

Contaminación por microplásticos en manglares y playas del área marina protegida de Cispatá, Caribe colombiano

Microplastic pollution in mangroves and beaches of the Cispatá marine protected area, Colombian Caribbean Coast

*Ostin Garcés Ordóñez^{1, 2, 3 *}*



RESUMEN

Los microplásticos son contaminantes emergentes con una distribución global amplia y representan un riesgo para la biodiversidad y el sustento de comunidades humanas. Estas partículas son mayormente transportadas por los ríos desde el continente hacia los ecosistemas marino-costeros, en donde se acumulan y afectan su calidad ambiental. El objetivo de este estudio fue evaluar la contaminación por microplásticos en manglares y playas del área marina protegida de Cispatá, Caribe colombiano. En mayo de 2018, se seleccionaron tres estaciones en los manglares y dos en las playas turísticas, en donde se muestrearon microplásticos en el agua superficial y sedimentos, los cuales se identificaron visualmente bajo el estereoscopio, se contaron para determinar su abundancia y se clasificaron según sus formas. La abundancia de microplásticos fue mayor en los manglares (de 13 a 123 ítems/m³ de agua; de 72 a 1 668 ítems/m² o de 42 a 1 825 ítems/kg de sedimentos) en comparación con las playas (de 0 a 0.13 ítems/m³ de agua; de 8 a 36 ítems/m² de sedimentos). En ambos ecosistemas, las películas, las espumas y los fragmentos fueron las formas más comunes, relacionándose con la deficiente gestión de residuos domésticos, del turismo y la pesca en la zona. Este estudio aporta al conocimiento sobre la distribución, la abundancia y las características de los microplásticos en manglares y playas de la región, para generar conciencia ambiental sobre sus riesgos y promover acciones que permitan prevenir y mitigar sus impactos negativos, especialmente, en las áreas marinas protegidas.

Palabras clave: basura marina, contaminación marina, residuos plásticos, ecosistemas costeros, Colombia

- 1 Grupo de investigación Calidad Ambiental Marina, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, calle 25 #2-55 Rodadero, Santa Marta, Colombia. ostin.garces@invemar.org.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7942-0371>
- 2 Grupo de Recerca Consolidat en Geociencias Marinas, Departamento de Dinámica de la Tierra y del Océano, Universitat de Barcelona, C/ Martí Franquès s/n,08028, Barcelona, España. ostingarces@ub.edu
- 3 Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - REDCAM, Santa Marta, Colombia.

**ABSTRACT**

Microplastics are emerging pollutants with a wide global distribution posing a risk to biodiversity and the livelihood of human communities. These particles are mostly transported by rivers from the inland to the marine-coastal ecosystems, where they accumulate and affect their environmental quality. The aim of this study was to evaluate microplastic pollution in mangroves and beaches of the Cispatá marine protected area, Colombian Caribbean coast. In May 2018, three stations in the mangroves and two stations on the tourist beaches were selected, where microplastics were sampled in surface water and sediments, as well as visually identified under a stereoscope, counted to determine their abundance, and classified according to their shapes. Microplastic was more abundant in mangroves (from 13 to 123 items/m³ of water; from 72 to 1 668 items/m² or from 42 to 1 825 items/kg of sediment) compared to beaches (from 0 to 0.13 items/m³ of water; from 8 to 36 items/m² of sediment). In both ecosystems, films, foams, and fragments were the most common shapes, being related to deficient management of domestic waste, tourism, and fishing in the area. This study contributes to the knowledge of microplastic characteristics, distribution, and abundance in mangroves and beaches in the region in order to raise environmental awareness about the risks and promote actions to prevent and mitigate the negative impacts, especially in marine protected areas.

Keywords: Marine litter, marine pollution, plastic debris, coastal ecosystems, Colombia

INTRODUCCIÓN

Los microplásticos (partículas <5 mm) son una subcategoría de la basura marina plástica considerada un contaminante emergente, y sus riesgos ambientales son un campo activo de investigación (Auta *et al.* 2017). Estas partículas tienen una distribución global amplia, están afectando a diversas especies y son amenazas para los ecosistemas y el sustento de las comunidades costeras (Wright *et al.* 2013; Antão-Barboza *et al.* 2018).

El conocimiento de la distribución, la abundancia y las características de los microplásticos en los ecosistemas es importante para generar conciencia ambiental sobre sus riesgos y promover acciones que permitan prevenir y mitigar sus

impactos negativos en el corto, mediano y largo plazo (Li *et al.* 2016; Löhr *et al.* 2017; Kutralam-Muniasamy *et al.* 2021).

En las zonas costeras se desarrollan ecosistemas proveedores de servicios ambientales que influyen en el bienestar de las comunidades humanas (Moberg & Rönnbäck 2003; Link & Borchert, 2015). Para proteger a largo plazo y usar sosteniblemente los elementos naturales de estos ecosistemas, se han definido espacios geográficos que albergan rasgos de biodiversidad sobresalientes en la escala regional, nacional o global, o tienen objetivos de conservación definidos, llamados áreas marinas protegidas (AMP) (Day *et al.* 2012).

A pesar de su protección, las AMP se han visto contaminadas por

microplásticos que provienen de las actividades humanas en zonas aledañas o por las corrientes marinas, y diferentes estudios han reportado abundancias de estas partículas en aguas, sedimentos, y organismos (en sistema digestivo, órganos como branquias, gónadas y hojas, y en tejidos blandos, músculos o exoesqueletos) de las AMP en todo el mundo (Kutralam-Muniasamy *et al.* 2021; Garcés-Ordóñez *et al.* 2022a).

En la región de Latinoamérica y el Caribe se han reportado estudios en AMP de México (Rivera-Garibay *et al.* 2020; Celis-Hernández *et al.* 2021), Belice (Coc *et al.* 2021), Guatemala (Mazariegos-Ortiz *et al.* 2020), Costa Rica (Astorga-Pérez *et al.* 2022), Panamá (Delvalle *et al.* 2020), Colombia (Garcés-Ordóñez *et al.* 2019; 2022b), Ecuador (Jones *et al.* 2022), Brasil (Lorenzi *et al.* 2021), Chile (Rech *et al.* 2018) y Argentina (Díaz-Jaramillo *et al.* 2021), por citar algunas investigaciones.

