ARTÍCULO DE REVISIÓN CRÍTICA

Contribuciones de las expediciones científicas al conocimiento de la basura marina en la Reserva de la Biósfera Seaflower, Caribe colombiano: análisis del estado de contaminación, impactos y políticas públicas

Contributions of Scientific Expeditions to the Knowledge of Marine Debris in the Seaflower Biosphere Reserve, Colombian Caribbean: analysis of the State of Contamination, Impacts and Public Policies

DOI: https://doi.org/10.26640/22159045.2024.629 **Fecha de recepción:** 2024-04-05 / **Fecha de aceptación:** 2024-10-02

Luana Portz[1], Priscila Teixeira Campos[2], Gloria I. López[3], Nubia Garzón Barrero[4], Diego Andrés Villate Daza[5], Gyssel Cantillo Ujueta[6], Rogerio Portantiolo Manzolli[7]

CITAR COMO:

Portz, L.; Teixeira Campos, P; López, G. I.; Garzón Barrero, N.; Villate Daza, D. A.; Cantillo Ujueta, G.; Portantiolo Manzolli, R. (2024). Contribuciones de las expediciones científicas al conocimiento de la basura marina en la Reserva de la Biósfera Seaflower, Caribe colombiano: análisis del estado de contaminación, impactos y políticas públicas. *Boletín Científico CIOH*, *43*(2), 15-36. https://doi.org/10.26640/22159045.2024.629

RESUMEN

Este estudio analiza la basura marina y la contaminación por plásticos a partir de las expediciones científicas realizadas en la Reserva de la Biósfera Seaflower, Colombia. Identifica las posibles fuentes de contaminación, evalúa sus impactos en la salud marina y examina el papel de las políticas públicas en la gestión de este problema crítico. El análisis destaca la vulnerabilidad de las islas remotas a la contaminación por plásticos y los desafíos asociados con sistemas de gestión de residuos limitados e ineficientes, que generan serias consecuencias para los ecosistemas marino-costeros. Se analizan la distribución y los impactos de la basura marina para proponer medidas efectivas de protección ambiental y estrategias sostenibles de gestión. Este estudio enfatiza la urgente necesidad de reducir el uso de plásticos para mitigar los desafíos ambientales y económicos derivados de la limitada capacidad de gestión de residuos en islas remotas con espacio operativo restringido.

PALABRAS CLAVE: contaminación; plásticos; desechos marinos; islas remotas; gestión de residuos; conservación

[1] ORCiD: https://orcid.org/0000-0001-9232-8086. Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia / Depto. Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, España. Correo electrónico: luana.portz@uam.es

[2] ORCiD: https://orcid.org/0000-0002-0260-2334. Universidade Federal de Sergipe, Brasil. Correo electrónico: prisca_oceano@gmail.academico.ufs.br

[3] ORCiD: https://orcid.org/0000-0002-7884-6204. Sociedad Colombiana de Geología, Colombia. Recanati Institute for Marine Studies - RIMS, University of Haifa, Israel. Correo electrónico: lopezgi.phd@gmail.com

[4] ORCiD: https://orcid.org/0000-0002-5256-4823. Grupo de Investigación CAMHA, Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Montería, Colombia. Correo electrónico: nubia.garzonb@upb.edu.co

[5] ORCiD: https://orcid.org/0000-0003-0180-8477. Grupo de Investigación en Administración y Gestión de Operación Logística, Marítima y Portuaria, Universidad de la Guajira, Colombia. Correo electrónico: davillated@uniguajira.edu.co

[6] ORCiD: https://orcid.org/0009-0002-6210-7869. Blue Indigo Foundation, Colombia. Correo electrónico: gyssel@blueindigofoundation.org

[7] ORCiD: https://orcid.org/0000-0002-0223-5634. Depto. Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, España. Correo electrónico: rogerio.manzolli@uam.es

Publicado por la Dimar

Abstract

This study examines marine litter and plastic pollution based on scientific expeditions conducted in the Seaflower Biosphere Reserve, Colombia. It identifies potential sources of pollution, assesses its impacts on marine health, and evaluates the role of public policies in addressing this critical issue. The analysis highlights the vulnerability of remote islands to plastic pollution and the challenges associated with limited and inefficient waste management systems, which have serious consequences for marine and coastal ecosystems. The distribution and impacts of marine litter are analyzed to propose effective environmental protection measures and sustainable management strategies. This study emphasizes the urgent need to reduce plastic usage to mitigate the environmental and economic challenges posed by restricted waste management capacity on remote islands with limited operational space.

Keywords: marine pollution; plastics; marine debris; remote islands; waste management; marine conservation

Introducción

La contaminación por basura marina, definida como los residuos sólidos manufacturados que llegan a las áreas marinas y costeras, es un grave problema ambiental que impacta negativamente los ecosistemas y comunidades humanas en todo el mundo (Stoett *et al.,* 2024). Las regiones insulares son especialmente vulnerables a esta problemática debido a su ubicación remota, aislamiento y la influencia de las corrientes oceánicas que transportan las basuras desde otros lugares cercanos o distantes hacia las islas, donde se acumulan en sus ecosistemas (Lavers y Bond, 2017; Jones *et al*., 2021; Pérez-Venegas *et al*., 2017; Portz *et al*., 2022).

La acumulación de basuras, principalmente plásticos, plantea un desafío ambiental y económico en las regiones insulares, por las afectaciones en la biodiversidad, la salud de los ecosistemas marinos y en las actividades de turismo y pesca, entre otras (Portz *et al*., 2020; Rambojun *et al*., 2024; Thiel *et al*., 2021).

Esta situación resalta la necesidad de investigar esta problemática en las áreas insulares para comprender mejor su dinámica, identificar sus fuentes y valorar sus impactos ambientales a largo plazo. Este conocimiento es fundamental para generar conciencia y trabajar en la implementación de prácticas sostenibles y eficaces a nivel local, regional y global, para contribuir en la prevención y reducción de este tipo de contaminación (Portz *et al.,* 2020).

Las islas de la región Caribe se han visto afectadas por la contaminación por basuras marinas (Blanke *et al.,* 2021; Diez *et al.,* 2019). Una parte de estas basuras provienen de fuentes locales, como el turismo, las prácticas inadecuadas de gestión de residuos, las bajas tasas de reciclaje, la limitada conciencia ambiental y la deficiencia en la gestión de las autoridades locales (Garcés-Ordóñez *et al.,* 2020a; Portz *et al.*, 2024). Otra parte de las basuras en las islas provienen de fuentes externas, como las transportadas por las corrientes oceánicas desde otras regiones o países circundantes (Courtene-Jones *et al.,* 2021; Ivar do Sul y Costa, 2007; Portz *et al.,* 2022, 2020; Rangel-Buitrago *et al*., 2019) y de los vertimientos ilegales al mar de residuos diversos desde las embarcaciones (De Scisciolo *et al.,* 2016).

Además, las poblaciones costeras en la región Caribe aún tienen precarias infraestructuras para la gestión de residuos sólidos y líquidos (Diez *et al.,* 2019). A esto se suman las complejidades asociadas a las limitaciones de área emergida disponible en las islas para gestionar sus propios residuos domésticos (Courtene-Jones *et al.,* 2021). En consecuencia, gran parte de las basuras generadas se disponen en vertederos, se queman o casi siempre terminan en el mar, contribuyendo a la contaminación de los ecosistemas de los cuales dependen económicamente las mismas comunidades locales (Portz *et al.,* 2022).

La Reserva de la Biósfera Seaflower (RSB), ubicada en la región Caribe colombiana (Fig. 1), comprende tres islas principales (San Andrés, Providencia y Santa Catalina), siete islas cayos (Serrana, Serranilla, Alburquerque, Roncador, Quitasueño, Bajo Nuevo e Islas Cayos de Bolívar – también conocida como Cayos del Este Sudeste) y múltiples bajos y bancos marinos, formando un archipiélago de plataformas carbonatadas y barreras arrecifales de geomorfologías variadas (CIOH, 2009; Geister y Díaz, 2007). Esta reserva natural se destaca por su alta biodiversidad de ecosistemas y especies marinas. Sin embargo, su fragilidad frente a la contaminación por basura marina plantea preocupaciones significativas para su preservación a largo plazo.

