas/año, resultan no ser gestionados adecuadamente y termina en el ambiente. Se estimó que 124 toneladas de las 227 toneladas/año de residuos plásticos no gestionados se retiene en tierra, 77 toneladas afectan los sistemas de aguas y 34 toneladas se queman a cielo abierto. Además, 12 toneladas de residuos plásticos se extraen de los desagües o drenajes (Figura 4-3; Figura 4-4).

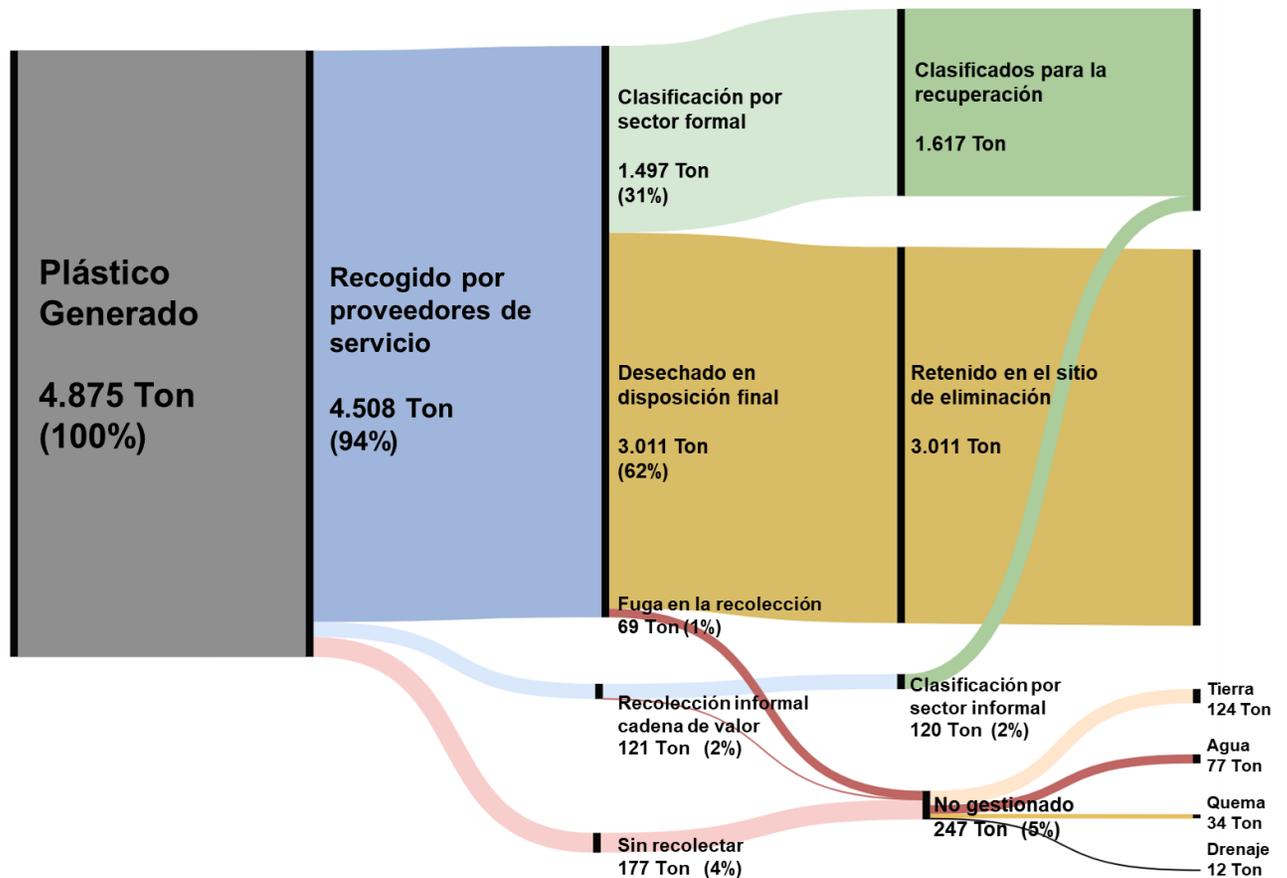


Figura 4-3. Diagrama Sankey del flujo de residuos plásticos en la cabecera municipal y zona rural de Puerto Colombia, Atlántico.