El distrito de manejo integrado de Cispata es un AMP ubicada en la costa Caribe colombiana (Fig. 1), en donde se localizan los manglares más extensos y mejor conservados de esta región del país y en su área aledaña están las playas de mayor importancia turística del departamento de Córdoba (CVS & INVEMAR, 2010). Estos ecosistemas son el hábitat de crianza de especies pesqueras; proveedores de alimentos; zonas recreativas; protectores y estabilizadoras de la costa; entre otras funciones ecológicas (Medina-Contreras *et al.*

2020; 2021), y se han visto afectados por basuras plásticas (Garcés-Ordóñez *et al.* 2020a).

El río Sinú es receptor de residuos domésticos e industriales y desemboca en el área protegida de Cispata, siendo una vía de transporte de los plásticos y otros contaminantes desde el interior del departamento de Córdoba hasta la costa Caribe (Lebreton *et al.* 2017; Bayona-Arenas & Garcés-Ordóñez, 2018). Por la dinámica litoral, parte de esta basura generalmente, se acumula en las playas y los manglares (Harris *et al.* 2021), en donde se fragmentan por la exposición a la radiación solar y otros factores ambientales, generando microplásticos (Garcés-Ordóñez *et al.* 2020b; 2021).

Las preguntas de esta investigación fueron ¿cuál de estos ecosistemas de playas y manglares del área de Cispata, tiene mayor abundancia de microplásticos en sus aguas y sedimentos?, ¿cuáles son los principales tipos de microplásticos en estos ecosistemas?, y ¿cuáles serían sus fuentes probables?

El objetivo de este estudio fue evaluar la contaminación por microplásticos en manglares y playas del AMP de Cispata, Caribe colombiano. La información generada representa la línea base del conocimiento para la acción de las autoridades ambientales y comunidades locales que ayude a conservar estos ecosistemas de las AMP en las mejores condiciones posibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estaciones de muestreo. Se seleccionaron cinco estaciones de muestreo, de las cuales tres se situaron en las zonas de manglar (Mestizo, Boca

de Corea y Caño Lobo) y dos en las playas turísticas (Blanca y Manzanillo) del área de estudio (Fig. 1). Las características de estas estaciones se describen en el cuadro 1.



Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de microplásticos en dos playas y tres zonas de manglar del área marina protegida de Cispata, departamento de Córdoba, Caribe colombiano

Fig. 1. Location of microplastic sampling stations in two beaches and three mangrove areas in Cispata marine protected area, Córdoba department, Colombian Caribbean coast

Cuadro 1. Coordenadas y descripción de las estaciones de muestreo de microplásticos en los manglares y las playas del área marina protegida de Cispata, Caribe colombiano

Table 1. Coordinates and description of the microplastic sampling stations in the mangroves and beaches of the Cispata marine protected area, Colombian Caribbean coast

Estación	Latitud N	Longitud W	Descripción
Mestizo	9°25.540'	75°49.119'	Manglares expuestos al mar Caribe alejada de la población, con presencia de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> . Densidad de plántula de 3 individuos/m ² . Suelo blando con poca inundación y presencia de neumatóforos y basuras. Dentro del área protegida.
Caño Lobo	9°22.600'	75°47.786'	Manglares en área urbanizada con presencia de <i>R. mangle</i> , <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> . Densidad de plántulas de 9 individuos/m ² . Suelo blando con poca inundación, abundantes neumatóforos, y presencia de macrobasuras. Desembocan arroyos intermitentes dependientes de precipitaciones. Se encuentran embarcaciones artesanales de pescadores. Dentro del área protegida.
Boca de Corea	9°23.453'	75°57.837'	Manglares en la desembocadura del río Sinú, con presencia de <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> . Densidad de plántulas de 5 individuos/m ² . Suelo duro, sin inundación durante el muestreo. Presencia de algunas viviendas, Instalaciones de acuicultura y de basuras. Dentro del área protegida.
Playa Manzanillo	9°24.885'	75°45.134'	Playa arenosa turística alejada de la población, con presencia de embarcaciones de pesca artesanal y sin servicio de limpieza. Aledaña al área protegida.
Playa Blanca	9°24.473'	75°45.523'	Playa arenosa turística cercana a la población, con limpieza manual, canecas para basuras cada 30 m y espolones para contrarrestar la erosión. Aledaña al área protegida.

Para establecer las estaciones en los manglares se consideró el fácil acceso y su ubicación con mayor influencia del río Sinú (Boca de Corea), en el área interior del bosque aledaño a la población de San Antero (Caño Lobo) y en la costa (Mestizo); y para las de

playa se tuvo en cuenta su importancia turística y distancia del centro poblado (Cuadro 1). Las salidas de campo para recolectar las muestras de microplásticos en aguas superficiales y sedimentos en el área de estudio se realizaron del 7 al 10 de mayo del 2018.

Muestreo y aislamiento de microplásticos en agua y sedimentos de manglares. En las estaciones Boca de Corea y Caño Lobo, se recolectaron 150 L de agua superficial con un balde aforado en tres puntos a lo largo del borde del manglar-cuerpo de agua, y se tamizaron *in situ* en una red de 300 μm . El material retenido se transfirió en frascos de vidrio de 500 mL, se adicionaron 100 mL de NaClO al 10% para disolver la materia orgánica y facilitar su análisis. En el laboratorio, las muestras se examinaron directamente bajo el estereoscopio.

El muestreo de microplásticos en sedimentos de manglar, en las tres estaciones seleccionadas, se hizo con la metodología adaptada por [Garcés-Ordóñez et al. \(2019\)](#). En cada estación se establecieron tres cuadrantes de 50x50 cm distribuidos al azar, en donde se retiró cuidadosamente, el material vegetal de gran tamaño que cubría el suelo y se recolectaron las muestras de sedimentos superficiales hasta 5 cm de profundidad (~500 g).