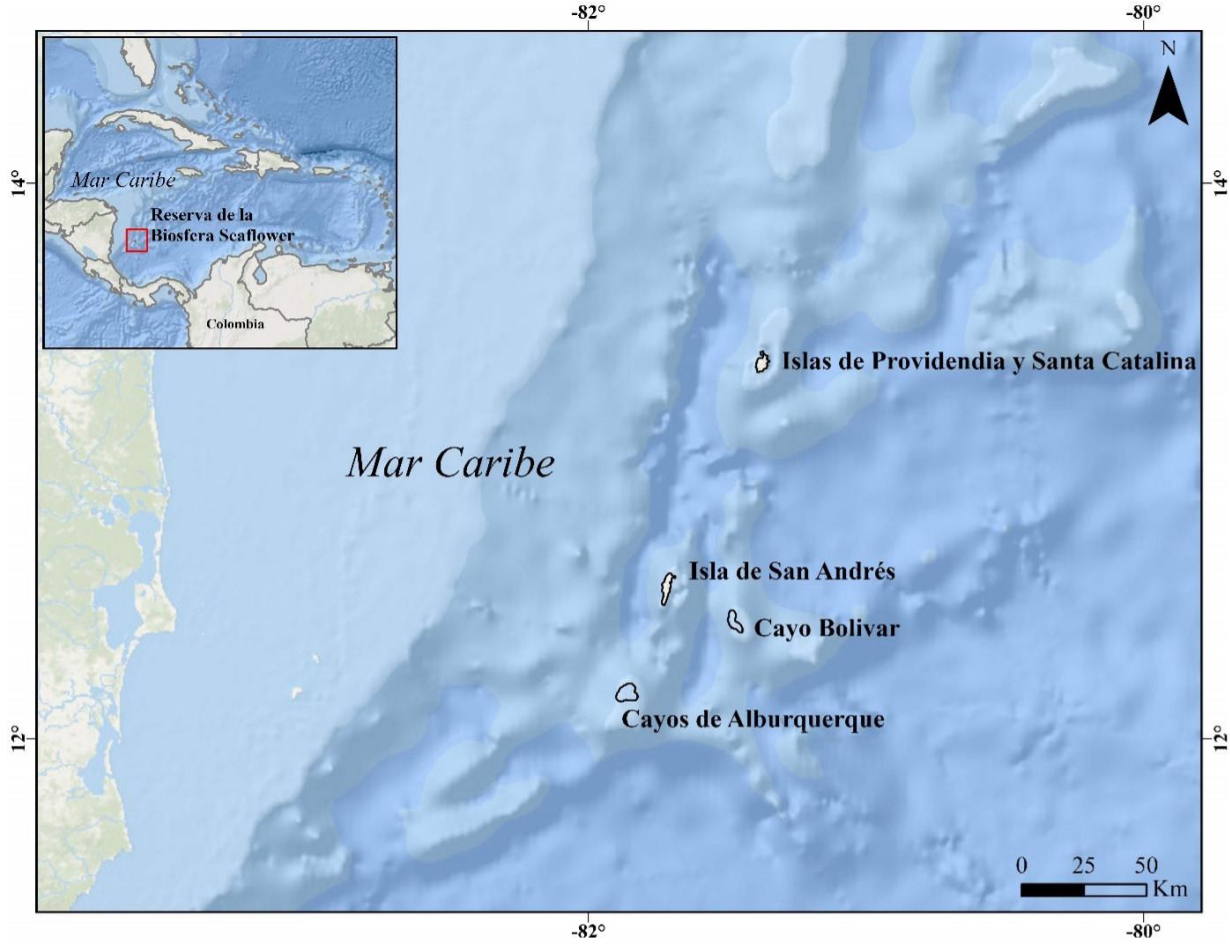


Figura 1. Localización del área de la Reserva de la Biósfera Seaflower en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia, destacando las islas en las que se llevaron a cabo expediciones científicas descritas en este estudio.

En la RBS se han realizado diferentes expediciones científicas con el objetivo de generar conocimiento sobre la biodiversidad y su estado de conservación, incluyendo estudios para cuantificar y analizar la problemática de las basuras marinas. Estas expediciones son el resultado de una colaboración interinstitucional coordinada por la Comisión Colombiana del Océano (CCO) con la participación de la Armada de Colombia (ARC), la Dirección General Marítima (Dimar) y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina), entre otras entidades públicas y privadas interesadas en las ciencias marinas del país. Además, con estas expediciones se busca establecer un plan de monitoreo a corto

y mediano plazo, estandarizar protocolos de muestreo y demostrar la importancia ambiental de la RSB (Dimar, 2024).

En este contexto, el objetivo principal de esta revisión es resumir y analizar las contribuciones de las expediciones Seaflower al conocimiento del problema de la contaminación por basuras marinas en esta reserva natural insular, y examinar sus impactos ambientales desde una perspectiva integral para el Caribe colombiano. Para esto, esta revisión busca responder las siguientes preguntas clave: ¿Cuáles son las principales fuentes y la magnitud de la contaminación por basuras marinas en la RBS? ¿Qué impactos ambientales genera la acumulación de basura marina en los diferentes ecosistemas de la reserva (playas, manglares y arrecifes de coral)? ¿Cómo contribuyen las expediciones Seaflower al entendimiento y manejo de la contaminación por basuras marinas, y qué políticas públicas pueden ser más efectivas para abordar este problema de manera más eficiente?

Estas preguntas guían un análisis crítico de las fuentes de contaminación, su magnitud y la formulación de políticas públicas necesarias para enfrentar este desafío ambiental de manera más eficaz. La importancia de esta revisión radica en su capacidad para sintetizar los conocimientos disponibles y orientar futuras investigaciones y políticas públicas en la región, con el fin de mitigar los efectos de la contaminación marina en la RBS y en el Caribe colombiano.

Descripción de las expediciones científicas Seaflower

Isla Cayos de Alburquerque. Se encuentran a 37 km al suroeste de la isla de San Andrés y a 190 km al este de la costa de Nicaragua. Este atolón tiene una forma circular, con un diámetro de aproximadamente 8 km en dirección este-oeste. Se caracteriza por una laguna semicerrada protegida por un arrecife de coral, con profundidades que varían entre 0.3 m y 164 m (CCO, 2015; Martínez-Clavijo *et al.,* 2021). Los ecosistemas presentes incluyen arrecifes de coral y playas arenosas. Los cayos emergentes están compuestos por dos bancos de arena: el Cayo Norte (412 m²), que alberga una base militar de la Armada de Colombia, y el Cayo Sur, que es ocasionalmente ocupado por pescadores.

La expedición científica a la isla Cayos de Alburquerque se llevó a cabo del 4 al 14 de octubre de 2018. En esta se realizaron 71 sitios de muestreo de basura marina (>2.5 mm) en las playas, así como 3 sitios de muestreo de microplásticos en la arena de playa y 9 transectos marinos para la evaluación de macro y microplásticos. El estudio cubrió tanto áreas terrestres (playas) como aguas superficiales en el entorno marino. Las coordenadas precisas de los puntos de muestreo están disponibles en Portz *et al.* (2020).

Los resultados obtenidos, junto con las coordenadas específicas de los sitios de muestreo, se publicaron en Portz *et al.* (2020) y pueden consultarse en el portal: https://pnec.cco.gov.co/seaflower/.

Islas de Providencia y Santa Catalina. Estas islas son remanentes de un antiguo volcán extinto, caracterizadas por terrenos montañosos y depósitos cuaternarios. Las islas están separadas por un canal poco profundo de 150 m de ancho y cubren un área total de, aproximadamente, 18 km². Los ecosistemas presentes incluyen manglar, arrecifes de coral y playas. Parte del arrecife de coral de la región está protegido dentro del Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, el cual abarca una superficie de 9.95 km² y forma parte del Área Especial del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, así como del Área Marina Protegida Seaflower (Invemar y Coralina, 2012).

En estas islas se llevaron a cabo dos expediciones científicas. La primera fue la IV Expedición Seaflower, realizada del 9 al 19 de septiembre de 2019, mientras que la segunda tuvo lugar del 20 al 26 de julio de 2021. En la expedición de 2019 se analizaron 30 sitios de muestreo de basura marina en playas (26 sitios) y manglar (4 sitios), junto con 13 sitios de buceo para la evaluación de corales. En la expedición de 2021 se evaluaron 27 sitios de muestreo de basura marina en playas (23 sitios) y manglar (4 sitios), además de 11 puntos de buceo en los mismos sitios previamente investigados.

Las muestras recolectadas durante ambas expediciones se utilizaron para evaluar la salud de los ecosistemas marinos y costeros. Los resultados y la localización exacta de los puntos de muestreo están disponibles en Portz *et al.* (2022), Portz *et al.,* (2024) y pueden consultarse en el sitio web: https://pnec.cco.gov. co/seaflower/.

Isla Cayos del Este Sudeste. Ubicada a 25 km al sureste de la isla de San Andrés. El atolón tiene una longitud de 6.4 km y un ancho de 3.5 km, con un área emergida total de 0.12 km². Cayo Pescadores (East Cay) tiene una superficie de 8 hectáreas y está cubierto parcialmente por vegetación, mientras que Cayo Bolívar (West Cay) tiene 3.7 hectáreas de superficie emergida y alberga una base militar permanente de la Armada de Colombia. Los ecosistemas incluyen arrecifes de coral y playas (Invemar y Coralina, 2012).

La Expedición Seaflower a la isla Cayos del Este Sudeste se llevó a cabo del 9 al 20 de septiembre de 2022. Durante esta Expedición se realizaron 44 sitios de muestreo de basura marina de 10 m de longitud en la playa de cayo Bolívar, así como 891 sitios de muestreo de basura marina en cayo Pescadores. Además, se llevaron a cabo estaciones de monitoreo adicionales en el banco de la Virgen (1 sitio) y en el bajo Sunny Boar (1 sitio). Para el análisis de microplásticos se realizaron 2 estaciones de monitoreo en cayo Bolívar y 5 en cayo Pescadores, recolectando un total de 18 muestras de sedimentos y agua. Asimismo, se ejecutaron 9 transectos marinos para la evaluación de basura marina flotante, junto con la recolección de 9 muestras de agua de mar.

Los resultados incluyeron la recolección y el análisis de la basura marina en las áreas terrestres y marinas del atolón (López *et al.,* 2024). La ubicación exacta de los puntos de muestreo, junto con los resultados obtenidos está disponible en los portales https://pnec.cco.gov.co/seaflower/ y https://seaflower-dimar.hub.arcgis.com/.

METODOLOGÍAS

La basura marina es cualquier material sólido persistente, fabricado o procesado que se desecha, tira o abandona en el medio marino-costero (UNEP, 2005). Los protocolos de recolección y caracterización utilizados en las expediciones están descritos en detalle en Portz *et al.* (2020) y Portz *et al.* (2022). En términos generales, los ambientes de muestreo abarcaron una diversidad de ecosistemas importantes en la Reserva, incluyendo manglares, playas (tanto turísticas como no turísticas), áreas de vegetación detrás de la línea de playa y arrecifes coralinos. Cada uno de estos ambientes requiere enfoques de muestreo específicos, debido a sus características físicas y dinámicas ambientales particulares.

En las playas, tanto turísticas como no turísticas, se llevó a cabo el muestreo de basura marina (tamaño >2.5 cm) de forma sistemática. Para ello, se establecieron tramos de 10 m de ancho, abarcando el área desde el límite de la línea de agua hasta el inicio de la vegetación o dunas, dependiendo de la tipología de la playa. Esta metodología permite capturar la variabilidad en la distribución de la basura marina a lo largo del perfil de la playa, desde la zona intermareal hasta las áreas más alejadas del agua. Además, en las áreas con vegetación situadas detrás del límite superior de la playa se incluyeron los primeros 5 m de la vegetación en el levantamiento. Esta extensión asegura que los residuos que son transportados tierra adentro, por la acción del viento, marea y oleaje extremo, también sean contabilizados.