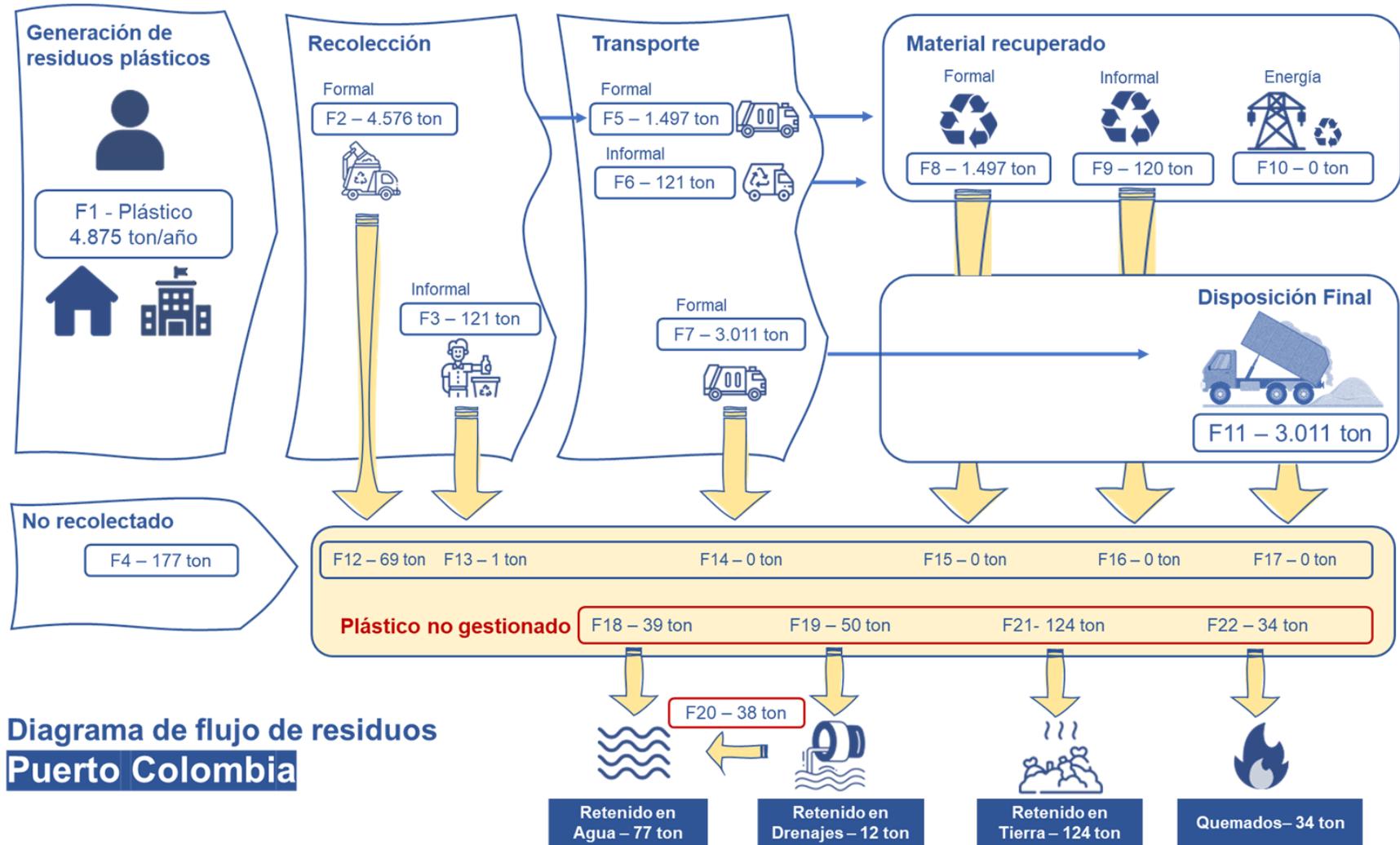


Figura 4-4. Diagrama de flujo de residuos plásticos anual en Puerto Colombia.

La cantidad de residuos plásticos no gestionados adecuadamente (71,76%) debido a la falta de recolección por proveedores del servicio (formal e informal) o al vertido inadecuado por parte de la población, representa el 5% de la generación total de residuos plásticos en la ciudad (Figura 4-5). Este porcentaje, aunque pueda parecer bajo, implica una cantidad considerable de plásticos que terminan en el medio ambiente. Además de los residuos no recogidos, otra contribución significativa (27,76%) 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 por diferentes factores. Adicionalmente, los horarios de recolección a menudo no se cumplen según lo establecido, lo que agrava este problema.

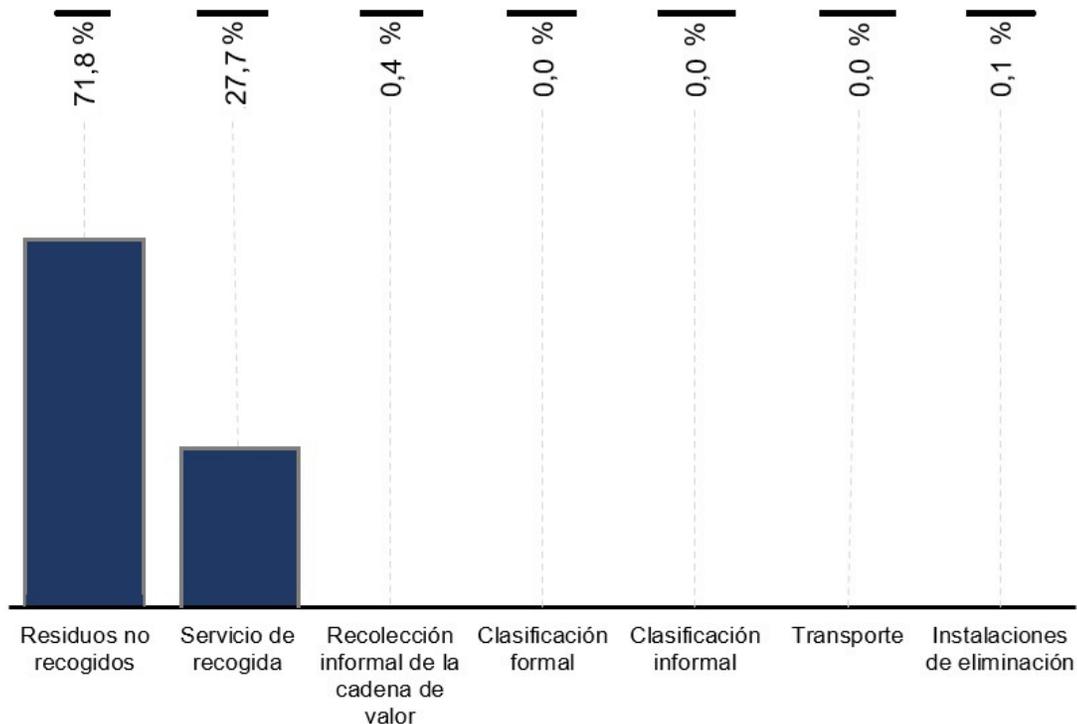


Figura 4-5. Contribución de los residuos plástico por etapa en la gestión de residuos en Puerto Colombia.

Como consecuencia de estas deficiencias en la gestión de residuos plásticos, aproximadamente la mitad (50%) de los residuos mal gestionados (124 toneladas/año) terminan siendo retenidos en la tierra, mientras que el 32% (124 toneladas/año) ingresa a los sistemas de agua, ya sea directamente o a través del sistema de drenaje (Tabla 4-1). Otras vías de fuga del plástico incluyen la quema a cielo abierto con un 14% (34 toneladas/año) de los residuos mal gestionados.

La acumulación de plásticos puede conducir a graves consecuencias ambientales, como la contaminación del suelo, el deterioro de los ecosistemas terrestres y marino-costeros, y la afectación a la biodiversidad. Además, representa un riesgo significativo para la salud humana debido a la posible exposición a sustancias tóxicas presentes en los plásticos. Por otro lado, la presencia de plásticos en los sistemas de agua tiene implicaciones críticas para la vida acuática, ya que los desechos plásticos pueden degradarse en pequeñas partículas denominadas microplásticos, las cuales pueden ser ingeridas por la fauna marina o causar daños físicos a los organismos.

Asimismo, la práctica de quema a cielo abierto de residuos plásticos podría liberar contaminantes tóxicos al aire, contribuyendo a la contaminación atmosférica y representando un grave riesgo para la salud humana y el medio ambiente en general.

