



**UNIVERSIDAD DEL SINÚ**  
Elías Bechara Zainúm  
Seccional Cartagena

**CARACTERIZACIÓN DE LAS BASURAS PLÁSTICAS Y SU VARIACIÓN TEMPORAL  
EN DOS PLAYAS DE SAN ANDRÉS ISLA, CARIBE COLOMBIANO**

**NAIDA DEL CARMEN CASTELLÓN MENA**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ E.B.Z SECCIONAL CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**2023**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS BASURAS PLÁSTICAS Y SU VARIACIÓN TEMPORAL  
EN DOS PLAYAS DE SAN ANDRÉS ISLA, CARIBE COLOMBIANO**

**NAIDA DEL CARMEN CASTELLÓN MENA**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ E.B.Z SECCIONAL CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Cartagena, marzo de 2023

## AGRADECIMIENTOS

A Dios gracias porque su amor y bondad me permitieron llegar hasta esta instancia. A la Universidad del Sinú seccional Cartagena, por ser *mi alma máter*. A la Universidad Nacional – sede Caribe, especialmente a la Dra. Adriana Santos Martínez y el Dr. Jairo Medina Calderón por permitirme realizar mis actividades en el laboratorio del Jardín Botánico en la isla de San Andrés.

Expreso un especial agradecimiento a la docente Martha Torres Virviescas, por velar por nuestra formación desde el primer momento y por haber luchado por sacar adelante la Escuela de Biología Marina, la cual hoy existe y permite que muchos jóvenes cumplamos el sueño de ser profesionales en esta apasionante carrera.

Quiero agradecer a cada uno de los docentes que tuve a lo largo de esta carrera y contribuyeron a mi formación personal y profesional. A todos aquellos profesores, los cuales compartieron sus conocimientos, y también gratos y duros pero realistas consejos que atesoro en mi mente. En este punto, quiero destacar a los docentes Esteban Zarza González, Dra. Adriana Bermúdez Tobón, Gina Diaz Paramo, Camilo Pratz, Alejandro Henao Castro y Luz Marina Mejía Ladino.

Agradezco a la Dra. Patricia Romero Murillo, quien no solo fue docente, sino que hace parte de este trabajo de grado y fue una guía indispensable e incondicional. Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos por cada palabra

de aliento que me dio en los momentos en los que sin saberlo, los necesitaba. También le agradezco al Dr. Ricardo Sarmiento Devia quien me ayudó a concretar este trabajo de grado por medio de sus asesorías.

Dentro de esos compañeros de sueños que se convirtieron en grandes amigos y en hermanos, quiero mencionar a Milagros Pereira, quien es mi gran amiga, la cual me brindó su apoyo incondicional en lo académico y en lo personal. Gracias por compartir los más bellos y también los más duros momentos. Gracias, mi hermana, mi gran amiga por ser y por siempre estar.

Agradezco a cada persona que me brindó su apoyo y sinceros deseos, a mis familiares y amigos que, con palabras de aliento, me ayudaron a sacar adelante este trabajo de grado, en este punto quiero destacar a quien se convirtió en mi guía y modelo a seguir, la bióloga marina Trisha Forbes Pacheco, la cual llegó en la etapa final de este proyecto y me animó a finalizarlo. Agradezco también a todas esas personas quienes sin conocerme abrieron las puertas de su casa y me permitieron compartir con ellos en una ciudad desconocida para mí. Este punto es dedicado a mi gran amiga Ivana Palacio y familia, infinitas gracias porque en mis momentos de soledad abrieron las puertas de su casa, de su vida y me hicieron sentir parte de ustedes.

También quiero agradecer a la iglesia adventista del séptimo día en San Andrés por su ayuda espiritual y de apoyo. Gracias por disponer de sus instalaciones para culminar mis estudios de manera remota, debido a las

dificultades que se produjeron en mi familia por el paso del huracán IOTA y la crisis de la pandemia por la COVID-19.

Finalmente extendiendo mi más grande e infinito agradecimiento a mi hermano Alberth Castellón Mena, por ser mi compañero de vida, y a esas dos personas que desde mi día cero lucharon por sacarme adelante a pesar de las dificultades, mis padres Gladys Mena Arias y Álvaro Enrique Castellón Romero, porque fueron mi motivación en los momentos que sentí desfallecer, sin ustedes nada de esto hubiese sido posible.

Gracias, madre por cada oración, por cada gota de sudor y cada lágrima derramada, infinitas gracias por ese deseo sincero de sacarme adelante, la vida no me alcanzará para devolver tanto amor.

***Naida del Carmen Castellón Mena***

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	5
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	3
3.1. MARCO TEÓRICO .....	6
3.1.1. LOS PLÁSTICOS .....	6
3.1.2. BASURA MARINA.....	7
3.1.2.1. Formas de la basura plástica.....	9
3.1.3. CATEGORIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS DE ACUERDO CON SU TAMAÑO	10
3.1.3.1. Macroplásticos.....	10
3.1.3.2. Mesoplásticos.....	12
3.1.3.3. Microplásticos.....	12
3.2. ESTADO DEL ARTE.....	13
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, PREGUNTA Y OBJETIVOS	18
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	18
4.2. PREGUNTA PROBLEMA .....	21

4.3.	OBJETIVOS.....	21
4.3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	21
4.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
5.	METODOLOGÍA.....	22
5.1.	ÁREA DE ESTUDIO .....	22
5.1.1.	Aspectos climatológicos.....	23
5.2.	METODOLOGÍA DE CAMPO.....	24
5.2.1.	Recolección de macro y mesoplásticos .....	27
5.2.2.	Recolección de microplásticos .....	28
5.2.3.	Fase de laboratorio .....	28
5.3.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	30
6.	RESULTADOS .....	31
6.1.	ABUNDANCIA DE LA BASURA PLÁSTICA.....	31
6.1.1.	Abundancia de los macroplásticos.....	32
6.1.2.	Abundancia de los mesoplásticos .....	36
6.1.3.	Abundancia de los microplásticos .....	38
6.2.	ABUNDANCIA DE LOS MACROPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN SPRATT BIGHT .....	40

6.3. ABUNDANCIA DE LOS MACROPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN LOS CHARQUITOS .....	41
6.4. ABUNDANCIA DE LOS MESOPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN LOS CHARQUITOS .....	42
6.5. ABUNDANCIA DE LOS MICROPLÁSTICOS .....	43
6.5.1. ABUNDANCIA DE LOS MICROPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN LOS CHARQUITOS Y SPRATT BIGHT .....	44
7. DISCUSIÓN .....	46
7.1. ABUNDANCIA DE LA BASURA PLÁSTICA .....	46
7.2. ABUNDANCIA DE BASURA PLÁSTICA Y LA ÉPOCA CLIMÁTICA	47
7.3. ABUNDANCIA DE LOS MACROPLÁSTICOS EN PLAYAS .....	49
7.3.1. ABUNDANCIA DE LOS MICROPLÁSTICOS .....	49
7.4. ABUNDANCIA DE LA BASURA PLÁSTICA SEGÚN FORMA .....	51
8. CONCLUSIONES.....	53
9. RECOMENDACIONES .....	54
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> .....	9
<b>Figura 2</b> .....	10
<b>Figura 3</b> .....	11
<b>Figura 4</b> .....	23
<b>Figura 5</b> .....	26
<b>Figura 6</b> .....	27
<b>Figura 7</b> .....	29
<b>Figura 8</b> .....	33
<b>Figura 9</b> .....	37
<b>Figura 10</b> .....	39
<b>Figura 11</b> .....	44
<b>Figura 12</b> .....	45
<b>Figura 13</b> .....	46
<b>Figura 14</b> .....	44
<b>Figura 15</b> .....	48
<b>Figura 16</b> .....	48

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 2.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3.....</b>	<b>50</b>

## RESUMEN

La basura plástica marina es un problema ambiental que crece con el pasar del tiempo. En los últimos años se ha venido documentando esta problemática que afecta las playas de interés turístico en el Caribe y a su vez tiene efectos negativos en la fauna asociada a ecosistemas marino-costeros. El presente estudio aborda esta problemática y analiza las características de la basura plástica presente en dos playas (Spratt Bight y Los Charquitos) con relación a los tamaños más comunes de los plásticos y la variación temporal en la isla de San Andrés, durante el año 2022. Se trazaron tres transectos, los cuales se establecieron de manera perpendicular en tres franjas de la playa, en total se recolectaron un total de 926 ítems plásticos. La mayor cantidad de se encontró en la época seca (marzo) con un total de 416 ítems, seguido de la época de transición (agosto) con 280 ítems y la época de lluvias (noviembre) con 230 ítems. Dentro de la basura plástica evaluada, los microplásticos son los tamaños más predominantes, mientras que la forma de fragmentos son el tipo de plástico que más se está presente dentro de la basura plástica en San Andrés.

**Palabras clave:** basura plástica, contaminación, macroplásticos, mesoplásticos, microplásticos, turismo.

## ABSTRACT

Marine plastic waste is an environmental problem that grows over time. The highest concentration of plastic waste is of anthropogenic origin. In recent years, this problem has been documented that affects tourist beaches in the Caribbean and in turn has negative effects on the fauna associated with marine-cost ecosystems. This study addresses this problem and analyze the characteristics of plastic waste present on two beaches (Spratt bight and Los Charquitos) in relation to the most common sizes of plastics and the temporal variation on San Andrés's Island. Three transects were drawn, which were established perpendicularly in three strips of the beach, with a total of 926 plastic items were collected. The largest number was found in the dry season (March) with a total of 416 items, followed by the transition season (August) with 280 items and the rainy season (November) with 230 items. Within the plastic trash evaluated, microplastics are the most predominant size, while fragments are the type of plastic that is most present within the plastic trash in San Andres.

**Keywords:** Plastic waste, Pollution, Macroplastics, Mesoplastics, Microplastics, Tourism

## 1. INTRODUCCIÓN

Históricamente las playas han sido un atractivo natural para miles de personas; sin embargo, la sobreexplotación y las deficiencias en su manejo ambiental han ocasionado la degradación de estas áreas en el último siglo. Dentro de las amenazas que tienen las playas, se encuentra la contaminación por basura marina (Coe y Rogers, 1996; Bergmann *et al.*, 2015; Tudor & Williams, 2019).

La basura marina es todo material sólido persistente manufacturado o procesado que llega por diferentes medios y actividades al ambiente marino y costero (UNEP, 2009). Los plásticos son el material más abundante entre los tipos de basura marina debido a alta producción (370 millones toneladas en 2019), consumo desmedido y disposición final inadecuada (Geyer *et al.*, 2017; Europe Plastics, 2021).

La basura plástica marina se clasifica según su tamaño en mega, macro, meso, micro y nanoplásticos. Los megaplásticos tienen tamaños mayores a 1 m; los macroplásticos son entre 25 – 1000 mm, los mesoplásticos son de 5 – 25 mm; los microplásticos son <5 mm y los nanoplásticos son < 1  $\mu\text{m}$  (GESAMP, 2019).

A su vez, los plásticos también se encuentran en diferentes formas, son comunes los empaques y envases, utensilios de cocina como cucharas, tenedores, cuchillos, pitillos, muebles y electrodomésticos, también se encuentran pellets, fragmentos, filamentos, láminas, fomi, entre otros (Ospar, 2010).

Los plásticos se consideran uno de los mayores y más peligrosos contaminantes, debido a su persistencia, composición química y fácil distribución en el mundo, ocasionando impactos negativos en la calidad ambiental, en la biodiversidad marina y los servicios ecosistémicos, y en especial, el atractivo turístico de las playas (GESAMP, 2015; Pettipas *et al.*, 2016; Andrade, 2019; Thushari & Senevirathna, 2020).

La isla de San Andrés es la capital del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde su principal fuente económica es el turismo y el comercio (Oliveros-Chinchilla & Taylor-Mclean, 2018). Esta región insular en el Caribe colombiano fue declarada Reserva de Biósfera Seaflower por la UNESCO en el año 2000 (Taylor *et al.*, 2011), donde se encuentra la tercera barrera coralina más grande del planeta y hermosas playas arenosas para el turismo, siendo uno de los destinos más visitados de Colombia (Conservación Internacional, 2008).

La contaminación por basura marina en la isla se ha documentado en los últimos años, señalando la amenaza que representa para los ecosistemas y el turismo (Garcés-Ordoñez, 2020a; De Gavio *et al.*, 2022). Sin embargo, se requiere más investigación sobre las fuentes, tipos de basuras, distribución y dinámica de esta contaminación con respecto a las épocas climáticas, además de los posibles impactos para la actividad turística en las playas de la isla.

El presente trabajo de grado aborda dicha problemática en dos playas turísticas de la isla de San Andrés, durante tres épocas climáticas (seca, transición y lluviosa) del 2021, analizando la abundancia, composición por tamaños y formas

más comunes de la basura plástica en las franjas de las playas, desde el límite de la marea baja, hasta el comienzo de la vegetación o carretera.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La mayor parte de la basura marina proviene de actividades realizadas en tierra, como el turismo y la gestión inadecuada de residuos municipales, y se estima que el 80% de estos residuos se compone de plástico (Moore, 2008; Garcés-Ordóñez *et al.*, 2020b). La acumulación de basuras plásticas en las playas afecta a los organismos que lo ingieren o quedan atrapados en ellos, y también ocasionan pérdidas económicas en las poblaciones costera, ya que disminuye su atractivo para el turismo (Pettipas *et al.*, 2016).