En el manglar, debido a las características de alta densidad de la vegetación y a la presencia de raíces aéreas (neumatóforos), se adoptaron métodos de muestreo que consistieron en transectos lineales de 5 m de ancho, orientados desde los puntos de acceso local hacia el interior del manglar. Este método facilita la identificación de basura marina que se acumula en estas áreas, ya que el manglar tiende a actuar como trampas naturales de basura marina, debido a sus características.

En los arrecifes coralinos el muestreo de basura marina se realizó en la plataforma insular (entre 10 m y 30 m de profundidad), utilizando técnicas de buceo (3 buzos). Esto permitió a los investigadores acceder a las áreas submarinas más críticas para evaluar la cantidad y tipos de residuos que se acumulan en los corales y sus alrededores. La basura marina (>2.5 cm) fue

recolectada y clasificada, brindando una visión del nivel de contaminación.

En cada uno de estos ambientes los residuos recolectados se clasificaron según su tipo y material. Los tipos de residuos incluyeron plásticos, metales, vidrio, caucho y otros materiales antropogénicos. Cada ítem fue registrado y cuantificado para proporcionar una visión detallada de la composición de la basura marina en cada ambiente (Portz *et al.,* 2020, 2022).

Además de las investigaciones de campo, se efectuó también una búsqueda bibliográfica general sobre la temática asociada, utilizando Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect y Scopus, priorizando estudios publicados en los últimos 20 años. Se utilizaron operadores booleanos con palabras clave específicas como "Microplastics", "Plastic debris", "Plastic pollution", "Marine litter", "Marine debris"; además de "Coastal", "Coastal zones", "Caribbean", "Islands", "Colombia", asegurando así la pertinencia de los resultados para el contexto geográfico y temático.

RESULTADOS DE BASURA MARINA EN LA RBS

El aumento de la contaminación por basura marina representa una amenaza para los ecosistemas insulares de la RBS. Si bien todas las islas enfrentan problemas de contaminación por basura marina, es evidente que algunas áreas se ven más afectadas que otras. Los datos recopilados durante las expediciones Seaflower 2018-2022, junto con estudios adicionales, revelaron diferencias significativas en los niveles de contaminación entre las islas de enfoque más turístico y las islas cayos más remotas con turismo restringido. Los manglares en Providencia y Santa Catalina se identificaron como los más afectados, con niveles de hasta 9.07 ítems/m², mientras que las playas turísticas mostraron niveles mucho más bajos, con un promedio de 0.22 ítems/m². San Andrés presentó una mayor variabilidad, destacando las playas no turísticas con un promedio de 1.45 ítems/m². Aunque aislados y remotos, isla Cayos de Alburquerque e isla Cayos del Este Sudeste también registraron contaminación significativa, especialmente en las playas, con predominio de plástico (Tabla 1).

Resultados de las expediciones Seaflower

Los resultados de la expedición a isla Cayos de Alburquerque fueron publicados por Portz *et al.* (2020), mostrando niveles de contaminación en las playas con un promedio de 0.5 ítems/m² (Tabla 1). En este sector los residuos plásticos constituyeron el 90 % del total, seguidos por materiales clasificados como otros (6 %), vidrio (2 %) y artículos relacionados con la pesca (0.8 %). Dentro de la categoría otros se incluyen materiales de construcción (2 %), empaques de tetra pak (1 %), caucho, tejidos y zapatos no plásticos (1 % en total).

La presencia significativa de fragmentos de plásticos y microplásticos en esta región sugiere una contaminación persistente y fragmentada, con múltiples fuentes potenciales, como el transporte por corrientes oceánicas, dado que las fuentes locales son limitadas por las restricciones de uso de la isla. Además, la alta prevalencia de fragmentos plásticos, que representan el 96 % de los artículos plásticos recolectados en las playas, dificulta la identificación de sus fuentes específicas. Una vez que estos plásticos llegan a las playas continúan fragmentándose y, eventualmente, se incorporan a los ciclos naturales de sedimentos, lo que convierte a las playas en una fuente secundaria de microplásticos para el atolón (Alburquerque).

Adicionalmente, se analizó la importancia de la hidrodinámica en la distribución de la basura marina. Los resultados mostraron una mayor acumulación de residuos plásticos en el sector sureste del atolón, que está directamente expuesto a los vientos predominantes y a las corrientes superficiales. Las corrientes oceánicas y el oleaje parecen concentrar la basura marina en este sector, mientras que las áreas más protegidas del atolón presentaron menores densidades de basura marina. Este hallazgo es crucial para la RBS, ya que demuestra que las características hidrodinámicas locales pueden influir en la acumulación de basura marina, incluso en áreas remotas y con actividad humana limitada (Portz *et al.,* 2020).

Tabla 1. Tipos de basura marina encontrada en las diferentes islas y cayos emergidos de la Reserva de la Biósfera Seaflower durante las diferentes expediciones Seaflower (marcadas con*), además de otras investigaciones y campañas de campo en las que los coautores han participado.

Año	Sitio	Ecosistema	Ítems/m²			Ítems más frecuentes	Referencia
			Mín.	Máx.	Promedio		
Feb. 2017	San Andrés	Playas turísticas (n=5)	0.17	1.22	0.63	Plástico, cigarro, papel, metal	Portz *et al.* (2018) *
		Playas no turísticas (n=3)	0.61	2.92	1.45	Plástico, vidrio, metal, papel	
		Playas rocosas, turísticas (n=3)	0.53	0.55	0.54	Plástico, metal	
		Playas rocosas, no turísticas (n=5)	0.4	0.77	0.65	Plástico, metal, vidrio	
Feb. – Abr. 2013	San Andrés	Playa (n=3)	2.95	3.71	3.3	Plástico, vidrio	Gavio *et al.,* (2022)
Oct. 2018	Alburquerque	Playas (n=71)	0.03	1.94	0.5	Plástico, vidrio, material de pesca	Portz *et al.,* (2020) *
		Plataforma continental somera			12 ítems	Material de pesca, vidrio, plástico	
Ago. 2022	Isla Cayos de Bolívar Cayo Bolívar	Playa (n=2)	0.01	1.68	0.85	Plástico, caucho, vidrio, madera	López *et al.,* (2024) *
	Isla Cayos de Bolívar Cayo Pescadores	Playas (n=3 muy largas)	0.01	1.56	0.79	Plástico, caucho, vidrio, madera	López *et al.,* (2024) *
Sept. 2019	Providencia	Playa turística (n=8)	0.01	0.72	0.22	Plástico, papel, metal, vidrio	Portz *et al.,* (2022) *
		Playa no turística (n=10)	0.31	5.41	1.87	Plástico, telas, metal, vidrio	
		Manglar (n=1)	-	-	8.38	Plástico, metal, vidrio, MO	
		Playa gravoso	0.48	16.17	4.69	Plástico, metal, vidrio, telas	
Sept. 2019	Santa Catalina	Playa turística (n=1)	-	-	0.72	Plástico, metal, papel	Portz *et al.,* (2022) *
		Playa no turística (n=1)	-	-	0.71	Plástico, vidrio, caucho, telas	
		Manglar (n=3)	8.38	10.4	9.07	Plástico, metal, vidrio, MO	
Sept. 2019	Providencia y Santa Catalina	Corales (N=13)	0	0.02	0.01	Vidrio, línea	Portz *et al.,* (2022) *
Dic. 2020-Ene. 2021	Providencia y Santa Catalina	Manglar	0.4	1.4	-	Plástico, metal, vidrio, madera procesada	Garcés-Ordóñez *et al.,* (2021)
Microplásticos							
Oct. 2018	Alburquerque	Playa (N=3)	99 - 141 partículas/m²				Portz *et al.,* (2020) *
		Superficie del mar (N=9)	0.009 - 0.244 partículas/m³				

Los resultados obtenidos en las dos áreas emergentes más grandes de la Isla Cayos de Bolívar, Cayo Bolívar y Cayo Pescadores revelaron una alta prevalencia de residuos plásticos en zonas donde está prohibida toda actividad turística (Tabla 1). Estos hallazgos fueron publicados en el Informe Final de la Expedición por López *et al.* (2024). Se identificaron ocho categorías de basura marina, predominando el plástico (89 %), seguido por vidrio (5 %), madera (2 %), textiles (2 %), metal (1 %), papel (1 %), caucho (0.1 %) y otros (1 %). Las botellas de PET, el poliestireno (icopor) y los fragmentos de plásticos rígidos (como metacrilato, policarbonato y PVC) fueron los tipos más abundantes dentro de la categoría de plásticos.

En la categoría de metales las latas de aluminio fueron predominantes, mientras que en la de vidrio los recipientes de vidrio sobresalieron, en cuanto a caucho las chanclas o zapatos tipo Crocs fueron los más frecuentes. La densidad de basura marina mostró niveles significativos de contaminación, especialmente en Cayo Pescadores (Tabla 1).

En cuanto a la distribución se observó una presencia significativa de basura marina en todo el atolón. Sin embargo, Cayo Pescadores mostró niveles más altos de contaminación en comparación con Cayo Bolívar, al considerar las áreas vegetadas internas de cada isla. Por otro lado, al centrarse únicamente en las zonas expuestas de las playas, Cayo Bolívar presentó mayor contaminación por metro cuadrado que Cayo Pescadores, aunque sin alcanzar los niveles observados en los pequeños bancos de arena vecinos (Banco de la Virgen y Bajo Sunny Boar).

Providencia y Santa Catalina, con sus importantes ecosistemas costeros y marinos, enfrentan importantes desafíos de contaminación por basura marina. En 2019 las playas turísticas registraron una media de 0.22 ítems/m², mientrasquelasplayasnoturísticas mostraron una media de 1.87 ítems/m². En 2021 se observó un aumento en las playas turísticas, con una densidad promedio de 1.70 ítems/m², lo que refleja el impacto del turismo y los escombros de la reconstrucción tras el huracán Iota (evento de categoría 4 ocurrido del 13 al 18 de noviembre de 2020). Sin embargo, en las playas no turísticas, el promedio aumentó ligeramente a 2.31 ítems/m² (Portz *et al.,* 2024).

Por otro lado, los manglares, que son hábitats críticos para muchas especies marinas, tenían en 2019 un promedio elevado de 8.38 ítems/m². En 2021, después del huracán, se redujo a 3.22 ítems/m² debido a la destrucción del ecosistema por el huracán y a las campañas de limpieza (Portz *et al.,* 2024).