Tabla 4-1. Resumen resultados de residuos plásticos no gestionados en el municipio de Puerto Colombia

Ítems	Residuos plásticos	
	Valor	Unidad
Residuos plásticos no gestionados	247	Toneladas/año
Residuos plásticos no gestionados	5%	% de generación de residuos plásticos
Residuos plásticos retenidos en tierra	124	Toneladas/año
Residuos plásticos retenidos en tierra	50%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos quemados a cielo abierto	34	Toneladas/año
Residuos plásticos quemados a cielo abierto	14%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos limpiados de los desagües	12	Toneladas/año
Residuos plásticos limpiados de los desagües	5%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos en los sistemas de agua	77	Toneladas/año
Residuos plásticos en los sistemas de agua	31%	% de residuos plásticos mal gestionados
Residuos plásticos en los sistemas de agua	2%	% de generación de residuos plásticos
<i>Contribución que entra directamente en los sistemas de agua</i>	50%	% de plástico en los sistemas de agua
<i>Contribución que entra por los desagües pluviales</i>	50%	% de plástico en los sistemas de agua
Plástico a sistemas de agua por persona	1,4	kg por persona/año
Plástico a sistemas de agua por persona	46	no. Botellas PET por persona/año*
Plástico a los sistemas de agua	1	nº de piscinas olímpicas/año**
Plástico a los sistemas de agua	114	nº 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 residuos plásticos mezclados: 34 kg/m³

La falta de contenedores adecuados y la exposición de los residuos a factores ambientales y animales contribuyen al potencial de fuga de plásticos durante la recolección, donde 69 toneladas aproximadamente, correspondiente al 1% del total de 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 consisten en 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 y dispositivos traga plásticos, así como contenedores de carga. Cabe mencionar que también se observaron contenedores improvisados, como cascarones de neveras reutilizados por la comunidad para depositar residuos (Figura 4-6 B).



Figura 4-6. Tipos de contenedores utilizados en Puerto Colombia. (A) Bolsas plásticas y (b) canecas, dispositivos traga plásticos y contenedores de carga.

Por otra parte, la baja carga de los vehículos y la adecuada contención de los residuos durante el transporte contribuyen a minimizar la pérdida de plásticos en esta fase. La recolección del prestador de servicio en el municipio de Puerto Colombia se da puerta a puerta de manera temporal (3 veces por semana) con horarios fijos. Durante la visita a las instalaciones del relleno sanitario, se pudo constatar que además de la ausencia de riesgos ambientales y el manejo adecuado de los residuos, existen medidas específicas para mitigar la fuga de plásticos en este punto crítico de disposición final. Por ejemplo, se observaron dispositivos diseñados para atrapar los plásticos livianos que podrían escapar debido a los fuertes vientos, como se da en la temporada de los alisios. Estos dispositivos contribuyen a evitar que los plásticos lleguen a áreas externas al relleno sanitario. Asimismo, se utilizan lonas para cubrir el material que llega al relleno mientras se realizan los procesos de compactación y otros procedimientos de manejo de residuos (Figura 4-7). Estas medidas reflejan un enfoque integral hacia la gestión de plásticos y demuestran el compromiso de las instalaciones del relleno sanitario con la prevención de fugas de plásticos al ambiente.



Figura 4-7. Visita realizada al relleno sanitario de Puerto Colombia “Parque ambiental Los Pocitos” manejado por la empresa Triple A.

Durante los recorridos realizados, se evidenció que varias calles de los barrios se mantenían limpias, lo cual puede atribuirse a las jornadas de barrido frecuentes llevadas a cabo por la empresa Triple A (Figura 4-8 A). Sin embargo, en algunas calles se observó acumulación considerable de residuos plásticos de menor tamaño, como bolsas de agua, vasos plásticos y botellas (Figura 4-8 B).



Figura 4-8. Evidencias fotográficas de calles en Puerto Colombia.

A continuación, se incluyen evidencias fotográficas de los plásticos que han escapado al ambiente, respaldando de manera visual los resultados obtenidos. Estas fotografías ofrecen una representación visual de la realidad de la gestión de residuos plásticos en la cabecera municipal y zona marino costera de Puerto Colombia, 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 Tierra:

Se observó acumulación de residuos en tierra en zonas donde el sistema de recolección presenta deficiencias. Estos puntos de acumulación se encuentran principalmente en las playas principales de Puerto Colombia y en áreas afectadas por invasiones urbanísticas. Entre las causas identificadas se encuentra la falta de infraestructura de recolección adecuada, la falta de conciencia ambiental de la comunidad y la deficiencia en la implementación de canecas o contenedores (Figura 4-9).



Figura 4-9. Acumulación de residuos sólidos identificados en tierra. Zona de playas de puerto (A) e invasiones urbanísticas (B) situadas en Puerto Colombia.

Fugas en cuerpos de agua:

La falta de limpieza en los desagües y la ausencia de trampas de basura, aumentan el riesgo de que los plásticos lleguen a los cuerpos de agua durante eventos de lluvia, contribuyendo a la contaminación y afectando los ecosistemas acuáticos como lo son las playas de Puerto Colombia (Figura 4-10).



Figura 4-10. Acumulación de residuos sólidos identificados en cuerpos de agua de Puerto Colombia.

Fugas en drenajes:

La fuga de plásticos en los drenajes representa una preocupación significativa debido a su contribución directa a la contaminación de los cuerpos de agua. De acuerdo con los resultados obtenidos, se estima que alrededor del 5% de los residuos plásticos que se fugan al ambiente son limpiados de los drenajes (Figura 4-11). Sin embargo, se estima que una cantidad mucho mayor no es limpiada y transita hasta el mar, y el impacto en la calidad del agua de los ecosistemas acuáticos es considerable. Los plásticos que llegan a los drenajes pueden permanecer allí durante largos períodos, especialmente si no se realizan actividades de limpieza y mantenimiento de manera regular.



Figura 4-11. Acumulación de residuos sólidos identificados en drenajes de la zona urbana de Puerto Colombia.

Quema:

La quema de residuos fue evidente en sectores cercanos a la playa e invasiones urbanísticas (Figura 4-12). Esta práctica irregular puede estar motivada por diversas razones. Una posible causa podría ser la falta de un sistema de gestión de residuos óptimo en estas áreas, lo que lleva a los residentes a buscar soluciones alternativas para deshacerse de sus desechos. Además de la falta de conciencia ambiental y educación sobre los impactos negativos de la quema de residuos. En áreas donde no hay servicios regulares de recolección, como invasiones o la zona costera, se observa una alta incidencia de quema de residuos plásticos y vertido directo en tierra. Esto refleja la falta de infraestructura adecuada para la gestión de residuos en estas zonas, lo que contribuye a la pérdida de plásticos al ambiente.



Figura 4-12. Quema de residuos sólidos identificados en los sitios visitados en Puerto Colombia.

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

En la Figura 4-13 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 4-13 A).

En cuanto a los sistemas de agua (Figura 4-13 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 4-13. 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 4-14). 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.

Plásticos en sistemas de agua



Figura 4-14. 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 4-15).

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.