Dentro de la revisión bibliográfica realizada, se encuentran pocos estudios que analicen la presencia de plásticos teniendo en cuenta las franjas de playa. Por tal motivo, en la presente investigación se tuvo en cuenta este factor, esto con el fin de conocer cómo es el comportamiento de la cantidad de ítems plásticos de acuerdo con la zona en cada playa.

Las playas de la isla de San Andrés están dentro de una reserva Biósfera, brindando servicios ecosistémicos que soportan la economía local. Sin embargo, estos ambientes están amenazados por las basuras marinas plásticas (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2020a, Garcés-Ordóñez *et al.*, 2021). Esto requiere de investigación de línea base para el diagnóstico y gestión ambiental de esta problemática en esta región del Caribe.

Cabe señalar que las playas de San Andrés son reconocidas como áreas de interés patrimonial paisajístico en el Plan de Ordenamiento Territorial de la isla (POT). En este sentido, es pertinente conocer las amenazas que estos ecosistemas enfrentan y cómo las basuras plásticas afectan el paisaje y el turismo (Walters-Álvarez, 2019).

Se busca que la información planteada en este trabajo de grado sea de ayuda a investigaciones futuras y proyectos que aborden el tema de manejo ambiental y control de las basuras, con el fin de que contribuyan a la conservación de esta área marina protegida (AMP) de gran importancia para el país y el mundo.

### **3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1. MARCO TEÓRICO**

##### **3.1.1. Los plásticos**

El término plástico hace referencia a una subcategoría de la clase más amplia de los polímeros derivados del petróleo, los cuales son ligeros, se pueden moldear, son duraderos, fuertes y sumamente versátiles (Derraik, 2002; GESAMP, 2015). También existen los bioplásticos, los cuales son derivados de productos naturales y fácilmente biodegradables (GESAMP, 2016).

Los plásticos se dividen en dos categorías: termoplásticos y termoestables. Los primeros pueden ser moldeados a altas temperaturas (p. ej., polietileno, polipropileno y poliestireno); mientras que los termoestables no pueden ser

moldeados a altas temperaturas (p. ej. poliuretano, pinturas y resinas) (GESAMP, 2019).

Los principales tipos de plásticos que dominan el mercado a nivel mundial incluyen el polietileno (PE), el polietileno de alta y baja densidad (PEAD y PEBD), el poliestireno (PS), poliuretano (PUR), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y el cloruro de polivinilo (PVC) (GESAMP, 2015).

El plástico aporta múltiples beneficios sociales, gracias a su alta durabilidad y resistencia a la degradación, esto lo convierte en un producto valioso para el ser humano y hace que sea un material interesante para el uso comercial (Barnes *et al.*, 2009). Los plásticos son usados mayoritariamente en los sectores agroindustriales, cosméticos, pesqueros, textiles, alimentarios, entre otros, de los cuales la sociedad se ve principalmente beneficiada (GESAMP, 2016).

Sin embargo, en su composición se ha identificado la presencia de contaminantes orgánicos persistentes (POPs), metales pesados y otras sustancias químicas tóxicas y bioacumulables que general efectos adversos en los animales que lo ingieren (Mato *et al.*, 2001). Los primeros reportes sobre impactos ambientales de los plásticos fueron realizados por Carpenter & Smith (1972).

### **3.1.2. Basura marina**

De acuerdo con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA, 2009) “la basura marina hace referencia a los materiales que se han manufacturado o procesado, sólidos y persistentes, que se han eliminado o

abandonado en la costa o en el mar”, también incluye a los elementos que han llegado al ambiente marino a través del viento, desembocadura de ríos, o escorrentías. La presencia de basura marina afecta los océanos y las costas del planeta, siendo constituidos principalmente por vidrio, papel, madera, tela, cartón y residuos sanitarios y relacionados con la pesca, entre otros (UNEP, 2011). Diversos estudios han afirmado que los plásticos representan más del 80% de la basura marina total (Barnes, 2009; Cózar *et al.*, 2014; Pham *et al.*, 2014; Deudero & Alomar, 2015).

Las principales fuentes de basura plástica en el ambiente marino son la pesca, la acuicultura, los vertimientos de residuos domésticos e industriales, las descargas de ríos y el turismo (GESAMP, 2021). Una vez en el océano, los plásticos provocan muertes de fauna por enredos (p. ej., pesca fantasma), afectando sus poblaciones (GESAMP, 2019). La pesca fantasma hace referencia a las artes de pesca (nasas, redes) que han sido abandonadas o perdidas y que continúan capturando animales marinos que se atascan en ellos (Smolowitz *et al.*, 1978).

Los plásticos son ingeridos por animales que suelen confundirlos con sus presas naturales, provocando lesiones que incrementan su morbilidad y mortalidad (Gall & Thompson, 2015). La abundancia de plásticos en el ambiente marino también influye en su ingestión accidental por parte de las especies marinas (Longhurst, 2010).

### 3.1.2.1. Formas de la basura plástica

En la actualidad no se tiene un estándar para clasificar la basura plástica de acuerdo con su morfología. Los plásticos son heterogéneos y presentan diferentes formas; sin embargo, dentro de la basura plástica se puede diferenciar diversas piezas como los fragmentos, botellas, bolsas, tapas, pitillos, globos, fomi, filamentos, entre otros (OSPAR, 2010, GESAMP, 2019). Identificar los plásticos que llegan al mar permite identificar las fuentes y tomar medidas sobre estas para prevenir la contaminación (GESAMP,2019) (Figura 1).

**Figura 1.** *Formas comunes de la basura plástica.*

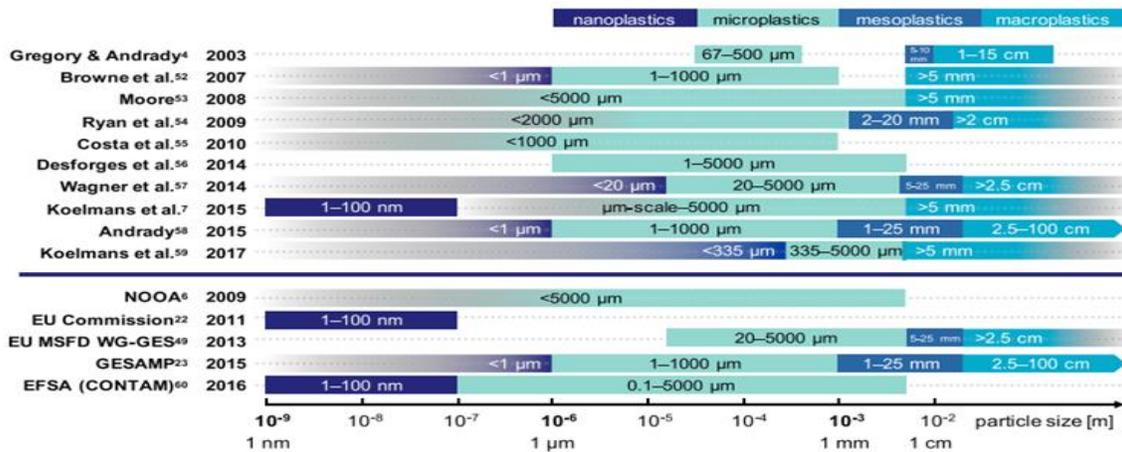


. Nota. Basura plástica encontrada en las playas de San Andrés. A) Pitillos, B) botellas y vasos, C) Tapas, D) fragmentos, E) Cuerdas, F) Bolsas y envoltorios.

### 3.1.3. Categorización de los plásticos de acuerdo con su tamaño

Hay una amplia lista de autores que clasifican a los plásticos en diferentes categorías de acuerdo con su tamaño, no obstante, la terminología sigue siendo ambigua y conflictiva (Hartmann *et al.*, 2019). No obstante, en el presente trabajo clasificamos los tamaños de la basura plástica de acuerdo con lo definido por GESAMP, (2015). En la Figura 2 se muestran los diferentes rangos de clasificación de los plásticos según su tamaño definidas entre los años 2003-2017.

**Figura 2.** Categorización de varios autores de los plásticos de acuerdo con el tamaño.



Nota. Tomado de Hartmann *et al.*, (2019)

#### 3.1.3.1. Macroplásticos

Los macroplásticos, son aquellos residuos plásticos con tamaños que oscilan entre 25 y 1000 mm de diámetro (GESAMP, 2019). Su presencia en el ambiente marino se atribuye a los restos de elementos comúnmente utilizados en actividades

de pesca o navegación (redes, botes, boyas, etc.), electrodomésticos, construcción, y de productos cosméticos, y de aseo personal y del hogar (GESAMP, 2021). Estos macroplásticos se consideran de alto riesgo de ingesta, enredos y asfixia, para diversas especies marinas como reptiles, mamíferos marinos, aves y peces que habitan en ambientes contaminados (Li *et al.*, 2016, Barboza *et al.*, 2019).

Una vez en el ambiente marino y como consecuencia de la fricción del viento y la erosión provocada por el agua, la exposición al sol a través del tiempo y la propia fuerza del oleaje, los macroplásticos se fragmentan en partículas más pequeñas, lo que facilita su consumo por los organismos marinos (Moore, 2008) (Figura 3).

**Figura 3.** Diagrama de flujo de la categoría de la basura plástica y sus efectos en el medio marino.



Nota. Elaboración propia

### **3.1.3.2. Mesoplásticos**

El término mesoplástico fue usado a partir del año 2011 (Andrady, 2011). Los mesoplásticos varían en un rango de 5-25 mm y usualmente son derivados de un plástico más grande (Macroplásticos) (GESAMP, 2019). Estos fragmentos plásticos continúan en el ambiente siendo cada vez más pequeños, lo que significa que sigue siendo nocivo en el medio donde se encuentre para cualquier organismo que lo consuma (GESAMP, 2015).

Los mesoplásticos han sido reportados dentro del estómago de aves marinas desde 1960 (Ryan, 1987). El programa de basura marinas de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), 2014, dividen en dos categorías los efectos de la ingestión de mesoplásticos en la salud de los animales marinos que lo consumen (efectos físicos y fisiológicos).

### **3.1.3.3. Microplásticos**

Para el año 2004 se usó por primera vez el término microplásticos (MPs) (Thompson *et al.*, 2004). Mas tarde, Arthur *et al.* (2009), definieron los MPs como “partículas de plástico menores a 5 milímetros (<5mm)”. De acuerdo con su origen, los MP se clasifican en primarios y secundarios. Los MPs primarios, son los manufacturados como componentes para otros productos, por ejemplo, microperlas o pellets (GESAMP, 2019). Los MPs secundarios provienen de la fragmentación de elementos más grandes, como consecuencia de la exposición a la radiación UV,

oleaje y otros procesos físicos, químicos y biológicos en el ambiente (GESAMP, 2019; Cole *et al.*, 2011; Thompson *et al.*, 2004).

También se diferencian dos grupos, los MPs grandes, que comprenden los tamaños de 1 a 5 mm y los MPs pequeños (< 1mm). Estos son habituales de encontrar dentro del aparato digestivo de pequeños invertebrados, peces y otros animales que los consumen accidentalmente (Cole *et al.*, 2013; Hanvey *et al.*, 2017).

### **3.2. ESTADO DEL ARTE**

La presencia de basuras plásticas en los ambientes marinos ha generado una preocupación mundial, y por ello se han abordado diferentes estudios que hablan sobre sus efectos ecológicos, económicos y sociales. En el caso de las zonas costeras, se han abordado estudios recientes sobre esta problemática en playas arenosas, como el realizado en Grecia por Piperagkas *et al.* (2019), en el cual recomiendan considerar la variabilidad relacionada con la localización y el régimen climático local. Estos autores también resaltan que es necesario muestrear tanto superficial, como profundamente, ya que los plásticos se pueden encontrar en capas de sedimento más profundas, con concentraciones diferentes a las de la capa superficial.

Otros estudios se han enfocado en la ingesta de basura plástica y sus posibles efectos en animales quienes confunden el plástico con su alimento. Boerget *et al.* (2010), realizaron un estudio en el que mostraron la ingestión de plástico por peces planctívoros. Fue el primer estudio en documentar la ingestión y

cuantificar la cantidad de plástico que se encuentra en el intestino de los peces planctívoros comunes en el giro central del Pacífico Norte (NPCG). Aproximadamente el 35% de los peces estudiados habían ingerido plástico, con un promedio de 2,1 piezas por pez.

Para el año 2020, GESAMP, mostró los riesgos potenciales a causa de la contaminación por basura marina y sus potenciales impactos en la economía ambiental y la salud humana, esto debido a que los plásticos pueden actuar como vectores de patógenos y de transporte persistentes, bioacumulable y tóxicos (GESAMP, 2020).

En Canadá se hizo un estudio de la contaminación plástica como un problema global que causa impactos negativos en los ambientes marinos. En este estudio se expone cómo, a pesar de la evidencia científica sobre las amenazas que ocasionan los plásticos en el ambiente marino, son pocos los estudios de políticas relacionadas en disminuir la toxicidad plástica debido al consumo de estos contaminantes por parte de especies marinas (Pettipas *et al.*, 2016).