En cuanto a la caracterización de la basura marina en las islas de Providencia y Santa Catalina, las categorías de residuos más comunes son plástico (76 %), seguida de metal (6 %), vidrio (6 %), telas (3 %) y otros materiales (3 %) (media de las expediciones de 2019 y 2021).

La distribución espacial de la basura marina en las islas mostró que los manglares y las áreas de vegetación de las playas actúan como zonas clave de acumulación, especialmente de plásticos. Las playas turísticas tuvieron baja densidad de basura debido a limpiezas regulares, mientras que las playas no turísticas presentaron mayor acumulación y variedad de fuentes. Los arrecifes de coral alrededor de la isla mostraron baja densidad de basura, lo que indica una menor conexión con este ecosistema.

Estudios complementarios

El estudio de Garcés-Ordóñez *et al.,* (2021) se enfocó en la contaminación por basura marina en los manglares de Providencia y Santa Catalina después del paso del huracán Iota. Los resultados mostraron que los manglares cercanos a áreas urbanas registraron una mayor acumulación de basura marina en comparación con aquellos situados en zonas con menor influencia humana. Los plásticos de diversos tamaños fueron el tipo de desecho predominante (más del 60 %).

Este estudio resalta cómo los fenómenos climáticos extremos, como los huracanes, pueden agravar la problemática de la basura marina, especialmente en ecosistemas críticos como los manglares, y cómo las acciones de respuesta local son fundamentales para la recuperación de estos ecosistemas tras desastres. Además, se destacó la participación de la comunidad local en las labores de limpieza y recuperación del manglar.

Las investigaciones realizadas en la isla de San Andrés por Portz *et al.* (2018) y Gavio *et al.,* (2022) ofrecen valiosos resultados complementarios, añadiendo una perspectiva adicional al problema de la contaminación marina en la RBS.

San Andrés, una de las islas más visitadas de la región, exhibe niveles moderados de contaminación en sus playas. Según Portz *et al.* (2018) las zonas turísticas registran una media de 0.63 ítems/m², mientras que las zonas no turísticas tienen una concentración superior, con una media de 1.45 ítems/m². Los residuos más comunes incluyen plástico (74 %), colillas de cigarrillos (8 %), metales (7 %) y vidrio (5 %). Por otro lado, Gavio *et al.* (2022) encontró una media de basura marina en las playas de aproximadamente 3.30 ítems/m². Los residuos están compuestos principalmente de plástico (entre 84 % y 89 %), seguido de vidrio, colillas de cigarrillo, y otros materiales como papel y metales, en menores proporciones.

Los estudios realizados en momentos diferentes proporcionan ideas interesantes sobre la extensión y la distribución de la basura marina a lo largo de la costa de la isla. Gavio *et al.* (2022) encontraron una alta concentración de basura marina, principalmente plásticos y vidrios en playas turísticas, destacando la necesidad de un control más estricto sobre la disposición de desechos en general. Por otro lado, Portz *et al.* (2018) revelaron una disparidad en la cantidad y origen de la basura marina entre playas turísticas y no turísticas, destacando la urgencia de acciones para garantizar la conservación de los ecosistemas costeros interconectados, especialmente en aquellas áreas más alejadas del centro turístico.

EVALUACIÓN INTEGRADA DE BASURA MARINA EN LA RBS

La comparación de los niveles de contaminación en las distintas islas revela una diversidad de situaciones y desafíos ambientales inquietantes. En el caso de San Andrés, una isla caracterizada por una afluencia turística, se observó una moderada contaminación en las playas, con una leve tendencia al aumento en áreas no turísticas. Este fenómeno sugiere una posible correlación entre las acciones de limpieza de playas y la acumulación de basura marina.

Sin embargo, las áreas no turísticas no necesariamente cuentan con servicios regulares de limpieza o recolección de residuos. Este es el caso de la isla Cayos de Alburquerque y la Isla Cayos de Bolívar. En particular, es importante señalar que Cayo Bolívar alberga una base permanente de la Armada de Colombia, mientras que Cayo Pescadores es utilizado como alojamiento temporal por pescadores artesanales de la isla de San Andrés durante sus jornadas de pesca.

En contraposición, las islas de Providencia y Santa Catalina enfrentan desafíos particulares en términos de contaminación por basura marina. En estas islas se registran niveles elevados de residuos en la zona de vegetación de playa y en los manglares, hábitats esenciales de numerosas especies marinas.

El análisis de la basura marina en la vegetación de las playas también sugiere una posible mayor afectación por influencia de actividades locales, además de una ineficiente disposición de residuos provenientes de la limpieza de la playa contigua. Los estudios de Portz *et al.* (2022) y Garcés-Ordóñez *et al.*, (2021) proporcionan una panorámica exhaustiva de esta problemática, destacando la importancia de la participación comunitaria y la aplicación de estrategias de gestión adaptadas a las particularidades de cada contexto.

Por otro lado, isla Cayos de Alburquerque e isla Cayos de Bolívar han registrado niveles relativamente bajos de contaminación con respecto a zonas costeras de las islas con mayor número de población (islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina). Sin embargo, los valores para estas islas se consideran niveles altos de basura marina (Tabla 1) por ser islas remotas, deshabitadas y por tener altas restricciones al turismo.

El hallazgo más destacado es que el tipo de basura marina (>2.5 cm) más prevalente en las islas de la RBS corresponde a residuos plásticos, siendo la tipología predominante aquella vinculada al almacenamiento de alimentos, como las botellas de PET. Es importante subrayar que

los empaques y envases destinados a alimentos constituyen el tipo de residuo más común en la Reserva, y este patrón se observa de manera consistente en todos los continentes. Esta tendencia global refleja la amplia distribución de los plásticos en los entornos marinos (BFFP, 2023).

La comparación de la RBS con otras regiones muestra que, aunque las islas habitadas como San Andrés, Providencia y Santa Catalina enfrentan problemas significativos de basura marina, los niveles de contaminación son menores que en otras islas del Caribe y el mundo. San Andrés, influenciada por el turismo, presenta una contaminación moderada, especialmente en áreas turísticas. En Providencia y Santa Catalina los residuos son elevados en la línea de vegetación y el manglar, similar a lo observado en Santa Marta, Colombia, donde las playas turísticas registran hasta 12 ítems/m², con plásticos representando entre el 35 % y el 72 % de los residuos (Garcés-Ordóñez *et al.,* 2021). En islas como Hunting Caye, Belice, las densidades alcanzan hasta 4.09 ítems/m² en playas sin responsables del mantenimiento regular (Blanke *et al.,* 2020b). Variaciones en la densidad de residuos en playas, incluso dentro de una misma isla, se observan en Bonaire, donde las densidades oscilan entre 0.1 ítems/m¹ y 5 ítems/m¹ (Debrot *et al.,* 2013).

El preocupante hallazgo de microplásticos (tamaño <2.5 cm) en las islas deshabitadas refleja una contaminación de alcance más amplio y complejo (Portz *et al.,* 2020). Este hallazgo indica la presencia significativa de fuentes diversas de contaminación, como lo son la fragmentación de materiales por procesos marino-atmosféricos locales, el arrastre de residuos por interacciones mete-oceanográficas (oleaje y vientos), así como el transporte por corrientes oceánicas, cuyo comportamiento en esta región está íntimamente ligado al patrón general del giro Panamá-Colombia (Andrade *et al.*, 2003; Mooers y Maul, 1998; Richardson, 2005).

Investigaciones previas, como las de Wüst (1963), apoyan la idea de la existencia de este giro. Se postula que su influencia dominante en las condiciones oceanográficas de la región facilita el transporte de materiales ligeros suspendidos en el agua. Este fenómeno, agravado por el oleaje, crea un contexto dinámico que podría explicar la presencia de contaminantes en esta remota región del Caribe (Portz *et al.,* 2020).

Las islas habitadas de la Reserva, especialmente aquellas con turismo significativo, generan residuos que contaminan tanto sus playas como el mar adyacente. Además, estas islas pueden contribuir a la contaminación marina de otras islas cercanas. Por ejemplo, Wilson y Verlis (2017), demostraron la influencia del turismo en el sur de la Gran Barrera de Coral y su impacto en las islas cercanas.

Varias investigaciones han demostrado que las corrientes marinas pueden transportar basura marina por largas distancias (Moore *et al.,* 2001; Schneider *et al.,* 2018). Esto significa que la contaminación generada en una isla o incluso en un país vecino puede afectar sustancialmente islas remotas y aisladas. Este fenómeno se ha evidenciado en Alburquerque y en la isla Cayos de Bolívar, donde se han hallado basura marina y microplásticos tanto en zonas sumergidas como en playas expuestas, incluyendo áreas deshabitadas como bancos aislados y microplásticos tanto en zonas sumergidas como en playas expuestas, incluyendo áreas deshabitadas como bancos aislados.

IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA BIODIVERSIDAD Y SALUD DEL MAR

Manglares

Los manglares actúan como trampas para la basura marina, evitando que se disperse en el ambiente marino (Ivar do Sul y Costa, 2014; Martin, Almahashee y Duarte, 2019; Portz *et al.,* 2022; Rambojun *et al.,* 2024). La presencia de basura marina en el manglar amenaza no solo el paisaje, sino también la biodiversidad y la función del ecosistema. Los residuos plásticos pueden envolver las raíces y los neumatóforos del mangle, impidiendo que las plantas absorban adecuadamente los nutrientes y el oxígeno para vivir, lo que provoca la muerte y el declive del ecosistema (Van Bijsterveldt

et al., 2021). Además, la presencia de residuos plásticos representa una amenaza directa para la vida silvestre que habita en los manglares, lo que genera barreras físicas e ingestión accidental (Garcés-Ordóñez *et al.,* 2020b; Van Bijsterveldt *et al.,* 2021).

La basura marina puede también poner en peligro la recuperación del manglar, dañando tanto a los árboles adultos como a las plántulas. La colisión de restos flotantes con raíces y troncos aéreos puede aumentar la mortalidad de los árboles, mientras que la acumulación de basura marina impide la regeneración natural, asfixiando a las plántulas y bloqueando las zonas adecuadas para el crecimiento de nuevas raíces (Gorman y Turra, 2016; Pranchai *et al.,* 2019).