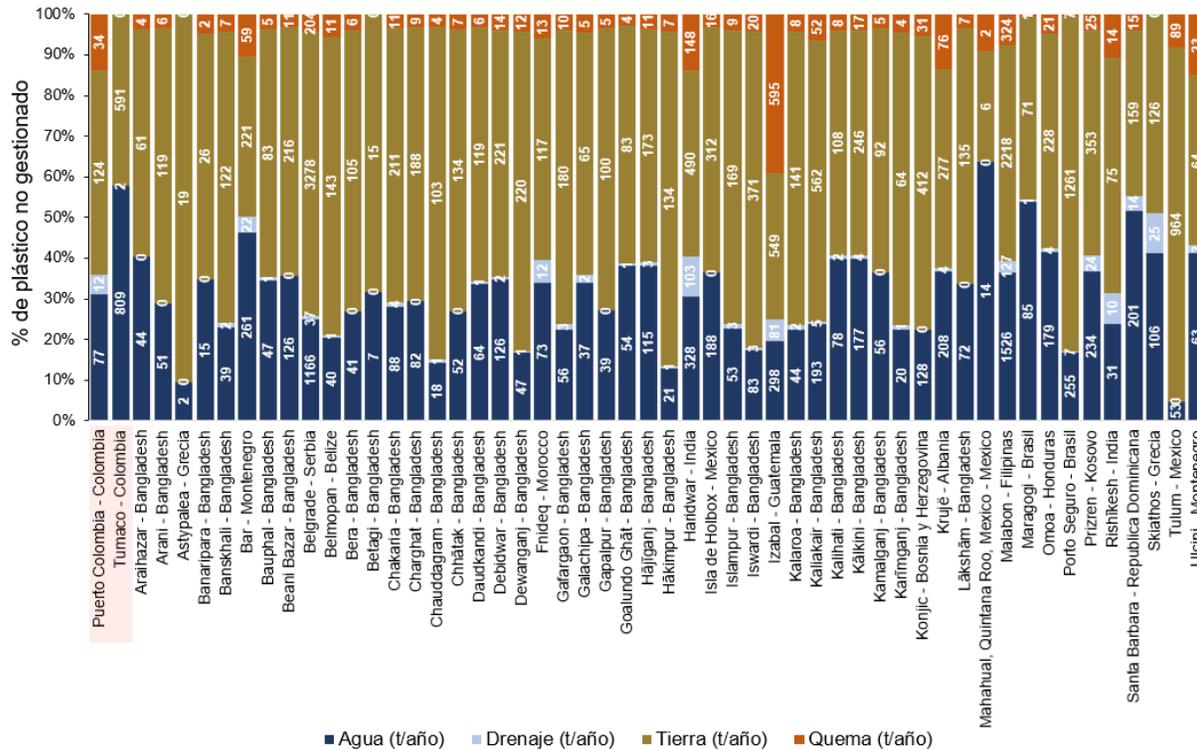


Figura 4-15. Comparación global de los destinos del plástico no gestionado. Entre las barras se muestran los valores expresados en toneladas por año de plásticos en los diferentes destinos: agua, drenaje, tierra y quema. Los datos fueron obtenidos del portal WFD (Waste Flow Diagram Data Portal (rwm.global))

Tumaco se sitúa en una posición alta en el gráfico con una fuga de plástico en agua de aproximadamente 9 kg/per cápita/año. 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 (INVEMAR, 2024), 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.

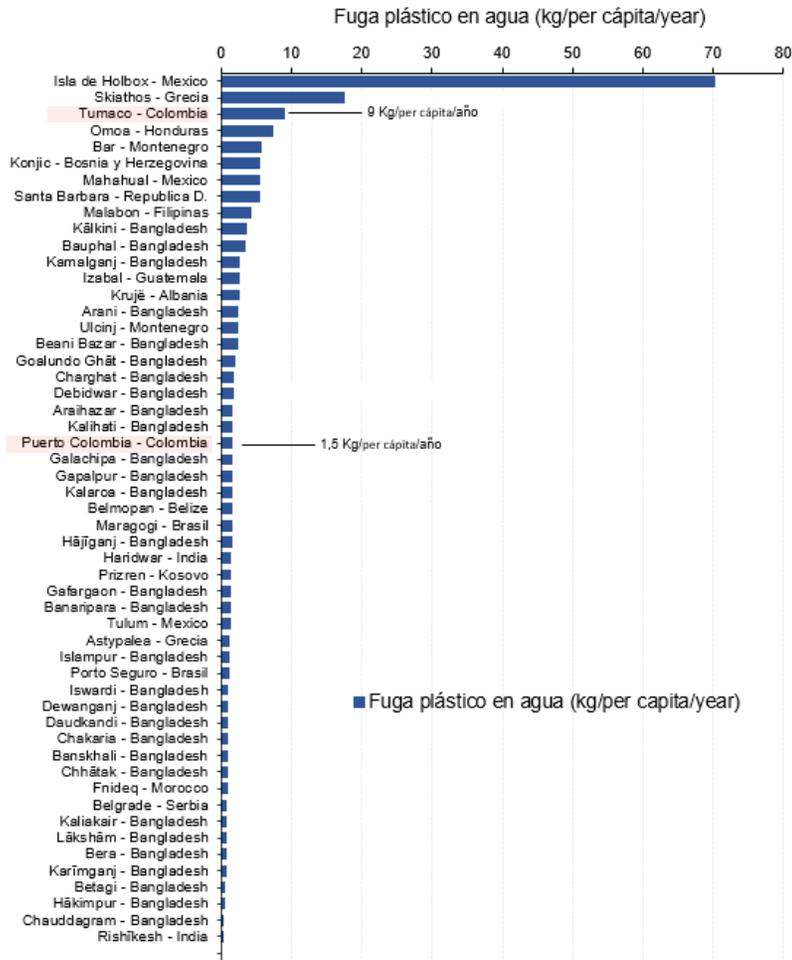


Figura 4-16. Fuga de Plástico en Agua (kg/per cápita/año) por localidad a nivel global. Los datos fueron obtenidos del portal WFD (Waste Flow Diagram Data Portal (rwm.global)).

4.4 MONITOREO DE ECOSISTEMAS Y CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Basura marina y microplásticos en arena de playas

La evaluación de siete (7) playas priorizadas en el municipio de Puerto Colombia (Figura 3-6), mostró que, la concentración de basura marina osciló entre 0,16 a 4,24 ítems/m² (Figura 4-17). Las tres (3) playas que tuvieron mayor cantidad de basura marina fueron playa Miramar con el 45,15%, playa Espolón con 20,09% y playa Ciénaga de Balboa con un 12,53%. Las playas que tuvieron menor cantidad de basura marina fueron playa Hotel Pradomar (1,65%) y playa Muelle (5,91%). La alta acumulación de basura marina en la playa de Miramar, está asociada con los aportes turísticos y urbanos que fueron observados en campo por la disposición y acumulación directa de residuos sólidos por parte de los operadores de negocios de venta, carperos o bien denominados caseteros, los cuales se encuentran situados en esta playa (Figura 4-18), asimismo, la influencia de fuentes hídricas, como por ejemplo el río Magdalena.

