

**MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTOS MARINOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA
DE LOS RÍOS MAGDALENA Y SINÚ, CARIBE COLOMBIANO**

MARIA CAMILA SARMIENTO SÁNCHEZ

Trabajo de formación para la investigación para optar al título de Bióloga Marina

Director

PAULO CÉSAR TIGREROS BENAVIDES

Biólogo Marino

Magíster Ciencias Marinas

Codirector

ADOLFO SANJUAN MUÑOZ

Biólogo Marino

Magíster en Gestión Ambiental en Zonas Costeras

Máster en Biodiversidad Animal

Doctor en Biodiversidad

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA**

2024

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	8
3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	10
3.1 MARCO TEÓRICO	10
3.2 ESTADO DEL ARTE	11
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
5. OBJETIVOS.....	14
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
6. HIPÓTESIS	14
7. METODOLOGÍA	15
7.1 ÁREA DE ESTUDIO	15
7.2 TRABAJO DE CAMPO	17
7.3 TRABAJO DE LABORATORIO.....	18
7.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	19
8. RESULTADOS	20
8.1 VARIABLES FISICOQUÍMICAS	20
8.2 MICROPLÁSTICOS	21
9. DISCUSIÓN.....	26
10. CONCLUSIONES.....	32
11. RECOMENDACIONES	33
12. AGRADECIMIENTOS.....	34
13. BIBLIOGRAFÍA.....	35
14. ANEXOS.....	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de las estaciones y localidades en los sectores de Magdalena y Sinú. CAI: Caimanera. CIS: Cispatá. ISF: Isla Fuerte. SIN: Sinú. TIN: Tinajones. ATL: Atlántico. CGS: Ciénaga Grande de Santa Marta. ROD: Rodadero. SAL: Salamanca. TAS: Tasajera. (Elaborado por Luis Garzón).	16
Figura 2. Procesamiento y extracción de microplásticos en sedimentos. A. Secado al horno. B. Desagregación con hexametáfosfato de sodio. C. Tamizaje muestra de sedimentos. D. Lavado con agua desionizada filtrada. E. Almacenamiento de muestra.	18
Figura 3. Formas de microplásticos recolectadas en diferentes localidades del sector Magdalena y Sinú durante la época lluviosa (2021) y seca (2022). A. Espumas. B y C. Fibras. D y E. Láminas y F. Fragmentos.....	22
Figura 4. Concentración de fibras en sedimentos (MP/kg) de dos tamaños en las localidades del sector Magdalena y Sinú en dos épocas climáticas.	22
Figura 5. Concentración de fragmentos, espumas y láminas en sedimentos (MP/kg) por tamaños en las localidades del sector Magdalena y Sinú en dos épocas climáticas. A. Época seca. B. Época lluviosa.....	24
Figura 6. Ordenación del escalamiento no métrico multidimensional (nMDS) de microplásticos entre épocas climáticas, sectores y tamaños. Las elipses indican el 95 % de las ubicaciones de los promedios Bootstrap, mientras que los círculos y triángulos son los centroides. Elipses del lado izquierdo indican tamaños de 1.4 mm. LL: lluviosa. SC: seca. MAG: Magdalena y SIN: Sinú.....	25

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Promedios (+ desviación estándar) de las variables fisicoquímicas correspondientes al sector Magdalena y Sinú durante la época lluviosa y seca.....	20
Tabla 2. Resultados de la prueba PERMANOVA general y por pares de las 60 muestras (30 LL y 30 SC) de dos tamaños a partir de la matriz de similitud basada en la distancia de Bray-Curtis para la concentración de microplásticos (MP/kg). LL: Lluviosa. SC: Seca. g.l.: grados de libertad. SC: suma de cuadrados * Diferencias significativas: $p(\text{perm}) < 0.05$	25
Tabla 3. Resultado de la correlación de Pearson (r) basada en la medición de distancia (km) entre la desembocadura de los ríos Magdalena y Sinú y las estaciones de cada sector, para la época lluviosa (2021) y seca (2022) considerando la variación de tamaños. n: Tamaño de la muestra.	26
Tabla 4. Concentraciones promedio de microplásticos registrados en diferentes estudios internacionales y nacionales. FI: Fibra. FR: Fragmento. LA: Lámina. GR: Gránulo. LL: Lluviosa. SC: Seca.	28

RESUMEN

La contaminación por desechos plásticos se ha convertido en una problemática a nivel mundial, en cierta medida por la inadecuada gestión de disposición de residuos lo que genera una acumulación de estos en los ecosistemas marinos, siendo los sedimentos un importante depósito de microplásticos generados a partir de procesos de fragmentación debidos a la radiación UV o incluso a la erosión del medio, ocasionando impactos ecológicos y en las redes tróficas. El objetivo de esta investigación fue caracterizar y determinar el contenido de microplásticos en sedimentos en los sectores influenciados por las descargas de los ríos Magdalena y Sinú en las épocas lluviosa de 2021 y seca de 2022. Con una draga Van Veen se recolectaron muestras de sedimento en cinco localidades, las cuales fueron sometidas por un proceso de secado, desagregación y tamizado. Se extrajeron manualmente y se identificaron el tipo de microplásticos de tamaño entre 0.3 a 1.4 mm y 1.4 a 5.0 mm. Temporalmente la mayor concentración se obtuvo en la época seca (371.56 ± 108.61 MP/kg) y espacialmente en el sector del Magdalena (229.93 ± 131.45 MP/kg), siendo el tamaño de 0.3 mm el más abundante en ambas épocas climáticas.

Palabras claves: Microplásticos, contaminación, sedimentos, épocas climáticas, Caribe colombiano.

ABSTRACT

Plastic waste pollution has become a worldwide problem, to a certain extent due to inadequate waste disposal management, which generates an accumulation of waste in marine ecosystems. Sediments are an important deposit of microplastics generated from fragmentation processes due to UV radiation or even erosion of the environment, causing ecological impacts and impacts on food webs. The objective of this research was to characterize and determine the content of microplastics in sediments in the sectors influenced by the discharges of the Magdalena and Sinú rivers during the rainy season of 2021 and the dry season of 2022. Sediment samples were collected with a Van Veen dredge in five locations, which were subjected to a drying, disaggregation and sieving process. They were manually extracted and the type of microplastics of size between 0.3 to 1.4 mm and 1.4 to 5.0 mm were identified. Temporally the highest concentration was obtained in the dry season (371.56 ± 108.61 MP/kg) and spatially in the Magdalena sector (229.93 ± 131.45 MP/kg), being the 0.3 mm size the most abundant in both climatic epochs.

Key words: Microplastics, contamination, sediments, climatic seasons, Colombian Caribbean.

1. INTRODUCCIÓN

Los mares y océanos están permanentemente expuestos a diferentes tipos de contaminantes, siendo los desechos plásticos uno de los mayores aportes. Según Garcés-Ordóñez *et al.* (2019), se estima que en Colombia un 65 % de los residuos sólidos generados por poblaciones humanas costeras terminan en ríos que eventualmente desembocan al mar, propiciando un aumento de basuras a causa de la inadecuada disposición de desechos y bajas tasas de reciclaje. En América del Sur la entrada de plásticos por vía fluvial se calcula en 4.8 % del total mundial, lo que equivale a 67400 t/año, de las cuales 2097 t/año provienen del río Magdalena (Lebreton *et al.*, 2017).

Los plásticos se definen como polímeros orgánicos sintéticos que tienen propiedades duraderas, persistentes y fáciles de moldear (Firdaus *et al.*, 2020), por lo que son empleados en todo tipo de actividades debido a su fácil acceso, pero dada su composición pueden fragmentarse generando partículas más pequeñas y degradarse modificando la estructura del polímero hasta descomponerse debido a la influencia de la radiación UV y de erosión (Mohamed y Obbard, 2014; Auta *et al.*, 2017), llegando a convertirse en microplásticos (MP) definidos como partículas <5.0 mm (GESAMP, 2019). En su fabricación se emplean diversos polímeros como el poliestireno (PS) utilizado mayormente en industrias y embalajes para alimentos, el polietileno de alta densidad (PAD) aprovechado en la fabricación de envases para productos de aseo como detergentes y contenedores de basuras, el tereftalato de polietileno (PET) usado en envases de bebidas y textiles, el polipropileno (PP) el cual es empleado en la producción tanto de artes de pesca como de tapas de botellas y el cloruro de polivinilo (PVC) que conforma tubos de drenaje, entre otros (Cole *et al.*, 2011; Peng *et al.*, 2019). Estos polímeros generan diferentes grados de toxicidad debido a los aditivos usados en la fabricación de plásticos y sus monómeros residuales, tal es el caso de la liberación de estireno proveniente del PS, también a causa de contaminantes como los bifenilos policlorados (BPC), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), los alquifenoles y el bisfenol-A (BPA) que pueden ser adsorbidos por los microplásticos incrementando así el potencial efecto de estos (Mathalon y Hill, 2014).

Los polímeros además otorgan diferentes grados de flotabilidad al plástico según el tipo al cual estén asociados, siendo los menos densos el PAD y el PP que permanecen en la superficie del mar, mientras que compuestos más densos como el PVC y el PET (Tereftalato de polietileno) se asientan en el fondo marino (Engler, 2012). La flotabilidad también se ve afectada por alteraciones en la densidad, un claro ejemplo de ello es el desarrollo de incrustaciones ocasionadas por el asentamiento de organismos, permitiendo así su distribución en diferentes profundidades (Latini *et al.*, 2004; Andrady, 2011). Debido a su reducido tamaño se consideran partículas biodisponibles con capacidad de incorporarse directa o indirectamente a un organismo mediante la ingestión, llevando toxinas, polímeros y sus derivados a las

diferentes especies participes de las redes tróficas, como invertebrados y vertebrados de la zona pelágica y del bentos, ocasionando efectos adversos que incluyen lesiones internas y externas, alteración en el metabolismo, retraso del crecimiento y reducción de la fertilidad, generando así una amenaza para la vida marina (de Sá *et al.*, 2018; Garcés-Ordóñez *et al.*, 2021).

Dentro del efecto que causan los microplásticos sobre ámbitos marinos, es indispensable enfocarse en el impacto sobre los sedimentos, pues dicha acumulación puede generar inhibición del intercambio de gases entre el sustrato y el agua, produciendo condiciones de hipoxia o anoxia que interfieren con el normal funcionamiento de los ecosistemas (Elias, 2015). A esto se le suma el hecho de que al aumentar la cantidad de desechos plásticos se puede alterar significativamente las propiedades fisicoquímicas del sedimento como es el caso de la granulometría (Carson *et al.*, 2011).

Este estudio se encuentra enmarcado dentro del programa “Redes tróficas marinas del Caribe colombiano en la era del plástico y los contaminantes tóxicos”, desarrollado por la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano en alianza con la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, y financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (Convocatoria 852-2019 Conectando Conocimiento 2019). El trabajo hace parte del grupo de Investigación Dinámica y Manejo de Ecosistemas Marino-Costeros (DIMARCO). El objetivo de esta investigación fue caracterizar y determinar el contenido de microplásticos en sedimentos en los sectores influenciados por las descargas de los ríos Magdalena y Sinú en las épocas lluviosa de 2021 y seca de 2022.

2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación por plásticos y microplásticos constituye una problemática a nivel mundial, debido a los miles de toneladas que ingresan anualmente al medio marino por actividades como el turismo, la pesca, el vertido de aguas residuales, la escorrentía de ríos y/o los derrames industriales (Alimba y Faggio, 2019). Su abundancia en los océanos ha traído consigo consecuencias negativas que generan alteraciones a los ecosistemas y daños a los organismos por efectos crónicos como alteraciones endocrinas, reducción de la fertilidad y mutaciones (de Sá *et al.*, 2018). Se han registrado tanto cerca de la costa como en zonas alejadas de los continentes donde por efecto de los giros oceánicos se acumulan y permanecen retenidos, teniendo incidencia en diferentes estratos de la columna de agua y en los sedimentos (Eriksen *et al.*, 2013).

Los estudios en ambientes marinos sugieren que existe una abundancia comparable con los de agua dulce, registrándose en ríos, lagos y estuarios a lo largo de todo el planeta, considerándose estos como las vías de transporte desde los continentes hacia los océanos hasta llegar a diferentes ecosistemas incluidos los bentónicos (Lima *et al.*, 2014; Klein *et al.*, 2017). Actualmente, la información en el Caribe respecto a esta problemática se encuentra enfocada a estudios realizados en ambientes estuarinos, donde se registran aportes de contaminación en toda la región, como se reportó en Ciénaga Grande de Santa Marta y estuarios de Cispatá (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2019; Garcés-Ordóñez, 2022). Específicamente en el Caribe colombiano la información es escasa (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2020a) pero dadas las implicaciones en el hábitat marino reconocidas en el panorama global, debería ser considerado un campo de alta prioridad en la comunidad científica local.

Reconociendo esta problemática que agobia a los ecosistemas marinos en todo el planeta, el país no ha sido ajeno a tomar medidas que regulen la producción, uso y disposición de estos residuos. En el Decreto 1875 de 1979 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se dictan normas sobre la prevención de la contaminación del medio marino y otras disposiciones como el Artículo 9 donde se menciona que las industrias, fábricas o cualquier otra instalación que para su operación requiera verter sus desechos al mar, deberán dotarse de elementos necesarios para evitar la contaminación. Igualmente, diferentes instituciones, entidades, grupos de investigación, junto al gobierno nacional, han optado por investigar la problemática ambiental marina, tal es el caso de la Misión de Sabios conformada por un grupo de expertos que insta a desarrollar investigaciones para establecer el estado de los ecosistemas marino-costeros e insulares y de sus recursos hidrobiológicos (Franco-Herrera *et al.*, 2020).

El congreso de la República de Colombia se suma a dicha iniciativa promoviendo la Ley 2232 de 2022 por la cual se establecen medidas que tienden a la reducción gradual de la producción y consumo de

ciertos productos plásticos de un solo uso. Frente a la presente problemática de manejo de residuos plásticos, el país ha buscado impulsar algunas normas para su regulación, tal es el caso de la implementación de la Resolución 668 de 2016 que busca la reducción del uso de bolsas plásticas, también se formula la Resolución 1417 de 2018 con el fin de buscar la reducción en la producción de envases, implementando un plan de gestión ambiental de residuos y empaques mediante el aprovechamiento de este tipo de materiales plásticos (Zamora-Bornachera *et al.*, 2021). Asimismo, surge el Plan de Acción Regional sobre la Gestión de la Basura Marina para la región del Caribe dirigido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y aplicado en Colombia durante el 2014 con el objetivo de incorporar componentes de gestión integral de residuos en todos los sectores.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible creó la Dirección de Asuntos Marino, Costeros y Recursos Acuáticos (DAMCRA) teniendo como fin el fortalecimiento del desarrollo sostenible de las áreas marino-costeras incorporando la gestión del riesgo y la prevención de la contaminación, enfatizando en la gestión de la basura marina. De esta manera, en convenio con el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), se han llevado a cabo acciones como el primer diagnóstico nacional de residuos sólidos y microplásticos en las zonas marinas costeras y también la evaluación del estado de contaminación y de los impactos ambientales ocasionados por la basura marina en el ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

A nivel territorial, en Santa Marta se expidió la Resolución 1017 de 2018 donde se restringe el uso y consumo de plásticos e icopor de un solo uso, estableciendo la sustitución por materiales biodegradables o productos reciclados o compostables. El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se sumó a esta iniciativa estableciendo la prohibición del ingreso de plásticos a través de la Ley 1973 de 2019; Parques Nacionales Naturales de Colombia tomaron esta decisión mediante la Resolución 1558 de 2019.

Pese a las anteriores normativas, la presencia de los microplásticos en el país es indiscutible tal como se deduce de los estudios realizados en playas, ecosistemas de manglar, aguas superficiales e incluso organismos como peces e invertebrados, pero hasta el momento esta contaminación no se ha abordado en los sedimentos marinos, siendo necesario conocer las concentraciones, el tipo y la distribución espacial y temporal en los sedimentos marinos. En este sentido se seleccionaron dos sectores del Caribe colombiano donde descargan dos de los ríos más importantes de la región Caribe (río Magdalena y río Sinú), que presentan un mayor caudal, asimismo cuentan con un gran aporte socioeconómico para la región, de esta manera se podrá establecer una línea base sobre la presencia de estos contaminantes y el impacto potencial al que se expone la biota marina del área.