En las áreas de manglar analizadas en la RBS la contaminación por basura, especialmente plásticos, representa una seria amenaza para la recuperación y el mantenimiento de estos ecosistemas. Estos impactos dificultan los esfuerzos de rehabilitación del manglar, especialmente en áreas donde los programas de restauración dependen de la plantación de plántulas, que debido a la interferencia de la basura marina pueden no resultar eficientes.

Playas y dunas

Al igual que los manglares, los ambientes de playas y dunas también son puntos críticos de acumulación de basura marina (Manzolli y Portz, 2024; Poeta *et al.,* 2017; Portz *et al.,* 2011). Además de comprometer la belleza natural del paisaje compuesto por dunas y reducir el atractivo turístico de la línea de costa, la basura marina puede causar daños directos a la flora y fauna locales. La vegetación presente en el sistema de playas es uno de los componentes paisajísticos más importantes, ya que proporciona un hábitat precioso para la anidación de aves, la alimentación y la protección de la vida silvestre (Martínez y Psuty, 2004).

La zona de vegetación de la playa sirve de barrera natural para amparar, atrapar y acumular basura marina, fragmentarlos y aumentar su cantidad con el tiempo con la ayuda del viento (Portz *et al.,* 2011). Esta contaminación también puede interferir en la estructura del ecosistema dunar y su desarrollo, interfiriendo en procesos naturales como la germinación y las interacciones entre plántulas y plantas que ayudan a la estabilización de este ecosistema (Menicagli *et al.,* 2019).

Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos se ven afectados por la contaminación causada por basura marina, en particular por plásticos (macro y micro) y materiales de pesca abandonados o desechados. La presencia de plásticos en los océanos puede favorecer la colonización microbiana por patógenos implicados en brotes de enfermedades. Lamb *et al.* (2018) descubrieron que cuando los corales entran en contacto con plásticos, la probabilidad de enfermedad aumenta drásticamente del 4 % al 89 %. En particular, plásticos como el polipropileno, utilizado en tapas de botellas y cepillos de dientes, estaban considerablemente poblados por bacterias asociadas con enfermedades de los corales como la banda blanca.

Además, los corales, al filtrar organismos suspendidos en el agua, están expuestos a ingerir microplásticos, lo que afecta su ingesta de alimento natural y, por ende, su desarrollo y crecimiento (Hall *et al.,* 2015). La presencia de microplásticos también perturba la relación simbiótica entre los corales y las zooxantelas, aumentando el estrés oxidativo y la vulnerabilidad a enfermedades y blanqueamiento (Okubo *et al.,* 2018; Syakti *et al.,* 2019).

Dado que las zooxantelas proporcionan el 90 % del alimento de los corales, mediante la fotosíntesis, permitiéndoles vivir en condiciones oligotróficas, cualquier alteración a esta relación tendría consecuencias graves para la salud de los corales (Campos *et al.,* 2020). Además, cualquier material de pesca abandonado, como nasas, anzuelos y redes, puede enredarse en los corales, causando daños físicos. La basura marina no solo afecta a los corales, sino también a las especies de fauna acuática asociadas que dependen de ellos para

hábitat, protección y alimentación, amenazando así tanto el ecosistema del arrecife como la población de peces comerciales.

IMPACTO DE LA BASURA MARINA EN SECTORES ECONÓMICOS VINCULADOS CON EL MAR

La contaminación por basura marina puede afectar negativamente a sectores económicos vinculados con el mar, como el turismo, la pesca y el transporte marítimo (Abalansa *et al.,* 2020; Aretoulaki *et al.,* 2021; Rodríguez *et al.,* 2020). La industria turística, especialmente el turismo de playa enfrenta importantes desafíos debido a la presencia de basura (Grelaud y Ziveri, 2020).

Esto puede afectar tanto a las costas como al agua de mar circundante, lo que repercute directamente en la economía de islas turísticas como San Andrés, Providencia y Santa Catalina, que dependen del turismo. La basura marina reduce la belleza escénica de estos destinos y afecta la calidad de la experiencia turística, lo que puede disminuir el número de visitantes y, por ende, impactar la economía local.

Además del impacto visual, la percepción negativa de los turistas sobre la limpieza de las playas es un factor determinante para la salud del sector turístico. Un estudio realizado en Brasil mostró que la presencia de basura puede reducir las actividades recreativas hasta en un 39 % (Krelling *et al.,* 2017). La presencia de basura marina en las playas desestimula las actividades recreativas debido a la percepción de un entorno poco saludable, lo que influye en la reacción de las personas sobre la calidad ambiental (Pendleton *et al.,* 2001).

Este problema se convierte en un factor determinante para el crecimiento de sectores económicos vinculados al turismo, como lo confirman numerosos estudios realizados en complejos y playas turísticas (Krelling *et al.,* 2017; Rehman *et al.,* 2022; Santos *et al.,* 2005).

La contaminación marina también afecta áreas sumergidas, como sitios de buceo y snorkel, con impactos estéticos y ecológicos. En Taiwán, un estudio en el Parque Nacional Kenting y la Costa de Yilan registró 2841 ítems de basura marina, cuya distribución varió según estación, ubicación y marea, destacando la complejidad del problema (Lin *et al.,* 2022).

En respuesta a esta problemática, iniciativas como "*Dive Against Debris*" y las inmersiones de limpieza desempeñan un papel crucial en la mitigación de la basura marina. Estas actividades no solo realizan limpiezas submarinas, sino que también convierten los esfuerzos en estudios basados en datos, lo que contribuye a la prevención de daños a la vida y al medio ambiente marinos. Además, fomentan cambios en las políticas hacia mejores prácticas de gestión de residuos (https://www.diveagainstdebris.org).

De igual modo, el sector pesquero también experimenta efectos negativos, ya que la basura marina puede dañar equipos de pesca, reducir las capturas y requerir más tiempo para reparar o limpiar las redes (Galimany *et al.,* 2019), lo que afecta la productividad general de la industria. Estos impactos pueden ser aún más acentuados en áreas con alta concentración de basura marina como aquellas poco profundas en las que se puede observar que el 38 % del total de la captura correspondió a basura marina (Galimany *et al.,* 2019).

Además de afectar a los equipos de pesca, la basura marina impacta a las especies marinas capturadas, muchas de las cuales muestran evidencia de haber ingerido desechos marinos, sobre todo plásticos (Fossi *et al.,* 2018; Garcés-Ordóñez *et al.,* 2020b). Para la comunidad local, cuya tradición cultural y economía se basan en la pesca, estas consecuencias representan un desafío significativo y ponen en riesgo su forma de vida heredada de sus ancestros y del pueblo raizal.

Los riesgos para la navegación también son considerables. Los plásticos flotantes también plantean riesgos para la navegación y causan daños a los buques, los puertos y la infraestructura costera, con costos adicionales para las autoridades portuarias y los operadores marítimos (IMO, 2024).

POLÍTICAS, DIRECTRICES FUTURAS Y CAMINO A SEGUIR

Uno de los principales factores que limitan las acciones contra la basura marina en el mar Caribe son las deficientes regulaciones y políticas públicas. Muchos de los países de esta región son territorios insulares con economías que enfrentan pobreza, rezago tecnológico y carencias en infraestructura (Vélez, 2019). Además, dependen de la importación de productos, lo que genera grandes cantidades de envases plásticos (Clayton *et al.,* 2021).

Sin embargo, hay avances positivos. Según Fernández *et al.* (2021), en los últimos años, al menos 27 de los 33 países de América Latina y el Caribe han implementado leyes que prohíben o eliminan los plásticos de un solo uso. Antigua y Barbuda fue pionera, en 2016, al prohibir la importación, distribución y uso de bolsas de plástico. En Bahamas la prohibición de plásticos de un solo uso se promulgó en 2019 y entró en vigor en 2020 con la Ley de Control de la Contaminación Plástica (*Environmental Protection Act*, 2019). Barbados también prohibió la importación de plásticos como parte de su transición hacia una economía verde, y Granada aprobó en 2018 la Ley de Control de Residuos no Biodegradables. Barbados también prohibió la importación de plásticos como parte de su transición hacia una economía verde, y Granada aprobó en 2018 la Ley de Control de Residuos no Biodegradables.

Además, se están implementando iniciativas como el Plan de Acción Regional para la Gestión de la Basura Marina (RAPMaLi) en la Región del Caribe Ampliado, que promueve la gestión de residuos con apoyo comunitario y del sector empresarial. Guyana, Barbados y Santa Lucía son pilotos de este programa.

Otros países como Belice han lanzado programas como 'Belice: Azul, Limpio, Resiliente y Fuerte' para prevenir la basura marina y mejorar la gestión de residuos. Panamá, desde 2021, ejecuta un plan nacional para reducir la basura marina, involucrando al Gobierno, las comunidades y el sector privado en todo el país.

POLÍTICAS NACIONALES

Colombia ha implementado una política integral para combatir la contaminación marina causada por plásticos de un solo uso, con el objetivo de eliminarla para 2030. La Gestión Sostenible del Plástico involucra a todos los sectores en acciones para prevenir, reducir, reutilizar, reciclar y reemplazar plásticos (Fernández *et al.,* 2021).

En 2018 el país lanzó la Estrategia Nacional de Economía Circular y en 2019, el Plan Nacional de Gestión Sostenible de Plásticos de Un Solo Uso, centrados en reducir el consumo de plásticos y fomentar el diseño circular (Fig. 2).

En 2016 se impuso una regulación que prohibió e impuso impuestos a las bolsas plásticas, logrando una reducción del 35 % en su consumo entre 2016 y 2019 y una disminución del 59.4 % en su distribución. La combinación de la prohibición y el impuesto sobre las bolsas plásticas de un solo uso ha tenido un impacto positivo en la reducción del consumo de bolsas plásticas y ha fortalecido la concienciación sobre la importancia de disminuir los residuos plásticos en el país (Fernández *et al.,* 2021).