En el laboratorio, las muestras se secaron en horno a 70°C entre 48-72 h y se determinó el peso seco. Posteriormente, se le adicionó una solución de $(\text{NaPO}_3)_6$ (2.5 g/L), para desagregar los granos finos, agitando por 10 min y dejándola reposar por 24 h. Posteriormente, las muestras se tamizaron en tamices de 5.0 y 1.0 mm y el material retenido en el tamiz de 1.0

mm se examinó directamente bajo el estereoscopio.

Muestreo y aislamiento de microplásticos en agua y sedimentos de playas turísticas. El muestreo de microplásticos en el agua superficial de las estaciones Mestizo, playa Blanca y playa Manzanillo se hizo considerando recomendaciones de [Kovač et al. \(2016\)](#). Se usó una red de plancton de 300 μm con medidor de flujo y flotadores, remolcada por una lancha pequeña durante 15 min. hasta 2 nudos de velocidad, en tres transectos paralelos a la costa. Los puntos de inicio y final de los transectos se georreferenciaron con un GPS-Garmin®. Las muestras recolectadas se transfirieron en frascos de vidrio con 100 mL de NaClO al 10%. En el laboratorio, las muestras se examinaron bajo el estereoscopio para separar los microplásticos.

El muestreo de microplásticos en la arena de las playas Banca y Manzanillo se realizó con la metodología adaptada por [Garcés-Ordóñez et al. \(2020c\)](#). En cada estación se establecieron tres transectos de 30 m paralelos a la costa, distribuidos en las zonas de marea baja, media y trasera de la playa. En cada transecto se establecieron tres cuadrantes de 50x50 cm, separados por 15 m entre sí, en donde se colectaron sedimentos superficiales (primeros 5 cm). Las muestras secas se tamizaron *in situ* con tamices de 5.0 y 1.0 mm; y las muestras húmedas se secaron y tamizaron en el laboratorio. El

material retenido en el tamiz de 1.0 mm se examinó bajo el estereoscopio para el aislamiento de los microplásticos.

Medidas de control y caracterización de los microplásticos. Durante el trabajo de campo se usó ropa de algodón y los elementos de muestreo se lavaron con agua destilada filtrada antes y después de cada colecta de muestra. En el laboratorio, las áreas de trabajo se limpiaron antes y después de los análisis, y se usaron herramientas metálicas y de vidrio. Se utilizaron recipientes testigos con agua destilada filtrada que permanecieron junto a la muestra durante el procedimiento para registrar posible contaminación en el laboratorio, las cuales se revisaron al terminar cada observación (Ory *et al.* 2018).

No se encontraron microplásticos en los rangos de tamaños considerados en este estudio (5-0.3 mm para aguas y 5-1 mm para sedimentos). Estos tamaños son de fácil identificación visual y permiten reducir los riesgos por confusión o sobreestimación por contaminación en el laboratorio, ya que las partículas (fibras principalmente) presentes en el aire interior, generalmente, son muy pequeños, <0.5 mm (Brander *et al.* 2020) o <0.3 mm (Prata *et al.* 2020).

Los microplásticos en las muestras de agua y sedimentos se identificaron visualmente bajo estereoscopio considerando la ausencia de estructuras celulares u orgánicas visibles, se

contaron y clasificaron según su forma en fragmentos, filamentos, películas, espumas, gránulos y pellets (Kovač *et al.* 2016).

Los datos fueron normalizados según el volumen de agua filtrada, área muestreada y masa, y se expresaron en microplásticos m⁻³ de agua superficial, en microplásticos m⁻² de sedimento de playa, en microplásticos m⁻² y microplásticos kg⁻¹ de sedimento del suelo de manglar en peso seco (p. s.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microplásticos en agua y sedimentos de manglares. En el agua superficial del manglar de Boca de Corea se determinó una abundancia de 123 microplásticos m⁻³ y en Caño Lobo de 13 microplásticos m⁻³ (Fig. 2A). La estación Boca de Corea se ubicó en un área de alta influencia del río Sinú, el cual es receptor de parte de los residuos domésticos generados por las poblaciones asentadas en sus riberas y, por tanto, es una fuente de basuras para la zona costera (Bayona-Arenas & Garcés-Ordóñez, 2018). Las películas fueron el tipo de microplásticos más abundantes en el agua, seguida de las espumas de poliestireno expandido (Fig. 2B).

En el sedimento de manglar se determinaron abundancias de 72 a 1 668 microplásticos/m² o de 42 a 1 825 microplásticos kg⁻¹ p. s. (Fig. 2C y D),

determinándose la mayor contaminación en Mestizo, un área costera expuesta a la basura que llega por deriva litoral. Los tipos de microplásticos más comunes fueron: las películas, los filamentos y las espumas de poliestireno

expandido (Fig. 2E). Estos se generan por fragmentación de artículos plásticos de mayor tamaño y se conocen como microplásticos secundarios (Fig. 3; *Auta et al. 2017*).