3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

3.1 MARCO TEÓRICO

La producción de microplásticos aumenta al ser partículas de fácil acceso y de alta durabilidad, produciendo elevadas tasas de contaminación y a su vez ocasionando su persistencia a nivel global (Lebreton *et al.*, 2017). En el medio marino se distribuyen tanto en la columna de agua como en los sedimentos, siendo su disposición influenciada por factores ambientales, tales como vientos, corrientes y distancia de las fuentes continentales. Sin embargo, existen zonas del medio marino como la zona abisal y hadal donde aún se desconoce el alcance de esta contaminación (Mathalon y Hill, 2014). Según su origen se dividen en dos tipos: primarios, que corresponden a los que son elaborados a partir de procesos industriales, en algunos casos como productos para el cuidado personal, limpieza y juguetería (Rillig, 2012) y secundarios, de los que se deriva la mayor cantidad, debido a que se forman como resultado de la degradación y posterior fragmentación de piezas plásticas de mayor tamaño mediante oxidación química o por acción de la luz UV; asimismo abarcan partículas provenientes del desgaste de neumáticos y productos textiles que posibilitan el aporte de fibras al medio marino (Napper *et al.*, 2015).

Otra manera de clasificar los microplásticos es según su forma, encontrando de acuerdo a Virsek *et al.* (2016) seis categorías: (1) fragmentos, partículas rígidas y gruesas de forma irregular, (2) fibras, cortos o largos y de diferentes espesores y colores, (3) láminas, delgadas y flexibles, pero conservan los bordes irregulares a diferencia de los fragmentos, (4) pélets, con formas irregulares o redondas, (5) gránulos, que difieren de los pélets al ser redondos regulares y varían de colores blanco-beige a marrón y (6) espumas, de textura suave y forma irregular.

Proyecciones proponen que el 70 % de los residuos marinos se hundirán y permanecerán en el sedimento marino (Frias y Nash., 2019), por lo que se soporta la afirmación de que la concentración de microplásticos depositados en los sedimentos es de cuatro a cinco veces más elevada que en el agua, debido, entre otros factores, a procesos de oxidación acelerada que experimentan en el agua. Su distribución en el sedimento es desigual porque depende de sus propiedades y la influencia de factores ambientales, como los vientos y corrientes que puede favorecer la resuspensión de los microplásticos del fondo marino. Horton *et al.* (2017) manifiestan que el bajo caudal de un río favorece la sedimentación, mientras que las inundaciones a causa de la turbulencia y los altos caudales de las mareas pueden provocar la resuspensión de los microplásticos y transportarlos tierra adentro, concordando con Klein *et al.* (2015). Autores como Corcoran *et al.* (2020) y Falahudin *et al.* (2020) mencionan que la distribución de microplásticos puede estar afectada por diferentes variables tales como el tipo de

sedimento, afirmándose que si es de tipo limo o arcilla aumenta el porcentaje de grano fino por lo que se facilitaría la capacidad de retención de microplásticos en sedimentos (Wahyuningsih *et al.*, 2018; Bakir *et al.*, 2023). Otros autores indican que no existe tal relación, sino, por el contrario, están implicadas variables ambientales como las ya mencionadas (Alomar *et al.*, 2016; Peng *et al.*, 2017).

Todos los tipos de microplásticos se acumulan hasta llegar a una vía de transporte e incorporarse en el medio, tal como pasa luego de recorrer los ríos, pues se llega a una zona de transición la cual puede ser un estuario o un delta. Un importante contribuyente en el mar Caribe es la cuenca del río Magdalena, la cual libera hasta 2 100 t, siendo las principales fuentes de contaminación plástica los vertimientos de aguas residuales, el inadecuado manejo de residuos sólidos, actividades mineras, agrícolas, pecuarias y portuarias (Rangel-Buitrago *et al.*, 2023). El río Sinú también es un gran receptor de residuos domésticos e industriales y desemboca en el área protegida de Cispatá, siendo una vía de transporte de los plásticos desde el interior del departamento de Córdoba hasta la costa Caribe del país, también se puede ver una acumulación en playas y manglares dada la dinámica litoral (Garcés-Ordoñez *et al.*, 2021).

3.2 ESTADO DEL ARTE

La problemática de contaminación referente a microplásticos en sedimentos ha sido recientemente abordada en el país; sin embargo, los estudios han sido dirigidos a cuerpos estuarinos, que, considerando las particularidades oceanográficas y sedimentológicas, son ampliamente diferentes con relación a lo encontrado en los fondos de la plataforma continental. De esta manera se encuentra el trabajo de Garcés-Ordoñez *et al.* (2019), quienes evaluaron el estado de contaminación de sedimentos en manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta, encontrando 2863 partículas/kg de sedimento con mayores concentraciones en estaciones cercanas a centros poblados, siendo más prominentes las láminas seguido de los fragmentos respecto a espumas y fibras.

De manera complementaria, en el Pacífico colombiano Vásquez-Molano *et al.* (2021) realizaron la caracterización espacial y temporal de los microplásticos en sedimentos en el estuario de la bahía de Buenaventura, encontrando que la época seca presentó menor abundancia, mientras que en la lluviosa fue mayor, posiblemente por el arrastre de desechos a través de la escorrentía la cual introduce residuos plásticos depositados en playas y ríos al estuario. Especialmente en el estuario interno se detectó gran cantidad de partículas en el año 2019 a comparación del 2015, atribuido a la inadecuada disposición de elementos plásticos en las zonas aledañas.

En el caso de América del sur, Cisneros *et al.* (2021) documentaron la presencia de microplásticos en el sedimento marino del sector centro-sur del departamento de Tumbes en Perú, siendo los fragmentos los más frecuentes (73 %) con una alta distribución latitudinal desde el sur de la Playa Acapulco hasta el límite con Piura, asociándose este tipo de plástico a sedimentos con textura arenosa y arcillosa, mientras que las fibras estuvieron presentes en sedimentos más lejanos de la costa con textura arcillosa. Asimismo, se infirió una posible fuente de ingreso a los sedimentos, encontrando relación con las actividades pesqueras y acuícolas.

Otras investigaciones internacionales de microplásticos en sedimentos reportan que la forma dominante son las fibras alcanzando contribuciones del 57 % en el estuario de Jagir, Indonesia atribuyendo esta condición probablemente a la posición del estuario, que se ve afectada por la fluctuación dinámica de las corrientes y las mareas (Firdaus *et al.*, 2020) y del 59 % en la costa de Bélgica donde se evaluó la presencia y distribución en muestras portuarias, de alta mar y costeras, donde las fibras estuvieron compuestas principalmente por PVC y PP, seguido por los gránulos (25 %) compuestos por PS, PE y PP, y finalmente láminas (4 %) correspondientes al Polietileno de baja densidad (LDPE). Asimismo, se observó que la abundancia total fue más alta en los puertos y más bajas en las playas mientras que en costas y mar adentro no difirieron significativamente, señalando como fuente importante la incidencia de los ríos (Claessens *et al.*, 2011).

A nivel nacional la escasa información sobre estudios de microplásticos y la deficiencia en cuanto a metodologías estandarizadas de muestreo y procesamiento, pueden llegar a ser una limitante para dar una estimación de contaminación. En áreas marinas una potencial fuente de contribución de microplásticos es el turismo, dado que es uno de los sectores de mayor crecimiento económico, pues en Colombia se registró para el año 2015 la llegada de alrededor de 2.98 millones de turistas con un aumento del 49 % en el 2018, siendo Santa Marta la ciudad que albergó una mayor cantidad debido a las actividades de recreación y esparcimiento que se desarrollan en las reservas y parques nacionales naturales de esta zona geográfica (Guardiola, 2019). Esto posiblemente impacta en mayor grado las costas del Caribe a comparación del Pacífico, a lo que se suma diferencias geográficas que limitan el acceso a ciertas regiones costeras del Pacífico. Garcés-Ordóñez *et al.* (2020b) abordó la relación entre la temporada turística y la concentración de basuras y microplásticos en once playas del departamento de Santa Marta, encontrando que existe una clara relación entre el turismo y la abundancia de macrobasuras pero no hay una relación entre dichos factores y los microplásticos, pues durante la temporada baja se reportaron entre 1 y 355 MP/m² y de 2 a 92 MP/m² en temporada alta.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La producción anual de plásticos ha incrementado en las últimas décadas, llegando a millones de toneladas por año de estos contaminantes que por diferentes vías alcanzan el mar, estos pueden provenir de la inadecuada disposición de los residuos, las deficiencias en los sistemas de recolección de basuras, así como los incrementos en el turismo según las diferentes épocas del año, sumado a las actividades portuarias en cada sector y la densidad poblacional que puede contribuir significativamente a dichos aportes. Esta cantidad se hace más extensa cuando por procesos químicos y físicos se degradan hasta formar microplásticos (<5.0 mm) conformando una extensa problemática en ecosistemas marinos y costeros a nivel mundial. Dado su reducido tamaño son accesibles a ingestión directa o incidental por parte de organismos zooplanctónicos, que a la vez son consumidos por eslabones tróficos superiores tanto del bentos como del pelagos, y considerando su composición química que incluye compuestos tóxicos, se pueden alterar las funciones metabólicas de los organismos mediante bioacumulación y/o biomagnificación, afectando el funcionamiento del medio natural.

Según la densidad de los microplásticos, asociada al tipo de polímero que lo conforma, se distribuyen en diferentes profundidades de la columna de agua hasta alcanzar el fondo marino, estos microplásticos pueden tener variaciones en su abundancia de acuerdo con las características y factores oceanográficos de la época climática en la que se encuentre, como lluvias, vientos alisios y corrientes marinas. En la actualidad el Caribe colombiano no cuenta con suficientes registros que permitan estimar la cantidad de microplásticos en sedimentos marinos, por lo que se plantea la pregunta de investigación ¿Existe relación entre la concentración de los microplásticos en el sedimento marino con las épocas climáticas (lluviosa y seca) en sectores con influencia de las descargas continentales de los ríos Magdalena y Sinú?

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la potencial relación de la concentración, tamaño y forma de los microplásticos con las condiciones climáticas (lluviosa y seca) en zonas de descargas continentales de los ríos Magdalena y Sinú en el Caribe colombiano.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la posible influencia de las descargas de los ríos Magdalena y Sinú sobre la concentración de microplásticos en los sedimentos.
- Determinar la posible relación entre las condiciones climáticas y la concentración de microplásticos en los sedimentos.
- Caracterizar la forma y tamaño predominante de microplásticos en las estaciones que comprenden los sectores con descargas continentales de los ríos Magdalena y Sinú.

6. HIPÓTESIS

- Las estaciones del sector Magdalena al estar directamente influenciadas por el mayor caudal de este afluente presentarán una concentración más alta de microplásticos en sedimento con respecto a las estaciones del sector del Sinú.
- El mayor aporte de aguas continentales durante la época lluviosa resulta en el aumento en la concentración de microplásticos del sedimento en relación con la época seca.
- La forma predominante de microplásticos encontrada espacial y temporalmente serán las fibras de 0.3 mm dada la fragmentación por diferentes factores.

7. METODOLOGÍA

7.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en dos sectores del Caribe colombiano, el primero influenciado por el río Magdalena que consta de dos subcorregiones: (a) la primera ubicada en el golfo de Salamanca, desde Punta Gloria hasta Bocas de Ceniza, en la que predominan aguas costeras turbias con salinidad reducida y una plataforma continental con sedimento arenoso de grano medio a fino y (b) la segunda localizada en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) que se caracteriza por un sistema de lagunas y pantanos que forman parte del delta exterior del río Magdalena, cuenta con gradientes de salinidad marcadamente estacionales con una interfaz de ecosistemas terrestres y marinos al ser un ambiente lagunar-estuarino (Valera y González, 1998). El segundo sector es el influenciado por el río Sinú, entre el golfo de Morrosquillo y la bahía de Cispatá hasta llegar a Isla Fuerte. Se ubicaron cinco localidades en cada sector, en cada una de las cuales se establecieron tres estaciones (Figura 1). En el sector del Magdalena las localidades fueron Atlántico (ATL), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), El Rodadero (ROD), Salamanca (SAL) y Tasajera (TAS) y en el sector Sinú se escogieron La Caimanera (CAI), Cispatá (CIS), isla Fuerte (ISF), Sinú (SIN) y Tinajones (TIN).

En el Caribe colombiano se presenta un clima bimodal definido por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), correspondiente a una época climática lluviosa mayor (septiembre-noviembre) presentando más de la mitad de la precipitación anual, y la época seca mayor (diciembre-abril) con una intensificación en la velocidad de los vientos alisios (Arango *et al.*, 2015). La intensidad y dirección del viento también son factores primordiales que influyen en el recuento de microplásticos y son determinantes en los procesos de surgencia referentes al ascenso de aguas subsuperficiales con alto contenido de nutrientes (Barnes y Mann, 1998), que en el Caribe colombiano ocurre entre Punta Gallinas (La Guajira) y Puerto Colombia (Atlántico), viéndose reflejado en las costas del departamento del Magdalena, al ascender aguas pertenecientes a la Masa de Agua Subtropical Sumergida (MASS) presentándose alteraciones en las condiciones fisicoquímicas que incluyen temperaturas bajas (19-25 °C), altas salinidades (>36.5) y mayores concentraciones de nutrientes (Arévalo-Martínez y Franco-Herrera, 2008; Franco-Herrera *et al.*, 2011).

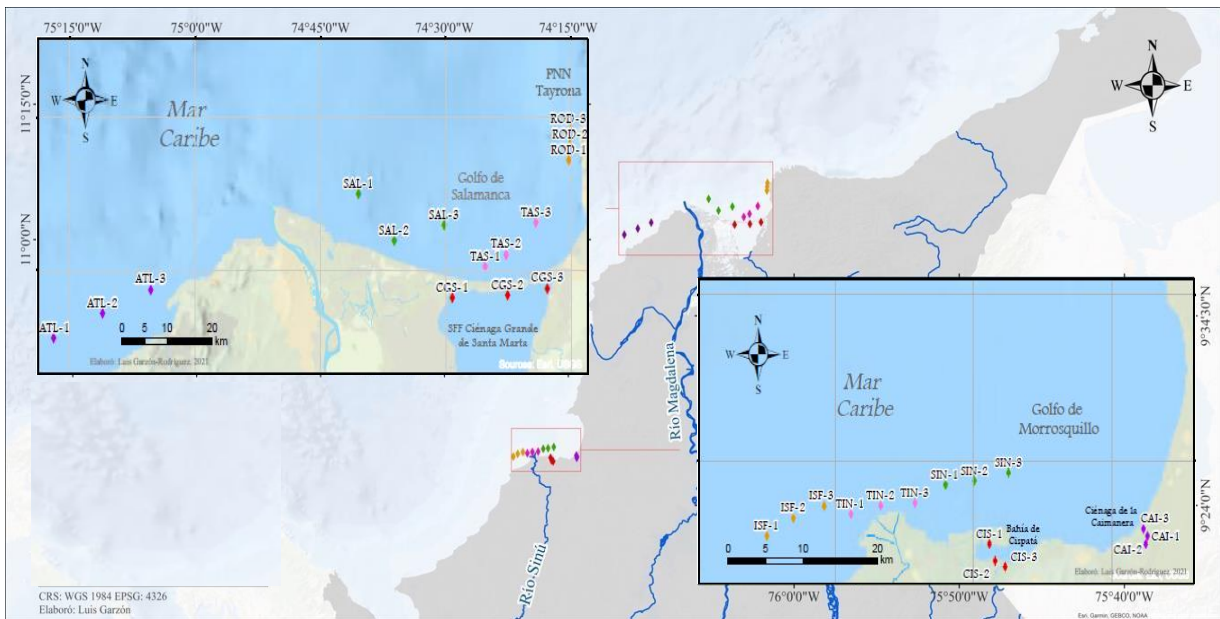


Figura 1. Ubicación de las estaciones y localidades en los sectores de Magdalena y Sinú. CAI: Caimanera. CIS: Cispatá. ISF: Isla Fuerte. SIN: Sinú. TIN: Tinajones. ATL: Atlántico. CGS: Ciénaga Grande de Santa Marta. ROD: Rodadero. SAL: Salamanca. TAS: Tasajera. (Elaborado por Luis Garzón).

