

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad Ciencias de la Vida**

Microplásticos en playas del Guayas: análisis y comparación de abundancia en  
dos playas de arenas

Código de Proyecto Integrador: VIDA 380

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Nombre de la titulación**

**Biólogo**

Presentado por:

Raquel Alexandra Ruiz Araujo

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## Dedicatoria

---

El presente proyecto está dedicado a todas aquellas personas interesadas en comprender el impacto de los microplásticos en nuestras playas de arena. Que este trabajo sirva también como un llamado a la conciencia colectiva, para que juntos protejamos nuestros ecosistemas marinos.

## Agradecimientos

---

En primer lugar, a mis padres Alexandra Araujo y Rudy Ruiz, por su amor incondicional, apoyo económico constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis tres hermanos por brindándome su aliento y comprensión. A mi pareja Carlos Leonardo Mendoza Alava, por su paciencia, cariño y por ser mi apoyo emocional durante mis últimos semestres.

Al equipo del laboratorio de contaminantes emergentes, por su colaboración, brindarme herramientas y conocimientos, lo cual enriqueció enormemente este trabajo. Finalmente, a mis amigos de la universidad, por su amistad, apoyo y por compartir juntos cada momento de esta etapa.

## Declaración Expresa

---

Yo Raquel Alexandra Ruiz Araujo acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 13 de octubre del 2024.



---

Raquel Alexandra Ruiz Araujo

## **Evaluadores**

---

**Diego Arturo Gallardo Polit, MSc**

Profesor de Materia

---

**Gustavo Adolfo Domínguez, Ph.D.**

Tutor de proyecto

## **Resumen**

Los microplásticos (MP) son partículas de tamaño diminuto, difíciles de detectar a simple vista y constituyen la fracción más abundante y perjudicial de desechos plásticos. El ambiente marino costero permite que estas diminutas partículas se desplacen en distintos medios. Por lo tanto, cuantificar la abundancia de MP en distintas matrices se convierte en un desafío considerable. Este proyecto evaluó la abundancia y diversidad de MP en dos playas de arena mediante la aplicación de un protocolo armonizado. Para esto se recolectó arena utilizando un cuadrante de 50 x 50 cm en las playas: El Encanto y Bellavista. Las muestras se procesaron para extraer los MP y determinar el tamaño, forma y color usando un estereomicroscopio. Los resultados mostraron que en la playa El Encanto predominó los MP entre 300  $\mu$ m -1 mm, en cambio los MP de 1 mm y 5 mm fueron más abundantes en Bellavista. Asimismo, se encontraron fibras, películas y fragmentos de distintos colores que presentaron un mayor tamaño en la playa Bellavista que en El Encanto. Por lo tanto, en El Encanto destacan microplásticos con fracciones menores, mientras que en Bellavista fracciones mayores. Además, las fibras transparentes y azules son las más abundantes y peligrosas.

**Palabras Clave:** microplásticos, playas de arena, protocolo.

## ***Abstract***

*Microplastics (MPs) are tiny particles that are difficult to detect with the naked eye and represent the most abundant and harmful fraction of plastic debris. The coastal marine environment allows these tiny particles to move through different media. Therefore, quantifying the abundance of MPs in various matrices becomes a significant challenge. This project assessed the abundance and diversity of MPs on two sandy beaches using a standardized protocol. Sand samples were collected using a 50 x 50 cm quadrat on El Encanto and Bellavista beaches. The samples were processed to extract the MPs and to determine their size, shape, and color using a stereomicroscope. The results showed that MPs between 300  $\mu\text{m}$  and 1 mm predominated on El Encanto, while MPs between 1 mm and 5 mm were more abundant on Bellavista. Additionally, fibers, films, and fragments of different colors were larger on Bellavista beach compared to El Encanto. Therefore, microplastics with smaller fractions are found on El Encanto, while larger fractions are found at Bellavista. Furthermore, transparent and blue fibers are the most abundant and pose the greatest danger.*