Este estudio indica que existen políticas inadecuadas para la gestión de desechos, monitoreo de desechos marinos y las campañas de concientización, por lo tanto, recomiendan cuatro políticas adecuadas para abordar esta problemática bajo el contexto canadiense, pero que sin duda puede ser implementada a nivel mundial. Las recomendaciones incluyen prácticas mejoradas para: (1) ley y estrategias de gestión de residuos; (2) educación, divulgación y conocimiento; (3) identificación de la fuente y (4) mayor monitoreo e investigación.

En Colombia en los últimos años se han hecho varios estudios sobre la presencia de plásticos en diferentes playas del país. Se registró en los estudios de Rangel-Buitrago *et al.* (2018), que las playas del Atlántico en un total de 13 playas, para el 2020) se registraron a lo largo de la costa Caribe colombiana un promedio de 6,05 ítems/m<sup>2</sup>, en donde el plástico representó más del 80% de los residuos.

Garcés-Ordóñez *et al.* (2020a) hicieron una investigación sobre la presencia de basuras plásticas pequeñas (microplásticos) en las playas arenosas del Caribe (incluidas cinco playas en San Andrés) y el Pacífico de Colombia, en donde encontraron que todas las playas muestreadas en ambas costas están contaminadas con plásticos. En el Caribe es mucho mayor la concentración respecto al Pacífico en cuanto a MP.

Los autores afirman que la presencia de plásticos en el ambiente marino se da como consecuencia del manejo inadecuado de la basura procedente de actividades turísticas, pesquería, recreaciones, botes abandonados, entre otros. Garcés-Ordóñez *et al.* (2020a).

En Cartagena, se informó de la presencia de MP en una playa urbana y cómo se están depositando pellets de plástico (Acosta-Coley & Olivero-Verbel, 2015). Asimismo, Acosta-Coley *et al.* (2019) plantea que las playas de Cartagena se pueden considerar un *hotspot* de contaminación plástica en el Caribe. En este estudio, se registró presencia de mercurio en los MP, demostrando que la alta cantidad de plásticos en el ambiente puede ser un grave problema debido a la

ingesta de este material por parte de los organismos marinos que están estrechamente relacionados con las playas (Acosta-Coley *et al.* 2019).

Con respecto al turismo en playas turísticas Garcés-Ordóñez *et al.* (2020b), analizaron el impacto del turismo en las playas de Santa Marta, definiendo su rol como fuente de contaminación plástica en playas. El estudio fue desarrollado durante las temporadas altas y bajas de turistas, esto con el fin de determinar si el turismo afecta e influye en la presencia de macrobasura. Finalmente, evidenciaron que el mal manejo de los residuos sólidos y la carga de turismo genera un deterioro en la calidad de los ecosistemas marino-costeros y a su vez afectan las playas turísticamente importantes.

Continuando con las investigaciones en sobre microplásticos Garcés-Ordóñez *et al.*, (2021) estudiaron la abundancia, distribución y características de los microplásticos en aguas superficiales costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Realizaron muestreos en 41 estaciones en nueve áreas de estudio incluida la isla de San Andrés durante la temporada de lluvias de 2017. Dentro de los resultados obtenidos, demostraron que las aguas costeras del Caribe están más contaminadas con respecto a las del Pacífico.

Dentro del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, específicamente en el atolón Albuquerque, Portz *et al.*, (2020) realizaron un estudio sobre el origen de la basura marina. Se tuvo como objetivo identificar la distribución espacial a pequeña escala de la basura marina, para así obtener una idea de las posibles fuentes de contaminación en este cayó. Dentro de la basura

marina, los plásticos fueron los más predominantes entre de toda la basura marina recolectada (incluyendo: metales, vidrios, madera y otros elementos contaminantes). Los MP grandes (1-5 mm) también estuvieron presentes en este estudio.

Una investigación reciente sobre plásticos presentes en la Reserva de Biósfera Seaflower indica que dos de las tres playas estudiadas se clasificaban como 'extremadamente sucias' incluida Spratt Bight una de las playas turísticas más importantes (De Gavio *et al.*, 2022). Los resultados obtenidos señalan la necesidad de generar un mayor control en la disposición de los residuos, también se invita a las autoridades a crear programas educativos en la comunidad residente y visitante sobre las prácticas de manejo de la disposición de la basura. Además, recalca la necesidad de generar más estudios que ayuden a determinar los efectos que tiene la basura marina en los ecosistemas de la isla cercanos a la costa. Por último, concluyen que el mayor contaminante dentro de la basura marina fueron los plásticos.

En el archipiélago de San Andrés hacen falta más investigaciones que aborden el tema de los contaminantes plásticos que se encuentran en sus playas, por ello, este trabajo se enfoca en evaluar la basura plástica en playas de la isla con el fin de aportar información sobre esta importante problemática.

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, PREGUNTA Y OBJETIVOS

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación marina por plásticos es una problemática a nivel mundial que ha tomado relevancia en las últimas décadas y actualmente han sido bien estudiados, ya que presenta un desafío en la salud pública y el correcto funcionamiento de los recursos que brindan los ecosistemas marino-costeros (Bergmann *et al.*, 2015).

Los plásticos aglomerados en playas turísticas disminuyen su atractivo estético y el interés de los visitantes, ocasionando pérdidas significativas en la economía de poblaciones costeras que se dedican al turismo. Las labores de limpieza comúnmente se enfocan en los plásticos de tamaños más grandes, dejando a un lado los tamaños más pequeños, ya que, entre más grandes, los plásticos son detectados a simple vista (macroplásticos) y causan un impacto ambiental visual o paisajístico (GESAMP, 2010, Pettipas *et al.*, 2016). No obstante, los costos generados como consecuencia de las labores de limpieza de playas que tienen como objetivo remover estos contaminantes, se consideran una amenaza latente para la industria del turismo (Gregory, 1999, Barnes *et al.*, 2009).

Las zonas oceánicas insulares se consideran áreas propensas a tener una acumulación de basura plástica. Esto ocurre como consecuencia de que la población que habita en las islas constituye una potencial fuente de basura plástica,

no obstante, las islas también pueden retener plásticos que reciben a través de las diferentes corrientes que las rodean (Monteiro *et al.*, 2018).

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es uno de los departamentos más importantes del país en términos turísticos, culturales y paisajísticos. Es una zona insular rodeada por complejos arrecifales de gran importancia en el Caribe colombiano en el cual el turismo es una importante área económica en la isla y de ella se desprenden las mayores fuentes de empleo de la isla junto con el comercio (IGAC, 2008; Oliveros-Chinchilla & Taylor- Mclean, 2018). A pesar de ser visitada y que estas actividades generan recursos a la isla, no son positivas para a sus ecosistemas, especialmente sus playas, las cuales son objeto de múltiples amenazas entre las que se destacan el cambio climático y la contaminación (Freiburg *et al.*, 2005).

Después del confinamiento obligatorio debido a la propagación de la COVID-19, para el año 2021 la isla enfrentó el reto de reactivar el turismo, registrado un total de 1.095.556 de personas que ingresaron a la isla en calidad de turistas (Cámara de comercio San Andrés, s.f.). Para el presente año 2022, la tendencia cada mes sigue en aumento y se espera que continúen subiendo las cifras (Cámara de comercio San Andrés, s.f.).

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante resaltar la importancia que tiene la industria del turismo en la isla, y a su vez, conocer cómo se ve afectada esta industria dada a la contaminación existente en sus playas, recalando que estas son el eje principal de economía en la isla por parte de los visitantes.

En Colombia los costes de la limpieza de playas están incluidos dentro de los planes de gestión integral de residuos sólidos (Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2018) Aunque en San Andrés, periódicamente se realizan las labores de limpieza en las playas de importancia turística (Gavio *et al.*, 2022), la presencia de basura plástica es frecuente y la información relacionada con esta problemática aún es escasa, dispersa y poco sistemática.

Si bien en la isla ya existen investigaciones que abordan el problema de la contaminación en sus playas, la información sobre la influencia de las épocas climáticas y dinámica turística es escasa, por tal razón, este trabajo de grado se enfocó en evaluar la contaminación por basura plástica en dos playas durante tres épocas del año 2021 en la isla, con el fin de conocer cuáles son sus fuentes principales y saber qué tipo de plásticos son los más comunes en este ecosistema.

Dada la necesidad de que en el archipiélago existan programas de mitigación de la basura plástica en sus playas, por medio de este trabajo de grado busca ser una base científica para que la comunidad conozca como es el comportamiento de la basura plástica en las playas de San Andrés y así aportar información necesaria para la implementación de futuros planes o investigaciones que aborden la problemática.

## **4.2. PREGUNTA PROBLEMA**

¿Cuál es la abundancia de la basura plástica en las playas de San Andrés Islas? ¿Cómo se componen esta basura plástica en términos del tamaño y formas? ¿Existen diferencias en la abundancia de los macro, meso y microplásticos en las playas turísticas de San Andrés entre las épocas climáticas (seca, transición, lluvia)?

## **4.3. OBJETIVOS**

### **4.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la abundancia y características de la basura plástica presente en dos playas con relación a la variación temporal en la isla de San Andrés, Caribe colombiano.

### **4.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la abundancia en términos de tamaños y formas de la basura plástica presente en playas de alta importancia turística de San Andrés isla.
- Evaluar la relación entre la abundancia de la basura plástica según tamaños y formas, con respecto a franja de playa para las playas evaluadas.
- Evaluar la relación entre la abundancia de basura plástica, según tamaños y formas, con respecto a la época climática para las playas evaluadas.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. ÁREA DE ESTUDIO

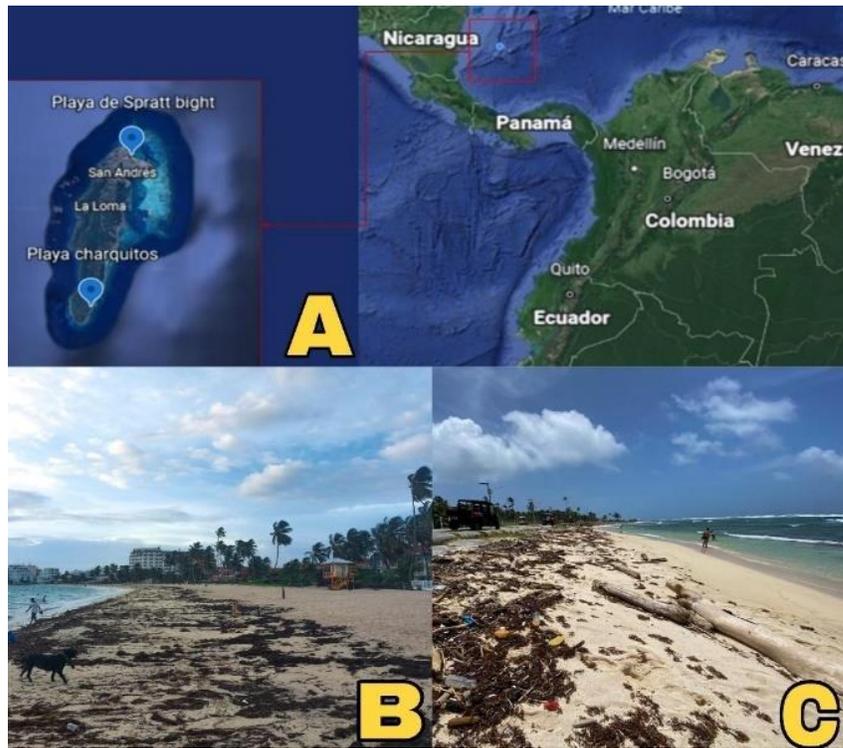
San Andrés es la capital y la isla más grande del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, ubicada entre los 12°28'58'' y 12°35'55'' N y entre 81°40'49'' y 81°43'23'' W (IGAC, 1986). Sus extremos son los cayos Albuquerque por el sur y hacia el norte Bajo Alicia (Andrade, 2012).

Para el año 2005 una parte significativa del Archipiélago fue declarada un AMP siendo este el más grande del país, por lo cual, se prioriza la conservación y protección de sus ecosistemas; posterior a dicha declaración, también fue reconocida como distrito de manejo Integrado (DMI) (Sánchez-Jabba, 2012; Gómez-López *et al.*, 2012).

En la isla se encuentran cinco sectores de playas arenosas de origen biogénico (fragmentos de estructuras de carbonato de calcio de corales, conchas de moluscos y foraminíferos), que suman ~7 km (Hernández y Rocha, 2013).

Para este estudio se seleccionaron las playas arenosas de Spratt Bight (12°35'14" N 81°41'55" W) conocida también como Bahía Sardina en la parte norte de la isla, y Los Charquitos (12°29'26" N 81°43'20" W) al sur de la isla (vía San Luis). Ambas son frecuentemente visitadas por turistas nacionales y extranjeros, y personas locales, siendo mucho más visitada la playa de Spratt Bight (Figura 4).