El sector del Magdalena comprendió el área de influencia de las descargas del río Magdalena, el cual nace en el macizo colombiano a 3685 m de altitud en el departamento del Huila, atravesando hasta su desembocadura en el Caribe la jurisdicción de 22 departamentos. Este río presenta una cuenca de 257440 km² de área total y un caudal medio de 7100 m³/s a la altura de Calamar, para la época seca se presentan caudales de 5000 m³/s mientras que en la época lluviosa aumenta alcanzando 8745 m³/s; su dinámica hidrológica está basada en la distribución espacial considerando los complejos cenagosos que llegan a superar los 2600 km² de área (IDEAM, 2001).

El río Sinú está ubicado al noroeste de Colombia, comprende el área geográfica integrada por las subzonas hidrográficas Bajo Sinú, Medio Sinú y Alto Sinú (Ruíz-Ochoa *et al.*, 2008). Este abarca el sistema lagunar de la bahía de Cispatá que incluye los municipios de San Antero y San Bernardo del Viento, se encuentra rodeado de sistemas estuarinos que bordean gran parte de la ciénaga de La Caimanera (Robertson y Chaparro, 1998). Nace en el nudo de Paramillo, en la cordillera Occidental a 3700 m de altitud, tiene una cuenca con extensión de 13952 km² en sentido sur-norte; a través del departamento de Córdoba, el río atraviesa la cuenca con una extensión de 380 km, con un caudal promedio de 400 m³/s, variando entre a 200 m³/s a 300 m³/s en época seca y de lluvia respectivamente (Ruíz-Ochoa *et al.*, 2008). Desemboca en el delta de Tinajones a la altura de San Bernardo del Viento (CVS *et al.*, 2003).

Respecto a las ciénagas, La Caimanera abarca un área aproximada de 21.25 km², recibe aportes de agua dulce de arroyos como San Antonio y Gavilán, junto al aporte fluvial durante la época lluviosa; sin embargo, en la temporada seca aumenta la salinidad al disminuir las lluvias. La temperatura del agua se mantiene alrededor de 26.7 °C, este complejo cenagoso es de gran interés al aportar significativamente en los procesos ecológicos mediante el reciclaje de nutrientes (Herrera, 2009). También es importante señalar que el sector Sinú donde se encuentra la ciénaga se ve afectado por erosión costera producto de los procesos como corrientes de deriva litoral y la variabilidad en el suministro de sedimentos asociados a la fluctuación de fuentes hidrográficas (CVS *et al.*, 2003). Con relación a la Ciénaga Grande de Santa Marta, esta ocupa un área de 3812 km², una salinidad variable y temperatura del agua alrededor de 30 °C, donde conjugan flujos de agua dulce que llegan por los ríos Aracataca y Sevilla provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta, mientras que el agua salada se deriva del mar Caribe a través del canal Bocas de la Barra.. Esta ciénaga se caracteriza por la riqueza de especies animales y vegetales y la autorregulación ecológica (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2019) pero se encuentra expuesta a problemáticas como contaminación generada por los asentamientos humanos que la circundan y la deforestación generando desbalances hidrológicos.

7.2 TRABAJO DE CAMPO

En cada una de las localidades (cinco por sector) se establecieron tres estaciones en las que se recolectaron muestras de sedimentos en la época climática lluviosa mayor (noviembre de 2021) y seca mayor (marzo y abril de 2022) para un total de 60 muestras. En cada estación se recolectaron tres muestras con una draga Van Veen de acero inoxidable de 0.06 m² (0.18 m² por localidad). Los primeros 15 cm de cada lance fueron depositados en un contenedor plástico previamente marcado y lavado con agua microfiltrada. Este fue cerrado herméticamente hasta su procesamiento con el fin de evitar la contaminación externa con microplásticos que pudiesen estar presentes en el ambiente.

En cada muestreo se llevó a cabo la medición *in situ* de las variables fisicoquímicas a partir de muestras de agua recolectadas con una botella Niskin de 5 L usando una sonda multiparamétrica WTW 310 pH-PA 1 equipada con un pH-metro y WTW 3110 Cond-PA-1 provista con sensores de temperatura, salinidad y conductividad. Del mismo modo se empleó un sensor YSI PRO-20 para determinar el oxígeno disuelto junto con la saturación del gas. Las mediciones de las variables se realizaron a 0.5, 3.0 y 5.0 m de profundidad, exceptuando las estaciones más someras como Ciénaga Grande de Santa Marta y ciénaga de La Caimanera, en donde sólo se midieron a 0.5 m.

7.3 TRABAJO DE LABORATORIO

De cada contenedor se separaron aproximadamente 600 g de sedimento para su posterior secado al horno a una temperatura no mayor de 60 °C durante 72 h, empleando una bandeja metálica la cual estuvo cubierta por una capa de aluminio fuera del horno para evitar la contaminación de microplásticos del ambiente. Una vez seca la muestra, para facilidad en su manipulación, se separó en tres porciones de 100 g las cuales fueron depositados en beakers de 2 L para realizar la desagregación empleando 40 mL de una solución de hexametáfosfato de sodio ((NaPO₃)₆) al 5 % y aforando a un volumen de 1 L con agua desionizada filtrada previamente con un tamiz de 25 µm. Se realizó agitación durante 1 h usando un agitador magnético a velocidad máxima (1000 rpm).

Una vez finalizada la desagregación, se procedió a separar cada muestra de sedimento mediante un sistema de tamices de 1.4 y 0.3 mm, se empleó un frasco lavador con agua desionizada filtrada (30 µm) para lavar cada fracción de sedimento en el tamiz respectivo. Una vez realizado el tamizaje en húmedo, la muestra de sedimento se depositó en un recipiente previamente lavado con agua microfiltrada (Figura 2), luego se llevó a cabo la extracción de microplásticos manualmente para los tamaños de 1.4 mm y 0.3 mm de forma independiente. Para verificar la certeza de la separación visual se implementó la prueba de la aguja caliente, la cual consistió en verificar una reacción de enroscamiento o torsión al acercar el metal caliente, disminuyendo así el sesgo de identificación. La unidad en la que se expresó la concentración fue Microplásticos/kilogramo (MP/kg) (Kumar *et al.*, 2018).

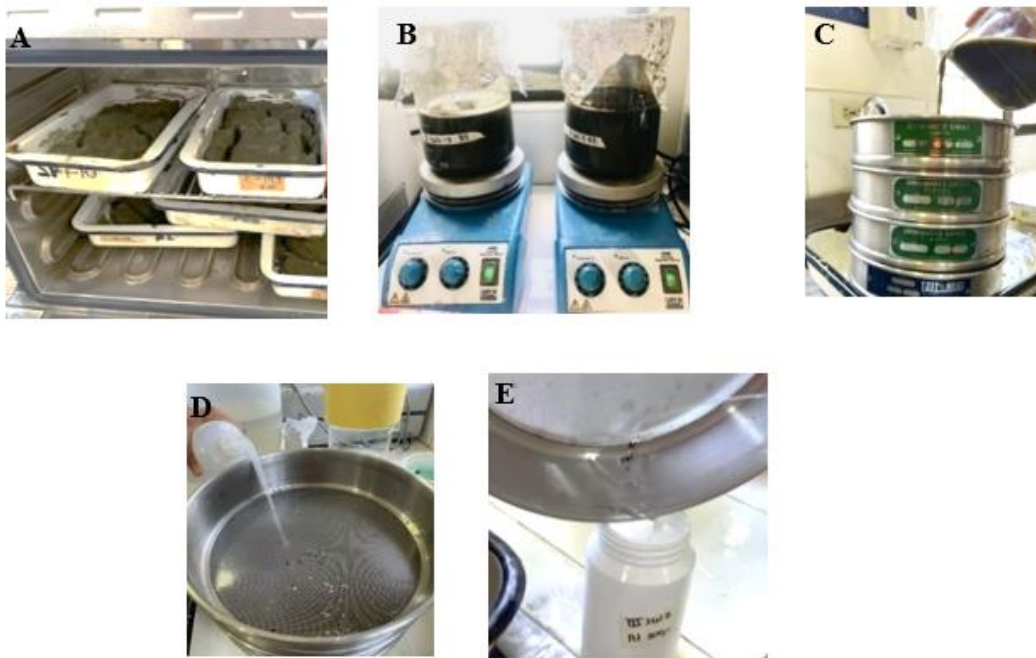


Figura 2. Procesamiento y extracción de microplásticos en sedimentos. A. Secado al horno. B. Desagregación con hexametáfosfato de sodio. C. Tamizaje muestra de sedimentos. D. Lavado con agua desionizada filtrada. E. Almacenamiento de muestra.

Debido a la exposición por microplásticos en el ambiente, se realizó una mitigación de la contaminación durante el procesamiento de las muestras, empleando algunas sugerencias propuestas por Mohamed y Obbard (2014) y Correia *et al.* (2018) que incluyeron: (1) limpieza de los sitios de trabajo con etanol al 70 %, (2) uso de soluciones filtradas en el procesamiento, para esto se empleó un tamiz de 25 μm para eliminar impurezas del agua desionizada con la cual se hizo el previo lavado de todo el material empleado en la extracción de microplásticos, (3) implementación de blancos como indicadores de contaminación durante cada procedimiento y su observación una vez finalizada la muestra, (4) limitación de la circulación de aire mediante la reducción de equipos de aire acondicionado y (5) restricción de la entrada de personal no fundamental en el laboratorio durante el procesamiento.

7.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información obtenida fue consolidada en una tabla expresada en cantidad de MP/kg diferenciado por tamaños, formas, sectores de muestreo y épocas climáticas. A partir de la concentración total por localidad según su tamaño se realizó un análisis de varianza permutacional (PERMANOVA) univariado, basado en la similitud de Bray-Curtis con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los sectores en cada época climática. Se tomaron las concentraciones totales excluyendo las muestras sin microplásticos, para ello se empleó un método de permutación bajo un modelo reducido, 999 permutaciones y suma de cuadrados tipo III en el programa PRIMER (Anderson *et al.*, 2008). Se realizó un gráfico de ordenación multidimensional no métrico nMDS con promedios de *Bootstrap* empleando el coeficiente de Bray-Curtis con el fin de tener una representación gráfica de los resultados del PERMANOVA (Clarke *et al.*, 2014).

Para establecer la posible influencia de los ríos sobre la concentración de microplásticos en sedimentos, se empleó el sistema de información geográfica *Google Earth* para medir la distancia en kilómetros desde las desembocaduras de los ríos Magdalena y Sinú hacia las localidades correspondientes, tomando como distancia final el promedio entre las estaciones de cada localidad. Posteriormente en el programa *Statgraphics* se realizaron correlaciones de producto de Pearson (Bernabeu y Batanero, 2008) entre la distancia y la concentración de microplásticos de cada tamaño. Dada la cantidad de partículas encontradas en las localidades de la ciénaga de La Caimanera y la Ciénaga Grande de Santa Marta, se evidenció un sesgo en los datos, razón por la cual no se consideraron para este análisis.

8. RESULTADOS

8.1 VARIABLES FISICOQUÍMICAS

En la época lluviosa (noviembre de 2021) del sector Magdalena se presentaron valores de temperatura superficial del mar de 29.85 ± 0.75 °C, siendo mayor en comparación con la época seca (marzo y abril de 2022) que fue de 26.94 ± 1.30 °C, indicando una diferencia de 3 °C influenciada por la época climática debido al evento de surgencia que tiene lugar en la época seca donde masas de agua subsuperficiales ascienden causando un descenso en la temperatura, lo cual es contrastante con el sector Sinú donde hubo una temperatura poco variable de 29.81 ± 4.62 en la época lluviosa y 29.47 ± 0.64 en la época seca. En cuanto a la salinidad se presentaron valores mayores en la época seca del sector Magdalena (35.36 ± 6.05) evidenciando el efecto de surgencia, lo que concuerda con lo expuesto anteriormente pues no hay presencia de escorrentía como en la época lluviosa donde hay una disminución de este parámetro fisicoquímico (31.95 ± 9.33). En cuanto al oxígeno disuelto y saturación de oxígeno se observan altos valores principalmente en el sector Magdalena durante la época seca, probablemente como resultado de una mayor productividad primaria a causa del efecto de surgencia o por procesos físicos que favorecen el intercambio de gases océano-atmósfera como los vientos alisios, intensificados en esta época (Tabla 1).

Tabla 1. Promedios (\pm desviación estándar) de las variables fisicoquímicas correspondientes al sector Magdalena y Sinú durante la época lluviosa y seca.

	Lluviosa		Seca	
	Magdalena	Sinú	Magdalena	Sinú
Temperatura (°C)	29.85 ± 0.75	29.81 ± 4.62	26.94 ± 1.30	29.47 ± 0.64
Salinidad	31.95 ± 9.33	30.60 ± 5.40	35.36 ± 6.05	29.15 ± 3.20
Conductividad (S/m)	47.91 ± 13.05	45.57 ± 8.25	55.28 ± 8.41	49.17 ± 4.36
pH	8.28 ± 0.16	9.30 ± 7.52	8.18 ± 0.14	8.06 ± 0.22
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.44 ± 0.53	7.04 ± 7.09	6.61 ± 0.70	5.53 ± 1.25
Saturación de oxígeno (%)	96.77 ± 9.10	86.91 ± 19.51	99.97 ± 9.40	84.78 ± 18.99

Los anteriores resultados permiten diferenciar climatológicamente los muestreos realizados, correspondiendo efectivamente a la época seca (menor temperatura del agua, mayor salinidad) y lluviosa (mayor temperatura, menor salinidad). Sin embargo, como se discutirá más adelante, el aporte de microplásticos que se pueda dar en una u otra época climática no parece relacionarse con la concentración de estas partículas encontrada en el sedimento.

8.2 MICROPLÁSTICOS

En la época seca se encontró mayor cantidad de microplásticos totales, sin considerarse tamaños ni formas (185.78 ± 114.62 MP/kg) en comparación con la lluviosa (144.22 ± 96.29 MP/kg). La mayor concentración en la época seca del sector Magdalena se detectó en El Rodadero (354.44 ± 155.36 MP/kg), seguido de la Ciénaga Grande de Santa Marta (275.56 ± 221.12 MP/kg) y Salamanca (196.67 ± 41.63 MP/kg) en cambio en el sector Sinú destacaron La Caimanera (194.44 ± 41.41) y Cispatá (162.22 ± 45.50). En la época lluviosa son las localidades de Atlántico (137.78 ± 40.05) y El Rodadero (237.78 ± 123.89) las que aportaron mayor microplásticos, mientras que para el sector Sinú ocurrieron en La Caimanera (316.67 ± 90.62 MP/kg), Tinajones (164.44 ± 98.00 MP/kg) y Sinú (145.56 ± 82.75 MP/kg). En general las localidades constituidas por complejos cenagosos tuvieron mayores concentraciones de microplásticos, al igual que las más cercanas a centros poblados como El Rodadero (Anexo 1).

Los microplásticos de 1.4 mm en la época lluviosa del sector del Magdalena fueron más abundantes en las localidades de Salamanca (34.44 ± 1.92 MP/kg) y El Rodadero (21.11 ± 20.37 MP/kg), mientras que en el sector Sinú la mayor cantidad se determinó en La Caimanera (30.00 ± 15.28 MP/kg). Por el contrario, durante la época seca, la mayor concentración se detectó en El Rodadero (35.56 ± 19.53 MP/kg), Atlántico (26.67 ± 23.33 MP/kg) y la localidad de Sinú (8.89 ± 6.94 MP/kg). Así como hay localidades con alta presencia de microplásticos, también hubo ausencia como en dos de las estaciones de la localidad de Tasajera.