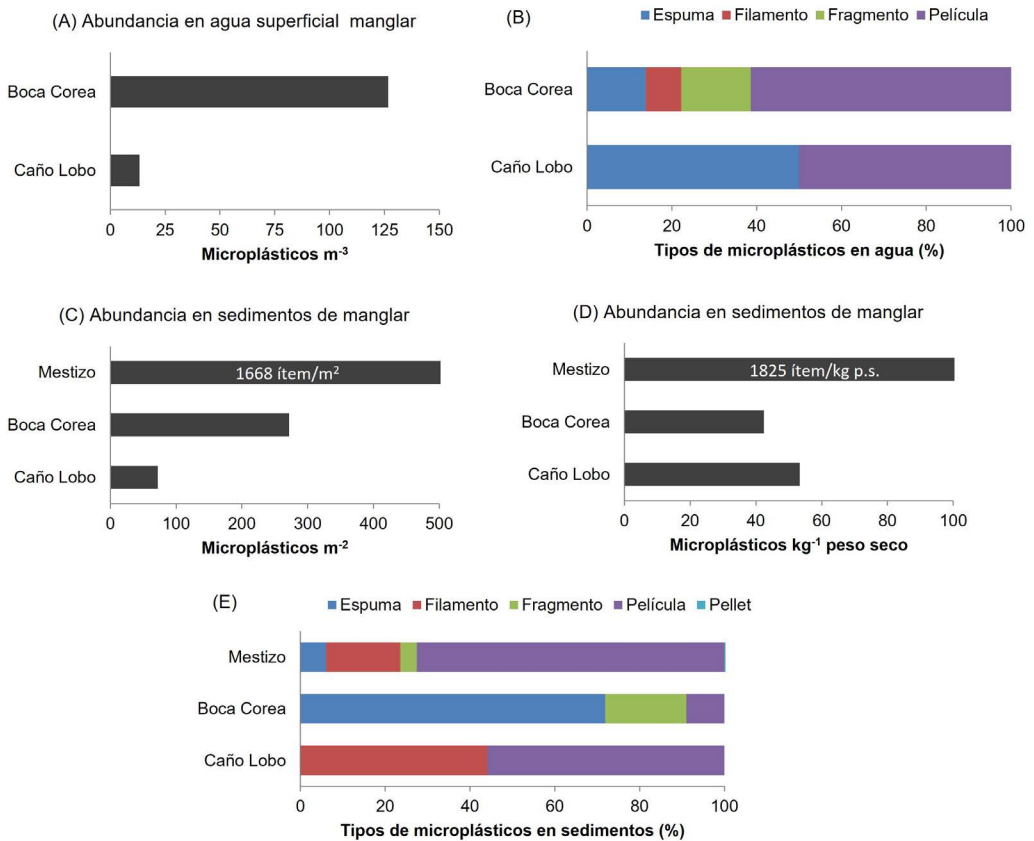


Fig. 2. Abundancia y proporción de los tipos de microplásticos en el agua (A y B) y en sedimentos (C, D y E) de los manglares del área marina protegida de Cispata, Caribe colombiano

Fig. 2. Abundance and percentage of microplastic types in water (A and B) and in sediments (C, D, and E) of the mangroves from the Cispata marine protected area, Colombian Caribbean coast

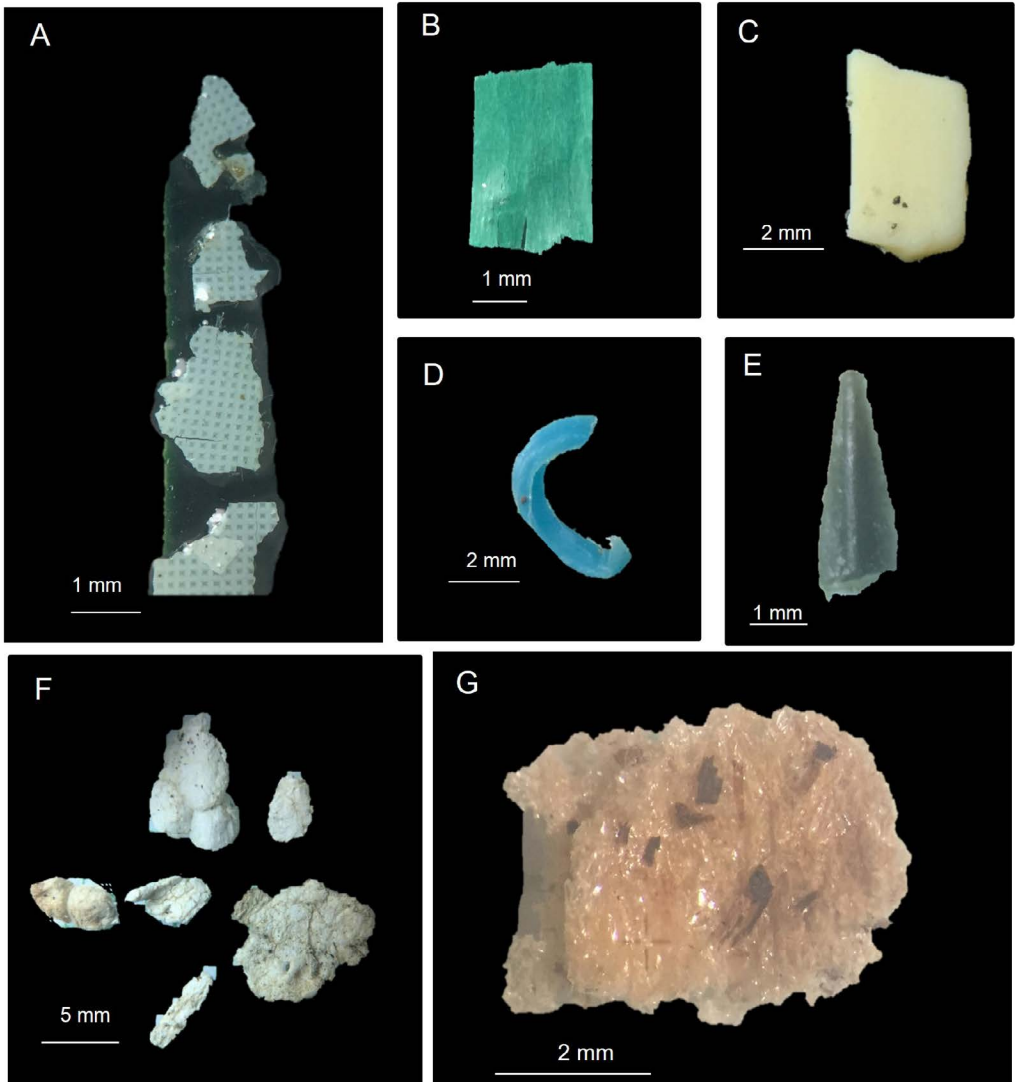


Fig. 3. Microplásticos encontrados en las estaciones de muestreo en el área marina protegida de Cispata, departamento de Córdoba, Caribe colombiano. Fragmentos (A, C, D y E), película (B) y espuma (F y G)

Fig. 3. Microplastics found at sampling stations in the Cispata marine protected area, Córdoba department, Colombian Caribbean coast. Fragments (A, C, D, and E), film, (B), and foam (F and G)

Los microplásticos tipo películas son usualmente fracciones de bolsas; las espumas de poliestireno expandido provienen de la desintegración de utensilios desechables para servir alimentos, boyas y neveras usados comúnmente en la actividad pesquera; los filamentos probablemente provienen de cuerdas y redes de pesca y agua residual, y los fragmentos provienen de piezas de plásticos duro (Li *et al.* 2016; Wang *et al.* 2016).