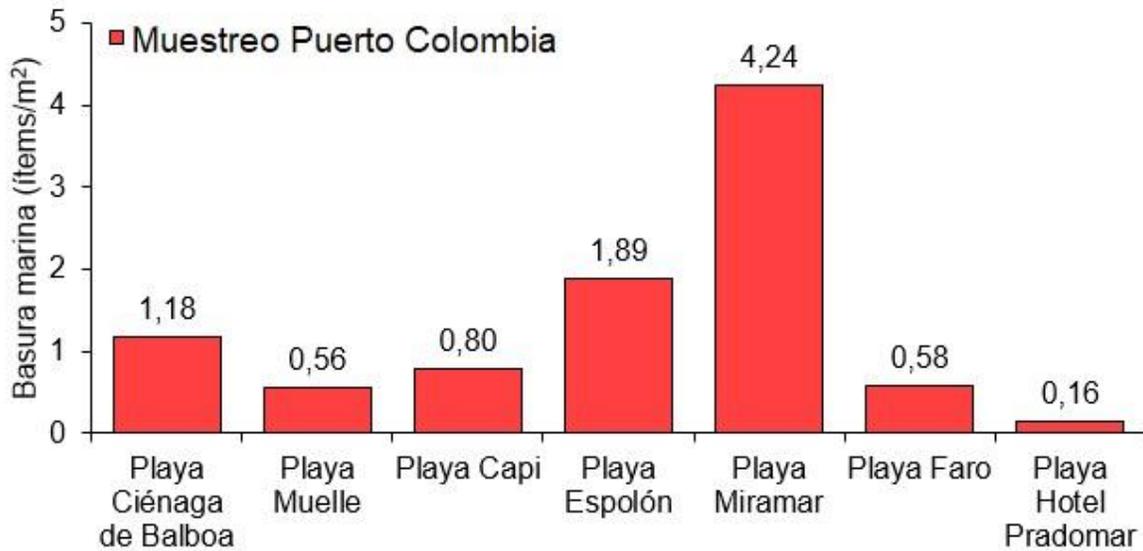


Figura 4-17. Abundancia de basura marina en las playas priorizadas en Puerto Colombia, registradas en el muestreo realizado en abril de 2024.



Figura 4-18. Acumulación de residuos sólidos en la costa de playa de Miramar.

Entre los tipos de residuos de basura encontrados en las playas, los plásticos predominaron con valores entre 1,11 y 3,84 ítems/m². Los plásticos representaron el 93,85 % del total de basura identificada en las siete (7) playas, seguido de la categoría papel con 3,78 % (específicamente por la presencia de cartones dispuestos en la costa de la playa), seguido de metal, textil y vidrio con menos del 1 % cada uno (Figura 4-19). Entre los productos plásticos más predominantes se identificó una significativa presencia de plásticos de un solo uso, específicamente contenedores de alimentos de poliestireno expandido y sus fragmentos,

empaques de frituras, botellas PET, utensilios desechables (cubiertos), pitillos, tapas y vasos plásticos (Figura 4-20).

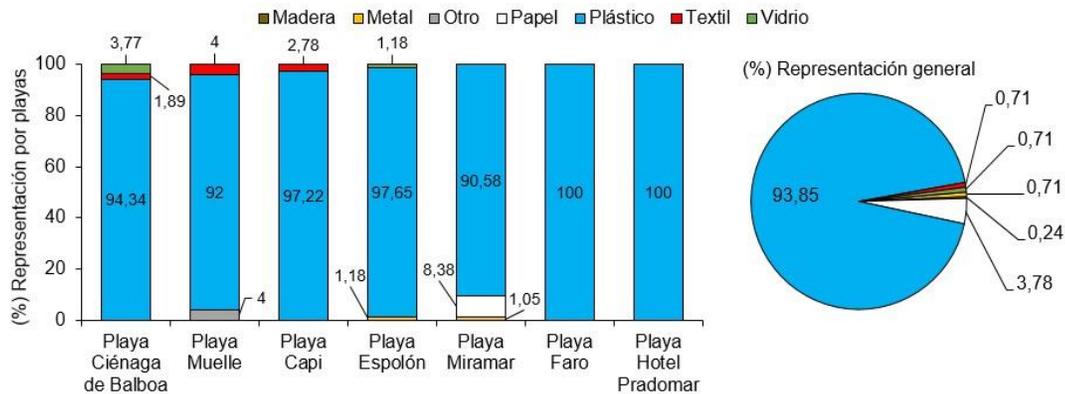


Figura 4-19. Porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina encontrados en las playas priorizadas de Puerto Colombia, evaluadas en abril de 2024.



Figura 4-20. Registro fotográfico de la basura marina encontrada en las playas priorizadas de Puerto Colombia.

La cuantificación y el análisis de la contaminación por microplásticos, en las siete (7) playas priorizadas en Puerto Colombia, demostró que se encontraron microplásticos en todas las playas evaluadas, con diferentes abundancias que oscilaron entre 204,8 y 972,8 ítems/m² (Figura 4-21). La mayor abundancia de microplásticos se presentó en playa Miramar con 972,8 ítems/m², seguida de la playa Ciénaga de Balboa con 608,0 ítems/m² y playa Muelle con 489,6 ítems/m². Las playas con menor abundancia fueron playa Faro (204,8 ítems/m²) y playa Espolón con 288,0 ítems/m² (Figura 4-21). Al igual que para basura marina, la playa Miramar, obtuvo la mayor abundancia de microplásticos, siendo esta playa la más contaminada, lo que

se asocia con la fragmentación y desgaste de los plásticos (Figura 4-22), debido a las condiciones de altas temperaturas, radiación y exposición solar que hay en el Caribe, lo que influye en el desgaste de los plásticos (Garcés-Ordóñez et al., 2020).

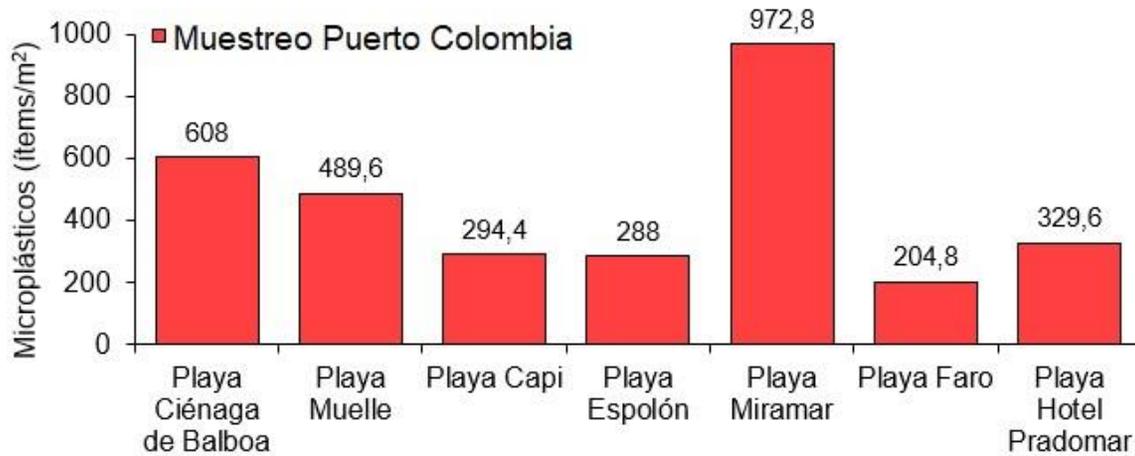


Figura 4-21. Abundancia de microplásticos encontrados en las muestras de arena de playas priorizadas en Puerto Colombia, registrados en el muestreo realizado en abril de 2024.