Las concentraciones mencionadas tienden a ser bajas en comparación con los microplásticos de 0.3 mm donde se evidenció una mayor abundancia en las dos épocas climáticas, encontrándose las mayores concentraciones en la época seca en Ciénaga Grande de Santa Marta (258.89 ± 209.61 MP/kg) y El Rodadero (318.89 ± 136.23 MP/kg) en el sector Magdalena, y la ciénaga de La Caimanera (187.78 ± 41.41 MP/kg) en el sector Sinú. Así mismo, El Rodadero (216.67 ± 127.19 MP/kg) en el Magdalena y La Caimanera (286.67 ± 76.88 MP/kg) en Sinú tuvieron la mayor concentración de microplásticos en la época lluviosa.

En las dos épocas climáticas se encontraron cuatro formas: espumas, fibras, láminas y fragmentos (Figura 3). En las localidades de Atlántico, Cispatá e Isla fuerte en la época lluviosa, y en estas mismas junto con Salamanca y Tasajera en la época seca, las fibras representaron la totalidad de microplásticos. En las demás localidades las fibras fueron la forma más abundante durante las dos épocas climáticas (Figura 4), seguido de las láminas en la época lluviosa de los dos sectores, destacando la localidad de El Rodadero con un promedio de 5.56 ± 9.62 MP/kg, así también se encuentran las espumas las cuales

se presentaron abundantemente en el sector Sinú, predominando en la ciénaga de La Caimanera con 5.56 ± 5.09 MP/kg en la época lluviosa y 1.11 ± 1.92 MP/kg durante la época seca.

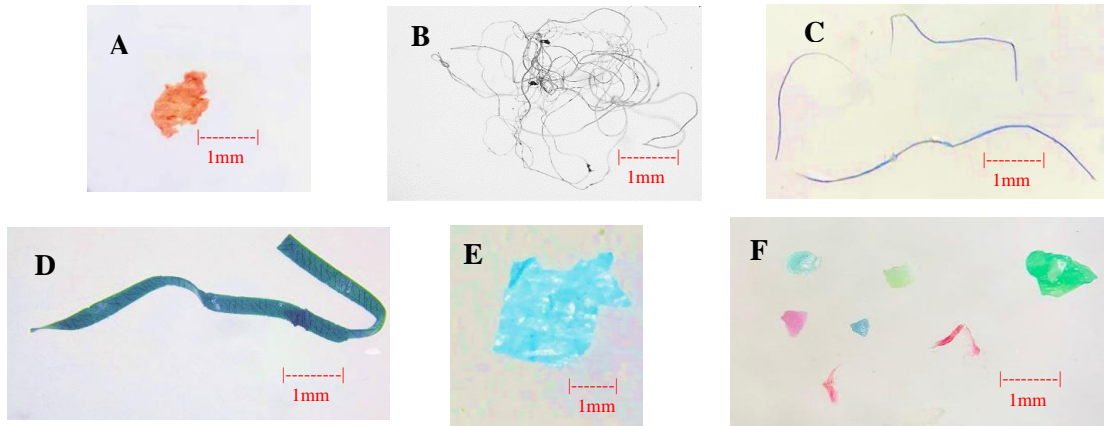


Figura 3. Formas de microplásticos recolectadas en diferentes localidades del sector Magdalena y Sinú durante la época lluviosa (2021) y seca (2022). A. Espumas. B y C. Fibras. D y E. Láminas y F. Fragmentos.

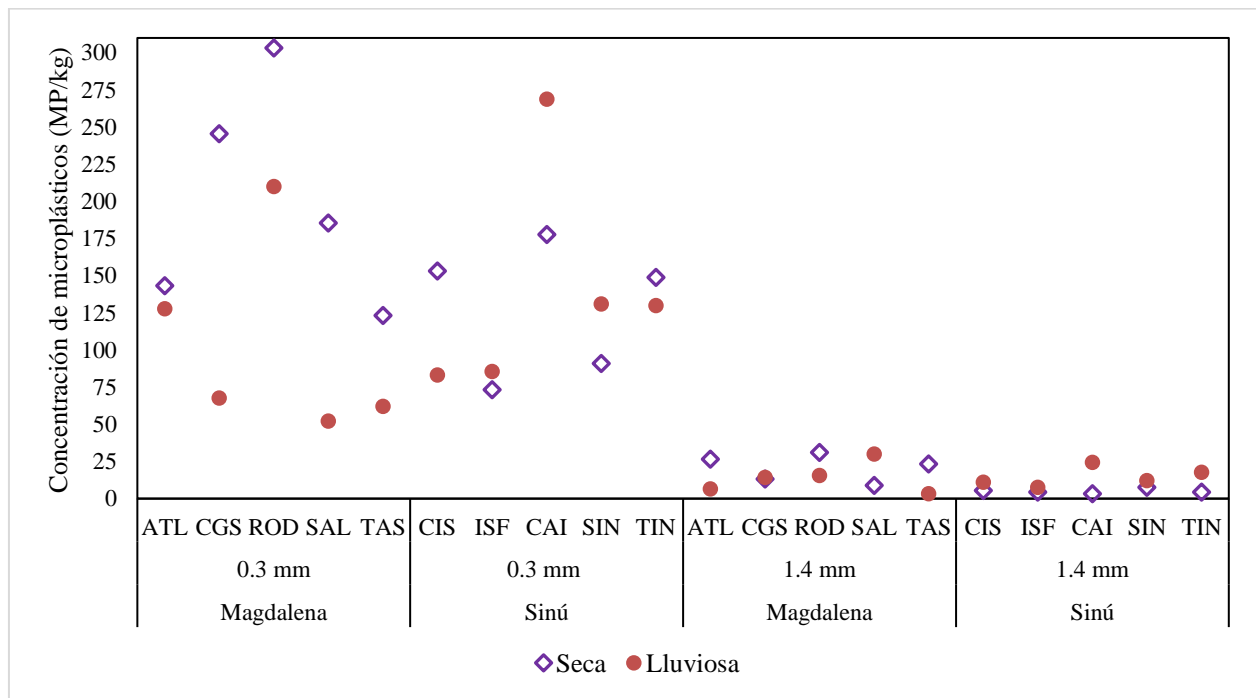
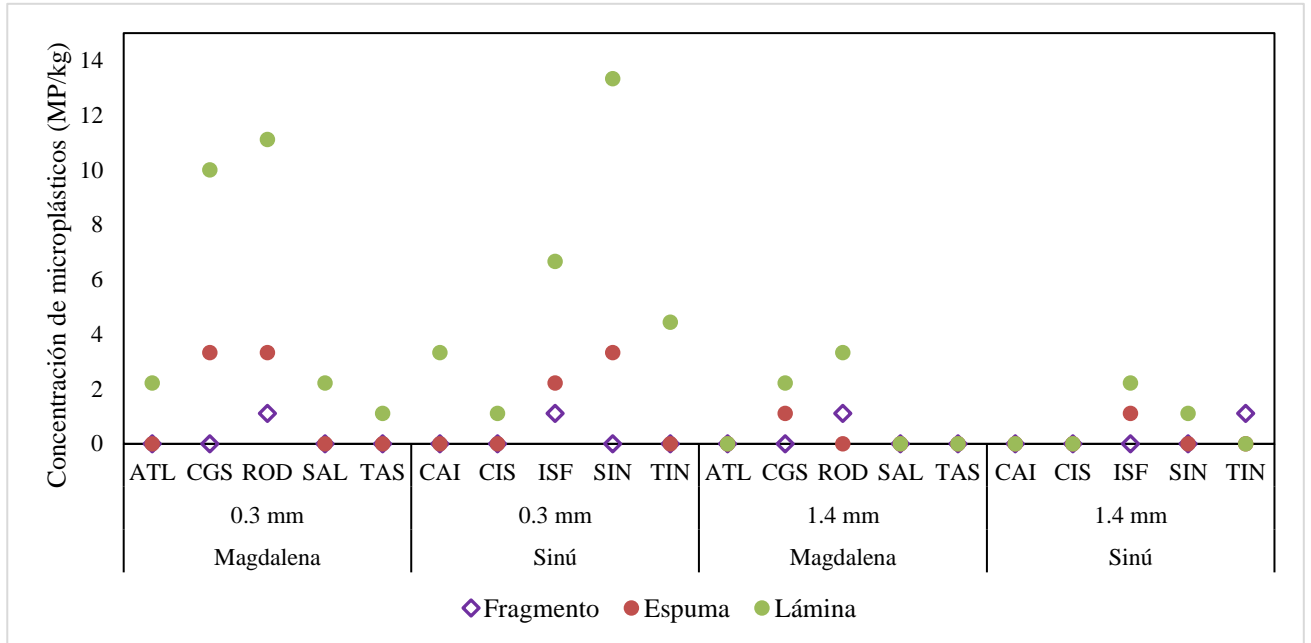


Figura 4. Concentración de fibras en sedimentos (MP/kg) de dos tamaños en las localidades del sector Magdalena y Sinú en dos épocas climáticas.

La mayor concentración de microplásticos se encontró en el tamaño de 0.3 mm en la época lluviosa del sector Sinú, encontrándose la mayor abundancia de todas las formas en la localidad de La Caimanera (fibras: 268.89 ± 71.67 MP/kg, láminas: 8.89 ± 15.40 MP/kg, espumas: 5.56 ± 1.92 MP/kg y

fragmentos: 3.33 ± 5.77 MP/kg). En la época seca fue el sector Magdalena donde hubo mayor concentración de microplásticos. De manera general, para las cinco localidades de este sector el alto contenido de fibras fue notable, destacándose la Ciénaga Grande de Santa Marta (245.56 ± 201.14 fibras/kg) y El Rodadero (303.33 ± 138.60 fibras/kg) que también presentan abundancia de láminas y espumas (Figura 5).

A.



B.

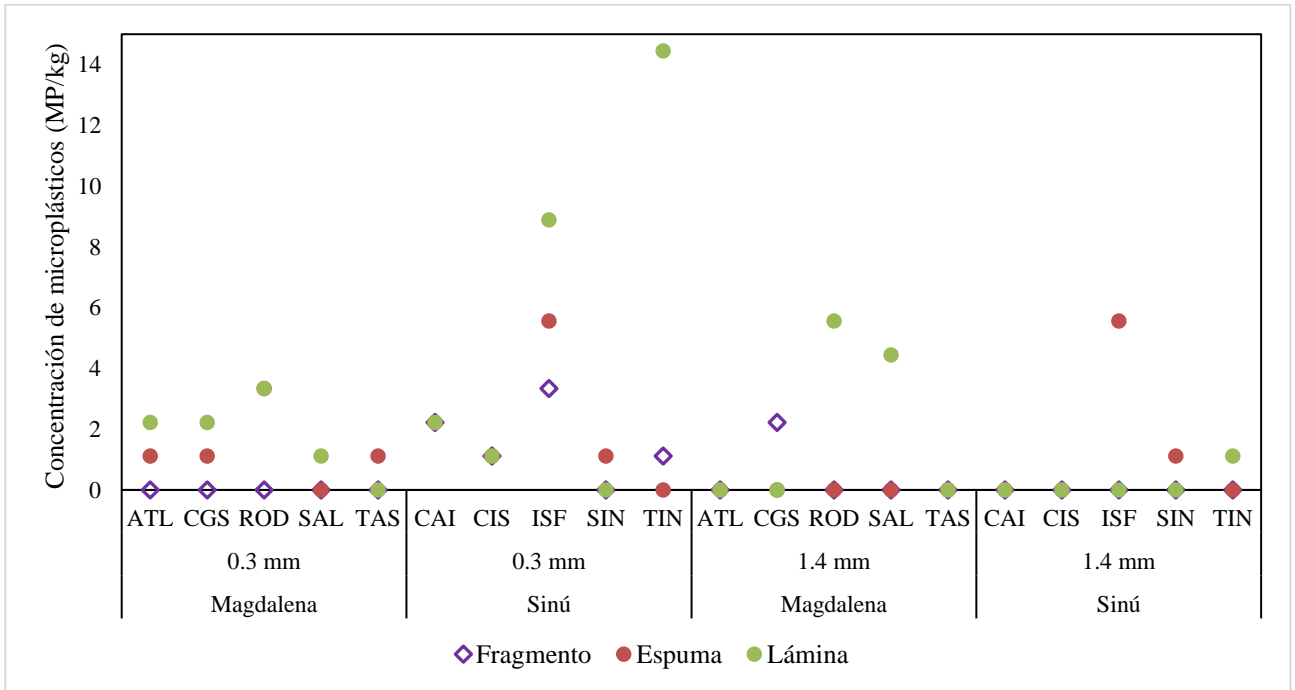


Figura 5. Concentración de fragmentos, espumas y láminas en sedimentos (MP/kg) por tamaños en las localidades del sector Magdalena y Sinú en dos épocas climáticas. A. Época seca. B. Época lluviosa.

El análisis PERMANOVA aplicado a los datos de las fibras determinó la existencia de diferencias significativas entre sectores, épocas climáticas, tamaño y las interacciones. A partir de este resultado se realizó la prueba por pares la cual mostró que los microplásticos de tamaño 0.3 mm del sector

Magdalena difieren entre época lluviosa y seca (Pseudo- $F = 5.28$; g.l. = 1; $p = 0.015$). El sector Sinú también presenta diferencias entre las épocas climáticas para el tamaño de 1.4 mm (Pseudo- $F = 5.28$; g.l. = 1; $p = 0.009$) como se muestra en la Tabla 2 y se ilustra mediante la ordenación del escalamiento no métrico multidimensional con promedios de *bootstrap* (Figura 6).

Tabla 2. Resultados de la prueba PERMANOVA general y por pares de las 60 muestras (30 LL y 30 SC) de dos tamaños a partir de la matriz de similitud basada en la distancia de Bray-Curtis para la concentración de microplásticos (MP/kg). LL: Lluviosa. SC: Seca. g.l.: grados de libertad. SC: suma de cuadrados * Diferencias significativas: $p(\text{perm}) < 0.05$.

Microplásticos totales					
Fuente de variación	g.l.	SC	Pseudo-F	p (perm)	Permutaciones
Época	1	2967.6	3.33	0.03*	999
Sector	1	3802.6	4.27	0.012*	999
Tamaño	1	1.24×10^5	139.35	0.001*	999
Época \times sector	1	2504.6	2.812	0.035*	999
Sector \times Tamaño	1	4955.9	5.563	0.002*	999
Época \times sector \times tamaño	1	4648.7	5.219	0.003*	999
Residuales	110	890.81			

Lluviosa vs Seca			
	Tamaño (mm)	t	$p(\text{perm})$
Magdalena	1.4	0.6081	0.631
	0.3	2.3514	0.015*
Sinú	1.4	2.6012	0.009*
	0.3	0.6412	0.599

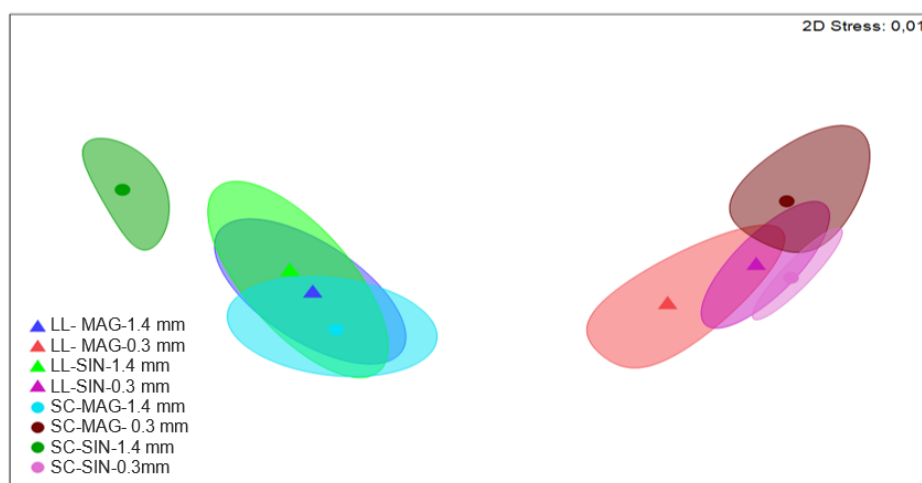


Figura 6. Ordenación del escalamiento no métrico multidimensional (nMDS) de microplásticos entre épocas climáticas, sectores y tamaños. Las elipses indican el 95 % de las ubicaciones de los promedios *Bootstrap*, mientras que los círculos y triángulos son los centroides. Elipses del lado izquierdo indican tamaños de 1.4 mm. LL: lluviosa. SC: seca. MAG: Magdalena y SIN: Sinú.