**Figura 4.** Área de estudio y ubicación de playas.



*Nota. A) Área de estudio y ubicación de playas (Modificado de Google Earth). B) Playa de Spratt Bight. C) playa de los charquitos. Fotos de elaboración propia*

### **5.1.1. Aspectos climatológicos**

El clima en San Andrés es cálido-húmedo, se encuentra influenciado por vientos alisios que soplan desde el nordeste. Las temperaturas varían entre los 26°C y 31°C (IDEAM, 2014). Las características climatológicas de San Andrés están regidas por el comportamiento asociado a todo el Caribe, el cual a su vez está determinado por la posición alta subtropical del Atlántico norte, y la dinámica de la

Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que determina la tasa de precipitación (Dagua *et al.*, 2018).

En general, en esta región se distinguen dos épocas climáticas determinadas por la migración anual de la ZCIT, la cual genera época de lluvia y época seca (Gómez-López *et al.*, 2012; Montoya, 2014). La época seca se extiende de diciembre a abril, donde se registra el 8% de la lluvia total anual y donde predominan los vientos alisios. Durante los meses de mayo a noviembre, la cobertura nubosa ligada a la presencia del ZCIT hace que las precipitaciones durante estos meses aumenten (época lluviosa) (Osorio *et al.*, 2016). No obstante, la estación de lluvias se puede ver interrumpida por la reducción de la precipitación en el Caribe a un nivel mínimo durante los meses de julio y agosto, fenómeno que se conoce como *veranillo de San Juan o mid-summer drought (MSD)*. Este último consiste en un periodo relativamente seco durante esos meses (julio y agosto) (Wang, 2007; IDEAM, 2014; Osorio *et al.*, 2016).

## **5.2. METODOLOGÍA DE CAMPO**

La metodología que se describe a continuación fue adaptada de Hidalgo-Ruz *et al.* (2018) y Garcés-Ordóñez *et al.* (2020b). Los muestreos se realizaron en tres diferentes épocas del año 2021, en la época seca (del 02 al 05 de marzo), en la época de lluvia (del 09 al 18 de noviembre) y veranillo de San Juan (del 02 al 04 de agosto). Para la identificación y clasificación de las basuras plásticas encontradas en las playas se usaron las guías de OSPAR (2010) y GESAMP (2019), donde se especifica que en la basura plástica se encuentran las siguientes categorías como

botellas, fragmentos, vasos, pitillos, entre otros. Para las categorías de microplásticos se tuvieron en cuenta la forma de pellets y gránulos.

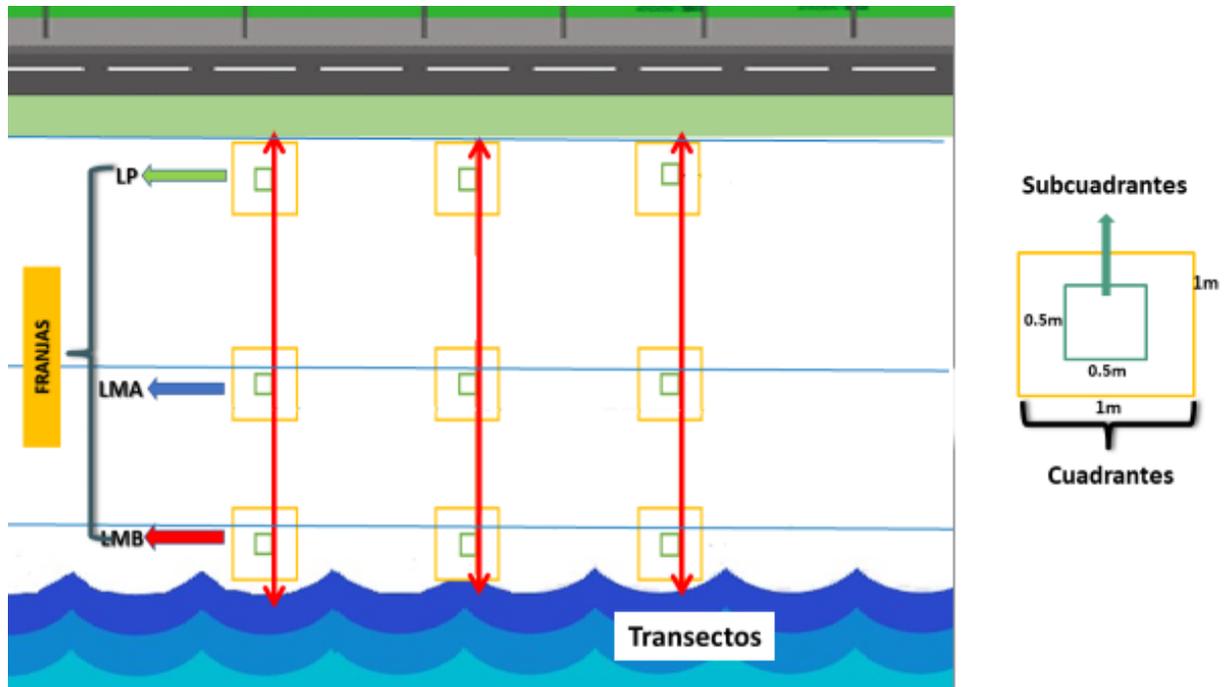
En total se establecieron tres réplicas de transectos perpendiculares, el cual definió la trayectoria del lugar donde se tomaron las muestras en cada franja de las playas. En total se ubicaron tres franjas que se evaluaron a partir de cuadrantes y subcuadrantes que iban desde la franja más baja de la playa, hasta donde empezaba la vegetación o carretera.

En primera instancia se ubicó un cuadrante de 1 x 1 m para la recolección de macro y mesoplásticos delimitados con estacas de madera (Figura 6 A) y dentro de este el Subcuadrantes de 0.5 x 0.5 m para la recolección de MP.

Las franjas se delimitaron de la siguiente manera: 1) Límite de playa o vegetación (LP) corresponde a la franja más alejada de la línea de costa o aquella que está por encima de la línea alta de marea y que limita con la carretera o vegetación (dependiendo la característica de la playa); 2) límite de marea alta (LMA), se ubicó en la zona de la línea de alta de marea; y 3) límite de marea baja (LMB) corresponde a la franja comprendida en la orilla del agua al (Hidalgo-Ruz & Thiel, 2018; Pérez-Álvarez *et al.*, 2021) (Figura 5). Se estableció así con el fin de conocer la dinámica de la basura plástica en toda la zona de la playa. Luego de recolectar se tamizaron y clasificaron las muestras de plástico de acuerdo con el tamaño.

**Figura 5.** Esquema del muestreo de macroplásticos, mesoplásticos y MPs en playas de arena.

Modificado Hidalgo-Ruz et al. (2018) y Garcés-Ordóñez et al. (2020b).



Nota. Ubicación de las franjas, cuadrantes, subcuadrantes y sus dimensiones. Las franjas son las siguientes: Límite de playa o vegetación (LP), límite de marea alta (LMA) y límite de marea baja (LMB). Elaboración propia.

**Figura 6.** Cuadrantes y subcuadrantes para el muestreo de basuras plásticas en la playa



*Nota.* A) cuadrante 1 x 1 m para la recolección de macro y mesoplásticos. B) subcuadrante de 0.5 x 0.5 m para la recolección de MPs. Fotos: De elaboración propia.

Se consideraron las variables de abundancia, tamaño, forma de la basura plástica en las franjas de las playas y época climática. Una vez recolectada la basura plástica, los datos se ingresaron a una planilla y posteriormente, se realizó una base de datos con la información.

### **5.2.1. Recolección de macro y mesoplásticos**

Los plásticos que una vez medidos o que a simple vista sobrepasaba el límite de tamaños establecidos para MP (< 5mm), se recolectaron siguiendo la metodología de Hidalgo-Ruz *et al.* (2018.) Fueron recolectados aquellos plásticos que se encontraban en la superficie de la arena manualmente. Una vez recogidos los ítems plásticos, se depositaron en una caja rotulada, para luego ser medidos y

de acuerdo con su tamaño dividirlo entre las dos categorías aquí establecidas, macroplásticos (25-1000 mm) y mesoplásticos (5-25 mm).

### **5.2.2. Recolección de microplásticos**

Para el muestreo de los plásticos de tamaños 1-5 mm (MPs grandes) se adaptó la metodología de Garcés-Ordóñez *et al.* (2020b).

Se recolectaron todos los plásticos superficiales y profundos (5 cm) con la ayuda de una espátula. Se rotularon en cajas y posteriormente se tamizó la arena con un tamiz artesanal (Figura 7) con un ojo de malla de 1 mm, para asegurarnos de obtener los MPs grandes (1- 5mm), los cuales también se midieron con un calibrador.

Todo el material no plástico (p. ej., rocas pequeñas, plumas, restos de conchas, entre otros) retenido por el tamiz (Figura 7), se separó cuidadosamente de los plásticos. Las muestras de MPs se depositaron en una caja de cartón rotulada, para su traslado al laboratorio. Cuando la arena estaba mojada, esta se recolectó y se depositó en un recipiente rotulado con el número del transecto y cuadrante para llevar al laboratorio, en donde posteriormente se secó a temperatura ambiente y luego se tamizó para extraer las muestras de MPs.

### **5.2.3. Fase de laboratorio**

En el laboratorio del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Colombia, sede-Caribe, se procedió a realizar el conteo y clasificación del material recolectado

de acuerdo con las categorías de tamaño antes descritas de forma manual y utilizando elementos básicos: regla, calibrador, cajas, estacas, cuerda, lupa y se procedió a observar bajo el microscopio, posterior a esto, se digitalizaron los datos obtenidos en una planilla para luego ser analizados estadísticamente.

Las muestras que en campo estaban mojadas, se secaron a temperatura ambiente, se tamizó y se separaron la basura plástica de la arena. Hecho esto, se procedió a contar las muestras.

**Figura 7.** *Basura plástica retenida en el tamizador*



### **5.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Las estimaciones de las abundancias de los tamaños y formas de las basuras plásticas fueron analizadas con estadística descriptiva (media, moda, varianza, rango, normalidad, etc.), y pruebas no paramétricas (Kruskal Wallis) para establecer la influencia de los factores aquí considerados (época climática, playas y franja = cuadrante) sobre la playa. Así también, se presentan aquí varios análisis gráficos de estas variables. Para esto se utilizaron paquetes de software estándar para el manejo de datos como Excel (Microsoft Office 365 Version2204), R (R version 4.1.2, 2021-11-01).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. ABUNDANCIA DE LA BASURA PLÁSTICA

A partir de la observación en 54 cuadrantes (N) de 1 m<sup>2</sup>, se recolectaron un total de 926 ítems de basura plásticos. La mayor cantidad de estos se registró en la época seca (marzo) con un total de 416 ítems, seguido de la época de transición (agosto) con 280 ítems y la época de lluvias (noviembre) con 230 ítems. La playa de Los Charquitos presentó mayor cantidad de ítems (519) en comparación con la playa Spratt Bight (407 ítems).

La mayor cantidad de basura plástica se obtuvo en la categoría de MPs (446), seguido de macroplásticos (315) y, por último, los mesoplásticos (165) (Tabla 1). En cuanto a las franjas de playa, la mayor cantidad de basura plástica se localizó en la franja de LP con 568 de basura plástica, en segundo lugar, la franja de LMA con 199 ítems, mientras que la franja LMB se obtuvieron 159 ítems plásticos.

Respecto a la forma de la basura plástica, la mayor cantidad encontrada fueron los fragmentos, dentro de los tres tamaños aquí establecidos (macro, meso y microplásticos). Entre los ítems de la basura plástica se encontraron bolsas, tapas de botellas, pitillos, cepillo de dientes, entre otros.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos en cada categoría de los tamaños de la basura plástica en ambas playas

<b>Tipo</b>	<b>Macroplásticos (ítem/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>Mesoplásticos (ítem/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>Microplásticos (ítem/ 0.25 m<sup>2</sup>)</b>
N	54	54	54
Min.	0	0	0
Máx.	53	30	64
Suma	315	165	446
Media	5.83	3.06	8.25
D.S	9.27	5.37	10.77

*Nota.* Esta tabla describe los promedios, desviación estándar (D.S.), rangos y número total de ítems muestreados -con respecto a su clasificación. (N representa el número de cuadrantes).