La Figura 2 presenta una síntesis del marco normativo y político de Colombia en relación con el manejo de residuos sólidos y su conexión con la contaminación en territorios marino-costeros. Se utiliza un código cromático para clasificar las normativas, no en orden cronológico, sino por categorías.

Primero se abordan los conceptos de contaminación marina, seguidos por la normatividad sobre residuos sólidos, servicios de aseo y la economía circular como herramienta para reducir y aprovechar residuos. También se incluyen dos normas conexas que establecen comités locales para organizar las playas y crear instancias de coordinación, así como una norma técnica para mejorar la calidad turística bajo principios de sostenibilidad.

Se destacan siete normas enfocadas en la reducción de plásticos de un solo uso. El esquema abarca dos grandes grupos de políticas y normas del marco internacional acogido por Colombia, como tratados de Naciones Unidas para el control de contaminantes y microplásticos.

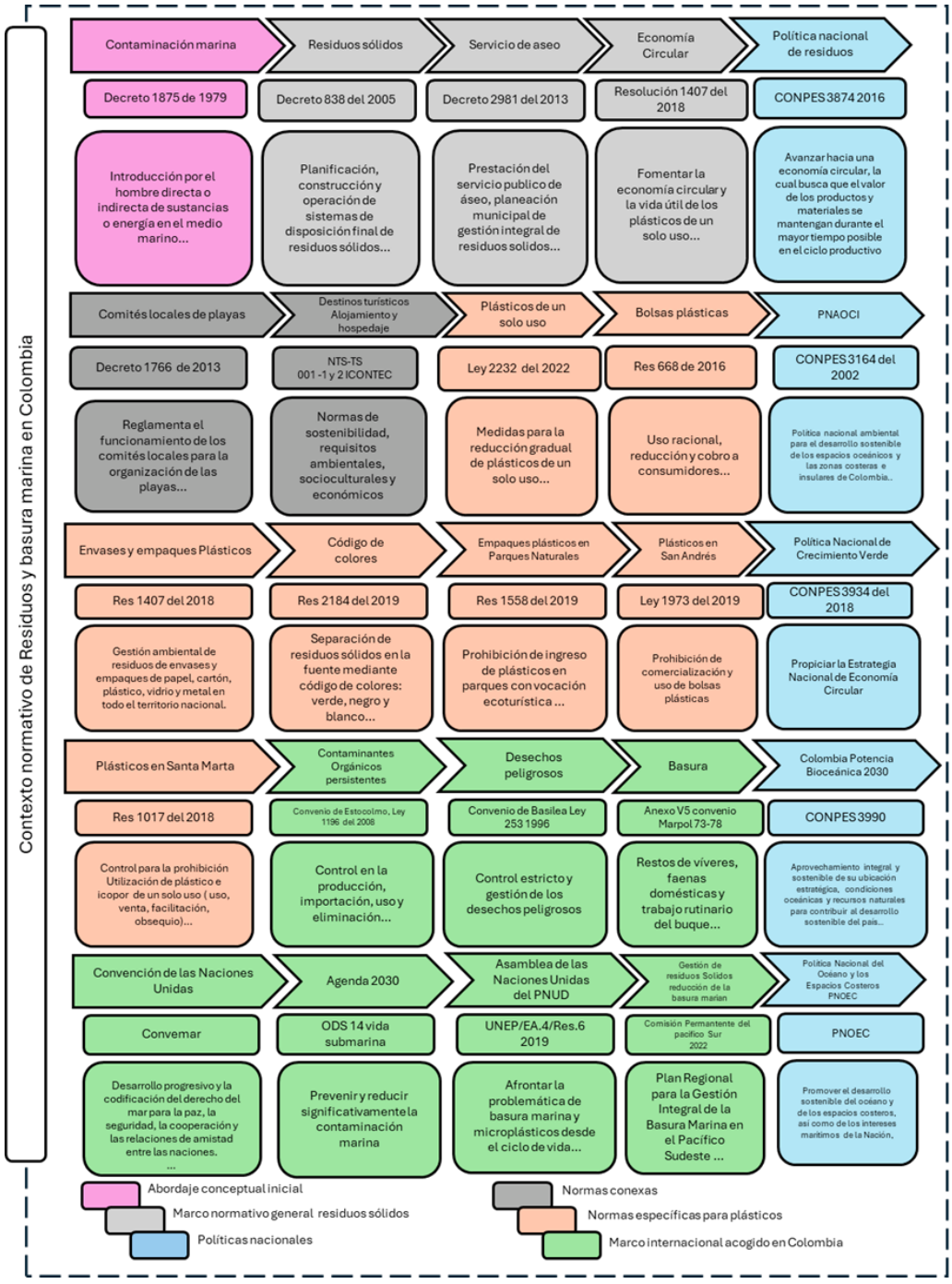


Figura 2. Contexto normativo y políticas de residuos y basura marina en Colombia. [Modificado de: Invemar, 2020 (con base en las siguientes normas, leyes y regulaciones: Botero, 2018; CCO, 2007, 2018; Comisión Permanente del Pacífico Sur, 2020; Congreso de Colombia, 1996, 2019; Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2002, 2020; Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973; CPPS, 2022; Departamento Administrativo Distrital de Sostenibilidad Ambiental, 2018, 2019; DNP, 2016, 2018; ICONTEC, 2007a, 2007b; Invemar, 2020; MAVDT, 2005; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2013, 2016, 2018, 2019a, 2019b, 2019c, 2021; Ministerio de Medio Ambiente, 2001; Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013; Naciones Unidas, 1982, 2015, 2019; República de Colombia, 1979; Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta, 2018).

Por último, se presentan políticas y documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), que promueven el desarrollo sostenible y la economía circular, permitiendo identificar normas clave para la reducción de residuos en el mar, articuladas con instrumentos de planificación y gestión ambiental.

Políticas para la RBS

En la RBS se han establecido leyes específicas para abordar la contaminación marina y reducir el uso de plásticos. La Ley 1973 de 2019 prohíbe el ingreso, venta y uso de bolsas y otros materiales plásticos en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Esta legislación, respaldada por la Resolución 283, entró en vigor en julio de 2021, con el objetivo de reducir la contaminación plástica y promover prácticas más sostenibles en las islas.

Entre las medidas implementadas se encuentran la prohibición de los plásticos de un solo uso y campañas de concienciación sobre la contaminación por plásticos. Además, se han establecido incentivos para la sustitución de materiales plásticos por alternativas biodegradables y sostenibles.

Si bien estas políticas representan avances importantes en la gestión de residuos plásticos, es importante valorar su eficacia y limitaciones. Un desafío importante es la aplicación y fiscalización efectiva de estas leyes. Aunque se han prohibido los plásticos de un solo uso, los estudios muestran que todavía se encuentran altos niveles de plásticos y microplásticos, lo que sugiere que la prohibición no ha sido del todo eficaz.

Entre los pros de la normativa se subraya la concienciación ambiental y el impulso al cambio de plásticos por alternativas biodegradables. Además, las políticas no han abordado suficientemente las fuentes externas de contaminación, como los residuos transportados por corrientes oceánicas desde otras regiones.

MEDIDAS SUGERIDAS PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN Y PROMOVER LA SALUD DEL MAR CARIBE

En este análisis se evidencia una persistente problemática en torno a la basura marina, tanto de origen local como transportada por corrientes oceánicas. Esto podría prever una degradación gradual de los ecosistemas afectados. Aunque existen iniciativas de gestión, aún carecen de la solidez necesaria para mitigar la presión ambiental. El Gobierno colombiano necesita adoptar medidas más adecuadas que integren la prevención, el reciclaje y fomenten la economía circular y la responsabilidad social empresarial.

Los sistemas de reciclaje actuales requieren ajustes para limitar de forma permanente la producción de plásticos de un solo uso. En Colombia (mayo 2024) la responsabilidad de no usar plásticos recae en los consumidores y la de reciclar, en los recicladores, eximiendo a las empresas que siguen produciendo plásticos para minimizar costos. Es fundamental aplicar prácticas sostenibles que reduzcan el uso de sustancias peligrosas, fomenten tecnologías innovadoras y promuevan el reciclaje especializado.

Tanto los turistas como los habitantes y consumidores del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina deben ser conscientes de su papel en la propagación de esta problemática. Es esencial crear conciencia para reducir su impacto en los océanos y ecosistemas de la Reserva. El Gobierno nacional y regional, junto con entidades locales, pueden implementar programas educativos y campañas de sensibilización, incluyendo iniciativas en redes sociales para promover alternativas a los plásticos de un solo uso, fomentar el desecho adecuado de materiales reciclables y desalentar el consumo excesivo de productos plásticos.

Otra estrategia para minimizar los efectos es la implementación de iniciativas de mercadeo en cadenas hoteleras, centros comerciales y otros establecimientos que ofrezcan incentivos a los usuarios que contribuyan al reciclaje. Los sistemas de premios o incentivos al reciclaje en hoteles y comercios pueden reducir los efectos negativos de los residuos plásticos.

Es importante adoptar una perspectiva integral que aborde la basura marina desde un enfoque económico, social y cultural. Esto incluye el fortalecimiento de regulaciones con sanciones para quienes no las cumplan y un monitoreo constante de su cumplimiento. Además, se deben revisar los acuerdos ambientales internacionales para promover la conservación transfronteriza. Abordar la basura marina en la RBS es esencial para proteger la economía local y asegurar la sostenibilidad de la pesca.

Es importante destacar la necesidad de un monitoreo efectivo, controles rigurosos y la implementación adecuada de políticas para abordar el problema de la basura marina en el Archipiélago. Desde la perspectiva del residente resulta evidente que las normativas, resoluciones o leyes que se promulgan en este sentido a menudo quedan en el papel, sin una supervisión adecuada ni aplicación efectiva. Es fundamental que las autoridades competentes refuercen los mecanismos de vigilancia y hagan cumplir las regulaciones existentes de manera más estricta.

De acuerdo con comunicaciones personales con los pobladores del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina no existe un programa riguroso de manejo y desecho de residuos sólidos en las islas y cayos. Es fundamental desarrollar iniciativas de educación y concienciación, tanto para la población como para los órganos gubernamentales, ya que el manejo de desechos debe ser parte integral de las políticas públicas de la región.