En los manglares de Mestizo se encontraron algunos pellets, los cuales son fabricados de esas formas y tamaños para usarse como componente en

otros productos, y son considerados microplásticos primarios (Boucher & Friot, 2017). Estos probablemente, son transportados por las corrientes marinas desde la zona industrial de Cartagena (Rangel-Buitrago *et al.* 2018; Garcés-Ordóñez *et al.* 2021).

En comparación con otros estudios, la abundancia de microplásticos en el agua de los manglares de Cispatá fue menor a las reportadas para los de estuarios en Brasil (Deng *et al.* 2021) y China (Jiao *et al.* 2022), y superó lo reportado en manglares de México (Celis-Hernández *et al.* 2021) e Irán (Deng *et al.* 2021) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de las abundancias de microplásticos en aguas y sedimentos de manglar de Cispatá con otros estudios similares. No se reportó información (n. i.)

Table 2. Comparison of microplastic abundances in waters and sediments of the Cispatá mangrove ecosystem with other similar studies. No information reported (n. i.)

País	Manglar	Microplásticos m ⁻³	Microplásticos kg ⁻¹	Fuente
Colombia	AMP Cispatá	13 - 123	42 - 1 825	Este estudio
	AMP Ciénaga Grande de Santa Marta	n. i.	31 - 2 863	Garcés-Ordóñez <i>et al.</i> (2019)
	Bahía de Tumaco	n. i.	126 - 413	Preciado & Zapata (2020)
China	Estuario río Bei Lun	22-90	280-890	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Estuario río Mai Ling	343 -1 339	600-1 570	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Estuario río Qin Jiang	312 - 648	475-1 030	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Estuario río Jiu Zhou	33 - 170	450-2 110	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Reserva de Yunxiao	275	n. i.	Deng <i>et al.</i> (2021)
	Bahía de Qinzhou	n. i.	15-80	Li <i>et al.</i> (2018)
	Isla Hainan	n. i.	65-450	Ding <i>et al.</i> 2022
Singapur	Siete hábitats de manglar	n. i.	12-63	Mohamed & Obbard (2014)
Irán	Golfo Pérsico, Irán	n. i.	0-125	Naji <i>et al.</i> (2017)
	Bahía Chabahar en Irán	0.14	n. i.	Deng <i>et al.</i> (2021)
México	AMP Laguna Términos	0.02 - 0.67	4 - 28	Celis-Hernández <i>et al.</i> 2021
Brasil	Bahía de Todos Santos	n. i.	555 - 31 087	da Silva <i>et al.</i> 2022
	Estuario de Goiana, Brasil	477	n. i.	Deng <i>et al.</i> (2021)

Las abundancias de microplásticos en sedimentos de los manglares de Cispata fueron mayores a las reportadas para Singapur (Mohamed & Obbard, 2014), Irán (Naji *et al.* 2017), Colombia (bahía de Tumaco; Preciado & Zapata, 2020) y China (bahía de Qinzhou; Li *et al.* 2018); menores a los de China (río Jiu Zhou; Jiao *et al.* 2022) y Brasil (bahía de Todos los Santos; da Silva *et al.* 2022) y similares al de Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia (Garcés-Ordóñez *et al.* 2019; Cuadro 2).

Cabe resaltar que a pesar de las limitaciones metodológicas que dificultan las comparaciones de estudios,

como: los instrumentos de muestreo, el tamaño de los microplásticos analizados, los reactivos y los procedimientos de laboratorio (digestión, filtración, separación por densidad) utilizados, y las unidades de concentraciones reportadas (Hidalgo-Ruz *et al.* 2012; Weiss *et al.* 2021), estas se requieren para visualizar el estado de afectación entre diferentes sitios con condiciones similares o con áreas altamente intervenidas.

Microplásticos en aguas y sedimentos de playas turísticas. En playa Blanca la abundancia fue de 0.02 microplásticos m^{-3} y en la de Manzanillo no se encontraron (Fig. 4A). En el agua costera

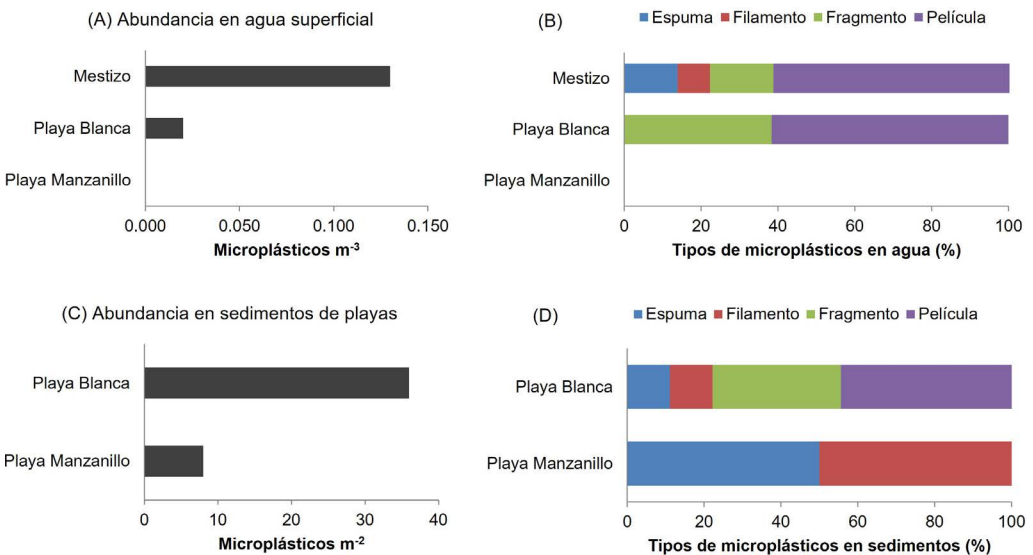


Fig. 4. Abundancia y proporción de los tipos de microplásticos en agua marina superficial (A y B) y sedimentos (C y D) de las playas Manzanillo y Blanca en Cispata, departamento de Córdoba, Caribe colombiano