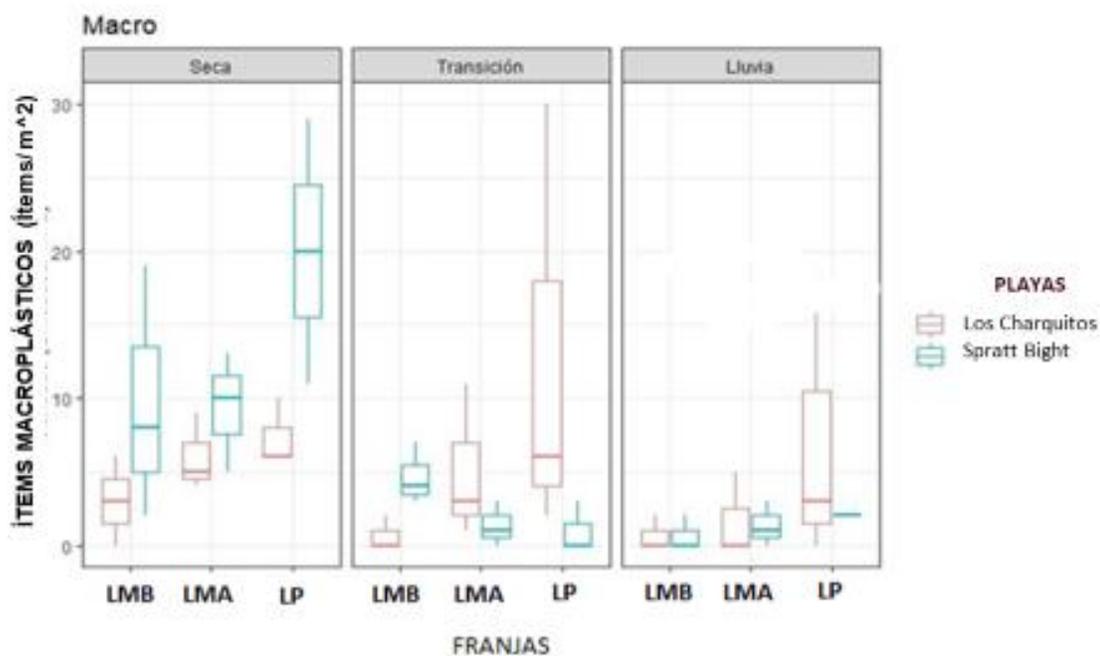
### **6.1.1. Abundancia de los macroplásticos**

Se encontraron de 0 a 53 ítems m<sup>-2</sup>, con un promedio de  $5,83 \pm 9,27$  ítems/m<sup>2</sup> (Tabla 1). Los datos registrados en las épocas climáticas, franjas y playas de muestreo no tuvieron homogeneidad de varianzas ni cumplieron el supuesto de normalidad. El análisis de Kruskal-Wallis determinó diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de macroplásticos entre épocas climáticas, mientras que no se encontraron diferencias significativas entre las playas y franjas (Tabla 2).

La abundancia total de macroplásticos fue mayor en la playa de Spratt Bight (183 ítems/m<sup>2</sup>) en comparación con la playa Los Charquitos (132 ítems/m<sup>2</sup>). Los

macroplásticos estuvieron presentes durante todas las épocas y en todas las franjas, concentrándose en Spratt Bight la mayor abundancia de macroplásticos (Figura 8).

**Figura 8.** Abundancias promedio de macroplásticos registrados en dos playas de San Andrés para diferentes épocas (seca, transición y lluvia) de 2021.



*Nota.* Las siglas indican la zona de la franja donde se colocó el cuadrante. Límite de playa (LP), límite de marea alta (LMA) y límite de marea baja (LMB).

Tabla 2. Resultado de las pruebas estadísticas en cada tamaño de basura plástica.

Tipo	Macro	Meso	Micro
<b>Test de normalidad Shapiro-Wilk</b>	W = 0.73369, valor-p = 2.814e-08	W = 0.6776, valor-p = 2.637e-09	W = 0.5395, valor-p = 2.716e-11
<b>Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas</b>	Cantidad y Sector: $K^2= 10.998$ , df = 1, valor-p = 0.0009123	Cantidad y Sector: $K^2= 0.69614$ , df = 1, valor-p = 0.4041	Cantidad y Sector: $K^2= 13.789$ , df = 1, valor-p = 0.0002045
	Cantidad y época: $K^2= 32.497$ , df = 2, valor-p = 8.776e-08	Cantidad y época: $K^2= 12.762$ , df = 2, valor-p = 0.001693	Cantidad y época: $K^2= 33.369$ , df = 2, valor-p = 5.677e-08
	Cantidad y transecto: $K^2= 11.225$ , df = 2, valor-p = 0.003652	Cantidad y transecto: $K^2= 0.087071$ , df = 2, valor-p = 0.9574	Cantidad y transecto: $K^2= 28.2$ , df = 2, valor-p = 7.523e-07
<b>Prueba de suma de rangos de Kruskal-Wallis</b>	Cantidad por playa: $X^2= 0.17676$ , df = 1, valor-p = 0.6742	Cantidad por playa: $X^2= 0.63584$ , df = 1, valor-p = 0.4252	Cantidad por playa: $X^2= 10.742$ , df = 1, valor-p = 0.001047
	Cantidad por época: $X^2= 20.837$ , df = 2, valor-p = 2.988e-05	Cantidad por época: $X^2= 8.7639$ , df = 2, valor-p = 0.0125	Cantidad por época: $X^2= 4.067$ , df = 2, valor-p = 0.1309
	Cantidad por transecto: Kruskal-Wallis $X^2= 0.036689$ , df = 2, valor-p = 0.9818	Cantidad por transecto Kruskal-Wallis $X^2= 0.45738$ , df = 2, valor-p = 0.7956	Cantidad por transecto: $X^2= 0.16867$ , df = 2, valor-p = 0.9191

#### **6.1.1.1. Abundancia de los macroplásticos durante las épocas climáticas y las franjas en Spratt Bight**

Los macroplásticos estuvieron en mayor cantidad en la playa de Spratt Bight, esta playa se registró la mayor concentración durante la época seca en comparación con las otras épocas de muestro. Durante esta época, los macroplásticos se aglomeraron en mayores cantidades en la franja LP, seguido de la franja LMB Y LMA.

Durante la época de transición a diferencia de la seca, la cantidad de macroplásticos disminuyó considerablemente, ubicando a la franja LMB con la mayor representación, seguido de la franja LMA y por último y la franja LP. En la época de lluvia si bien reportaron presencia de macroplásticos, estas fueron menores en comparación con las otras épocas. La franja LMB que es la más cercana a la influencia de las olas fue en donde menos cantidades de macroplásticos se encontraron.

#### **6.1.1.2. Abundancia de los macroplásticos durante las épocas climáticas y las franjas en Los Charquitos**

En la playa de Los Charquitos, a diferencia de Spratt Bight las mayores concentraciones fueron durante la época de transición en la franja LP, seguido de la época de lluvias donde las mayores concentraciones fueron igualmente en la franja LP y las menores en la franja LMB. Los macroplásticos en esta playa durante la época seca estuvieron mayoritariamente en la franja LP al igual que en las otras

épocas. Las otras franjas durante esta época también estuvieron contaminadas con macroplásticos.

### **6.1.2. Abundancia de los mesoplásticos**

Se registraron abundancias entre 0 y 30 ítems  $m^{-2}$  con un promedio de  $3,06 \pm 5,36$  ítems/ $m^{-2}$  (Tabla 1). Los datos presentaron una distribución no normal, sin homogeneidad de varianzas entre sectores, épocas climáticas y franjas de la playa.

Los análisis de Kruskal-Wallis encontraron diferencias estadísticamente significativas en las abundancias registradas en las épocas climáticas, mientras que entre las playas y franjas no se determinaron diferencias estadísticamente significativas (tabla 2).

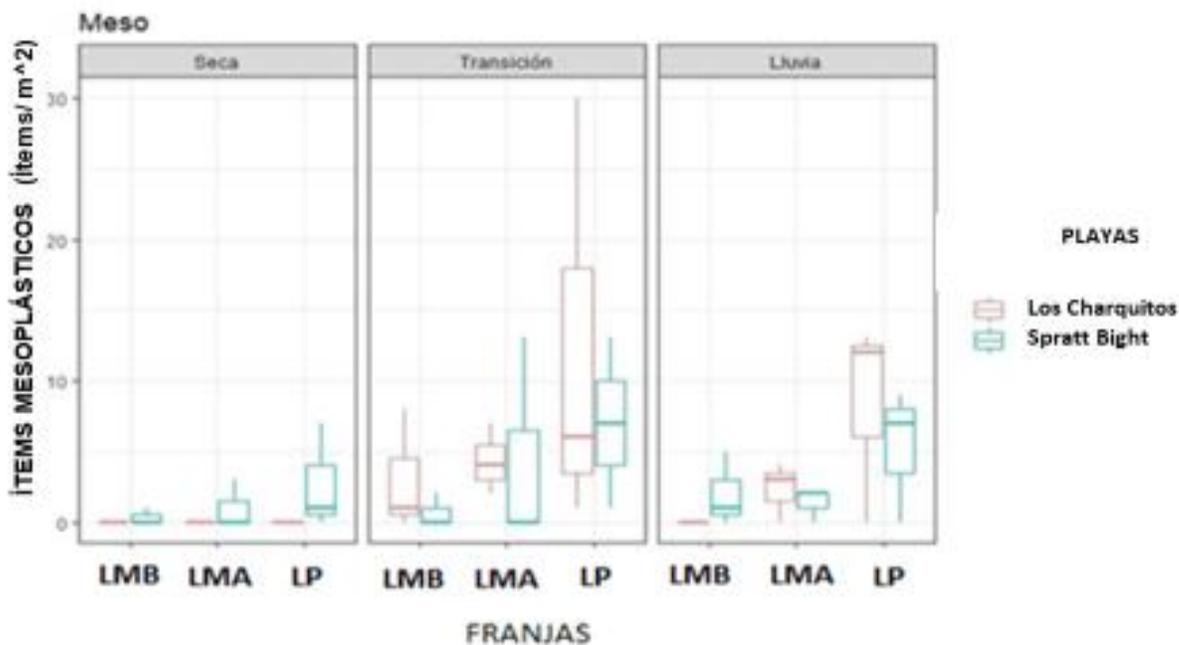
#### **6.1.2.1. Abundancia de los mesoplásticos durante las épocas climáticas y las franjas en Spratt Bight**

Los mesoplásticos registraron una mayor cantidad durante la época de transición, estando más concentrados en la franja LP, seguido de la franja LMA y menor proporción a diferencia de las anteriores, en la franja que colinda con el mar, la LMB (Figura 9). En la época de lluvias la franja más cercana a la vegetación (LP) fue donde más presencia de mesoplásticos se reportó, la franja LMB fue la segunda donde se encontraron.

### 6.1.2.2. Abundancia de los mesoplásticos durante las épocas climáticas y las franjas en Los Charquitos

Durante la época seca, la presencia de mesoplásticos fue baja en esta playa. La mayor abundancia de mesoplásticos se registró en la franja LP durante las épocas de transición y lluvia. La época de transición registró la mayor concentración de mesoplásticos en la franja LP. Durante la época de lluvias también se reportaron mesoplásticos en esta misma franja (LP), sin embargo, fueron bajas en la franja LMB. La presencia de los mesoplásticos se mantuvo baja durante la época seca en todas las franjas (Figura 9).

**Figura 9.** Abundancias promedio de mesoplásticos en San Andrés estimada según colecta manual en diferentes épocas de 2021.



*Nota.* Las siglas indican la zona de la franja donde se colocó el cuadrante. Límite de playa (LP), límite de marea alta (LMA) y límite de marea baja (LMB).

### **6.1.3. Abundancia de los microplásticos**

De acuerdo con la observación en 54 (n) cuadrantes de 0.5x0.5 ítems/ m<sup>2</sup> en las playas de SAI, se encontraron de 0 a 64 ítems microplásticos en cada playa con un promedio de 8.25±10.77 ítems/ 0.25 m<sup>2</sup>.

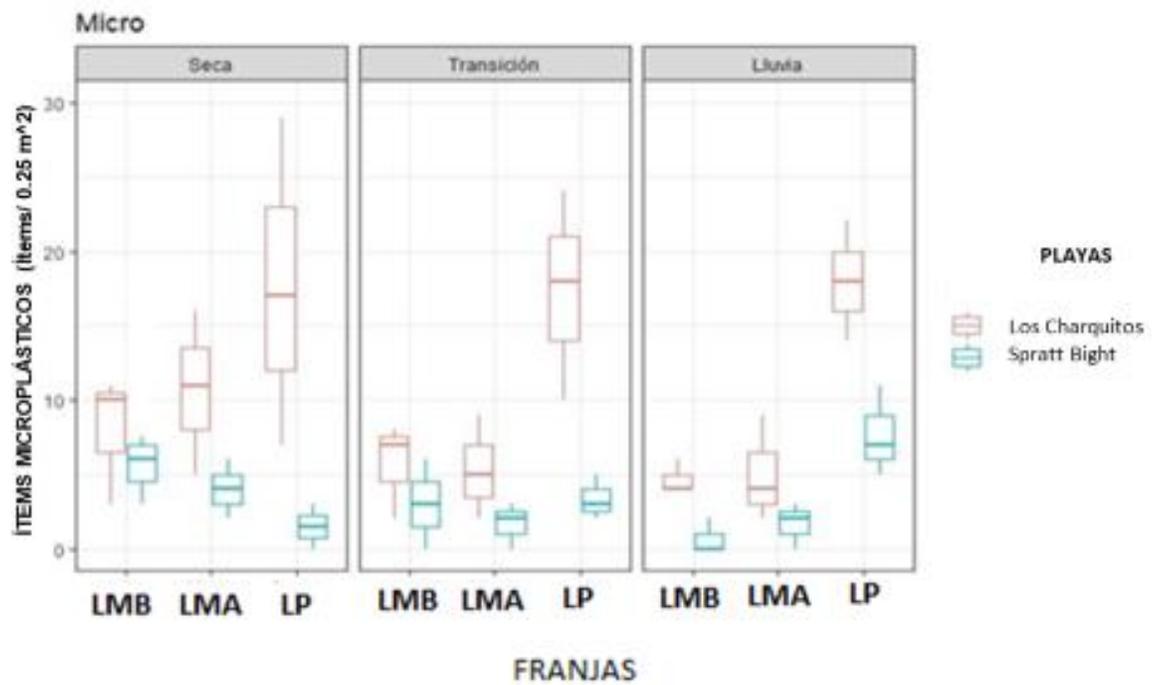
La prueba de normalidad Shapiro-Wilk indicó que las muestras no se ajustaron a una distribución normal, por ello, se realizaron análisis no paramétricos (Kruskal-Wallis) en donde se encontró que existen diferencias significativas entre la cantidad de microplásticos por playas, mientras que entre épocas climáticas y franjas no existen tales diferencias.