Las correlaciones de Pearson realizadas entre la distancia de la desembocadura de los ríos Magdalena y Sinú respecto a cada una de las localidades (Anexo 3) con las concentraciones de microplásticos indicaron una correlación positiva para todos los casos exceptuando el tamaño de 1.4 mm del sector Magdalena en la época lluviosa y 0.3 mm del sector Sinú en la época seca en los que la relación fue inversa. Sin embargo, ninguna de las correlaciones fue significativa (Tabla 3).

Tabla 3. Resultado de la correlación de Pearson (r) basada en la medición de distancia (km) entre la desembocadura de los ríos Magdalena y Sinú y las estaciones de cada sector, para la época lluviosa (2021) y seca (2022) considerando la variación de tamaños. n : Tamaño de la muestra.

	Época							
	Lluviosa				Seca			
	Magdalena		Sinú		Magdalena		Sinú	
	1.4 mm	0.3 mm	1.4 mm	0.3 mm	1.4 mm	0.3 mm	1.4 mm	0.3 mm
n	12	12	12	12	12	12	12	12
Correlación	-0.21	0.48	0.02	0.19	0.36	0.35	0.18	-0.39
Valor p	0.50	0.11	0.96	0.55	0.27	0.27	0.57	0.20

9. DISCUSIÓN

Las variables fisicoquímicas (T, S, OD) presentaron un comportamiento acorde a lo esperado en el Caribe colombiano. En el sector del Magdalena se presentó una menor temperatura del agua y una mayor salinidad en la época seca debido a las aguas de surgencia, así mismo se evidenció una mayor concentración de oxígeno disuelto siendo el reflejo de una mayor productividad (Bula-Meyer, 1977; Arango *et al.*, 2015; Arévalo-Martínez y Franco-Herrera, 2008). El sector de Sinú tuvo poca variación de la temperatura superficial del mar y la salinidad, concordando con las características de pocas variaciones físicas y químicas del agua entre épocas y cuyo principal determinante es la pluviosidad y el aporte del río Sinú (Bula-Meyer, 1977; Bernal *et al.*, 2006). Dadas las variables expuestas en la Tabla 1, se logró determinar que efectivamente corresponden a las épocas seca y lluviosa por lo que los muestreos fueron climatológicamente acertados.

En el Caribe colombiano las mayores concentraciones de microplásticos se han encontrado en zonas cercanas a poblaciones costeras que aportan la mayor cantidad de residuos sólidos, evidenciando una relación entre la densidad poblacional y las mayores abundancias, como lo menciona Garcés-Ordoñez *et al.* (2021). Por consiguiente localidades próximas a ciudades como Barranquilla (1 119 367 habitantes) que generan 562 871 toneladas de residuos sólidos al año, Cartagena (973 045 habitantes) con 505 628 toneladas y Santa Marta (499 192 habitantes) con 206 985 toneladas anuales (SSPD, 2022), que hacen parte de los departamentos de Magdalena y Atlántico con 3 606 053 habitantes, presentan

mayor número de microplásticos en comparación con los departamentos influenciados por el río Sinú como Sucre y Córdoba que presentan 2419632 habitantes (DANE, 2018).

Además es pertinente mencionar que los factores de contaminación en estas ciudades también pueden provenir del vertimiento de aguas residuales de emisarios submarinos (casos de Cartagena y Santa Marta), contaminación por actividades portuarias y desechos derivados de actividades domésticas y socioeconómicas de los sectores que no están conectados al sistema de alcantarillado o presentan un déficit de saneamiento provocado por el inadecuado tratamiento de aguas residuales, tal es el caso de Santa Marta, llegando así a los ríos Manzanares y Gaira, hasta finalmente desembocar al mar (Invemar y MinAmbiente, 2011). En el caso del río Sinú, se considera una vía de transporte de los plásticos desde el interior del departamento de Córdoba hasta la costa Caribe y su desembocadura en Tinajones, en el área protegida de Cispatá, debido a las descargas directas de aguas residuales domésticas hacia el mar, además de los desechos vertidos por las instalaciones turísticas que se encuentran en la zona (Robertson y Chaparro, 1998; Sáenz-Arias *et al.*, 2023).

A causa de su problemática, los microplásticos han sido tema de investigación a nivel mundial con una mayor cantidad de estudios en la columna de agua, posiblemente por la facilidad de recolecta de muestras y posterior procesamiento respecto a las investigaciones en sedimentos (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2021), a pesar de la variabilidad en cuanto a distribución y concentración, los estudios evidencian la presencia en sedimentos marinos, como se muestra en reportes nacionales e internacionales (Tabla 4). Sin embargo, al comparar las concentraciones del presente estudio con otros datos reportados es indispensable considerar la variación de unidades y metodologías reportadas, pues a pesar de que se pretende tener métodos estandarizados para caracterizar los microplásticos, se han identificado falsos positivos y negativos que impiden una adecuada comparación entre estudios, asimismo diferencias en los métodos de recolecta de sedimento, presentándose sobreestimación o subestimación (Burton, 2017).

Tabla 4. Concentraciones promedio de microplásticos registrados en diferentes estudios internacionales y nacionales. FI: Fibra. FR: Fragmento. LA: Lámina. GR: Gránulo. LL: Lluviosa. SC: Seca.

	Referencia	Ubicación	Época muestreo	Método muestreo	Tamaños analizados	Concentraciones microplásticos	Formas predominantes
Internacional	Claessens <i>et al.</i> (2011)	Costa Belga	-	Draga Vanveen	0.038 mm-1 mm	390.7 ± 32.6 MP/kg	FI (59 %) GR (25 %)
	Mohamed y Obbard. (2014)	Costa de Singapur	Agosto - noviembre (2012)	Espátula acero	0.02 mm-5 mm	36.8 ± 23.6 partículas/kg	FI (72 %) LA (23 %)
	Naji <i>et al.</i> (2017)	Iran (Golfo Pérsico)	Enero - febrero (2016)	Espátula acero	0.82 mm – 4.6 mm	61 ± 49 partículas/kg	FI (88 %) LA (11.2 %)
	Li <i>et al.</i> (2018)	China (Bahía Qinzhou)	Diciembre (2016)	Espátula acero	0.16 mm-5 mm	42.9 ± 26.8 partículas/kg	FR (94 %) FI (0.5 %)
Nacional	Zhang <i>et al.</i> (2020).	Océano Pacífico Occidental	Julio - octubre (2018)	Corazonador acero	< 1 mm	240 partículas/kg	FI (52 %)
	Garcés-Ordoñez, <i>et al.</i> (2019)	CGSM	Época seca	-	1 mm-5 mm	2745 ± 1978 ítem/kg	LA- FI
	Vásquez-Molano <i>et al.</i> (2021)	Buenaventura	Abril, julio y noviembre (2016) Marzo, junio y octubre (2019)	Corazonador	< 5 mm	SC: 132.0 ± 30.3 partículas/kg LL: 274.2 ± 63.3 partículas/kg	SC: FI (54.19 %) FR (55.66 %) LL: FI (86.29 %)
	Presente estudio	Caribe colombiano	Noviembre (2021) Abril (2022)	Draga Van Veen	0.3 mm y 1.4 mm	LL: 144.22 ± 96.29 MP/kg SC: 185.78 ± 114.62 MP/kg	FI-LA

La mayor concentración de microplásticos encontrados en este estudio fue durante la época seca de 2022 presentando valores de 185.78 ± 114.62 MP/kg, así mismo Garcés-Ordoñez *et al.* (2019) reportaron una alta concentración para esta misma época climática en los suelos de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta en el sector del Magdalena; sin embargo, aunque en el presente estudio no se tuvo en cuenta el suelo de manglar, esta localidad sigue presentando mayor abundancia (275.56 ± 221.12 MP/kg). Durante la época lluviosa que tuvo lugar en 2021 se obtuvo una abundancia de 144.22 ± 96.29 MP/kg inferior a los resultados de Vásquez-Molano *et al.* (2021) durante la misma época climática en la región Pacífica de Colombia. Estudios realizados por Claessens *et al.* (2011) en puertos, playas y litorales de la Costa Belga así como Zhang *et al.* (2020) en el Océano Pacífico Occidental reportaron concentraciones superiores (Tabla 4).

En los sedimentos de los complejos cenagosos como La Caimanera y Ciénaga Grande de Santa Marta se encontraron menores cantidades de microplásticos en comparación con Garcés-Ordoñez *et al.* (2019) quien analizó muestras de suelo de manglar a diferencia del presente estudio. Dicha presencia de

desechos puede ser perjudicial para el ecosistema pues permite la creación de basureros en manglares y en los cuerpos de agua de las ciénagas ocasionando que, por acción de corrientes y vientos, sean retenidos por las raíces afectando a los organismos asociados (Martin *et al.*, 2019).

La concentración durante la época lluviosa se atribuye a diferentes factores que permiten esta disposición, uno de los más importantes es el aumento de escorrentía que permite el desplazamiento de macrolásticos con potencial de degradarse hasta llegar al medio marino, generando desgaste del material lo que puede exacerbar esta transferencia de desechos hacia el mar. Mientras que el aumento de los vientos alisios podría explicar la mayor concentración durante la época seca, pues influye sobre la corriente del Caribe y en consecuencia actúa como transporte de desechos en zonas costeras (Cole *et al.*, 2011). Considerando lo anterior se rechaza la hipótesis propuesta donde se esperaba una mayor concentración de microplásticos en la época lluviosa, sin embargo, hay que considerar que, a pesar de la diferencia entre épocas climáticas, se reportaron estaciones como La Caimanera e Isla fuerte con mayor abundancia.

Pese a la menor relación respecto a la época seca es pertinente tomar precaución a la hora de afirmar una mayor o menor concentración en épocas climáticas dadas las limitadas investigaciones de sedimentos en el sector. Sin embargo, Hurley *et al.* (2018) y Nel *et al.* (2018) mencionan la acumulación de microplásticos en sedimentos de ríos durante épocas secas actuando como sumideros de este material. Por lo tanto, en este estudio se afirma la relación que existe entre la época seca y la mayor cantidad de microplásticos que ingresan al medio a través de los vientos alisios, un claro ejemplo de ello es la mayor abundancia en la localidad de El Rodadero, al ser uno de los mayores centros poblados y con una alta actividad económica como el turismo que genera un impacto negativo en la calidad ambiental del ecosistema y posibilita la disponibilidad de residuos que podrían ser transportados por medio de vientos hasta el medio marino, pues cada año aproximadamente 600000 turistas entre extranjeros y nacionales visitan estas playas, siendo esta actividad otra fuente de contaminación dado su alto flujo de visitantes en las diferentes épocas del año permitiendo la entrada de residuos plásticos en el medio (CITUR, 2018; Garcés-Ordoñez *et al.*, 2020b).

En este estudio la mayor concentración se encontró en la categoría 0.3 mm en las dos épocas climáticas en ambos sectores, siendo las fibras la forma dominante, lo que concuerda con la hipótesis planteada. Esto coincide con lo reportado por estudios nacionales e internacionales como Claessens *et al.* (2011), Mohamed y Obbard. (2014), Naji *et al.* (2017), Zhang *et al.* (2020) y Vásquez-Molano *et al.* (2021), quienes hallaron un predominio de las fibras. Una de las fuentes relacionadas a este tipo de partículas se relaciona con el nylon producto de redes de pesca dado que es una de las actividades económicas más frecuentes, pero principalmente son originadas de prendas de ropa, gracias a la alta demanda de

estos productos por parte de la población, las cuales pueden producir hasta 1900 hebras mediante actividades domésticas como el lavado de estas prendas, que con la alta descarga de aguas residuales no tratadas pueden terminar en el medio marino (Cole *et al.*, 2011), así también en baja medida a las aguas potables como lo afirmaron Pivokonsky *et al.* (2018) quienes reportaron la presencia de microplásticos en aguas de consumo humano.

Si bien en el Caribe colombiano se desarrollan distintas actividades turísticas, portuarias y de desarrollo urbano que actúan como fuentes de actividad económica y crecimiento de la región, estas también contribuyen a la fuerte contaminación plástica que finalmente por un inadecuado manejo se vierten en cuerpos de agua (GESAMP, 2019; Garcés-Ordoñez *et al.*, 2021). Asimismo, el déficit de equipamiento para un turismo sostenible, la insuficiencia de métodos para recolección de residuos sólidos que permanecen en las playas y la falta de educación, y concientización ambiental generan la inadecuada disposición de plásticos, lo que causa la contaminación del ecosistema marino (Garcés-Ordoñez *et al.*, 2020a). El turismo se cataloga como una de las principales fuentes de contaminación marina, ya que una alta cantidad de los residuos sólidos generados por los turistas se quedan en la playa, provocando desplazamiento a zonas marinas (INVEMAR, 2017).

El alto impacto que conlleva el ingreso de microplásticos en el ambiente lleva a plantear que se transfieren individualmente o en asociación con macroplásticos. La falta de significancia de la correlación entre la posible influencia de los ríos con la transferencia de partículas plásticas en las áreas muestreadas se puede explicar principalmente por la densidad que tiene cada tipo de polímero posibilitando que los más densos, como los compuestos a base de polietileno y tereftalato de polietileno, fueran los más prominentes en sedimentos, así como lo reportaron Ferreira *et al.* (2020) y Mathalon y Hill (2014). Las altas densidades en la mayoría de microplásticos permiten la disposición en los fondos en regiones cercanas a la costa, mientras que los polímeros más ligeros pueden ser transportados por masas de agua a mayor distancia, formando aglomerados que resultan en su eventual transferencia vertical hasta los sedimentos marinos (Peng *et al.*, 2019).

Otros de los factores no menos importantes pueden ser las dinámicas oceánicas, correspondiente a vientos, olas, gradientes termohalinos, geomorfología del océano como inclinaciones o pendientes y características de la costa como tipo de arena e incluso la vegetación costera que tienen influencia sobre la distribución geográfica de los plásticos que ingresan (Barnes *et al.*, 2009; Zhang, 2017). Dados los anteriores planteamientos, se rechaza la hipótesis que sugiere que existe una alta concentración de microplásticos relacionado al aumento de caudal de los ríos, afirmando el enfoque de Horton *et al.* (2017) quienes relacionaron los bajos caudales con la mayor sedimentación de microplásticos, como se evidencia en el sector Sinú teniendo caudales entre 200 y 400 m³/s y presentando las mayores

concentraciones de los dos tamaños a comparación del sector Magdalena. Asimismo, es indispensable considerar los demás afluentes que conectan con los principales ríos como el Magdalena el cual se distribuye de sur a norte atravesando diferentes departamentos hasta desembocar en Bocas de Ceniza como lo menciona Ricaurte-Villota y Bastidas. (2017). Es posible por medio de los numerosos ríos o quebradas que en el transcurso conectan con el río Magdalena puedan transportarse microplásticos mediante corrientes y tener asentamientos a largas distancias, teniendo en cuenta las variaciones climáticas.

Aunque son claras las fuentes antropogénicas de contaminación en ambientes marinos, aun es limitado el conocimiento de las fuentes de contribución de microplásticos y más aún su distribución geográfica al ser transportados en su mayoría por complejos flujos de agua, corrientes e incluso vientos, que si bien estas variables pueden estipularse basados en datos espaciales y temporales, se dificulta el poder relacionar concretamente la disposición de microplásticos en sedimentos debido a la carencia de modelos que permitan su estudio, generando así una alta variabilidad de distribución a lo largo del océano, como se vio reflejado en el presente estudio donde la versatilidad de las concentraciones que presentaron la mayoría de las localidades, hacen que la abundancia de microplásticos sea difícil de entender al no tener un patrón claro de su trayectoria (Goldstein *et al.*,2013). Acción que se podría mitigar al aumentar el tamaño de la muestra e implementar una mayor replicación hasta obtener una reducción en la desviación estándar, sin embargo, esto refleja la complejidad al evaluar dichos contaminantes debido a los diferentes procesos como la entrada al medio, fragmentación y dispersión de microplásticos, pues se requiere un periodo de tiempo considerable para definir tendencias que permitan comprender su dinámica en los océanos.