Un ejemplo prioritario sería realizar campañas de limpieza y sensibilización en Alburquerque y Cayo Pescadores (Islas Cayos de Bolívar), las cuales presentan altos niveles de contaminación, especialmente en áreas usadas por pescadores y zonas de vegetación densa. Estas campañas deben involucrar a los pescadores de San Andrés, quienes utilizan Cayo Pescadores como refugio temporal. La colaboración entre organismos estatales y pescadores facilitaría la recolección y transporte de residuos a San Andrés, promoviendo así una gestión más sostenible de los desechos y reduciendo la contaminación.

Para lograr un cambio significativo es fundamental que las sanciones por incumplimiento de las normativas sean más severas. Multas considerables podrían servir como un incentivo efectivo para que las personas comprendan la importancia de reducir su impacto ambiental y cumplan con las disposiciones establecidas. Estas sanciones deben ser no solo disuasorias, sino también educativas, de modo que la comunidad entienda la gravedad del problema y se comprometa activamente a su solución, sobre todo entendiendo que la RBS es un área protegida, a la cual no pueden incursionar turistas ni operadores turísticos por ley, por lo que la campaña de sensibilización y educación debe también incluirlos.

Es esencial impulsar el reciclaje como una práctica obligatoria, comenzando en las instituciones educativas, donde se integre en el currículo. Las empresas, tanto públicas como privadas, deben implementar planes de gestión ambiental con programas de reciclaje. Esto no solo reduciría los residuos en el océano, sino que fomentaría una cultura de responsabilidad ambiental. Además, es clave promover el reciclaje en hogares, empresas y sectores turísticos mediante campañas de sensibilización. La implementación de sistemas de recolección separados y el acceso a puntos de reciclaje son pasos fundamentales para lograrlo.

Abordar la basura marina en la RBS es esencial para proteger los sectores económicos de las islas y garantizar el desarrollo sostenible de la industria pesquera. La Figura 3 presenta ejemplos de acciones a corto, mediano y largo plazo.



Figura 3. Ejemplos de acciones a corto (1 a 2 años), mediano (3 a 5 años) y largo plazo (6 a 10 años) para abordar el problema de la basura marina.

Conclusiones

La contaminación por basura marina en la RBS plantea un desafío crítico para la salud de los ecosistemas marinos y costeros de la región del Caribe. La vulnerabilidad de las islas remotas a este tipo de contaminación subraya la necesidad urgente de implementar prácticas de gestión ambiental efectivas y sostenibles.

El análisis de la basura marina evidencia la presencia de múltiples fuentes de contaminación, tanto locales como externas. Las actividades terrestres inadecuadas, como la gestión ineficaz de residuos, junto con la llegada de plásticos transportados por procesos naturales como el oleaje y las corrientes oceánicas, son factores clave en la acumulación de basura marina en estos ecosistemas.

La creciente acumulación de basura marina no solo amenaza la sostenibilidad de los recursos marinos y costeros, sino que también afecta negativamente sectores vitales como el turismo y la pesca, pilares de la economía regional. La presencia de basura marina y microplásticos en áreas sensibles, como manglares y zonas de vegetación de playa, destaca la necesidad de acciones coordinadas que involucren a la comunidad y adapten las estrategias de manejo a las condiciones locales.

Dada la fragilidad de los ecosistemas marinos en la RBS es imperativo adoptar medidas de gestión más estrictas y programas educativos que respondan a las particularidades de cada contexto. La colaboración entre el Gobierno colombiano y las partes interesadas locales es fundamental para promover la conservación de estos entornos únicos y asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

Agradecimientos

Agradecemos a la CCO por la oportunidad de participar en las diversas expediciones Seaflower en las que fuimos seleccionados. Dedicamos este trabajo a la memoria de Rafael Calixto Bortolín por su apoyo en algunas de las campañas de campo recopiladas aquí.

Fuentes financiadoras

Comisión Colombiano del Océano (CCO), Dirección General Marítima (Dimar), Corporación Universidad de la Costa (CUC), Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) - Sede Montería, Sociedad Colombiana de Geología (SCG) y recursos propios (Gloria I. López y Nubia Garzón Barrero).

Contribución de los autores

Participación en las distintas expediciones Seaflower: L. P., P. T. C., G. I. L., N. G. B., G. C. U., R. P. M., R. C. B.; conceptualización y metodología: L. P., G. I. L., N. G. B., R. P. M.; análisis: L. P., P. T. C., G. I. L., N. G. B., R. P. M.; redacción-preparación del borrador original: L. P.; redacción-aportes, revisión y edición: L. P., P. T. C., G. I. L., N. G. B., G. C. U., R. P. M., D. A. V. D. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Referencias bibliográficas

Abalansa, S.; El Mahrad, B.; Vondolia, G. K.; Icely, J.; Newton, A. (2020). The Marine Plastic Litter Issue: A Social-Economic Analysis. *Sustainability*, *12*(20), 8677. https://doi.org/10.3390/su12208677

Andrade, C. A.; Barton, E. D; Mooers, C. N. K. (2003). Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean Coast. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *108*(C6). https://doi.org/10.1029/2002JC001549

Aretoulaki, E.; Ponis, S.; Plakas, G.; Agalianos, K. (2021). Marine plastic littering: a review of socio economic impacts. *Journal of Sustainability Science and Management*, *16*(3), 276-300. https://doi.org/10.46754/jssm.2021.04.019

Blanke, J. M.; Steinberg, M. K.; Donlevy, J. P. (2021). A baseline analysis of marine debris on southern islands of Belize. *Marine Pollution Bulletin*, *172*, 112916. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112916

Break Free From Plastic. (2023). *BRANDED 6. Holding the World's Worst Plastic Polluters Accountable*. BFFP.

Campos, P.; Pires, A.; Figueira, E. (2020). Can Palythoa cf. variabilis biochemical patterns be used to predict coral reef conservation state in Todos Os Santos Bay? *Environmental Research*, *186*, 109504. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109504

Centro de Investigaciones Oceanográficas del Caribe. (2009). *Caracterización físico-biótica del litoral Caribe colombiano.* Tomo I. Ed. Dimar, Serie Publicaciones Especiales CIOH.

Clayton, C. A.; Walker, T. R.; Bezerra, J. C.; Adam, I. (2021). Policy responses to reduce single-use plastic marine pollution in the Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, *162*, 111833. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111833

Comisión Colombiana del Océano. (2015). *Aportes al conocimiento de la Reserva de Biósfera Seaflower.* CCO. https://www.cervantesvirtual.com/obra/

Courtene-Jones, W.; Maddalene, T.; James, M. K;, Smith, N. S.; Youngblood, K.; Jambeck, J. R.; Earthrowl, S.; Delvalle-Borrero, D.; Penn, E.; Thompson, R. C. (2021). Source, sea and sink—A holistic approach to understanding plastic pollution in the Southern Caribbean. *Science of The Total Environment*, *797*, 149098. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149098

De Scisciolo, T.; Mijts, E. N.; Becker, T; Eppinga, M. B. (2016). Beach debris on Aruba, Southern Caribbean: Attribution to local land-based and distal marine-based sources. *Marine Pollution Bulletin*, *106*(1-2), 49-57. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.039

Debrot, A. O.; Van Rijn, J.; Bron, P. S.; De León, R. (2013). A baseline assessment of beach debris and tar contamination in Bonaire, Southeastern Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, *71*(1-2), 325-329. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.027

Diez, S. M.; Patil, P. G.; Morton, J.; Rodriguez, D. J.; Vanzella, A.; Robin, D. V.; Maes, T. (2019). *Marine Pollution in the Caribbean: Not a Minute to Waste. https://documents1.worldbank.org/curated/en/482391554225185720/pdf/Marine-Pollution-in-the-Caribbean-Not-a-Minute-to-Waste.pdf*

Dirección General Marítima. (2024). *Expedición Seaflower. https://cecoldo.dimar.mil.co/web/expedicion_seaflower*.

Fernández, M. A. G.; Zaffiro, M. C. T.; Pon, J. (2021). *Políticas, regulaciones y estrategias en américa latina y el caribe para prevenir la basura marina y los residuos plásticos. UNEP/LAC-IG.XXII/7*.

Fossi, M. C.; Pedà, C.; Compa, M.; Tsangaris, C.; Alomar, C.; Claro, F.; Ioakeimidis, C.; Galgani, F.; Hema, T.; Deudero, S.; Romeo, T.; Battaglia, P.; Andaloro, F.; Caliani, I.; Casini, S.; Panti, C.; Baini, M. (2018). Bioindicators for monitoring marine litter ingestion and its impacts on Mediterranean biodiversity. *Environmental Pollution*, *237*, 1023-1040. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.019

Galimany, E.; Marco-Herrero, E.; Soto, S.; Recasens, L.; Lombarte, A.; Lleonart, J.; Abelló, P.; Ramón, M. (2019). Benthic marine litter in shallow fishing grounds in the NW Mediterranean Sea. *Waste Management*, *95*, 620-627. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.004

Garcés-Ordóñez, O.; Espinosa Díaz, L. F.; Pereira Cardoso, R.; Costa Muniz, M. (2020a). The impact of tourism on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, *160*. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558

Garcés-Ordóñez, O.; Mejía-Esquivia, K. A.; Sierra-Labastidas, T.; Patiño, A.; Blandón, L. M.; Espinosa Díaz, L. F. (2020b). Prevalence of microplastic contamination in the digestive tract of fishes from mangrove ecosystem in Cispata, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, *154*, 111085. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111085

Garcés-Ordóñez, O.; Espinosa, L. F.; Cardoso, R. P.; Issa Cardozo, B. B.; Meigikos dos Anjos, R. (2021). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental Pollution*, *267*, 115495. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495

Geister, J. ; Díaz, J. M. (2007). *Ambientes arrecifales y geología de un archipiélago*

oceánico: San Andrés, Providencia y Santa Catalina (mar Caribe, Colombia) con guía de campo. Ingeominas.