Figura 4-22. Presencia de residuos plásticos y microplásticos a lo largo de la costa de la playa Miramar.

Las formas más abundantes de microplásticos fueron espumas y fragmentos con 44,98 %, cada uno, seguido de filamentos (4,82 %) y películas (4,72 %; Figura 4-23), que provienen de la degradación de plásticos de mayor tamaño como elementos de poliestireno expandido "icopor" y envases de un solo uso. La prevalencia de microplásticos de origen secundario sobre las de origen primario en arenas de playa del Caribe, ha sido reportado por Garcés-Ordóñez et al., 2020, el origen secundario es el más abundante a causa de actividades como la pesca y el turismo; sumado al deficiente manejo de los residuos municipales (Daniel et al., 2020).

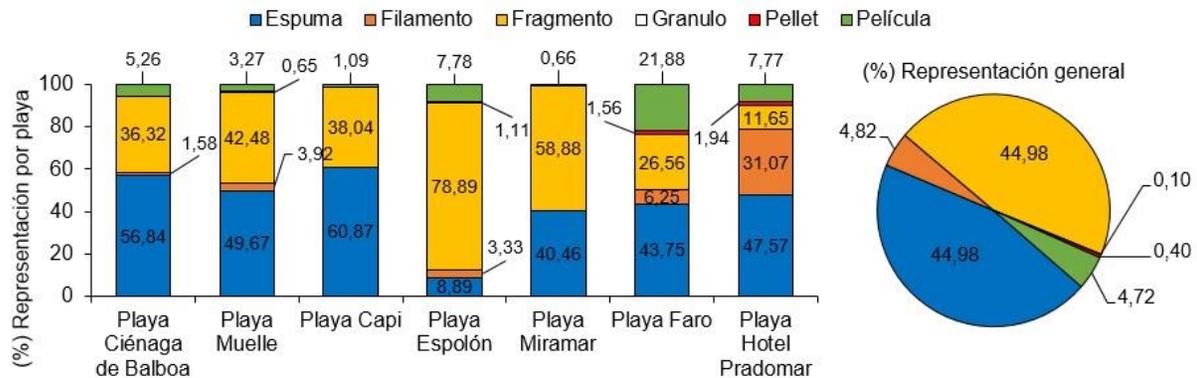


Figura 4-23. Porcentajes de la representación de microplásticos caracterizados según su forma a partir de muestras de arena de playas priorizadas en Puerto Colombia, colectadas en abril de 2024.

Basura marina y microplásticos en sedimento de manglar

En el manglar de Puerto Colombia, se priorizaron dos puntos de muestreo con el fin de caracterizar todo el relicto de manglar (Figura 3-6). La abundancia de basura marina osciló entre 0,29 a 0,42 ítems/m² (Figura 4-24), encontrando la mayor abundancia en el Punto 2, el cual se encuentra más cerca del drenaje Arroyo Grande, uno de los arroyos que permanece con flujo constante de agua y está canalizado en su totalidad. Los residuos plásticos representaron el 94,18 %, principalmente aquellos de un solo uso, como empaques de poliestireno, botellas de bebidas, bolsas plásticas, empaques de alimentos, vasos y cubiertos desechables, entre otros; además de contenedores de comida, botellas de vidrio, cartón, desechos de ropa y zapatos, residuos orgánicos y desechos de uso higiénico como pañales y toallas higiénicas (Figura 4-25).

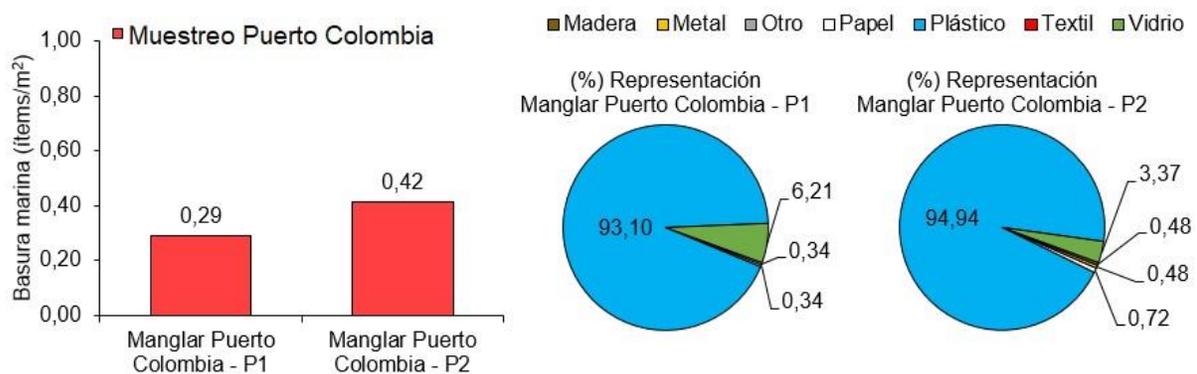


Figura 4-24. Abundancias y porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina en los puntos priorizados del manglar de Puerto Colombia, evaluado en abril de 2024.



Figura 4-25. Registro fotográfico de la basura marina plástica encontrada en el manglar de Puerto Colombia.

La abundancia de microplásticos en los puntos de muestreo en el manglar osciló entre 1.322,67 y 3.173,33 ítems/m². La abundancia de microplásticos en los manglares fue mayor a la encontrada en la arena de playa, debido a las características morfológicas de los árboles y el sustrato que tienen estos ecosistemas, que naturalmente favorecen la acumulación de material vegetal como hojas y ramas, lo cual los hace propensos a retener residuos plásticos y por ende los fragmentos derivados de estos (Duan et al., 2021). Las mayores abundancias de microplásticos se encontraron en el Punto 2 (3.173,33 ítems/m²), más cerca del Arroyo Grande (Figura 3-6), concentraciones que están muy por encima de lo reportados en otros ecosistemas de manglar del Caribe colombiano, como Cispatá con rangos entre 72 y 1.668 ítems/m² (Garcés-Ordóñez et al., 2020). La alta concentración de microplásticos en este relicto de manglar, puede estar asociado a vertimiento directo de residuos plásticos como lo observado en campo (Figura 4-27).