10. CONCLUSIONES

A pesar de obtener una correlación positiva, no se presenta significancia sobre la posible influencia de las descargas de los ríos Magdalena y Sinú con relación a la concentración de microplásticos, por lo cual se infiere la posibilidad de que puedan ser de origen externo, así como la variabilidad espaciotemporal que influye en la distribución y dispersión geográfica de los microplásticos.

En la época seca se halló una mayor concentración de microplásticos con respecto a la lluviosa, aunque no existe una razón específica, el estudio permitió dar una aseveración sobre las posibles causas tal es el caso del turismo siendo esta una de las principales fuentes económicas de la región y principal punto de concentración de macrobasuras, del mismo modo la falta de sistemas de recolección de basuras y las descargas a los ríos.

Al ser las fibras los microplásticos más predominantes en todas las localidades y en las dos épocas climáticas seguidas por las láminas, se evidencia que la degradación y fragmentación de macroplásticos aumentan la concentración de microplásticos de origen secundario, intensificando dicha problemática.

Los microplásticos más pequeños (0.3 mm) fueron más abundantes en el estudio, indicando la prevalencia de los procesos de degradación de plásticos de mayor tamaño, así como la notable distribución en los sedimentos marinos.

11. RECOMENDACIONES

Se considera importante el desarrollo de planes de acción como estrategia de concientización ambiental a las comunidades, donde se fomente la adecuada disposición de residuos sólidos, así como la disminución de plásticos de un solo uso y como sustituirlos, para mitigar el aporte de microplásticos en los cuerpos de agua y sedimentos marinos.

Es conveniente para futuros estudios profundizar en los sistemas de recolección de desechos, industrias o plantas de producción de plásticos primarios que permitan entender el posible origen de los microplásticos, del mismo modo considerar otro tipo de variables oceanográficas como las corrientes oceánicas que pueden afectar su distribución. Es indispensable considerar que la diferencia de metodologías así como unidades de medida en los estudios referentes a microplásticos, dificultan considerablemente la comparación entre los mismos por lo que se hace indispensable estandarizar los métodos de muestreo.

12. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al proyecto de investigación “Concentraciones de microplásticos a las que está expuesta la biota marina en el Caribe colombiano” dentro del marco del programa “Redes tróficas marinas del Caribe colombiano en la era del plástico y los contaminantes tóxicos” el cual fue financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Innovación y ejecutado por la Universidad Jorge Tadeo Lozano en alianza con la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, pertenecientes a los grupos de investigación Dinámica y Manejo de Ecosistemas Marino-Costeros (DIMARCO) y Fauna Marina Colombiana: Biodiversidad y Usos.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Alimba, C. y C. Faggio. 2019. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 68: 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.001>
- Alomar, C., F. Estarellas y S. Deuder. 2016. Microplastics in the Mediterranean Sea: Deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Mar. Environ. Res.*, 115: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.01.005>
- Anderson, M., R. Gorley y K. Clarke. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods. PRIMER-E, Massey University, Plymouth, UK, 264 p.
- Andrady, A. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(8): 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Arango, C., J. Dorado, D. Guzmán y J. Ruiz. 2015. Climatología trimestral de Colombia. Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático, Subdirección de Meteorología–IDEAM, 5 p.
- Arévalo-Martínez, D. y A. Franco-Herrera. 2008. Características oceanográficas de la surgencia frente a la ensenada de Gaira, departamento de Magdalena, época seca menor de 2006. *Bol. Investig. Mar. Costeras.*, 37(2): 131-162.
- Auta, H., C. Emenike y S. Fauziah. 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environ. Int.*, 110: 165-176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Bakir, A., D. Doran, B. Silburn, J. Russell, S. Archer-Rand, J. Barry, T. Maes, C. Limpenny, C. Mason, J. Barber y E. Nicolaus. 2023. A spatial and temporal assessment of microplastics in seafloor sediments: A case study for the UK. *Front. Mar. Sci.*, 9: 1093815. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1093815>
- Barnes, R. y K. Mann. 1998. *Fundamentals of aquatic ecology*. 2nd edition. Blackwell Science, Oxford. 217 p.
- Barnes, D., F. Galgani, R. Thompson y M. Barlaz. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 364(1526): 985-1998. <https://doi:10.1098/rstb.2008.0205>
- Bernabeu, C. y C. Batanero. 2008. Análisis de datos con *Statgraphics*. Facultad de ciencias de la Educación, Universidad de Granada, Granada, España., 316 p.
- Bernal, G., G. Poveda, P. Roldán y C. Andrade. 2006. Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la costa Caribe colombiana. *Ciencias de la Tierra*, 30, 195-208.

- Bernot, M. y K. Wilson. 2012. Spatial and Temporal Variation of Dissolved Oxygen and Ecosystem Energetics in Devils Hole, Nevada. *West. N. Am. Nat.*, 72(3): 265-275. <http://dx.doi.org/10.3398/064.072.0301>.
- Bula-Meyer, G. 1977. Algas marinas béticas indicadores de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa Caribe de Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, 9, 45-71.
- Burton, G. 2017. La exposición a factores estresantes determina el riesgo: entonces ¿Por qué los colegas científicos continúan centrándose en el riesgo de los microplásticos superficiales? *Environ. Sci. Technol.*, 51(23): 13515-13516. <https://doi:10.1021/acs.est.7b05463>
- Carson, H., S. Colbert, M. Kaylor y K. McDermid. 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(8): 1708-1713. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.032>
- Cisneros, P., P. Montero y M. Guevara. 2021. Registro de fragmentos y fibras de plástico en sedimentos marinos. *Inf. Inst. Mar Perú*, 48(3): 478-483.
- CITUR, 2018. Centro de Información Turística de Colombia - Estadísticas departamento de Magdalena. <http://www.citur.gov.co/estadisticas/departamental>
- Claessens, M., S. de Meester, L. van Landuyt, K. de Clerck y C. Janssen. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(10): 2199-2204. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>
- Clarke, K., R. Gorley, P. Somerfield y R. Warwick. 2014. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 3rd edition. PRIMER-E: Plymouth. 262 p.
- Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband y T. Galloway. 2011. Los microplásticos como contaminantes en el medio marino: una revisión. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(12): 2588-2597. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Corcoran, P., J. de Haan, Ward, I. Arturo, S. Belontz, T. Moore, C. Hill-Svehla, K. Robertson, K. Wood y K. Jazvac. 2020. A comprehensive investigation of industrial plastic pellets on beaches across the Laurentian Great Lakes and the factors governing their distribution. *Sci. Total. Environ.*, 747: 141227. <https://doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141227>
- Correia, J., J. da Costa, A. Duarte y T. Rocha-Santos. 2018. Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: a critical review. *Trends. Analyt. Chem.*, 110: 150-159. <https://doi:10.1016/j.trac.2018.10.029>
- CVS-Corporación Autónoma Regional de los Valles del río Sinú y San Jorge, CONIF- Corporación Nacional de Investigación de Fomento Forestal y MMA-Ministerio del Medio Ambiente. 2003. Plan de manejo integral de manglares de la zona de uso sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá-departamento de Córdoba (PMIM- ZUSSEBC). 291 p.

- DANE, 2018. Censo nacional de Población y vivienda 2018 - Colombia. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>. 24/06/24
- Decreto 1875 de 1979 (República de Colombia Ministerio de Agricultura). Por el cual se dictan normas sobre la prevención de la contaminación del medio marino y otras disposiciones. 02 de agosto de 1979.
- de Sá, L., M. Oliveira, F. Ribeiro, T. López y M. Norman. 2018. Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Sci. Total. Environ.*, 645: 1029-1039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>
- Elias, R. 2015. Mar del plástico: Una revisión del plástico en el mar. *Rev. Invest. Desarr. Pesq.*, 27: 83-105.
- Engler, R. 2012. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environ. Sci. Tech.*, 46: 12302-12315. <https://doi.org/10.1021/es3027105>
- Eriksen, M., S. Mason, S. Wilson, C. Box, A. Zellers, W. Edwards, H. Farley y S. Amato. 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.*, 77(1-2): 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- Falahudin, D., M. Cordova, X. Sun, D. Yogasware, I. Wulandari, D. Hindarti y Z. Arifin. 2020. The first occurrence, spatial distribution and characteristics of microplastic particles in sediments from Banten Bay Indonesia. *Sci. Total. Environ.*, 705: 135304. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135304>
- Ferreira, M., J. Thompson, A. Paris, D. Rohindra y C. Rico. 2020. Presence of microplastics in water, sediments and fish species in an urban coastal environment of Fiji, a Pacific small island developing state. *Mar. Pollut. Bull.*, 153: 110991. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110991>
- Firdaus, M., Y. Trihadiningrum y P. Lestari. 2020. Microplastic pollution in the sediment of Jagir Estuary, Surabaya City, Indonesia. *Mar. Pollut. Bull.*, 150: 110790. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110790>
- Franco-Herrera, A., C. Torres, A. Sanjuan-Muñoz, L. García, S. Ramírez y D. López. 2011. Variabilidad oceanográfica en la zona costera del departamento del Magdalena, Caribe colombiano: un sistema de alto valor trófico. 26-37. En: Niño, L. y J. de León. (Ed.). *Gestión ambiental de las zonas costeras*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Cartagena de Indias, 196 p.
- Franco-Herrera, A., A. Sánchez, W. Guerra, J. Reynolds, S. Speich, J. Cantera, F. Gutierrez y E. Peña. 2020. Colombia, la oportunidad del agua: dos océanos y un mar de ríos y aguas subterráneas: Propuestas del foco de Océanos y recursos hidrobiológicos. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano., 460 p.
- Frias, J. y R. Nash. 2019. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Mar. Pollut. Bull.*, 138: 145-147.

- Garcés-Ordóñez, O., V. Castillo-Olaya, A. Granados-Briceño, L. García y L. Díaz. 2019. Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénega Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Mar. Pollut. Bull.*, 145: 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.058>
- Garcés-Ordóñez, O., L. Espinosa, R. Cardoso, B. Issa-Cardozo y R. Meigikos dos Anjos. 2020a. Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environ. Pollut.*, 115495. <https://doi:10.1016/j.envpol.2020.115495>
- Garcés-Ordóñez, O., L. Espinosa, R. Pereira y M. Costa. 2020b. The impact of tourism on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Mar. Pollut. Bull.*, 160: 111558. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2020.111558>
- Garcés-Ordóñez, O., L. Espinosa, M. Costa, L. Salles y R. Meigikos dos Anjos. 2021. Abundance, distribution, and characteristics of microplastics in coastal surface waters of the Colombian Caribbean and Pacific. *Environ. Sci. Pollut.*, 28(32): 43431-43442. <https://doi:10.1007/s11356-021-13723-x>
- Garcés-Ordóñez, O. 2022. Contaminación por microplásticos en manglares y playas del área marina protegida de Cispatá, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 14 (2): 9-25. <https://doi.org/10.15359/revmar.14-2.1>
- GESAMP-Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. 2019. Definitions and terminology. 5-11. En: Kershaw, P., A. Turra. y F. Galgani (Ed). *Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. Rep. Stud.*, 130 p.
- Goldstein, M., A. Titmus, M. Ford. 2013. Scales of spatial heterogeneity of plastic marine debris in the northeast Pacific Ocean. *Plos One*. 8(11): e80020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080020>.
- Guardiola, A. 2019. Potencial turístico de Santa Marta (Colombia): Una revisión de su desarrollo, crecimiento y barreras. *Rev. Espac.*, 40(6): 22.
- Herrera, A. 2009. La valoración económica de bienes y servicios ambientales como herramienta estratégica para la conservación y uso sostenible de los ecosistemas: Caso Ciénaga la Caimanera. *Coveñas-Sucre, Colombia*, 7(10): 73-91.
- Horton, A., A. Walton, D. Spurgeon, E. Lahive y C. Svendsen. 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci. Total. Environ.*, 586, 127-141. <https://doi:doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Hurley, R., J. Woodward y J. Rothwell. 2018. Microplastic contamination of riverbeds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nat. Geosci.*, 11(4): 251-257. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0080-1>
- IDEAM-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2001. Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena-Cauca y elementos para su ordenamiento territorial. Reporte técnico y base de

- datos de Arcinfo, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, Bogotá, 984 p.
- INVEMAR y MinAmbiente. 2011. Desarrollo de fundamentos para el fortalecimiento de los parámetros y los límites permisibles de los vertimientos puntuales a las aguas marinas en Colombia. Informe Final. Santa Marta., 189 p.
- INVEMAR. 2017. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el caribe y pacífico colombiano. En: Garcés, O., Espinosa, L. (Eds.), Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Serie de publicaciones periódicas No. 4 (2017) del INVEMAR, Santa Marta, 260 p.
- Klein, S., E. Worch y T. Knepper. 2015. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environ. Sci. Technol.*, 49(10): 6070-6076. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00492>
- Klein, S., I. Dimzon, J. Eubeler y T. Knepper. 2017. Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment. *Freshwater Microplastics. Handb. Environ. Chem.*, 58: 51-67. https://doi:10.1007/978-3-319-61615-5_3
- Kumar, V., G. Ravikumar y K. Jeyasanta. 2018. Occurrence of microplastics in fishes from two landing sites in Tuticorin, Southeast coast of India. *Mar. Pollut. Bull.*, 135: 889-894. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2018.08.023>
- Latini, G., C. de Felice y A. Verrotti. 2004. Plasticizers, infant nutrition and reproductive health. *Reprod. Toxicol.*, 19(1): 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2004.05.011>
- Lebreton, L., J. van der Zwet, J. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady y J. Reisser. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.*, 8: 2-10. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Ley 1973 de 2019. Por medio de la cual se regula y prohíbe el ingreso, comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e Islas Menores que lo componen, y se dictan otras disposiciones. 19 de julio de 2019. D. O. No. 51019.
- Ley 2232 de 2022. Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones. 08 de Julio de 2022. D. O. No. 52.089
- Li, J., H. Liu y J. Chen. 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Res.*, 137: 362-374. <https://doi:10.1016/j.watres.2017.12.056>

- Lima, A. R. A., Costa, M. F., Barletta, M. 2014. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. *Environ. Res.*, 132: 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.03.031>
- Martin, C., H. Almahasheer y C. Duarte. 2019. Mangrove forests as traps for marine litter. *Environ. Pollut.*, 247: 499-508. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.067>
- Mathalon, A. y P. Hill. 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Mar. Pollut. Bull.*, 81(1): 69-79. <https://doi.org/doi:10.1016/j.marpolbul.2014.02.018>
- Mohamed, N. y J. Obbard. 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Mar. Pollut. Bull.*, 79(1-2): 278-283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>
- Naji, A., Z. Esmaili, S. Mason y A. Dick-Vethaak. 2017. The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environ. Sci. Pollut.*, 24(25): 20459-20468. <https://doi:10.1007/s11356-017-9587-z>
- Napper, I., A. Bakir, S. Rowland y R. Thompson. 2015. Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Mar. Pollut. Bull.*, 99(1-2): 178-185. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.029>
- Nel, H., T. Dalu y R. Wasserman. 2018. Sinks and sources: Assessing microplastic abundance in river sediment and deposit feeders in an Austral temperate urban river system. *Sci. Total. Environ.*, 612: 950-956. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.298>
- Peng, G., B. Zhu, D. Yang, L. Su, H. Shi, D. Li. 2017. Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environ Pollut.*, 225: 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064>
- Peng, L., D. Fu, H. Qi, C. Lan, H. Yu y C. Ge. 2019. Micro and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats. A review. *Sci. Total. Environ.*, 698. <https://doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134>
- Pivokonsky, M., L. Cermakova, K. Novotna, P. Peer, T. Cajthaml y V. Janda. 2018. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Sci. Total. Environ.*, 643: 1644-1651. <https://doi:10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>
- Rangel-Buitrago, N., F. Ochoa, R. Rodríguez, J. Moreno, J. Trilleras, V. Arana y W. Neal. 2023. Decoding plastic pollution in the geological record: A baseline study on the Caribbean Coast of Colombia, north South America. *Mar. Pollut. Bull.*, 192: 114993. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2023.114993>
- Resolución 668 de 2016 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). Por la cual se reglamenta el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. 28 de abril de 2016.