*Keywords: microplastics, sandy beaches, protocol.*

## Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Simbología.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas.....	VIII
Capítulo 1.....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Justificación del problema.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Marco teórico.....	6
1.5.1. Clasificación de los MP.....	6
1.5.2. Interacciones de MP en ambientes marinos y terrestres.....	7
1.5.3. Efectos de los MP en los animales y humanos.....	7
1.5.4. Presencia de MP en arenas.....	9
Capítulo 2.....	11
2. Metodología.....	12
2.1. Sitio de muestreo.....	12
2.2. Recolección de las muestras de arena.....	13
2.3. Análisis de MP.....	14
2.4. Control de calidad.....	16

2.5.	Análisis estadístico.....	16
	Capítulo 3.....	17
3.	Resultado y Análisis .....	18
3.1.	Abundancia de MP en arenas de playa .....	18
3.2.	Tamaño de los MP .....	20
3.3.	Tipos de MP en arenas de playa .....	21
3.4.	Colores de los tipos de MP .....	23
	Capítulo 4.....	26
4.1.	Conclusiones y recomendaciones .....	27
4.1.1.	Conclusiones .....	27
4.1.2.	Recomendaciones .....	27
	Referencias .....	29
	Apéndices .....	34

## Abreviaturas

BPA	Bisfenol A
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
MP	Microplásticos
NY	Nylon
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PAM	Poliacrilamida
PCB	Policlorobifenilos
PE	Polietileno
PET	Tereftalato de polietileno
PL	Poliéster
PP	Polipropileno
PVC	Cloruro de polivinilo
REMARCO	Red de Investigación Marino-Costera

## Simbología

cm	Centímetro
°C	Grado Celsius
g	Gramo
kg	Kilogramo
l	Litro
m	Metro
ml	Mililitro
µm	Micrómetro
mm	Milímetro
NaCl	Cloruro de Sodio
ng	Nanogramo
t	Toneladas métricas

## Índice de figuras

<b>Figura 2.1</b>	Diagrama de flujo para determinar abundancia de MP .....	12
<b>Figura 2.2</b>	Transectos en Bellavista, Isla Puná .....	13
<b>Figura 2.3</b>	Transecto en El Encanto , Data Posorja .....	13
<b>Figura 2.4</b>	Ilustración del área de muestreo .....	14
<b>Figura 3.1</b>	Abundancia de MP entre 300 $\mu$ m y 1 mm.....	19
<b>Figura 3.2</b>	Abundancia de MP entre 1 mm y 5 mm.....	20
<b>Figura 3.3</b>	Tamaño de los microplásticos .....	21
<b>Figura 3.4</b>	Porcentaje de cada tipo de MP por playa .....	22
<b>Figura 3.5</b>	Porcentaje de colores de fibras en El Encanto .....	23
<b>Figura 3.6</b>	Porcentaje de colores de películas en El Encanto .....	24
<b>Figura 3.7</b>	Porcentaje de colores de fibras en Bellavista .....	25
<b>Figura 3.8</b>	Porcentaje de colores de fragmentos en Bellavista .....	25

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.1</b> Clasificación de microplásticos .....	6
<b>Tabla 1.2</b> Ocurrencia de MP en sedimentos estudiados en Ecuador .....	10

# Capítulo 1

## 1.1. Introducción

Los plásticos son unos de los materiales más comunes y usados por el hombre debido a su versatilidad y resistencia a la degradación física y química (Choy et al., 2019), lo que ha impulsado su producción mundial desde mediados del siglo XX. Los residuos plásticos representan acerca del 60-80 % de la basura que se encuentran las playas (J. S. Jones et al., 2022), de esos el 40 % se origina a partir de actividad turística a través la deposición o entrada directa en la línea de costa (Pertuz & Vizcaíno, 2020). Los residuos plásticos fueron documentados por primera vez en la superficie de los océanos Atlántico y Pacífico a inicios de la década de 1970 (Kanhai et al., 2018).