#### **6.1.3.1. Abundancia de los microplásticos durante las épocas climáticas y las franjas en Spratt Bight**

Los MPs fueron encontrados durante todas las épocas y en todas las franjas de la playa de Spratt Bight. Se hallaron las mayores abundancias de MPs en la época lluviosa, principalmente en la franja LP, estuvieron presentes en las otras franjas, pero en bajas cantidades. En la época de transición las cantidades más altas de MPs se reportaron en la franja LMB, seguida de la franja LP y en menor

medida en la franja LMA. Los MPs en la época seca, la mayor cantidad fue reportada en la franja LMB, seguida de LMA y por último la franja LP.

**Figura 10.** Abundancia promedio de MPs en San Andrés estimada según colecta manual y tamizado en seco, a partir de muestras tomadas en 2021.



*Nota.* Las siglas indican la zona de la franja donde se colocó el cuadrante. Límite de playa (LP), límite de marea alta (LMA) y límite de marea baja (LMB).

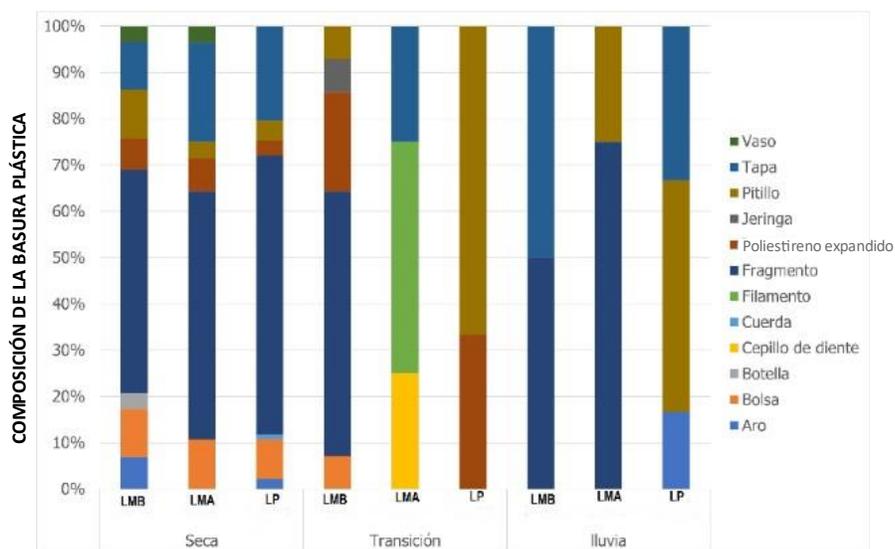
### **6.1.3.2. Abundancia de los microplásticos durante las épocas climáticas y las franjas en Los Charquitos**

A comparación con Spratt Bight, los MPs fueron más abundantes en la playa de Los Charquitos (Figura 10). En la época seca hubo una mayor abundancia de MPs, encontrándose valores más altos en la franja LP, seguido de la LMA y LMB. En general la mayor concentración se situó en la franja LP durante todas las épocas.

## **6.2. ABUNDANCIA DE LOS MACROPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN SPRATT BIGHT**

Los macroplásticos se vieron mayormente representados en la categoría de fragmentos (Figura 11) durante todas las épocas. Por otro lado, los pitillos y las tapas también resaltaron dentro de los macroplásticos más comunes encontrados durante todas las épocas, concentrando un mayor número en la época de transición. El poliestireno expandido o Icopor, también se reportaron en esta playa durante las épocas seca y transición. Otros macroplásticos como jeringas, cuerdas, cepillo de dientes entre otros, también se encontraron, pero en menor proporción.

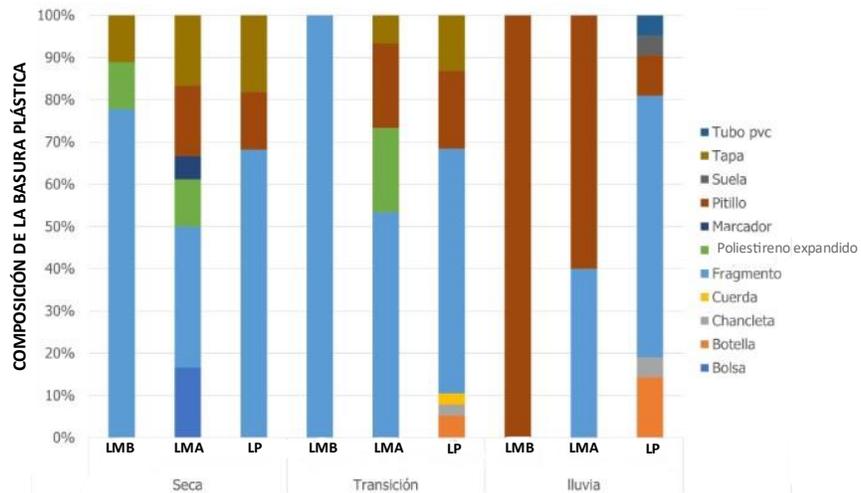
**Figura 11.** Composición de la basura plástica de acuerdo con su forma en playa de Spratt Bight



### 6.3. ABUNDANCIA DE LOS MACROPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN LOS CHARQUITOS

Los fragmentos macroplásticos fueron los más reportados en esta playa durante todas las épocas climáticas y en todas las franjas a excepción de la época de lluvias, donde no se reportaron en la franja LMB, ya que solo fue reportado la categoría de pitillos, los cuales fueron la segunda categoría más encontrada en esta playa. Vale la pena destacar la presencia de tubo de PVC, chancleta, y marcador, que se encontraron únicamente en Los Charquitos (Figura 12).

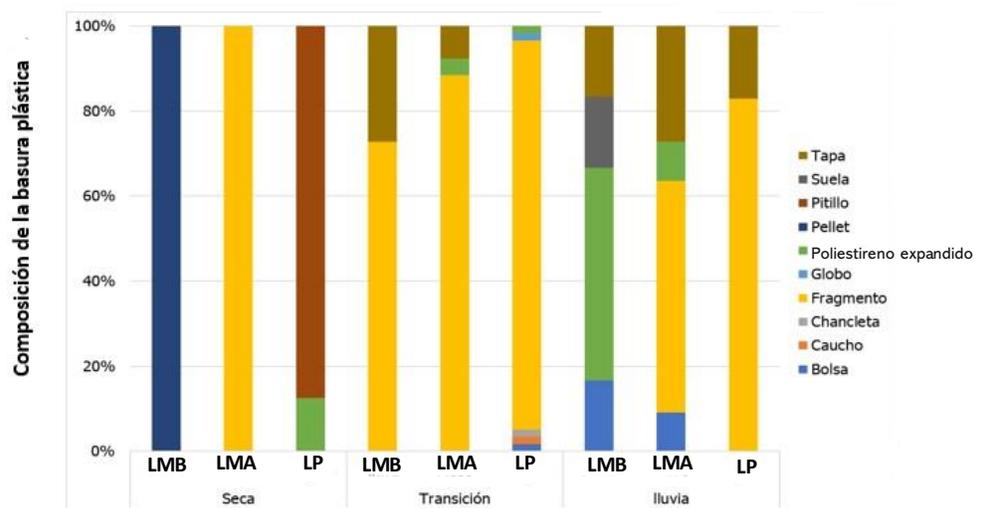
**Figura 12.** Composición de la basura plástica de acuerdo con su forma en playa de Los Charquitos



#### 6.4. ABUNDANCIA DE LOS MESOPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN LOS CHARQUITOS

Los ítems mesoplásticos como los fragmentos demostraron una presencia significativa en las franjas y épocas climáticas (Figura 13). Para las épocas de transición y lluvias se evidenció la predominancia de los fragmentos en la mayoría de las franjas, sin embargo, durante la época seca en la franja LMB se encontraron únicamente mesoplásticos clasificados como bolsas. Categorías como globos también fueron reportados, así como pellets y tapas, estas últimas presentes en varias franjas durante la época de transición y lluvias.

**Figura 13.** Composición de los mesoplásticos durante las distintas épocas en las franjas de las playas



## 6.5. ABUNDANCIA DE LOS MICROPLÁSTICOS

Los resultados en cuanto a los MPs, demostraron que hubo una diferencia significativa entre las franjas y los sitios (playas). En esta ocasión solo se clasificaron en tres tipos de ítems, pellets, gránulos y fragmentos (Figura 14).

**Figura 114.** *Microplásticos en las formas reportadas de este estudio*

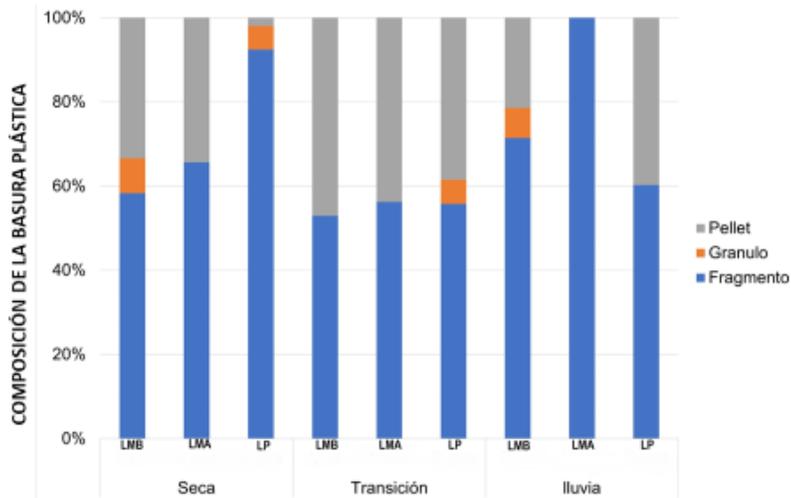


*Nota.* A) MPs en forma de pellets. B) MPs en forma de gránulos

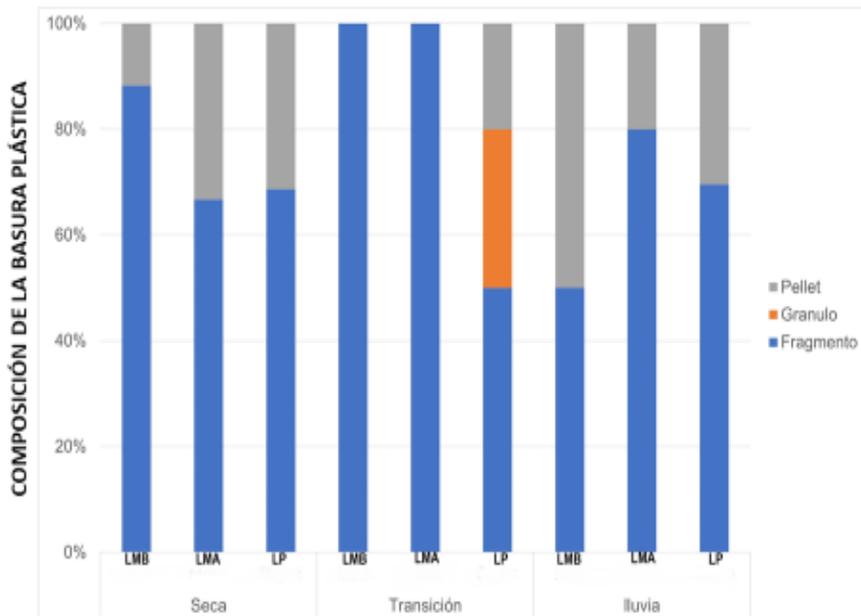
### **6.5.1. ABUNDANCIA DE LOS MICROPLÁSTICOS SEGÚN FORMA EN LOS CHARQUITOS Y SPRATT BIGHT**

Teniendo en cuenta lo anterior, las tres categorías antes mencionadas fueron reportadas en ambas playas, siendo los fragmentos los más predominantes (Figura 15 y 16). Si bien los gránulos se reportaron en ambas playas, estos estuvieron en menor proporción a los fragmentos y pellets, siendo inexistentes en la mayoría de las franjas de la playa Spratt bight a excepción de LP durante la época de transición.

**Figura 15.** Composición de las formas de los microplásticos entre las franjas y épocas climáticas de la playa de Los Charquitos



**Figura 16.** Composición de las formas de los microplásticos entre las franjas de la playa de Spratt Bight



## 7. DISCUSIÓN

Investigaciones previas en San Andrés han abordado la problemática de la contaminación marino-costera en la isla, una de ellas fue llevada a cabo por Portz *et al.* (2020), De Gavio *et al.* (2022) y Garcés-Ordoñez *et al.*, (2020a). Asimismo, el presente estudio se enfoca en la caracterización de plásticos en playas del Caribe colombiano específicamente en la isla de San Andrés.