- Resolución 1417 de 2018 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones. 26 de julio de 2018.
- Resolución 1017 de 2018 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). Por la cual se aprueban y adoptan Tablas de Retención documental para el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 08 de junio de 2018.
- Resolución 1558 de 2019. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-Parques Nacionales Naturales de Colombia). Por lo cual se prohíbe el ingreso de plásticos de un solo uso en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales Colombia y se adoptan otras disposiciones. 09 de octubre de 2019.
- Ricaurte-Villota, C. y M. Bastidas. 2017. Regionalización oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andréis (INVEMAR). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 14. Santa Marta, Colombia. 180 p.
- Rillig, M. 2012. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environ. Sci. Tech.*, 46(12): 6453-6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>
- Robertson, K. y J. Chaparro. 1998. Evolución histórica del río Sinú. *Cuadernos de Geografía*, 7(1): 70-87.
- Ruíz-Ochoa, M., G. Bernal y J. Polanía. 2008. Influencia del río Sinú y el mar Caribe en el sistema lagunar de Cispatá. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 37(1): 29-49. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2008.37.1.180>
- Sáenz-Arias, S., O. Garcés-Ordóñez, T. Córdoba-Meza, L. Blandon, L. Espinosa Díaz, L. Vivas-Aguas y M. Canals. 2023. Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos–microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas. *Ecosistemas.*, 32(1): 2489. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2489>
- SSPD. 2022. Informe nacional de disposición final de residuos sólidos. Edición N° 15, Bogotá. 46p.
- Valera, J. y C. González. 1998. Cultura y ecosistema en la subregión Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). *Investigación y Desarrollo*, (8): 54-67.
- Vásquez-Molano, D., A. Molina y G. Duque. 2021. Distribución espacial y aumento a través del tiempo de microplásticos en sedimentos de la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 50(1): 27-42. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.1021>
- Virsek, M.K., Palatinus, A., Koren, S., Peterlin, M., Horvat, P., Krzan, A., 2016. Protocol for microplastics sampling on the sea surface and sample analysis. *J. Vis. Exp.*, 118: 55161. <https://doi.org/10.3791 / 55161>

- Wahyuningsih, H., Bangun, A., y Muhtadi, A. 2018. The relation of sediment texture to macro- and microplastic abundance in the intertidal zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122(1): 012101. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012101>
- Zamora-Bornachera, A., D. Vivas Avendaño, O. Garcés y P. Sierra-Correa. 2021. Basuras marinas: opciones de política y recomendaciones para abordar la problemática en Colombia. *PNUMA-INVEMAR*. Serie de Publicaciones Generales de INVEMAR #117. Santa Marta, Colombia. 76 p.
- Zhang, H. 2017. Transport of microplastics in coastal seas. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 199: 74-86. <https://doi:10.1016/j.ecss.2017.09.032>
- Zhang, D., X. Liu, W. Huang, J. Li, C. Wang, D. Zhang, D y C. Zhang. 2020. Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Ocean. *Environ Pollut.*, 113948. <https://doi:10.1016/j.envpol.2020.113948>

14. ANEXOS

Anexo 1. Concentraciones de microplásticos en sedimentos (MP/kg) de dos tamaños en las localidades del sector Magdalena y Sinú en dos épocas climáticas. Promedio \pm desviación estándar (mínimo – máximo) coeficiente de variación.

		LLUVIOSA					
		Filamentos	Fragmentos	Espumas	Láminas	Microplásticos	
1.4 mm	Atlántico	6.67 \pm 3.33	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	6.67 \pm 3.33	
		3.33 - 10.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 10.00	
		50.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	50.00 %	
	CGSM	14.44 \pm 7.70	2.22 \pm 3.85	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	16.67 \pm 11.55	
		10.00 - 23.33	0.00 - 6.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	10.00 - 30.00	
		53.29 %	173.21 %	0.00 %	0.00 %	69.28 %	
	Magdalena El Rodadero	15.56 \pm 11.71	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	5.56 \pm 9.62	21.11 \pm 20.37	
		3.33 - 26.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 16.67	3.33 - 43.33	
		75.25 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	96.48 %	
	Salamanca	30.00 \pm 5.77	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	4.44 \pm 5.09	34.44 \pm 1.92	
		23.33 - 33.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 10.00	33.33 - 36.67	
		19.25 %	0.00 %	0.00 %	114.56 %	5.59 %	
	Tasajera	3.33 \pm 5.77	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	3.33 \pm 5.77	
		0.00 - 10.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 10.00	
		173.21 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	
	TOTAL	14.00 \pm 11.42	0.44 \pm 1.72	0.00 \pm 0.00	2.00 \pm 4.85	16.44 \pm 14.72	
		0.00 - 33.33	0.00 - 6.67	0.00 - 0.00	0.00 - 16.67	0.00 - 43.33	
		81.59 %	387.30 %	0.00 %	242.34 %	89.50 %	
	Sinú	Cispatá	11.11 \pm 10.72	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	11.11 \pm 10.72
			3.33 - 23.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 23.33
			96.44 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	96.44 %
		Isla Fuerte	7.78 \pm 5.09	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	7.78 \pm 5.09
			3.33 - 13.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 13.33
			65.47 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	65.47 %
La Caimanera		24.44 \pm 13.47	0.00 \pm 0.00	5.56 \pm 5.09	0.00 \pm 0.00	30.00 \pm 15.28	
		10.00 - 36.67	0.00 - 0.00	0.00 - 10.00	0.00 - 0.00	16.67 - 46.67	
		55.11 %	0.00 %	91.65 %	0.00 %	50.92 %	
Sinú		12.22 \pm 8.39	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	0.00 \pm 0.00	13.33 \pm 10.00	
		3.33 - 20.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	3.33 - 23.33	
		68.63 %	0.00 %	173.21 %	0.00 %	75.00 %	
Tinajones	17.78 \pm 12.62	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	18.89 \pm 13.88		
	3.33 - 26.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	3.33 - 30.00		
	70.99 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	73.47 %		
TOTAL	14.67 \pm 10.75	0.00 \pm 0.00	1.33 \pm 3.03	0.22 \pm 0.86	16.22 \pm 12.65		
	3.33 - 36.67	0.00 - 0.00	0.00 - 10.00	0.00 - 3.33	3.33 - 46.67		
	73.29 %	0.00 %	227.56 %	387.30 %	78.00 %		
0.3 mm	Atlántico	127.78 \pm 33.39	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	2.22 \pm 1.92	131.11 \pm 36.72	
		93.33 - 160.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	93.33 - 166.67	
		26.13 %	0.00 %	173.21 %	86.60 %	28.00 %	
	CGSM	67.78 \pm 53.99	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	2.22 \pm 3.85	71.11 \pm 59.75	
		33.33 - 130.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 6.67	33.33 - 140.00	
		79.66 %	0.00 %	173.21 %	173.21 %	84.03 %	
	Magdalena El Rodadero	210.00 \pm 122.52	0.00 \pm 0.00	3.33 \pm 3.33	3.33 \pm 3.33	216.67 \pm 127.19	
		80.00 - 323.33	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	0.00 - 6.67	83.33 - 336.67	
		58.34 %	0.00 %	100.00 %	100.00 %	58.70 %	
	Salamanca	52.22 \pm 28.35	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	53.33 \pm 28.48	
		23.33 - 80.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	23.33 - 80.00	
		54.29 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	53.40 %	
	Tasajera	62.22 \pm 35.95	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	0.00 \pm 0.00	63.33 \pm 37.86	
		36.67 - 103.33	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	36.67 - 106.67	
		57.78 %	0.00 %	173.21 %	0.00 %	59.78 %	
	TOTAL	104.00 \pm 82.33	0.00 \pm 0.00	1.33 \pm 2.11	1.78 \pm 2.48	107.11 \pm 85.66	
		23.33 - 323.33	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	0.00 - 6.67	23.33 - 336.67	
		79.16 %	0.00 %	158.11 %	139.35 %	79.97 %	
	Sinú	Cispatá	83.33 \pm 45.09	2.22 \pm 3.85	2.22 \pm 3.85	2.22 \pm 3.85	90.00 \pm 55.68
			40.00 - 130.00	0.00 - 6.67	0.00 - 6.67	0.00 - 6.67	40.00 - 150.00
			54.11 %	173.21 %	173.21 %	173.21 %	61.86 %
		Isla Fuerte	85.56 \pm 17.11	1.11 \pm 1.92	1.11 \pm 1.92	1.11 \pm 1.92	88.89 \pm 13.88
			66.67 - 100.00	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	73.33 - 100.00
			19.99 %	173.21 %	173.21 %	173.21 %	15.61 %
La Caimanera		268.89 \pm 71.67	3.33 \pm 5.77	5.56 \pm 1.92	8.89 \pm 15.40	286.67 \pm 76.88	
		196.67 - 340.00	0.00 - 10.00	3.33 - 6.67	0.00 - 26.67	200.00 - 346.67	
		26.66 %	173.21 %	34.64 %	173.21 %	26.82 %	
Sinú		131.11 \pm 75.74	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	0.00 \pm 0.00	132.22 \pm 76.04	
		50.00 - 200.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	50.00 - 200.00	
		57.77 %	0.00 %	173.21 %	0.00 %	57.51 %	
Tinajones	130.00 \pm 85.70	1.11 \pm 1.92	0.00 \pm 0.00	14.44 \pm 1.92	145.56 \pm 86.30		
	63.33 - 226.67	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	13.33 - 16.67	80.00 - 243.33		
	65.92 %	173.21 %	0.00 %	13.32 %	59.29 %		
TOTAL	139.78 \pm 88.64	1.56 \pm 3.05	2.00 \pm 2.76	5.33 \pm 8.34	148.67 \pm 94.07		
	40.00 - 340.00	0.00 - 10.00	0.00 - 6.67	0.00 - 26.67	40.00 - 346.67		
	63.41 %	196.17 %	138.01 %	156.34 %	63.27 %		

		SECA					
		Filamentos	Fragmentos	Espumas	Láminas	Microplásticos	
1.4 mm	Atlántico	26.67 ± 23.33	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	26.67 ± 23.33	
		10.00 - 53.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	10.00 - 53.33	
		87.50 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	87.50 %	
	CGSM	13.33 ± 5.77	0.00 ± 0.00	1.11 ± 1.92	2.22 ± 3.85	16.67 ± 11.55	
		10.00 - 20.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 6.67	10.00 - 30.00	
		43.30 %	0.00 %	173.21 %	173.21 %	69.28 %	
	Magdalena	El Rodadero	31.11 ± 21.17	1.11 ± 1.92	0.00 ± 0.00	3.33 ± 3.33	35.56 ± 19.53
			6.67 - 43.33	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	13.33 - 50.00
			68.04 %	173.21 %	0.00 %	100.00 %	54.93 %
	Salamanca		8.89 ± 5.09	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	8.89 ± 5.09
			3.33 - 13.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 13.33
			57.28 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	57.28 %
	Tasajera		23.33 ± 12.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	23.33 ± 12.02
			13.33 - 36.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	13.33 - 36.67
			51.51 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	51.51 %
	TOTAL		20.67 ± 15.64	0.22 ± 0.86	0.22 ± 0.86	1.11 ± 2.41	22.22 ± 16.22
			3.33 - 53.33	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	0.00 - 6.67	3.33 - 53.33
			75.70 %	387.30 %	387.30 %	217.12 %	72.97 %
	Sinú	Cispatá	5.56 ± 1.92	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	5.56 ± 1.92
			3.33 - 6.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 6.67
		34.64 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	34.64 %	
Isla Fuerte		4.44 ± 1.92	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	4.44 ± 1.92	
		3.33 - 6.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 6.67	
		43.30 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	43.30 %	
La Caimanera		3.33 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.11 ± 1.92	2.22 ± 1.92	6.67 ± 3.33	
		3.33 - 3.33	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	3.33 - 10.00	
			0.00 %	173.21 %	86.60 %	50.00 %	
Sinú			7.78 ± 8.39	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.11 ± 1.92	8.89 ± 6.94
			0.00 - 16.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	3.33 - 16.67
			107.85 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	78.06 %
Tinajones		4.44 ± 3.85	1.11 ± 1.92	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	5.56 ± 1.92	
		0.00 - 6.67	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 6.67	
		86.60 %	173.21 %	0.00 %	0.00 %	34.64 %	
TOTAL		5.11 ± 3.96	0.22 ± 0.86	0.22 ± 0.86	0.67 ± 1.38	6.22 ± 3.53	
		0.00 - 16.67	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	3.33 - 16.67	
		77.43 %	387.30 %	387.30 %	207.02 %	56.79 %	
0.3 mm	Atlántico	143.33 ± 101.71	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.22 ± 1.92	145.56 ± 101.78	
		43.33 - 246.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	46.67 - 250.00	
		70.96 %	0.00 %	0.00 %	86.60 %	69.93 %	
	CGSM	245.56 ± 201.14	0.00 ± 0.00	3.33 ± 3.33	10.00 ± 11.55	258.89 ± 209.61	
		110.00 - 476.67	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	3.33 - 23.33	120.00 - 500.00	
		81.91 %	0.00 %	100.00 %	115.47 %	80.97 %	
	Magdalena	El Rodadero	303.33 ± 138.60	1.11 ± 1.92	3.33 ± 0.00	11.11 ± 5.09	318.89 ± 136.23
			153.33 - 426.67	0.00 - 3.33	3.33 - 3.33	6.67 - 16.67	173.33 - 443.33
			45.69 %	173.21 %	0.00 %	45.83 %	42.72 %
	Salamanca		185.56 ± 49.93	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.22 ± 3.85	187.78 ± 46.23
			130.00 - 226.67	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	136.67 - 226.67
			26.91 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	24.62 %
	Tasajera		123.33 ± 80.90	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.11 ± 1.92	124.44 ± 79.05
			33.33 - 190.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	36.67 - 190.00
			65.59 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	63.52 %
	TOTAL		200.22 ± 126.56	0.22 ± 0.86	1.33 ± 2.11	5.33 ± 6.76	207.11 ± 131.20
			33.33 - 476.67	0.00 - 3.33	0.00 - 6.67	0.00 - 23.33	36.67 - 500.00
			63.21 %	387.30 %	158.11 %	126.77 %	63.35 %
	Sinú	Cispatá	153.33 ± 41.77	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	3.33 ± 3.33	156.67 ± 43.72
			110.00 - 193.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	110.00 - 196.67
		27.24 %	0.00 %	0.00 %	100.00 %	27.90 %	
Isla Fuerte		73.33 ± 6.67	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.11 ± 1.92	74.44 ± 6.94	
		66.67 - 80.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	66.67 - 80.00	
		9.09 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	9.32 %	
La Caimanera		177.78 ± 39.06	1.11 ± 1.92	2.22 ± 1.92	6.67 ± 6.67	187.78 ± 41.41	
		133.33 - 206.67	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	0.00 - 13.33	140.00 - 213.33	
		21.97 %	173.21 %	86.60 %	100.00 %	22.05 %	
Sinú			91.11 ± 29.12	0.00 ± 0.00	3.33 ± 5.77	13.33 ± 11.55	107.78 ± 31.51
			66.67 - 123.33	0.00 - 0.00	0.00 - 10.00	0.00 - 20.00	83.33 - 143.33
			31.96 %	0.00 %	173.21 %	86.60 %	29.23 %
Tinajones		148.89 ± 57.38	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	4.44 ± 5.09	153.33 ± 57.83	
		83.33 - 190.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 10.00	86.67 - 190.00	
		38.54 %	0.00 %	0.00 %	114.56 %	37.72 %	
TOTAL		128.89 ± 52.52	0.22 ± 0.86	1.11 ± 2.72	5.78 ± 7.07	136.00 ± 53.46	
		66.67 - 206.67	0.00 - 3.33	0.00 - 10.00	0.00 - 20.00	66.67 - 213.33	
		40.75 %	387.30 %	244.95 %	122.32 %	39.31 %	

Anexo 2. Concentraciones totales de microplásticos en sedimentos (MP/kg) de las localidades del sector Magdalena y Sinú en dos épocas climáticas. Promedio \pm desviación estándar (mínimo – máximo) coeficiente de variación.