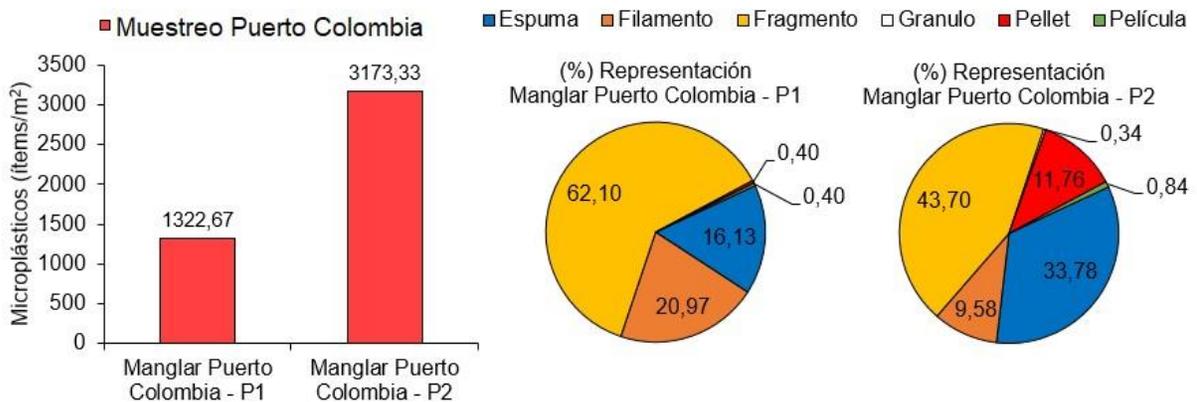


Figura 4-26. Abundancia y porcentajes de la representación de microplásticos caracterizados según su forma a partir de muestras de sedimento de manglar en Puerto Colombia, colectadas en abril de 2024.



Figura 4-27. Evidencia fotográfica de vertimiento directo de residuos plásticos en el Punto 2 del manglar de Puerto Colombia.

Basura marina en ribera de drenajes y arroyos

En Puerto Colombia, gracias a la identificación de puntos críticos con las comunidades y la alcaldía, se encontró que los drenajes pueden ser una fuente importante de residuos sólidos, especialmente plásticos, a los ecosistemas estratégicos del municipio. Por lo que, se priorizaron cuatro (4) drenajes (Parque Lineal, Centro Gastronómico, Arroyo Grande y Hotel Pradomar; Figura 3-6) y en cada uno, se establecieron dos puntos de muestreo, el P1 asociado con la descarga del drenaje en la costa de playa y el P2, en la incidencia del continente al drenaje, especialmente en lugares donde se encuentran puentes peatonales. El mayor porcentaje de basura marina se encontró en el P2 del drenaje Centro Gastronómico con 8.055,56 ítems/50m, seguido del P1 del Drenaje Parque Lineal (3.277,78 ítems/50m) y P1 del Drenaje Arroyo Grande con 3.477,78 ítems/50m (Figura 4-28).

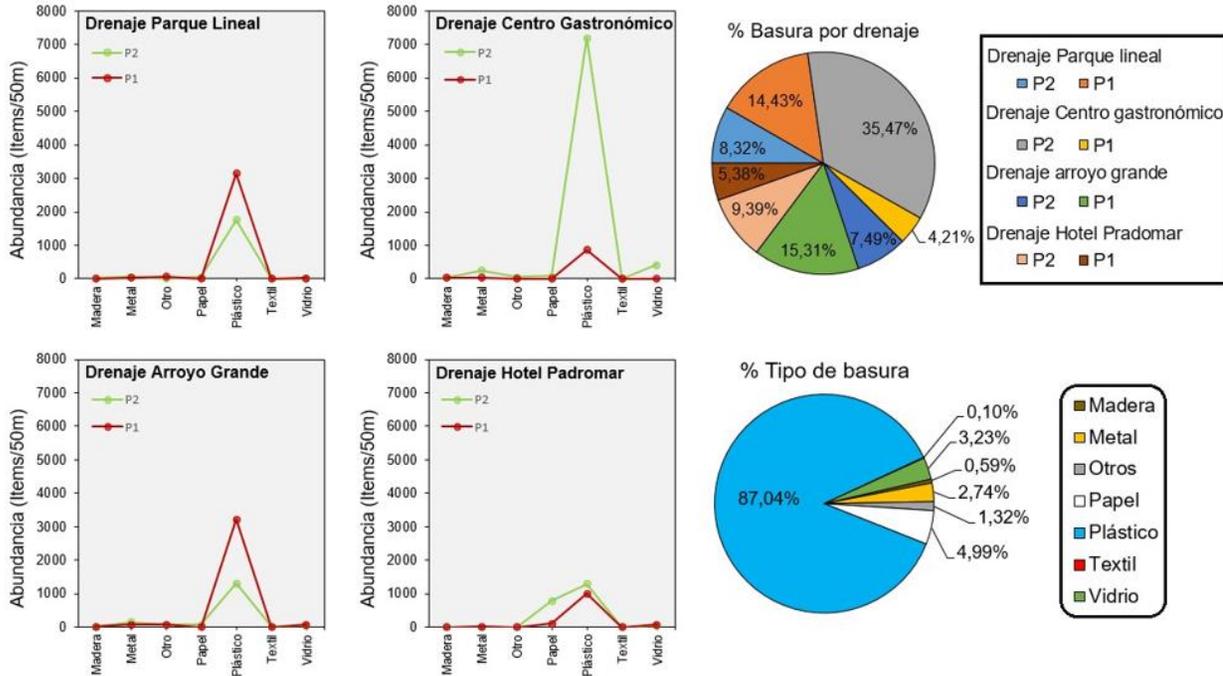


Figura 4-28. Abundancias y porcentajes de representación de los diferentes materiales de basura marina en los drenajes de Puerto Colombia, evaluados en abril de 2024.D

Esta diferenciación entre el Punto 2 del drenaje Centro Gastronómico y los Puntos 1 con mayores abundancias de basura marina (Drenaje Parque Lineal y Drenaje Arroyo Grande), puede estar asociada con la canalización de los drenajes, debido a que, aquellos que tienen la desembocadura canalizada (Figura 4-29A) tienden a retener mayores cantidades de desechos antes de su disposición al mar, contrario a los drenajes que no están canalizados y todos los desechos pasan directo a la playa, como se observó en campo (Figura 4-29). Este resultado muestra la importancia del uso de trampas en los drenajes y su limpieza periódica para evitar que estos residuos sigan entrando al mar y afectando el ecosistema y la fauna marina.



Figura 4-29. Estado desembocadura de drenajes en Puerto Colombia. A) Desembocadura drenaje Parque Lineal – P1. B) Desembocadura drenaje Hotel Pradomar – P1.