Desde aquel momento, la fabricación, aplicación y manejo inadecuada de plásticos a gran escala han aumentado de forma continua y acelerada, convirtiendo a la contaminación marina por plásticos en un problema ambiental de gran magnitud que afecta casi todos los ecosistemas y distintos niveles de las cadenas alimentarias marinas (Law, 2017). Además, los efectos en la salud humana derivados de la exposición a sustancias químicas presentes en los desechos plásticos, ya sea a través del consumo de productos marinos o por toxinas absorbidas por los plásticos en el mar, aún no se comprenden completamente (Choy et al., 2019).

Actualmente, la preocupación ambiental se centra en los microplásticos (MP), partículas de tamaño milimétrico o menor que son difíciles de detectar a simple vista y que constituyen la fracción más abundante y potencialmente más perjudicial de los desechos plásticos en el océano. Debido a su diminuto tamaño, los MP son accesibles para una amplia gama de organismos, desde grandes especies como las ballenas hasta los más pequeños como el zooplancton (Law & Thompson, 2014).

Entre las consecuencias a la exposición por MP se encuentran vectores de sustancias químicas tóxicas, alterar los sistemas reproductivos, lesiones internas, daños genéticos, entre

otros (Bhusare et al., 2024) . Ecuador, es un país con una gran diversidad de ecosistemas marinos y costeros, con una economía que depende del turismo y los recursos pesqueros, y este problema plantea serias preocupaciones ambientales, sociales y económicas. Sin embargo, hasta ahora los estudios han confirmado la presencia de MP solo en las playas de Galápagos, Esmeraldas, Puerto López, Salinas y Santa Clara (Dávalos, 2020).

Por lo tanto, este proyecto tiene como propósito determinar la abundancia y distribución de MP en otras playas de arena de la costa ecuatoriana, con el fin de identificar las zonas más impactadas y entender las posibles fuentes y rutas de transporte de estos contaminantes. Además, brindar recomendaciones de buenas prácticas para reducir la liberación de plásticos en el entorno y concienciar a las comunidades locales sobre la importancia de adoptar estas medidas.

## **1.2. Descripción del problema**

Los plásticos sintéticos fueron los primeros en aparecer en el siglo XX, aunque la producción de plásticos como tal no comenzó hasta los años 1950 (Geyer et al., 2017). Desde entonces su producción ha ido creciendo en el transcurso de los años debido a las características de sus componentes, que permiten moldearlos y transformarlos en objetos sólidos con aplicaciones diversas (Suárez Ramírez, 1995). Hasta el 2017 aproximadamente se ha estimado que hubo una producción de 8 300 millones de toneladas métricas (t) de plásticos vírgenes, y hasta 2015, se ha estimado que hubo aproximadamente 6 300 t de desechos plásticos, de los cuáles sólo el 9 % se reciclaron, el 12 % incinerado y el 79 % se acumularon en vertederos o en el ambiente (Geyer et al., 2017). Si las tendencias actuales de producción y gestión de residuos plásticos continúan, se estima que para 2050 existirán cerca de 12 000 t de desechos plásticos en el ecosistema (Kumar et al., 2021).

Como consecuencia de la alta demanda y mala gestión de plásticos grandes, en condiciones ambientales específicas y procesos físicos (calor, colisión mecánica, entre otros) estos plásticos se rompen en diminutas piezas que se conocen como MP (J. Li et al., 2023). Según su origen se pueden clasificar en MP primarios, los cuáles ingresan al medio ambiente a través de la liberación directa de productos que los contienen, como fibras o microesferas presentes en textiles, productos cosméticos, pinturas, pastas y geles (Cole et al., 2011), mientras que los MP secundarios se generan a partir de la fragmentación de desechos plásticos de mayor tamaño como bolsas plásticas, redes de pesca y botellas, entre otros (Huang et al., 2021).