### 7.1. ABUNDANCIA DE LA BASURA PLÁSTICA

El patrón registrado de basuras plásticas en cuanto a los tamaños y la cantidad registrada en San Andrés se determinó así: micro > macro > meso. Este patrón indica que los MPs a comparación de otros tamaños, son más predominantes en las playas arenosas, este resultado es compatible con lo expuesto en estudios anteriores (Rodríguez *et al.*, 2020). Este comportamiento se atribuye a que la fragmentación de los plásticos más grandes (macroplásticos) incide en la cantidad de MPs presentes en las playas, ya que con el tiempo se van fragmentando y por ende pueden ser más comunes en tamaños pequeños (Lee *et al.*, 2013, Wang *et al.*, 2019).

En cuanto a los resultados obtenidos entre las franjas de playas, la cantidad de ítems fue mayor en la franja LP con 568 ítems plásticos, seguido de la franja LMA (199), mientras que la LMB obtuvo 159 ítems. Este comportamiento puede estar asociado a los visitantes de las playas, así como también por la acción del viento, oleaje y corrientes. Estudios previos realizados en el Caribe afirman que los vientos,

las corrientes oceánicas, así como también las actividades de origen antrópico influyen en la acumulación de plásticos en las playas del mar Caribe (De Scisciolo *et al.*, 2016; Monteiro *et al.*, 2018).

La franja LP como bien se ha explicado antes, representa la zona que está más alejada de la orilla del agua, es decir la más cernada a la vegetación o carretera. Se podría decir que junto con la franja LMA representan las zonas más concurridas por los visitantes, aquí suelen descansar y pasar el tiempo, dicho esto, y teniendo en cuenta la cantidad de basura plástica obtenida donde el patrón muestra que estas dos zonas contienen la mayor cantidad de basura plástica, se podría inferir que el turismo juega un papel fundamental y se puede considerar una fuente de basura plástica (Garcés-Ordoñez *et al.*, 2020b).

## **7.2. ABUNDANCIA DE BASURA PLÁSTICA Y LA ÉPOCA CLIMÁTICA**

Se debe tener en cuenta que las playas están ubicadas en extremos distintos y que existe una diferencia en cuanto a acumulación de sedimentos en las playas, ya que, dependiendo de la época del año según el estudio de Coca-Domínguez *et al.* (2019), afirman que hay variación a lo largo de la playa, los cuales están asociados a la temporada de fuertes vientos y oleaje, generando un cambio en la morfología de la playa. De lo anterior, se puede considerar que los factores climáticos tienen un efecto directo en la cantidad de los plásticos, tanto en tamaños como en las formas de los ítems que están presentes en el sedimento de ambas

playas. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la cantidad de basura plástica varía dependiendo la época climática.

Durante la época seca hubo más cantidad de basura plástica, vale la pena recalcar que durante esta época (diciembre- abril) los vientos suelen incrementarse (vientos alisios) (Coca-Domínguez *et al.* 2019), por ende, los vientos podrían actuar como una fuente de basura plástica y ayudan en la acumulación y dispersión de estas en las playas.

La isla se ve influenciada por patrones de viento que corresponden a los vientos Alisios y a la temporada de huracanes (Ososrio *et al.*, 2016), aunque la morfología y orientación de la playa respecto de la dirección de los vientos genere condiciones levemente variables a nivel local. En este caso, Spratt Bright está dispuesta en dirección noroeste, y en su zona posterior limita con una calle peatonal y múltiples edificaciones. Por su parte, Charquitos se encuentra al sur de la isla y está bordeada por una vía vehicular, en la parte posterior, mayoritariamente se encuentra vegetación urbana (pastos y palmeras) y no hay edificaciones cercanas.

Estas condiciones, influyen en la cantidad, formas y abundancia de la basura plástica que se pueden encontrar en sus playas. Por tal razón, en los resultados expuestos en este estudio, se puede apreciar que a pesar de estar en lugares distantes y que presentan condiciones diferentes, en ambas playas se encuentra basura plástica, con algunas diferencias en cuanto a la abundancia y tipo, pero que, en su mayoría, se puede considerar que provienen de fuentes similares (turismo, corrientes, vientos, etc).

### **7.3. ABUNDANCIA DE LOS MACROPLÁSTICOS EN PLAYAS**

Las dos playas estudiadas están contaminadas de macroplásticos; sin embargo, fueron más predominantes en la playa de Spratt Bight. Por tal razón, los resultados en cuanto a la cantidad de basura plástica obtenida en esta playa, puede estar influenciada en que los servicios de limpieza retiran los plásticos que se encuentran en la arena mayoritariamente los macro y mesoplásticos, siendo esto un factor que influye en los resultados de la cantidad de plásticos que originalmente se encuentran en la playa. Lo anterior, confirma lo expuesto en la investigación De Gavio *et al.*, (2022) en donde afirman que la playa de Spratt Bight se clasifica como una playa 'muy sucia', a pesar de ser aseada diariamente por trabajadores de limpieza.

#### **7.3.1. ABUNDANCIA DE LOS MICROPLÁSTICOS**

A pesar de que los MPs en este estudio fueron los más predominantes, estos resultados en las playas de la isla fueron menores a lo registrado en otros estudios en el Caribe (Tabla 3). Sin embargo, estos resultados también comprueban que los MPs son los tamaños plásticos más comunes dentro de la basura plástica.

**Tabla 3. Estudios de MPs en el Caribe y el mundo.**

<b>Región</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Rango partículas</b>	<b>de</b>	<b>Ítems/ m<sup>-2</sup></b>	<b>Referencias</b>
Gran Caribe (n = 21)	Línea alta de marea	1-5 mm		0.40-2500	Schmuck <i>et al.</i> (2017)
Panamá (n = 4)	Línea alta de marea	1-5 mm		16-420	de Borrero <i>et al.</i> , (2020)
Puerto Rico (n = 6)	Línea alta de marea	0.3-4.75 mm		52-432	Pérez-Alvelo <i>et al.</i> , (2021)
Brasil (n = 17)	Línea alta de marea	<5 mm		3-1300	de Carvalho & Neto (2016)
Chile (n = 39)	Línea alta de marea	1-10 mm		<1-805	Hidalgo-Ruz & Thiel (2013)
España (n = 6)	Por encima de la línea de marea alta	1-5 mm		2.0-2971	Álvarez-Hernández <i>et al.</i> , (2019)
Rusia (n = 13)	Línea de la marea en la grieta	0.5-5 mm		42-1150	Esiukova (2017)
Nueva Zelanda (n = 8)	línea de la orilla	0.032–5 mm		0-1933	Clunies-Ross <i>et al.</i> , (2016)
Colombia (n = 54)	Línea baja de marea, línea alta de marea y por encima de la línea de marea alta	1-5 mm		0-64	Este estudio

*Nota.* En esta tabla se muestran diferentes fuentes bibliográficas en donde se estudiaron

los MPs en las diferentes franjas de playa, sus rangos de medida y la cantidad de ítems reportados.

#### 7.4. ABUNDANCIA DE LA BASURA PLÁSTICA SEGÚN FORMA

En términos de las formas identificadas en este estudio, se pudo apreciar que dentro de la basura plástica la más abundante en las playas son los fragmentos, ocurrió igual que De Scisciolo *et al.*, (2016) y Schmuck *et al.*, (2017), Hidalgo-Ruz *et al.*, (2013) y en donde los fragmentos fueron el tipo de plástico más predominante. Asimismo, los pellets que se tuvieron en cuenta en el muestreo de MPs y que fueron también predominantes, arroja un resultado similar a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2020) en donde realizaron un estudio de playas oceánicas uruguayas (Océano Atlántico) y observaron que los fragmentos, seguido por los pellets, fueron los más predominantes.

Para finalizar, los resultados concuerdan con lo expuesto en estudios anteriores, donde afirman que los tipos de basura que normalmente se encuentran en las playas que son frecuentados para actividades turísticas, en este caso en particular la playa de Spratt Bight, tienden a reportar plásticos que se relacionan con la actividad de turismo y por ende, se encuentran ítems tales como, pitillos, tapas, botellas, vasos, etc (Suciu *et al.*, 2017, Tavares, 2020), mientras que para playas remotas o con un turismo moderado (Los Charquitos), los plásticos que son comunes de encontrar son los fragmentos y pellets industriales (Lavers & Bond, 2017).

Vale recalcar que en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina a través de la Ley 1973 de 2019 (Minambiente, 2020), se prohibió la producción, comercialización, distribución e ingreso de productos

plástico de un solo uso (pitillos, vasos de plástico y/o poliestireno, platos, con el fin de reducir el impacto ambiental como consecuencia del ingreso y el uso de algunos materiales plásticos en el Departamento. y de este modo evitar que estos plásticos se conviertan en basura contaminante que luego ingrese al mar y afecte a la reserva de biosfera Seaflower. Sin embargo, según lo expuesto en este estudio, los plásticos de un solo uso siguen siendo comunes de encontrar en las playas de la isla y esto constituye una problemática que conlleva a que se realicen programas de limpieza y recolección de basuras en las playas, así como también sensibilización ciudadana, para que estas acciones logren propiciar los objetivos que esta ley propone y la isla sea un territorio amigable con el ambiente.

Por tanto, este estudio es necesario para contribuir al conocimiento de las fuentes, abundancias, distribución e influencia de factores ambientales como el clima y la intensidad del turismo, en la contaminación de las playas.

## 8. CONCLUSIONES

- Las playas de San Andrés (Los Charquitos y Spratt Bight), se encuentran contaminadas por basura plástica, sin embargo, se encuentran en menor medida a otras playas de la región Caribe.
- La forma de fragmentos son el tipo de basura plástica más común en San Andrés.
- Las épocas climáticas influyen en la presencia de plásticos en las playas, ya que dependiendo de la época la cantidad de basura plástica varía.
- Factores asociados al turismo, corrientes y oleaje influyen en la presencia de basura plástica en las playas de San Andrés.
- La mayor cantidad de macroplásticos se encontró en la época seca, época relacionada a los meses con más visitas de turismo en la isla y vientos alisios.
- La franja LP (más cerca a la vegetación o playa) es la franja donde hay mayor número de basura plástica.
- Los microplásticos son los tamaños de plástico que más predominan en las playas de San Andrés Isla.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se deben realizar investigaciones en la isla que incluya la composición química de los plásticos que se encuentran en sus playas.
- Para una futura investigación, en una playa de alto flujo turístico como Spratt Bight, se recomienda tener en cuenta la hora del muestreo, ya que, desde tempranas horas de la mañana se hace la limpieza diaria de la playa y esto puede afectar la cantidad de plásticos que se encuentran en el lugar.
- Realizar estudios que aborden el tema de las fuentes de los plásticos en playas de San Andrés.
- Gestionar un plan de manejo de residuos sólidos en playas para evitar la presencia de plásticos y otros contaminantes.
- Se requieren estudios que aborden los efectos que tiene la presencia de plásticos en ecosistemas marino-costeros.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Coley, I. & Olivero-Verbel, J. (2015). Microplastic resin pellets on an urban tropical beach in Colombia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(7), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4602-7>
- Acosta-Coley, I., Mendez-Cuadro, D., Rodriguez-Cavallo, E., de la Rosa, J., & Olivero-Verbel, J. (2019). Trace elements in microplastics in Cartagena: a hotspot for plastic pollution at the Caribbean. *Marine pollution bulletin*, 139, 402-411. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.016>
- Álvarez-Hernández, C., Cairós, C., López-Darias, J., Mazzetti, E., Hernández-Sánchez, C., González-Sálamo, J., & Hernández-Borges, J. (2019). Microplastic debris in beaches of Tenerife (Canary Islands, Spain). *Marine pollution bulletin*, 146, 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.064>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Arthur, C., Baker, J. E., & Bamford, H. A. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA*. University of Washington Tacoma, Tacoma, 9-11. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2509>

- Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C., Barros, T. L., Kershaw, P. J., & Guilhermino, L. (2019). Macroplastics pollution in the marine environment. In *World seas: An environmental evaluation*. *Academic Press*. 305-328.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00019-X>
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 364(1526), 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). *Marine anthropogenic litter* (p. 447). Springer Nature.
- Bergmann, M., Sandhop, N., Schewe, I., & D'Hert, D. (2016). Observations of floating anthropogenic litter in the Barents Sea and Fram Strait, Arctic. *Polar biology*, 39(3), 553-560. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_3)
- Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., & Moore, C. J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine pollution bulletin*, 60(12), 2275-2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>
- Cámara de comercio San Andrés. (s.f.). *Ingreso de turistas a San Andrés*.  
<https://camarasai.org/investigaciones-y-publicaciones/visitantes-a-la-isla/>
- Carpenter, E. J., & Smith Jr, K. L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175(4027), 1240-1241.  
<https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240>

Clunies-Ross, P. J., Smith, G. P. S., Gordon, K. C., & Gaw, S. (2016). Synthetic shorelines in New Zealand? Quantification and characterisation of microplastic pollution on Canterbury's coastlines. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 50(2), 317-325.