		LLUVIOSA				
		Filamentos	Fragmentos	Espumas	Láminas	Microplásticos
Magdalena	Atlántico	134.44 \pm 36.72	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	2.22 \pm 1.92	137.78 \pm 40.05
		96.67 - 170.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	96.67 - 176.67
		27.31 %	0.00 %	173.21 %	86.60 %	29.07 %
	CGSM	82.22 \pm 51.03	2.22 \pm 3.85	1.11 \pm 1.92	2.22 \pm 3.85	87.78 \pm 55.51
		43.33 - 140.00	0.00 - 6.67	0.00 - 3.33	0.00 - 6.67	43.33 - 150.00
		62.06 %	173.21 %	173.21 %	173.21 %	63.24 %
	El Rodadero	225.56 \pm 117.49	0.00 \pm 0.00	3.33 \pm 3.33	8.89 \pm 10.18	237.78 \pm 123.89
		96.67 - 326.67	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	0.00 - 20.00	100.00 - 340.00
		52.09 %	0.00 %	100.00 %	114.56 %	52.10 %
	Salamanca	82.22 \pm 23.65	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	5.56 \pm 3.85	87.78 \pm 26.74
		56.67 - 103.33	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	3.33 - 10.00	60.00 - 113.33
		28.76 %	0.00 %	0.00 %	69.28 %	30.46 %
Tasajera	65.56 \pm 34.21	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	0.00 \pm 0.00	66.67 \pm 36.06	
	36.67 - 103.33	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	36.67 - 106.67	
	52.19 %	0.00 %	173.21 %	0.00 %	54.08 %	
TOTAL	118.00 \pm 80.36	0.44 \pm 1.72	1.33 \pm 2.11	3.78 \pm 5.47	123.56 \pm 85.03	
	36.67 - 326.67	0.00 - 6.67	0.00 - 6.67	0.00 - 20.00	36.67 - 340.00	
	68.11 %	387.30 %	158.11 %	144.86 %	68.82 %	
Sinú	Cispatá	94.44 \pm 54.19	2.22 \pm 3.85	2.22 \pm 3.85	2.22 \pm 3.85	101.11 \pm 65.18
		46.67 - 153.33	0.00 - 6.67	0.00 - 6.67	0.00 - 6.67	46.67 - 173.33
		57.38 %	173.21 %	173.21 %	173.21 %	64.46 %
	Isla Fuerte	93.33 \pm 20.28	1.11 \pm 1.92	1.11 \pm 1.92	1.11 \pm 1.92	96.67 \pm 17.32
		70.00 - 106.67	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	76.67 - 106.67
		21.72 %	173.21 %	173.21 %	173.21 %	17.92 %
	La Caimanera	293.33 \pm 85.05	3.33 \pm 5.77	11.11 \pm 5.09	8.89 \pm 15.40	316.67 \pm 90.62
		206.67 - 376.67	0.00 - 10.00	6.67 - 16.67	0.00 - 26.67	216.67 - 393.33
		28.99 %	173.21 %	45.83 %	173.21 %	28.62 %
	Sinú	143.33 \pm 81.85	0.00 \pm 0.00	2.22 \pm 3.85	0.00 \pm 0.00	145.56 \pm 82.75
		53.33 - 213.33	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	0.00 - 0.00	53.33 - 213.33
		57.11 %	0.00 %	173.21 %	0.00 %	56.85 %
Tinajones	147.78 \pm 95.70	1.11 \pm 1.92	0.00 \pm 0.00	15.56 \pm 3.85	164.44 \pm 98.00	
	66.67 - 253.33	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	13.33 - 20.00	83.33 - 273.33	
	64.76 %	173.21 %	0.00 %	24.74 %	59.59 %	
TOTAL	154.44 \pm 97.56	1.56 \pm 3.05	3.33 \pm 5.04	5.56 \pm 8.70	164.89 \pm 105.16	
	46.67 - 376.67	0.00 - 10.00	0.00 - 16.67	0.00 - 26.67	46.67 - 393.33	
	63.17 %	196.17 %	151.19 %	156.57 %	63.78 %	
TOTAL ÉPOCA				144.22 \pm 96.29		
				36.67 - 393.33		
				66.76 %		
		SECA				
		Filamentos	Fragmentos	Espumas	Láminas	Microplásticos
Magdalena	Atlántico	154.44 \pm 44.39	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	2.22 \pm 1.92	172.22 \pm 124.07
		103.33 - 183.33	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 3.33	56.67 - 303.33
		28.74 %	0.00 %	173.21 %	86.60 %	72.04 %
	CGSM	81.11 \pm 59.75	0.00 \pm 0.00	2.22 \pm 3.85	4.44 \pm 7.70	275.56 \pm 221.12
		43.33 - 150.00	0.00 - 0.00	0.00 - 6.67	0.00 - 13.33	130.00 - 530.00
		73.67 %	0.00 %	173.21 %	173.21 %	80.24 %
	El Rodadero	241.11 \pm 106.32	1.11 \pm 1.92	3.33 \pm 3.33	6.67 \pm 5.77	354.44 \pm 155.36
		123.33 - 330.00	0.00 - 3.33	0.00 - 6.67	3.33 - 13.33	186.67 - 493.33
		44.10 %	173.21 %	100.00 %	86.60 %	43.83 %
	Salamanca	61.11 \pm 26.94	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	196.67 \pm 41.63
		36.67 - 90.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	150.00 - 230.00
		44.09 %	0.00 %	0.00 %	173.21 %	21.17 %
Tasajera	85.56 \pm 47.88	0.00 \pm 0.00	1.11 \pm 1.92	0.00 \pm 0.00	147.78 \pm 89.84	
	50.00 - 140.00	0.00 - 0.00	0.00 - 3.33	0.00 - 0.00	50.00 - 226.67	
	55.96 %	0.00 %	173.21 %	0.00 %	60.79 %	
TOTAL	124.67 \pm 86.79	0.22 \pm 0.86	1.56 \pm 2.48	2.89 \pm 4.52	229.33 \pm 142.12	
	36.67 - 330.00	0.00 - 3.33	0.00 - 6.67	0.00 - 13.33	50.00 - 530.00	
	69.62 %	387.30 %	159.26 %	156.43 %	61.97 %	

	Cispatá	88.89 ± 45.26	2.22 ± 3.85	2.22 ± 3.85	2.22 ± 3.85	162.22 ± 45.50
		46.67 - 136.67 50.91 %	0.00 - 6.67 173.21 %	0.00 - 6.67 173.21 %	0.00 - 6.67 173.21 %	113.33 - 203.33 28.05 %
	Isla Fuerte	90.00 ± 17.64	1.11 ± 1.92	1.11 ± 1.92	1.11 ± 1.92	78.89 ± 7.70
		70.00 - 103.33 19.60 %	0.00 - 3.33 173.21 %	0.00 - 3.33 173.21 %	0.00 - 3.33 173.21 %	70.00 - 83.33 9.76 %
Sinú	La Caimanera	272.22 ± 71.67	3.33 ± 5.77	6.67 ± 3.33	11.11 ± 16.44	194.44 ± 41.41
		200.00 - 343.33 26.33 %	0.00 - 10.00 173.21 %	3.33 - 10.00 50.00 %	0.00 - 30.00 147.99 %	146.67 - 220.00 21.30 %
	Sinú	138.89 ± 80.44	0.00 ± 0.00	1.11 ± 1.92	1.11 ± 1.92	116.67 ± 38.44
		50.00 - 206.67 57.92 %	0.00 - 0.00 0.00 %	0.00 - 3.33 173.21 %	0.00 - 3.33 173.21 %	86.67 - 160.00 32.95 %
	Tinajones	134.44 ± 86.94	2.22 ± 1.92	0.00 ± 0.00	14.44 ± 1.92	158.89 ± 56.80
		70.00 - 233.33 64.67 %	0.00 - 3.33 86.60 %	0.00 - 0.00 0.00 %	13.33 - 16.67 13.32 %	93.33 - 193.33 35.75 %
TOTAL		144.89 ± 88.87	1.78 ± 3.05	2.22 ± 3.25	6.00 ± 8.75	142.22 ± 54.32
		46.67 - 343.33 61.34 %	0.00 - 10.00 171.65 %	0.00 - 10.00 146.39 %	0.00 - 30.00 145.78 %	70.00 - 220.00 38.19 %
TOTAL ÉPOCA				185.78 ± 114.62		
				50.00 - 530.00		
				61.70 %		

Anexo 3. Promedio de la distancia de los ríos Magdalena y Sinú a las diferentes estaciones de cada sector considerando sus coordenadas, así como la concentración de microplásticos (MP/kg) por tamaño y época climática.

SECTOR MAGDALENA									
Localidad	Dragado	Latitud	Longitud	Distancia río Magdalena (km)	Promedio	Microplásticos			
						Lluviosa		Seca	
						0.3 mm	1.4 mm	0.3 mm	1.4 mm
ROD_1	1	11°10'39.4" N	74°14'44.1" W	66.50					
ROD_1	2	11°10'41.7" N	74°14'39.6" W	66.64	66.64	25	5	133	15
ROD_1	3	11°10'52.6" N	74°14'36.2" W	66.79					
ROD_2	1	11°12'23.1" N	74°14'28.1" W	67.46					
ROD_2	2	11°12'08.4" N	74°14'23.0" W	67.54	67.44	69	13	102	13
ROD_2	3	11°11'41.8" N	74°14'26.1" W	67.31					
ROD_3	1	11°13'30.3" N	74°14'14.7" W	68.26					
ROD_3	2	11°13'26.1" N	74°14'24.5" W	67.94	67.93	101	1	52	4
ROD_3	3	11°13'20.2" N	74°14'34.3" W	67.61					
TAS_1	1	11°00'18.8" N	74°25'15.5" W	47.99					
TAS_1	2	11°00'18.8" N	74°25'32.3" W	47.49	47.98	32	0	57	11
TAS_1	3	11°00'24.7" N	74°24'58.3" W	48.46					
TAS_2	1	11°01'31.5" N	74°22'47.0" W	51.98					
TAS_2	2	11°01'27.7" N	74°22'30.4" W	52.50	52.06	14	3	44	6
TAS_2	3	11°01'18.2" N	74°22'58.8" W	51.70					
TAS_3	1	11°04'41.7" N	74°19'24.7" W	57.49					
TAS_3	2	11°04'21.6" N	74°18'56.2" W	58.39	58.11	11	0	11	4
TAS_3	3	11°04'53.1" N	74°18'52.8" W	58.45					
SAL_1	1	11°04'06.9" N	74°39'37.4" W	20.98					
SAL_1	2	11°04'13.7" N	74°39'58.3" W	20.32	20.30	7	11	41	4
SAL_1	3	11°04'17.8" N	74°40'21.2" W	19.61					
SAL_2	1	11°02'50.6" N	74°35'55.4" W	28.03					
SAL_2	2	11°02'50.6" N	74°36'11.9" W	27.54	27.54	17	10	68	1
SAL_2	3	11°02'51.8" N	74°36'28.6" W	27.04					
SAL_3	1	11°00'24.9" N	74°32'49.7" W	34.63					
SAL_3	2	11°01'22.5" N	74°32'55.6" W	33.97	34.30	24	10	60	3
SAL_3	3	11°00'53.7" N	74°32'52.3" W	34.30					
ATL_1	1	10°54'23.0" N	75°07'28.7" W	36.90					
ATL_1	2	10°54'00.8" N	75°07'53.5" W	37.93	37.92	28	1	14	3
ATL_1	3	10°53'42.3" N	75°08'21.1" W	38.93					
ATL_2	1	10°55'19.6" N	75°04'36.7" W	31.69					
ATL_2	2	10°55'22.2" N	75°04'22.2" W	31.29	31.22	50	3	42	5
ATL_2	3	10°55'24.9" N	75°03'58.7" W	30.69					
ATL_3	1	10°55'45.7" N	75°03'15.1" W	29.27					
ATL_3	2	10°55'27.3" N	75°02'51.2" W	29.10	29.17	40	2	75	16
ATL_3	3	10°55'13.3" N	75°02'40.1" W	29.14					

SECTOR SINÚ

Localidad	Dragado	Latitud	Longitud	Distancia río Sinú (km)	Promedio	Microplásticos			
						Lluviosa		Seca	
						0.3 mm	1.4 mm	0.3 mm	1.4 mm
CIS_1	1	09°24'59.3" N	75°49'04.1" W	73.74					
CIS_1	2	09°24'04.0" N	75°48'50.6" W	72.11	73.26	45	7	49	2
CIS_1	3	09°25'00.6" N	75°48'34.2" W	73.92					
CIS_2	1	09°23'58.5" N	75°48'40.6" W	71.99					
CIS_2	2	09°24'08.0" N	75°48'26.6" W	72.35	72.35	12	2	59	2
CIS_2	3	09°24'18.0" N	75°48'14.5" W	72.72					
CIS_3	1	09°23'37.6" N	75°47'58.6" W	71.58					
CIS_3	2	09°23'38.7" N	75°47'43.0" W	71.70	71.82	24	1	33	1
CIS_3	3	09°23'53.7" N	75°47'34.1" W	72.20					
SIN_1	1	09°28'29.8" N	75°52'34.8" W	79.56					
SIN_1	2	09°28'33.6" N	75°52'00.8" W	79.74	79.76	44	7	43	5
SIN_1	3	09°28'38.9" N	75°51'25.3" W	79.98					
SIN_2	1	09°28'44.3" N	75°50'32.0" W	80.30					
SIN_2	2	09°28'48.2" N	75°49'55.3" W	80.54	80.57	60	4	29	2
SIN_2	3	09°28'54.6" N	75°49'18.1" W	80.88					
SIN_3	1	09°29'11.3" N	75°48'05.3" W	81.70					
SIN_3	2	09°29'17.0" N	75°47'27.3" W	82.06	82.06	15	1	25	1
SIN_3	3	09°29'21.6" N	75°46'48.0" W	82.41					
TIN_1	1	09°26'45.3" N	75°59'27.3" W	76.64					
TIN_1	2	09°26'48.7" N	75°58'51.5" W	76.63	76.66	73	9	55	2
TIN_1	3	09°26'54.4" N	75°58'15.7" W	76.72					
TIN_2	1	09°27'10.9" N	75°57'17.6" W	77.11					
TIN_2	2	09°27'19.3" N	75°56'41.8" W	77.32	77.23	34	7	57	1
TIN_2	3	09°27'19.3" N	75°56'06.0" W	77.28					
TIN_3	1	09°27'28.4" N	75°54'49.1" W	77.54					
TIN_3	2	09°27'29.0" N	75°54'13.3" W	77.57	77.56	24	1	26	2
TIN_3	3	09°27'28.4" N	75°53'37.5" W	77.58					
ISF_1	1	09°25'12.5" N	76°05'32.6" W	75.83					
ISF_1	2	09°25'29.6" N	76°04'56.8" W	76.07	75.80	28	4	23	2
ISF_1	3	09°25'52.5" N	76°04'21.0" W	75.50					
ISF_2	1	09°26'15.3" N	76°03'37.2" W	76.91					
ISF_2	2	09°26'34.7" N	76°03'01.4" W	77.28	77.18	22	1	24	1
ISF_2	3	09°26'44.2" N	76°02'25.6" W	77.37					
ISF_3	1	09°27'01.3" N	76°01'23.5" W	77.58					
ISF_3	2	09°27'17.6" N	76°00'47.7" W	77.92	77.65	30	2	20	1
ISF_3	3	09°27'07.1" N	76°00'11.9" W	77.46					