Fig. 4. Abundance and proportion of the types of microplastics in surface seawater (A and B) and sediments (C and D) of the Manzanillo and Blanca beaches in Cispata, Córdoba department, Colombian Caribbean coast

de Mestizo se registró la mayor cantidad 0.13 microplásticos m^{-3} . Las películas y los fragmentos fueron los más comunes en el agua superficial de las playas (Fig. 4B). En la arena se determinaron de 8 a 36 microplásticos m^{-2} , la playa Blanca fue la más contaminada (Fig. 4C); las películas y los fragmentos dominaron en playa Blanca y los filamentos y espumas en playa Manzanillo (Fig. 4D).

La contaminación por microplásticos en las playas evaluadas (8-36 microplásticos m^{-2}) fue similar a lo reportado para algunas playas de AMP en San Andrés y Chocó en Colombia (8-32 microplásticos m^{-2} ; [Garcés-Ordóñez et al. 2020b, 2021](#)), y menor al de Sri Lanka (29-111 microplásticos m^{-2} ; [Dharmadasa et al. 2021](#)), de Ecuador (74-381 microplásticos/ m^{-2} ; [Jones et al. 2022](#)) y de Guatemala (279 microplásticos m^{-2} ; [Mazariegos-Ortiz et al. 2020](#)).

La contaminación por microplásticos en las playas fue menor que en los manglares de Cispata, debido a que los mangles son más susceptibles a acumular basuras plásticas, porque sus raíces actúan como trampas ([Deng et al. 2021](#); [Luo et al. 2021](#); [Ding et al. 2022](#)). Las playas de Cispata son limpiadas frecuentemente por la comunidad. En la arena se observaron plásticos como: bolsas, botellas, juguetes, cuerdas y utensilios desechables y sus fuentes probables son el manejo inadecuado de residuos domésticos, el turismo y la pesca en la zona ([Garcés-Ordóñez et al. 2020a; 2020c; 2021](#)).

Para finalizar, se resalta la amenaza que representa la contaminación por microplásticos para los ecosistemas evaluados, principalmente, por la transferencia de tóxicos contenidos en los plásticos o adsorbidas del medio circundante hacia los organismos que lo ingieren, generando un riesgo para la seguridad alimenticia y el sustento de las comunidades locales ([Antão-Barboza et al. 2018](#); [Garcés-Ordóñez & Bayona-Arenas, 2019](#)), ya que en el AMP de Cispata se ha reportado que peces de alto consumo local han ingerido microplásticos ([Garcés-Ordóñez et al. 2020a](#)).

Por lo anterior, se requiere generar conciencia ambiental en la comunidad local, autoridades y otros actores interesados sobre el estado de contaminación del AMP, para promover acciones de prevención y mitigación de los impactos de los microplásticos, y se contribuya a una gestión eficaz del AMP ([Pomeroy et al. 2005](#); [Garcés-Ordóñez et al. 2020a](#)).

Entre las acciones requeridas están: (i) jornadas de educación ambiental y limpieza basura en playas y manglares con las comunidades; (ii) mejoramiento en la gestión de residuos domésticos; (iii) reducir la producción y el consumo de plásticos desechables; (iv) formulación de políticas públicas relacionadas con la basura marina e (v) investigar sobre los impactos ecológicos, económicos y sociales de la contaminación por microplásticos en el AMP ([Garcés-Ordóñez et al. 2020b](#); [Rivera-Garibay et al. 2020](#)).

CONCLUSIONES

El AMP de Cispata está amenazada por la contaminación por microplásticos, que provienen del manejo inadecuado de residuos domésticos, actividades turísticas y pesqueras del área. Los manglares tienen mayor abundancia de microplásticos en sus aguas y sedimentos en comparación con las playas turísticas aledañas evaluadas. Los microplásticos secundarios como películas, fragmentos, espumas y filamentos dominaron en los dos ecosistemas, los cuales se generan por fragmentación de plásticos de mayor tamaño.

Se requiere continuar la investigación de esta problemática analizando los tipos de polímeros, impactos y efectos de los microplásticos en estos ecosistemas. Asimismo, se recomienda realizar campañas de educación y sensibilización para incrementar conciencia ambiental y generar cambios positivos que contribuyan a la reducción de la contaminación por plásticos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue cofinanciado por el INVEMAR y la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) en el marco de la *Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia* - REDCAM. Se agradece el apoyo del personal técnico de

INVEMAR en las actividades de campo, análisis de laboratorio y en la cartografía; y a los revisores anónimos que ayudaron a mejorar este manuscrito.

Contribución científica del INVEMAR No. 1346.