4.5 IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS EN ARENAS DE PLAYA Y SEDIMENTOS DE MANGLAR EN EL MUNICIPIO DE PUERTO COLOMBIA

De las muestras de arena de playa y sedimento de manglar del municipio de Puerto Colombia, se identificaron 4 y 7 grupos de polímeros sintéticos, respectivamente. En arena de playa predominó el Poliestireno – PS con 41,8 %, seguido del Polietileno – PE con 31,7 %, Polipropileno (25,7 %) y Etileno-Vinil-Acetato - EVA (0,8 %) (Figura 4-30). En sedimento de manglar las mayores concentraciones fueron PS con 45 %, seguido de PE con 28 %, PP (23 %), PET (2 %), PVC (1 %) y EVA y POM con 1 % cada uno (Figura 4-30).

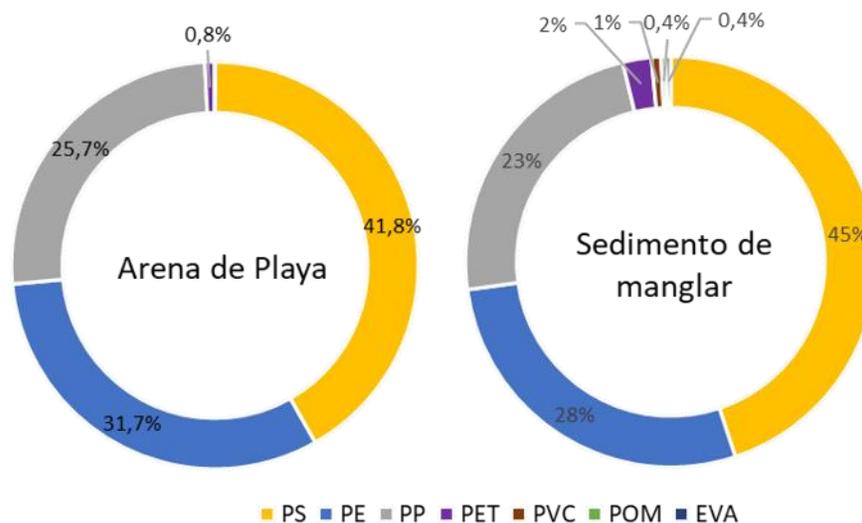


Figura 4-30. Representación porcentual de tipos de polímeros plásticos identificados en las muestras de arena de playa y sedimento de manglar en el municipio de Puerto Colombia.

4.6 DETERMINACIÓN DE IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS EN PUERTO COLOMBIA

El municipio de Puerto Colombia enfrenta varios impactos socioecológicos derivados de la acumulación y mala gestión de residuos plásticos. Entre los más evidentes está el deterioro del paisaje, especialmente en las vías principales, fuentes hídricas y playas, lo cual afecta tanto la estética del municipio como la afluencia turística, clave para la economía local. La falta de contenedores y la disposición inadecuada de residuos en horarios no establecidos agravan esta situación, formando puntos críticos de acumulación. Además, la pérdida de cobertura vegetal, causada por la incineración de residuos en áreas de invasión, contribuye a la degradación ambiental. Estas prácticas no solo alteran el ecosistema, sino que también están vinculadas a la expansión de asentamientos ilegales.

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 en canales y arroyos, 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 y obstruyen los canales, empeorando la situación durante las temporadas de lluvia y sequía, lo que afecta gravemente la salud de los habitantes cercanos a estos puntos críticos.

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 Puerto Colombia, Atlántico*. 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 Puerto Colombia evidencia una problemática significativa en la gestión de residuos. La infraestructura deficiente en áreas de vivienda informal y en la zona turística en playas contribuye a la dispersión incontrolada de desechos plásticos en tierra, donde la falta de contenedores adecuados y programas de recolección regulares agravan la situación. Estos hallazgos resaltan la necesidad de mejorar las infraestructuras de gestión de residuos y de implementar estrategias de recolección y educación comunitaria para mitigar la contaminación plástica y proteger los ecosistemas vulnerables.
- Las estaciones formales de clasificación y aprovechamiento juegan un papel crucial al contribuir significativamente a la recolección de material reciclable en Puerto Colombia, especialmente en la categoría de plásticos. Esto refleja un compromiso con la sostenibilidad y la reducción de desechos. Sin embargo, la falta de infraestructura de recolección en algunos barrios o sectores turísticos, junto con la insuficiencia de contenedores y la falta de información sobre los horarios de recolección, señala una brecha importante en la gestión. La carencia de contenedores adecuados y la exposición de los residuos a elementos ambientales y animales durante la recolección contribuyen significativamente al potencial de pérdida de plásticos. La ausencia de separación de reciclaje en los hogares y la práctica de volcamiento de residuos en áreas críticas compromete la eficiencia de la recolección y aumenta el riesgo de fugas de plásticos al ambiente.
- La ausencia de riesgos ambientales y el manejo adecuado de los residuos en el relleno sanitario son aspectos positivos que contribuyen a prevenir la pérdida de plásticos en Puerto Colombia. Esto resalta la importancia de contar con instalaciones adecuadas para el tratamiento de residuos y la necesidad de seguir prácticas de gestión ambientalmente responsables en todas las fases del manejo de residuos en el relleno sanitario.
- Se evidencia una alta acumulación de basura marina y microplásticos en playa Miramar, principalmente por actividades turísticas, urbanas y la influencia del río Magdalena. En los manglares, la acumulación de microplásticos fue aún mayor, favorecida por las características del ecosistema que atrapan los residuos. Además, los drenajes, especialmente los canalizados, representan una fuente significativa de contaminación, con residuos plásticos fluyendo hacia las playas y el mar. Estos hallazgos resaltan la necesidad urgente de implementar mejores prácticas de gestión de residuos, como la instalación de trampas de basura, monitoreo continuo y limpiezas periódicas, para mitigar la contaminación y proteger los ecosistemas costeros.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Puerto Colombia. 2016. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Puerto Colombia. Puerto Colombia, Colombia.
- ANLA, 2018. Guía para el Diseño y Construcción de Indicadores de Impactos Internalizables en el marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia. Bogotá. 19 p
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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
- Iñiguez, M.E. 2019. Estudio de la contaminación marina por plásticos y evaluación de contaminantes derivados de su tratamiento.
- 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
- Ocean Conservancy. 2018. International Coastal Cleanup: Building a Clean Swell. Ocean Conservancy Report.
- 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. 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_epistemologicos_para_la_cartografia_participativa.

- 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.
- 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>
- 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.
- Wilson, D. C., Rodic, L., Modak, P., Soos, R., Carpintero, A., Velis, K., Simonett, O. 2015. *Global waste management outlook*. UNEP.