Debido a su tamaño  $\leq 300 \mu\text{m}$  dificulta su degradación y prolonga su persistencia en distintos ecosistemas desde glaciares, zonas urbanas, alimentos hasta mares y playas (Celi-Simbaña et al., 2023). Esta persistencia ha provocado efectos negativos en las especies acuáticas y salud humana como rupturas gástricas, estrés oxidativo, asfixia, entre otros (Cincinelli et al., 2019)

### **1.3. Justificación del problema**

Las playas de arena constituyen alrededor del 31 % de las costas mundiales que no están cubiertas por hielo, son esenciales porque proporcionan servicios ecosistémicos como la amortiguación natural frente a olas (Splinter & Coco, 2021), turismo y sustentan diversas comunidades biológicas (Luijendijk et al., 2018). No obstante, se ven afectadas por los MP mediante distintas vías: arrastre por las corrientes marinas, llevados por los vientos desde fuentes terrestres y arrojados directamente en el lugar por los visitantes (De la Torre et al., 2020).

La interacción dinámica entre los MP y el ambiente marino costero permite que los MP se desplacen entre diferentes estados: pueden flotar en la superficie, suspenderse en la

columna de agua, o quedar atrapados o enterrados en los sedimentos del fondo, por lo tanto, cuantificar su abundancia entre distintos reservorios se convierte en un desafío considerable (Zhang, 2017).

Con el fin de obtener datos sobre la abundancia y distribución de MP presentes en estas dos playas ecuatorianas con frecuencia turística y cercana a áreas rurales, y disminuir el transporte de MP hacia otros ambientes marinos y costeros. En el presente proyecto se aplicará el protocolo armonizado establecido por la Red de Investigación de Estresores Marinos – Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO) para determinar el alcance de contaminación plástica en estos sitios que aportaran al ODS 14 (vida submarina) de la agenda 2030 de la ONU.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Evaluar la abundancia y diversidad de microplásticos en dos playas de arena del Guayas mediante la aplicación del protocolo armonizado para la obtención de una línea base que visualice la evolución de la contaminación por plástica en esos sitios.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

1. Calcular la abundancia de MP por m<sup>2</sup> y kg de arena seca para la determinación de su impacto en las playas.
2. Clasificar los tipos de MP mediante el análisis de su tamaño, forma y color para la comprensión de su diversidad.
3. Comparar los valores de abundancia de MP mediante herramientas de estadística descriptiva comparativa para la identificación de playas con mayor y menor concentración de microplásticos.

## 1.5. Marco teórico

### 1.5.1. Clasificación de los MP

Los MP se encuentran en diversas formas según su tamaño, que dependen de la forma original de los plásticos primarios, proceso de degradación y condición de erosión a la que fueron sometidos. La tabla 1.1 muestra las descripciones para los diferentes tipos de MP mayormente conocidos.

Tabla 1.1

#### *Clasificación de MP*

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Fragmentos</b>	Son los más comunes y resulta de la descomposición de productos plásticos más grandes (Eurofins Environment, 2024).
<b>Películas</b>	Son transparentes que provienen de normalmente de bolsas de plástico, papel film y materiales de embalaje (Eurofins Environment, 2024).
<b>Espuma/foam</b>	Se emplea no solo en envases para alimentos, sino también como aislante térmico para regular la temperatura en espacios o edificios completos (José, 2023).
<b>Pellets</b>	De forma esférica con un tamaño $\leq 5$ mm y se usa para fabricar el producto que se desea (CuidatePlus, 2024).
<b>Fibras</b>	Con forma de hilos alargados, provenientes de redes de pesca y de tejidos sintéticos, como el elastano o poliéster (Eurofins Environment, 2024).
<b>Microperlas</b>	De tamaño $\leq 5$ mm con fines industriales como artículos de aseo, productos de belleza y exfoliantes (Eurofins Environment, 2024)