REFERENCIAS

- Antão-Barboza, L., Vethaak, A., Lavorante, B., Lundebye, A-K. & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Mar. Poll. Bull.*, 133, 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
- Astorga-Pérez, A., Ulate-Naranjo, K. & Abarca-Guerrero, L. (2022). Presencia de microplásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino las Baulas. *Rev. Tecnol. Marcha*, 35(2), 27-38. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i2.5466>
- Auta, H., Emenike, C. & Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Env. Int.*, 102, 165-176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Bayona-Arenas, M. & Garcés-Ordóñez, O. (Eds). (2018). *Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombiano*. Informe técnico REDCAM 2017. Serie de publicaciones periódicas n.º 4 del INVEMAR, Colombia. INVEMAR. <http://www.invemar.org.co/inf-redcam>
- Boucher, J. & Friot, D. (2017). *Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources*. Switzerland. IUCN, <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>

- Brander, S. M., Renick, V. C., Foley, M. M., Steele, C., Woo, M., Lusher, A., ... & Rochman, C. M. (2020). Sampling and Quality Assurance and Quality Control: A Guide for Scientists Investigating the Occurrence of Microplastics Across Matrices. *Appl. Spectrosc.*, 74(9), 1099-1125. <https://doi.org/10.1177/0003702820945713>
- Celis-Hernández, O., Ávila, E., Ward, R. D., Rodríguez-Santiago, M. A. & Aguirre-Téllez, J. A. (2021). Microplastic distribution in urban vs pristine mangroves: Using marine sponges as bioindicators of environmental pollution. *Env. Poll.*, 284, 117391. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117391>
- Coc, C., Rogers, A., Barrientos, E. & Sanchez, H. (2021). Micro and Macroplastics Analysis in the Digestive Tract of a Sea Cucumber (Holothuriidae, *Holothuria floridana*) of the Placencia Lagoon, Belize. *Caribb. J. Sci.*, 51(2), 166-174. <https://doi.org/10.18475/cjos.v51i2.a2>
- CVS & INVEMAR. (2010). *Plan integral de manejo del Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de Cispata - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú, departamento de Córdoba*. Colombia. INVEMAR. http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/11028PIM_Cispata.pdf
- da Silva, E., Gloaguen, T. V., dos Anjos, H., Santos, T., de Almeida, M., Vinhas, O., Rebouças, M. & Gonzaga, J. (2022). Widespread microplastic pollution in mangrove soils of Todos os Santos Bay, northern Brazil. *Env. Res.*, 210, 112952. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112952>
- Day, J., Dudley, N., Hockings, M., Holmes, G., Laffoley, D., Stolton, S. & Wells, S. (2012). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas de la UICN en áreas marinas protegidas*. Suiza: UICN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-019-Es.pdf>
- Delvalle, D., Fábrega, J., Olmos, J., Garcés-Ordóñez, O., Amaral, S., Vezzone, M., ... & Anjos, R. (2020). Distribution of plastic debris in the Pacific and Caribbean beaches of Panama. *Air, Soil Water Res.*, 13, 1-8. <https://doi.org/10.1177/1178622120920268>
- Deng, H., He, J., Feng, D., Zhao, Y., Sun, W., Yu, H. & Ge, C. (2021). Microplastics pollution in mangrove ecosystems: a critical review of current knowledge and future directions. *Sci. Total Environ.*, 753, 142041. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142041>
- Dharmadasa, W. S., Andradý, A. L., Kumara, P. T. P., Maes, T. & Gangabadaige, C. S. (2021). Microplastic pollution in marine protected areas of Southern Sri Lanka. *Mar. Poll. Bull.*, 168, 112462. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112462>
- Díaz-Jaramillo, M., Islas, M. S. & González, M. (2021). Spatial distribution patterns and identification of microplastics on intertidal sediments from urban and semi-natural SW Atlantic estuaries. *Environ. Poll.*, 273, 116398. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116398>
- Ding, C., Jiao, M., Wang, Y., Yao, Z., Li, T., Wang, W., & Wang, Y. (2022). Distribution and retention of microplastics in plantation mangrove forest sediments. *Chemosphere*, 307 (Part 4), 136137. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136137>
- Garcés-Ordóñez, O. & Bayona-Arenas, M. R. (2019). Impactos de la contaminación por basura marina en el ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Rev. Cien. Mar. Cost.*, 11(2), 145-165. <https://doi.org/10.15359/revmar.11-2.8>

- Garcés-Ordóñez, O., Saldarriaga-Vélez, J., Espinosa-Díaz, L., Canals, M., Sánchez-Vidal, A. & Thiel M. (2022a). A systematic review on microplastic pollution in water, sediments, and organisms 1 from 50 coastal lagoons across the globe. *Environ. Poll.*, 315, 120366. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120366>
- Garcés-Ordóñez, O., Saldarriaga-Vélez, J., Espinosa-Díaz, L., Patiño, A. D., Cusba, J., Canals, M., & Thiel, M. (2022b). Microplastic pollution in water, sediments and commercial fish species from Ciénaga Grande de Santa Marta lagoon complex, Colombian Caribbean. *Sci. Total Environ.*, 829, 154643. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154643>
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L., Costa, M., Salles, L. & Meigikos, R. (2021). Abundance, distribution, and characteristics of microplastics in coastal surface waters of the Colombian Caribbean and Pacific. *Environ. Sci. Poll. Res.*, 28, 43431-43442. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13723-x>
- Garcés-Ordóñez, O., Mejía-Esquivia, K., Sierra-Labastidas, T., Patiño, A., Blandón, L. & Espinosa, L. (2020a). Prevalence of microplastic contamination in the digestive tract of fishes from mangrove ecosystem in Cispatá, Colombian Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 154, 111085. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111085>
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L., Pereira, R., Issa, B. & Meigikos, R. (2020b). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environ. Poll.*, 267, 115495. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L., Pereira, R. & Muniz, M. (2020c). The impact of tourism activity on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 160, 111558. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>
- Garcés-Ordóñez, O., Castillo-Olaya, V., Granados-Briseño, A., Blandón, L. & Espinosa, L. (2019). Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 145, 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.058>
- Harris, P., Westerveld, L., Nyberg, B., Maes, T., Macmillan-Lawler, M. & Appelquist, L. (2021). Exposure of coastal environments to river-sourced plastic pollution. *Sci. Total Environ.*, 769, 145222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145222>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.*, 46(6), 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Jiao, M., Ren, L., Wang, Y., Ding, C., Li, T., Cao, S., & Wang, Y. (2022). Mangrove forest: An important coastal ecosystem to intercept river microplastics. *Environ. Res.*, 210, 112939. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112939>
- Jones, J. S., Guézou, A., Medor, S., Nickson, C., Savage, G., Alarcón-Ruales, D., ... & Lewis, C. (2022). Microplastic distribution and composition on two Galápagos island beaches, Ecuador: Verifying the use of citizen science derived data in long-term monitoring. *Environ. Poll.*, 311, 120011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120011>
- Kovač, M., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P. & Kržan, A. (2016). Protocol for microplastics sampling on the sea surface and sample analysis. *J. Vis. Exp.*, 118, e55161. <https://doi.org/10.3791/55161>

- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I. & Shruti, V. C. (2021). How well-protected are protected areas from anthropogenic microplastic contamination? Review of analytical methods, current trends, and prospects. *Trends Environ. Anal. Chem.*, 32, e00147. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2021.e00147>
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A. & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.*, 8, 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Li, J., Zhang, H., Zhang, K., Yang, R., Li, R. & Li, Y. (2018). Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China. *Mar. Poll. Bull.*, 136, 401-406. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.025>
- Li, W., Tse, H. & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: a review of source, occurrence and effects. *Sci. Total Environ.*, 566-567, 333-349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Link, P. & Borchert, L. (2015). Ecosystem Services in Coastal and Marine Areas –Scientific State of the Art and Research Needs. In P. M. Link & L. Borchert (Eds.), *Blickpunkt Küste: Aktuelle Forschungsansätze in der Meeres- und Küstengeographie* (pp. 67-85). Germany, Coastline Reports 24. http://eucc-d-inline.databases.eucc-d.de/files/documents/00001195_CR24_AMK_2013.pdf
- Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A. & Van F. (2017). Solutions for global marine litter pollution. *Curr. Opin. Environ. Sustainability*, 28, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.08.009>
- Lorenzi, L., Reginato, B. C., Mayer, D. G., Gentil, E., Pezzin, A., Silveira, V. & Dantas, D. (2021). Spatio-seasonal microplastics distribution along a shallow coastal lagoon ecocline within a marine conservation unit. *Mar. Pollut. Bull.*, 170, 112644. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112644>
- Luo, Y. Y., Not, C. & Cannicci, S. (2021). Mangroves as unique but understudied traps for anthropogenic marine debris: A review of present information and the way forward. *Environ. Poll.*, 271, 116291. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116291>
- Mazariegos-Ortiz, C., Rosales, M., Carrillo-Ovalle, L., Pereira, R., Costa, M. & Meigikos, R. (2020). First evidence of microplastic pollution in the El Quetzalito sand beach of the Guatemalan Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 156, 111220. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111220>
- Medina-Contreras, D., Cantera-Kintz, J. & Sánchez, A. (2021). Trophic structure of fish communities in mangrove systems subject to different levels of anthropogenic intervention, Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Environ. Sci. Poll. Res.*, 29, 61608-61622. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16814-x>
- Medina-Contreras, D., Arenas-González, F., Cantera-Kintz, J., Sánchez-González, A. & Giraldo, A. (2020). Food web structure and isotopic niche in a fringe macro-tidal mangrove system, Tropical Eastern Pacific. *Hydrobiologia*, 847(15), 3185-3199. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04295-x>
- Moberg, F. & Rönnbäck, P. (2003). Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean Coast. Manag.*, 46(1-2), 27-46. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(02\)00119-9](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(02)00119-9)

- Mohamed, N. H. & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Mar. Poll. Bull.*, 79(1-2), 278-283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S. A. & Ve-thaak, A. D. (2017). The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf Iran. *Environ. Sci. Poll. Res.*, 24(25), 20459-20468. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9587-z>
- Ory, N., Chagnon, C., Felix, F., Fernández, C., Ferreira, J. L., Gallardo, C., ... & Thiel M. (2018). Low prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the southeast Pacific Ocean. *Mar. Poll. Bull.*, 127, 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.016>
- Pomeroy, R. S., Watson, L. M., Parks, J. E. & Cid, G. A. (2005). How is your MPA doing? A methodology for evaluating the management effectiveness of marine protected areas. *Ocean Coastal Manage.*, 48(7-8), 485-502. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2005.05.004>
- Prata, J. C., Castro, J. L., da Costa, J. P., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. & Cerqueira, M. (2020). The importance of contamination control in airborne fibers and microplastic sampling: Experiences from indoor and outdoor air sampling in Aveiro, Portugal. *Mar. Poll. Bull.*, 159, 111522. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111522>
- Preciado, D. & Zapata, A. (2020). *Contaminación por basura marina y microplástico en puntos priorizados de suelos de manglar del municipio de San Andrés de Tumaco - Nariño*. (Trabajo de pregrado no publicado). Corporación Universitaria del Cauca, Colombia.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A. & An-fuso, G. (2018). Killing the goose with the golden eggs: Litter effects on scenic quality of the Caribbean coast of Colombia. *Mar. Poll. Bull.*, 127, 22-38. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.023>
- Rech, S., Thiel, M., Borrell Pichs Y. J. & García-Vazquez, E. (2018). Travelling light: Fouling biota on macroplastics arriving on beaches of remote Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific Subtropical Gyre. *Mar. Poll. Bull.*, 137, 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.015>
- Rivera-Garibay, O., Álvarez-Filip, L., Rivas, M., Garelli-Ríos, O., Pérez-Cervantes, E. & Estrada-Saldivar N. (2020). *Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas*. México. Greenpeace. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/08/0ead5354-impacto-de-la-contaminacion-por-plastico-resumen.pdf>
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q. & Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Mar. Environ. Res.*, 113, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.014>
- Weiss, L., Ludwig, W., Heussner, S., Canals, M., Ghiglione, J. F., Estournel, C., ... & Kerhervé, P. (2021). The missing ocean plastic sink: Gone with the rivers. *Science*, 373(6550), 107-111. <https://doi.org/10.1126/science.abe0290>
- Wright, S. L., Thompson, R. C. & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastic on marine organisms: A review. *Environ. Poll.*, 178, 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>