<https://doi.org/10.1080/00288330.2015.1132747>

Coca Domínguez, O., Ricaurte Villota, C., Morales Giraldo, D. F., & Luna, K. (2019). Estado de las playas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2015-2019). *INVERMAR*, 48,

<http://dx.doi.org/https://n2t.net/ark:/81239/m9937t>

Coe, J. M., & Rogers, D. (Eds.). (2012). *Marine debris: sources, impacts, and solutions*. Springer Science & Business Media.

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton.

*Environmental science & technology*, 47(12), 6646-6655.

<https://doi.org/10.1021/es400663f>

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*,

62(12), 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>

Conservation International. (2008). *Economic values of coral reefs, mangroves and seagrasses: A global compilation*. Conservation International.

Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 6. 7 de julio de 1991 (Colombia).

- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., & Duarte, C. M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239-10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>
- Dagua, C. J., Torres, R. R., & Monroy, J. C. (2018). Condiciones oceanográficas de la reserva de biosfera Seaflower 2014–2016. *Boletín Científico CIOH*, 37,53-74. <http://dx.doi.org/10.26640/22159045.449>
- De Borrero, D.D., Duque, J.F., Olmos, J., Garcés-Ordóñez, O., Amaral, S.S.G., Vezzone, M., Felizardo, J.P.S., Anjos, R.M., (2020). Distribution of plastic debris in the Pacific and Caribbean beaches of Panama. *Air, Soil Water Res.* 13, 1–8. <https://doi.org/10.1177/1178622120920268>
- De Carvalho, D. G., & Neto, J. A. B. (2016). Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Ocean & coastal management*, 128, 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.04.009>
- De Gavio, B., Vargas-Llanos, J. P., & Mancera-Pineda, J. E. (2022). Trash in paradise: marine debris on the beaches of San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve, Colombian Caribbean. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 51(1), 37-52. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2022.51.1.996>
- De Scisciolo, T., Mijts, E. N., Becker, T., & Eppinga, M. B. (2016). Beach debris on Aruba, Southern Caribbean: attribution to local land-based and distal

marine-based sources. *Marine pollution bulletin*, 106(1-2), 49-57.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.039>

Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842-852.

[https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)

Deudero, S., & Alomar, C. (2015). Mediterranean marine biodiversity under threat: reviewing influence of marine litter on species. *Marine pollution bulletin*, 98(1-2), 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.012>

Esiukova, E. (2017). Plastic pollution on the Baltic beaches of Kaliningrad region, Russia. *Marine pollution bulletin*, 114(2), 1072-1080.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.001>

Europe Plastics. (2021). *Plásticos – Situación en 2020. PlasticsEurope*.

Freiburg. H, Freiburg. U, González. F, Mow. J, Rodríguez. H, 2005. Análisis preparatorio para el suministro de energía sostenible en las islas Colombianas San Andrés y Old Providence. Universidad de Friburgo en Breisgau.

Gall, S.C. and, Thompson, R.C. (2015). The impact of debris on marine life. *Mar. Pollut. Bull.* 92 (1–2), 170–179.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>

Garcés-Ordóñez, O., Díaz, L. F. E., Cardoso, R. P., & Muniz, M. C. (2020b). The impact of tourism on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Marine pollution bulletin*, 160, 111558.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>

Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L. F., Cardoso, R. P., Cardozo, B. B. I., & Dos Anjos, R. M. (2020a). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental Pollution*, 267,

115495. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>

Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L. F., Costa Muniz, M., Salles Pereira, L. B., & Meigikos dos Anjos, R. (2021). Abundance, distribution, and characteristics of microplastics in coastal surface waters of the Colombian Caribbean and Pacific. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 43431-43442.

<https://doi.org/10.1007/s11356-021-13723-x>

GESAMP (2015). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment" (Kershaw, P. J., ed.).

(IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection).

Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p.

GESAMP (2016). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment" (Kershaw, P.J., and

Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/

UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93, 220 p.

GESAMP (2019). *Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean* (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.

GESAMP. (2020). Proceedings of the GESAMP International Workshop on assessing the risks associated with plastics and microplastics in the marine environment. In *Proceedings of the GESAMP International Workshop on assessing the risks associated with plastics and microplastics in the marine environment. Reports to GESAMP No. 103* (p. 68).

GESAMP. (2021). “Sea-based sources of marine litter”, (Gilardi, K., ed.) (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/ WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 108, 109 p.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3(7), e1700782.  
<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (03 octubre 2018) Secretaría de servicios públicos y medio ambiente reafirma el

compromiso de ofrecer playas limpias a turistas y residentes.

<https://www.sanandres.gov.co/index.php/prensa/enterese/noticias/151-rotador-de-noticias/5018-limpieza-de-playas>

Gómez-López, D. I., Seguro-Quintero, C., Sierra-Correa, P. C., & Garay-Tinoco, J. (2012). *Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. INVEMAR.

Gregory, M. R. (1999). Plastics and South Pacific Island shores: environmental implications. *Ocean & Coastal Management*, 42(6-7), 603-615.

[https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(99\)00036-8](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(99)00036-8)

Hanvey, J. S., Lewis, P. J., Lavers, J. L., Crosbie, N. D., Pozo, K., & Clarke, B. O. (2017). A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments. *Analytical Methods*, 9(9), 1369-1383.

<https://doi.org/10.1039/C6AY02707E>

Hartmann, N. B., Huffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Dugaard, A. E., Rist, S., Karlsson, T., Brennholt, N., Cole, M., Herrling, M. P., Hess, M. C., Ivleva, N. P., Lusher, A. L & Wagner, M. (2019). Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris.

<https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>

Hernández, J. P. E., & Rocha, L. M. (2013). Descripción fisiográfica de la Isla de San Andrés: aproximación inicial al entendimiento integral de la

problemática erosiva. *Boletín Científico CIOH*, 31, 49-72.

<https://doi.org/10.26640/22159045.251>

Hidalgo-Ruz, V., & Thiel, M. (2013). Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): a study supported by a citizen science project. *Marine environmental research*, 87, 12-18.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>

Hidalgo-Ruz, V., Honorato-Zimmer, D., Gatta-Rosemary, M., Nuñez, P., Hinojosa, I. A., & Thiel, M. (2018). Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. *Marine pollution bulletin*, 126, 516-524.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.014>

IDEAM. 2014. Atlas climatológico de Colombia 1981–2010. Inst. Hidrol., Met. Est. Amb. <http://atlas.ideam.gov.co/cclimatologicas/info/clasifclim>

IGAC. 2008. *Atlas Básico de Colombia*. Tomo 1. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

Instituto Geográfico " Agustín Codazzi." Subdirección de Investigación, & Divulgación Geográfica. (1986). *San Andrés y Providencia: aspectos geográficos*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geográfico " Agustín Codazzi," Subdirección de Investigación y Divulgación Geográfica.

Lavers, J. L., & Bond, A. L. (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine

- islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (23), 6052-6055. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114>
- Lee, J., Hong, S., Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, Y. C., Jang, M., ... & Shim, W. J. (2013). Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine pollution bulletin*, 77(1-2), 349-354. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.013>
- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., & Shi, H. (2016). Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, 214, 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012>
- Longhurst, A. R. (2010). *Ecological geography of the sea*. Elsevier.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental science & technology*, 35(2), 318-324. <https://doi.org/10.1021/es0010498>
- Monteiro, R. C., do Sul, J. A. I., & Costa, M. F. (2018). Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 238, 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.096>
- Montoya Sánchez, R. A. (2014). Variabilidad estacional e interanual del balance de calor en la capa de mezcla superficial en el mar Caribe. *Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*.

- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental research*, 108(2), 131-139.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025>
- NOAA. 2014. Report on the Occurrence and Health Effects of Anthropogenic Debris Ingested by Marine Organisms. Silver Spring, MD. 19pp. Retrieved from: [https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/mdp\\_ingestion.pdf](https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/mdp_ingestion.pdf).
- Oliveros Chinchilla, M. F., & Taylor Mclean, M. (2018). Vulnerabilidad ambiental en ecosistemas marinos costeros frente a la amenaza de cambio climático en la isla de San Andrés. <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/2217>
- Osorio, A. F., Montoya, R. D., Ortiz, J. C., & Peláez, D. (2016). Construction of synthetic ocean wave series along the Colombian Caribbean Coast: A wave climate analysis. *Applied Ocean Research*, 56, 119-131.  
<https://doi.org/10.1016/j.apor.2016.01.004>
- OSPAR Commission. (2010). Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area. *OSPAR Commission: London, UK*, 1.  
<https://www.ospar.org/>
- Pérez-Alvelo, K. M., Llegus, E. M., Forestier-Babilonia, J. M., Elías-Arroyo, C. V., Pagán-Malavé, K. N., Bird-Rivera, G. J., & Rodríguez-Sierra, C. J. (2021). Microplastic pollution on sandy beaches of Puerto Rico. *Marine Pollution Bulletin*, 164, 112010. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112010>

Pettipas, S., Bernier, M., & Walker, T. R. (2016). A Canadian policy framework to mitigate plastic marine pollution. *Marine Policy*, 68, 117-122.

<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.02.025>

Pham, C. K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C. H., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M., Company, J. B., Davies, J., Duineveld, G., Galgani, F., Howell, K. L., Huvenne, V. A. I., Isidro, E., Jones, D. O. B., Morato, T., Gomes-Pereira, J. N., Puer, A ... & Tyler, P. A. (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PloS one*, 9(4), e95839.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095839>

Piperagkas, O., Papageorgiou, N., & Karakassis, I. (2019). Qualitative and quantitative assessment of microplastics in three sandy Mediterranean beaches, including different methodological approaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219, 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.016>

Portz, L., Manzolli, R. P., Herrera, G. V., Garcia, L. L., Villate, D. A., & do Sul, J. A. I. (2020). Marine litter arrived: Distribution and potential sources on an unpopulated atoll in the Seaflower Biosphere Reserve, Caribbean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 157, 111323.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111323>

Rangel-Buitrago, N., Gracia, A., Vélez-Mendoza, A., Mantilla-Barbosa, E., Arana, V. A., Trilleras, J., & Arroyo-Olarte, H. (2018). Abundance and distribution of beach litter along the Atlantico Department, Caribbean coast of

Colombia. *Marine pollution bulletin*, 136, 435-447.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.040>

Rodríguez, C., Fossatti, M., Carrizo, D., Sánchez-García, L., de Mello, F. T., Weinstein, F., & Lozoya, J. P. (2020). Mesoplastics and large microplastics along a use gradient on the Uruguay Atlantic coast: types, sources, fates, and chemical loads. *Science of the Total Environment*, 721, 137734.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137734>

Ryan, P. G. (1987). The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. *Marine environmental research*, 23(3), 175-206.

[https://doi.org/10.1016/0141-1136\(87\)90028-6](https://doi.org/10.1016/0141-1136(87)90028-6)

Sánchez-Jabba, A. (2012). Manejo ambiental en seaflower, reserva de biosfera en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 176*.

<https://doi.org/10.32468/dtseru.176>

Schmuck, A. M., Lavers, J. L., Stuckenbrock, S., Sharp, P. B., & Bond, A. L. (2017). Geophysical features influence the accumulation of beach debris on Caribbean islands. *Marine pollution bulletin*, 121 (1-2), 45-51.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.043>

Smolowitz, R. J., Corps, L. N., & Center, N. F. (1978). Lobster, *Homarus americanus*, trap design and ghost fishing. *Marine Fisheries Review*, 40(5-6), 2-8.

- Suciu, M. C., Tavares, D. C., Costa, L. L., Silva, M. C., & Zalmon, I. R. (2017). Evaluation of environmental quality of sandy beaches in southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 119(2), 133-142.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.045>
- Tavares, D. C., Moura, J. F., Ceesay, A., & Merico, A. (2020). Density and composition of surface and buried plastic debris in beaches of Senegal. *Science of the Total Environment*, 737, 139633.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139633>
- Taylor, E., Howard, M., & Baine, M. (2011). Colombia's Nomination of the Seaflower Marine Protected Area for Inscription on the World Heritage List.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. A., McGonigle, D. & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838-838.  
<https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Thushari, G. G. N., & Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8), e04709.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>
- Tudor, D. T., & Williams, A. T. (2019). Marine Debris-Onshore, ΠKYOffshore, and Seafloor Litter In: Finkl CW, Makowski C (eds) Encyclopedia of Coastal Science Encyclopedia of Earth Sciences Series.

UNEP. 2011. Assessment of the Status of Marine Litter, in the Mediterranean.

United Nations Environmental Program, Athens.

Walters Alvarez, C. D. (2019). *Estudio de viabilidad para la implementación de un esquema de pagos por servicios ambientales (PSA) en las playas en la Isla de San Andrés, Reserva de Biosfera Seaflower Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Externado de Colombia).

Wang, C. (2007). Variability of the Caribbean low-level jet and its relations to climate. *Climate dynamics*, 29(4), 411-422. <https://doi.org/10.1007/s00382-007-0243-z>

Wang, M. H., He, Y., & Sen, B. (2019). Research and management of plastic pollution in coastal environments of China. *Environmental pollution*, 248, 898-905. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.098>