### ***1.5.2. Interacciones de MP en ambientes marinos y terrestres***

En el medio marino, los MP primarios llegan desde fuentes terrestres o micropartículas empleadas en cosméticos, productos de higiene, repelentes y protectores solares, entre otros. Por otro lado, los MP secundarios, se generan en el océano por fragmentación de plásticos grandes debido a procesos físicos, químicos y biológicos, que descomponen los polímeros. Los medios en los que se distribuyen son el agua superficial, el fondo marino, playas, sedimentos y organismos marinos, a través de mecanismos de dispersión (corrientes, olas, mareas) y procesos hidrodinámicos del agua (Marcovecchio et al., 2020).

Investigaciones han demostrado que la cantidad de micropartículas plásticas es considerablemente mayor en tierra que en los océanos. Según una publicación de National Geographic (2021), se estima que el 80 % de las micropartículas encontradas en los mares provienen de ambientes terrestres. Estas partículas ingresan a los ecosistemas terrestres a través de diversas vías, como vertederos, deposición atmosférica y prácticas agrícolas, incluyendo el uso de acolchado plástico (Evangeliou et al., 2020). Dado que los agroecosistemas son una de las principales rutas de entrada de MP en el suelo, especialmente cuando se aplican fertilizantes, se estima que aportan grandes cantidades de MP cada año en Europa y América del Norte (Nizzetto et al., 2016).

### ***1.5.3. Efectos de los MP en los animales y humanos***

En general, los MP afectan negativamente el crecimiento, desarrollo, salud reproductiva y genética de los organismos marinos. Por ejemplo, los MP de poliestireno presentes en los sedimentos pueden reducir considerablemente el crecimiento de la lombriz de mar, con una inhibición que aumenta conforme se incrementa la concentración de MP. De manera similar, los MP de polietileno pueden reducir la alimentación y el crecimiento del

erizo de mar, aunque sin causar su muerte. Cuando los MP son ingeridos, tienden a acumularse en el tracto digestivo, bloqueándolo y generando una falsa sensación de saciedad. Esto reduce la capacidad de alimentación de los organismos y disminuye sus reservas de energía, lo cual afecta su crecimiento. En el caso del pez rojo, la exposición a MP de poliestireno reduce significativamente sus reservas energéticas y disminuye su calidad nutricional. En los moluscos bivalvos expuestos a partículas plásticas más grandes, aunque los niveles de proteínas y lípidos permanecen constantes, la energía total disponible se reduce a medida que aumenta la concentración de MP. En cuanto a la salud reproductiva, cuando organismos como la ostra del Pacífico están expuestos a MP de poliestireno, se observa una reducción tanto en la cantidad de óvulos liberados como en la motilidad de los espermatozoides. Además, los MP de cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno (PE), de tamaños entre 40 y 150  $\mu\text{m}$ , provocan daño oxidativo en los glóbulos blancos de peces como la dorada y la lubina, causando efectos de inmunotoxicidad (Y. Li et al., 2021).

En la salud humana los MP representan riesgos debido a la liberación de aditivos tóxicos, como ftalatos, bisfenol A, retardantes de llama y otros compuestos que pueden filtrarse al medio y acumularse en los tejidos corporales. Estos aditivos ingresan al cuerpo principalmente a través de alimentos y bebidas, aunque también pueden hacerlo por inhalación y absorción cutánea. El BPA es particularmente peligroso, ya que actúa como disruptor endocrino, afectando los receptores hormonales y estando vinculado a obesidad, problemas cardiovasculares y alteraciones reproductivas. Aunque la ingesta diaria tolerable de BPA es baja (0,044 ng/kg), la exposición actual, especialmente a través de los MP, puede exceder niveles seguros, aumentando el riesgo de enfermedades metabólicas, cánceres hormonales y problemas en el desarrollo neurológico (Galloway, 2015).