Gorman, D.; Turra, A. (2016). The role of mangrove revegetation as a means of restoring macrofaunal communities along degraded coasts. *Science of The Total Environment*, *566-567*, 223-229. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.089

Grelaud, M.; Ziveri, P. (2020). The generation of marine litter in Mediterranean island beaches as an effect of tourism and its mitigation. *Scientific Reports*, *10*(1), 20326. https://doi.org/10.1038/s41598-020-77225-5

Hall, N. M.; Berry, K. L. E.; Rintoul, L.; Hoogenboom, M. O. (2015). Microplastic ingestion by scleractinian corals. *Marine Biology*, *162*(3), 725-732. https://doi.org/10.1007/s00227-015-2619-7

International Maritime Organization. (2024). *Marine litter.* IMO. https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/marinelitter-default.aspx.

Instituto de Investigaciones Científicas Marinas "José Benito Vives de Andréis"; Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (2012). Atlas de la reserva de Biósfera Seaflower. En: *Coralina*. http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/10447AtlasSAISeaflower.pdf

Ivar do Sul, J. A; Costa, M. F. (2007). Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin*, *54*(8), 1087-1104. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.05.004

Ivar do Sul, J. A.; Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, *185*, 352-364. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036

Jones, J. S.; Porter, A.; Muñoz-Pérez, J. P.; Alarcón-Ruales, D.; Galloway, T. S.; Godley, B. J;, Santillo, D.; Vagg, J.; Lewis, C. (2021). Plastic contamination of a Galapagos Island (Ecuador) and the relative risks to native marine species. *Science of The Total Environment*, *789*, 147704. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147704

Krelling, A. P.; Williams, A. T.; Turra, A. (2017). Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas. *Marine Policy*, *85*, 87-99. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.021

Lamb, J. B.; Willis, B. L.; Fiorenza, E. A.; Couch, C. S.; Howard, R.; Rader, D. N.; True, J. D.; Kelly, L. A.; Ahmad, A.; Jompa, J.; Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, *359*(6374), 460-462. https://doi.org/10.1126/science.aar3320

López, G. I. C; Garzón, N. M. B.; Manzolli, R. P.; Portz, L. (2024). *Análisis histórico de la contaminación por microplásticos en sedimentos marinos*. https://storymaps.arcgis.com/stories/6da9a14122224c59a98236c531e20d6f.

Manzolli, R. P; Portz, L. (2024). Use of Drone Remote Sensing to Identify Increased Marine Macro-Litter Contamination following the Reopening of Salgar Beach (Colombian Caribbean) during Pandemic Restrictions. *Sustainability*, *16*(13), 5399. https://doi.org/10.3390/su16135399

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

Martínez, L. L. ; Psuty, N. P. (2004). *Coastal Dunes, Ecology and Conservation. Ecological Studies.* (Vol. 171). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5

Martínez-Clavijo, S.; López-Muñoz, P.; Cabarcas-Mier, A.; Payares-Varela, J. L.; Gutiérrez, J.; Quintero, J. (2021). Unidades geomorfológicas y distribución de facies sedimentarias en la Isla Cayos de Alburquerque, Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe colombiano. *Boletín de Geología*, *43*(3), 2145-8553. https://doi.org/10.18273/revbol.v43n3-2021007

Menicagli, V.; Balestri, E.; Lardicci, C. (2019). Exposure of coastal dune vegetation to plastic

bag leachates: A neglected impact of plastic litter. *Science of The Total Environment*, *683*, 737-748. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.245

Mooers, C. N. K.; Maul, G. A. (1998). Intra-Americas Sea circulation. En A. R. Robinson & K. H. Brink (Eds.). *In: The Sea, 11* (John Wiley, Vol. 11, pp. 183-208).

Moore, S. L.; Gregorio, D.; Carreon, M.; Weisberg, S. B.; Leecaster, M. K. (2001). Composition and Distribution of Beach Debris in Orange County, California. Marine Pollution Bulletin, 42(3), 241-245. https://doi.org/10.1016/ S0025-326X(00)00148-X

Okubo, N. ; Takahashi, S. ; Nakano, Y. (2018). Microplastics disturb the anthozoan-algae symbiotic relationship. *Marine Pollution Bulletin*, *135*, 83-89.https://doi.org/10.1016/ j.marpolbul.2018.07.016

Pendleton, L.; Martin, N.; Webster, D. G. (2001). Public Perceptions of Environmental Quality: A Survey Study of Beach Use and Perceptions in Los Angeles County. *Marine Pollution Bulletin*, *42*(11), 1155-1160. https://doi.org/10.1016/ S0025-326X(01)00131-X

Pérez-Venegas, D.; Pavés, H.; Pulgar, J.; Ahrendt, C.; Seguel, M.; Galbán-Malagón, C. J. (2017). Coastal debris survey in a Remote Island of the Chilean Northern Patagonia. *Marine Pollution Bulletin*, *125*(1-2), 530-534. https://doi. org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.026

Poeta, G.; Fanelli, G.; Pietrelli, L.; Acosta, A. T. R.; Battisti, C. (2017). Plastisphere in action: evidence for an interaction between expanded polystyrene and dunal plants. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(12), 11856-11859. https://doi.org/10.1007/ s11356-017-8887-7

Portz, L.; Manzolli, R. P.; Garzon, N. (2018). Management priorities in San Andres Island beaches, Colombia: Associated risks. *Journal of Coastal Research*, *85*. https://doi.org/10.2112/ SI85-285.1

Portz, L.; Manzolli, R. P; Ivar do Sul, J. A. (2011). Marine debris on Rio Grande do Sul north coast, Brazil: spatial and temporal patterns. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, *11*(1), 41-48. https://doi.org/10.5894/rgci187 (2011). Marine debris on Rio Grande do Sul north coast, Brazil: spatial and temporal patterns. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, *11*(1), 41-48. https://doi.org/10.5894/rgci187

Portz, L.; Manzolli, R. P.; Herrera, G. V;, Garcia, L. L.; Villate, D. A.; Ivar do Sul, J. A. (2020). Marine litter arrived: Distribution and potential sources on an unpopulated atoll in the Seaflower Biosphere Reserve, Caribbean Sea. *Marine Pollution Bulletin,* 157. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111323

Portz, L.; Manzolli, R. P.; Villate-Daza, D. A.; Fontán-Bouzas, Á. (2022). Where does marine litter hide? The Providencia and Santa Catalina Island problem, Seaflower Reserve (Colombia). *Science of the Total Environment*, *813*. https:// doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151878

Portz, L.; Vargas, A.M.; Campos, P.T.; Villate-Daza, D.A.; Manzolli, R.P. (2024). How natural disasters affect the distribution of marine litter in protected island ecosystems (Seaflower Biosphere Reserve - Colombia). *Marine Pollution Bulletin*,117458. https://doi.org/10.1016/ j.marolbul.2024.117458

Pranchai, A.; Jenke, M.; Berger, U. (2019). Well-intentioned, but poorly implemented: Debris from coastal bamboo fences triggered mangrove decline in Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, *146*, 900-907. https://doi. org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.055

Rambojun, S.; Ramloll, Y.; Mattan-Moorgawa, S.; Appadoo, C. (2024). Are mangroves hotspots for marine litter among selected coastal ecosystems of Mauritius, an oceanic island in Western Indian Ocean?. *Regional Studies in Marine Science*, *69*, 103284. https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103284

Rangel-Buitrago, N.; Gracia C., A.; Vélez-Mendoza, A.; Carvajal-Florián, A.; Mojica-Martínez, L.; Neal, W. J. (2019). Where did this refuse come from? Marine anthropogenic litter on a remote island of the Colombian Caribbean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *149*(October), 110611. https://doi.org/10.1016/j. marpolbul.2019.110611

Rehman, W. U.; Iqbal, K. M. J.; Khan, M. I.; Ullah, W.; Shah, A. A.; Tariq, M. A. U. R. (2022). Multi-

Criteria Relationship Analysis of Knowledge, Perception, and Attitude of Stakeholders for Engagement towards Maritime Pollution at Sea, Beach, and Coastal Environments. *Sustainability*, *14*(24), 16443. https://doi.org/10.3390/su142416443

Richardson, P. L. (2005). Caribbean Current and eddies as observed by surface drifters. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *52*(3-4), 429-463. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.11.001

Rodríguez, Y.; Ressurreição, A.; Pham, C. K. (2020). Socio-economic impacts of marine litter for remote oceanic islands: The case of the Azores. *Marine Pollution Bulletin*, *160*, 111631. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111631

Santos, I. R.; Friedrich, A. C.; Wallner-Kersanach, M.; Fillmann, G. (2005). Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. *Ocean & Coastal Management*, *48*(9), 742-752. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2005.08.006

Schneider, F.; Parsons, S.; Clift, S.; Stolte, A; McManus, M. C. (2018). Collected marine litter — A growing waste challenge. *Marine Pollution Bulletin*, *128*, 162-174. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.011

Stoett, P; Scrich, V. M.; Elliff, C. I.; Andrade, M. M.; Grilli, N. de M.; Turra, A. (2024). Global plastic pollution, sustainable development, and plastic justice. *World Development*, *184*, 106756. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106756

Syakti, A. D.; Jaya, J. V.; Rahman, A.; Hidayati, N. V.; Raza'i, T. S.; Idris, F.; Trenggono, M.; Doumenq, P.; Chou, L. M. (2019). Bleaching and necrosis of staghorn coral (Acropora formosa) in laboratory assays: Immediate impact of LDPE microplastics. *Chemosphere*, *228*, 528-535. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.156

Thiel, M.; Lorca, B. B.; Bravo, L.; Hinojosa, I. A.; Meneses, H. Z. (2021). Daily accumulation rates of marine litter on the shores of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, *169*, 112535. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112535

United Nations Environment Programme. (2005). *Marine Litter: An Analytical Overview*. UNEP. 58 pp.

Van Bijsterveldt, C. E. J.; van Wesenbeeck, B. K.; Ramadhani, S.; Raven, O. V.; Van Gool, F. E.; Pribadi, R.; Bouma, T. J. (2021). Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Science of The Total Environment*, *756*, 143826. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143826

Vélez, R. (2019). Las economías de la zona del Caribe en el contexto de la Revolución Tecnológica. *Études caribéennes*, *42*. https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.15177

Wilson, S. P.; Verlis, K. M. (2017). The ugly face of tourism: Marine debris pollution linked to visitation in the southern Great Barrier Reef, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, *117*(1-2), 239-246. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.036