#### **1.5.4. Presencia de MP en arenas**

En la tabla 1.2, se presenta los estudios realizados en Ecuador respecto a los MP en arenas. En 2020, una investigación en la isla San Cristóbal reveló MP de gran tamaño (1-5 mm) en 11 de 15 sitios que estudiaron, de estos el 95% provenientes de fuentes secundarias (fragmentación de plásticos). La concentración promedio fue de 53 partículas/m<sup>2</sup>, destacando una mayor acumulación en playas orientadas al este. La mayoría de los MP grandes y macroplásticos están compuestos por polímeros flotantes como polietileno y polipropileno, y existe una correlación significativa entre la abundancia de macroplásticos y MP grandes, lo cual indica fragmentación in situ. La costa noreste mostró una concentración particularmente alta, similar a la Isla de Pascua, mientras que playas orientadas al oeste carecían de MP grandes. En cuanto a MP pequeños (< 1 mm), se detectaron en 14 sitios, aunque sin variaciones significativas en su abundancia según la ubicación, con una mayoría de fragmentos de polietileno y polipropileno y fibras de origen celulósico, vinculadas a textiles (Jones et al., 2020).

Por otro lado, otro estudio realizado en Galápagos, pero en otros sitios como Tortuga Bay y Punta Pitt observaron un gradiente de acumulación de MP a escala de playa. En Tortuga Bay, la acumulación fue mayor en la zona de anidación de tortugas, hasta cuatro veces más que en la línea de playa, formando “puntos calientes” por encima de esta, debido al viento y al tipo de playa. En Punta Pitt, la acumulación es más alta en el sur que en el norte, probablemente influenciada por corrientes y vientos locales. Además de factores estacionales como tormentas y marejadas impactan la acumulación y la frecuencia de limpieza influye en la fragmentación, por ejemplo, en Tortuga Bay, limpiada regularmente, tiene menos fragmentación de plásticos, a diferencia de Punta Pitt, donde los plásticos grandes se descomponen in situ debido a una menor limpieza (J. Jones et al., 2020).

Además, una tesis de grado realizada en la playa San Jacinto analizó tres áreas específicas: la zona turística, la zona pesquera y una zona de menor intervención. En cada una de ellas se tomaron muestras de arena y agua. Los resultados mostraron que la mayor presencia de fibras se encontró en la zona pesquera 48%, mientras que en las zonas turística y de menor intervención predominó el tipo de MP en forma de película, representando 54% y 84% respectivamente. Los tamaños más comunes de los MP identificados fueron de 1 mm (492 MP/m<sup>2</sup>), 2 mm (497 MP/m<sup>2</sup>) y 5 mm (605 MP/m<sup>2</sup>) (Gómez & Vélez, 2023).

**Tabla 1.2**

*Ocurrencia de MP en sedimentos estudiados en Ecuador*

Ubicación	Cantidad de MP	Tamaño promedio (Rango)	Composición del polímero	Forma	Cita
San Cristóbal (Islas Galápagos)	6,7 – 86,7 partículas · kg <sup>-1</sup>	1–5 mm	PET, PP, PAAm	Fibras, fragmentos, películas y esferas	(Jones et al., 2020)
Tortuga Bay	74 ± 43 partículas · m <sup>-2</sup>	4,3 ± 3,2 mm (fragmentos)	PE, PP, NY, PVC,	Fragmentos, esferas, películas y espuma	(Jones et al., 2022)
Punta Pitt (Islas Galápagos)	381 ± 68 partículas · m <sup>-2</sup>	4.2 ± 0.8 mm (esferas)	PL		
San Jacinto	1492 - 324 partículas · m <sup>-2</sup>	1–5 mm		Fibras y películas	(Gómez & Vélez, 2023)

Nota: Adaptada a partir del artículo MP in Ecuador: A review of environmental and health-risk assessment challenges (Vélez-Terreros et al., 2024).

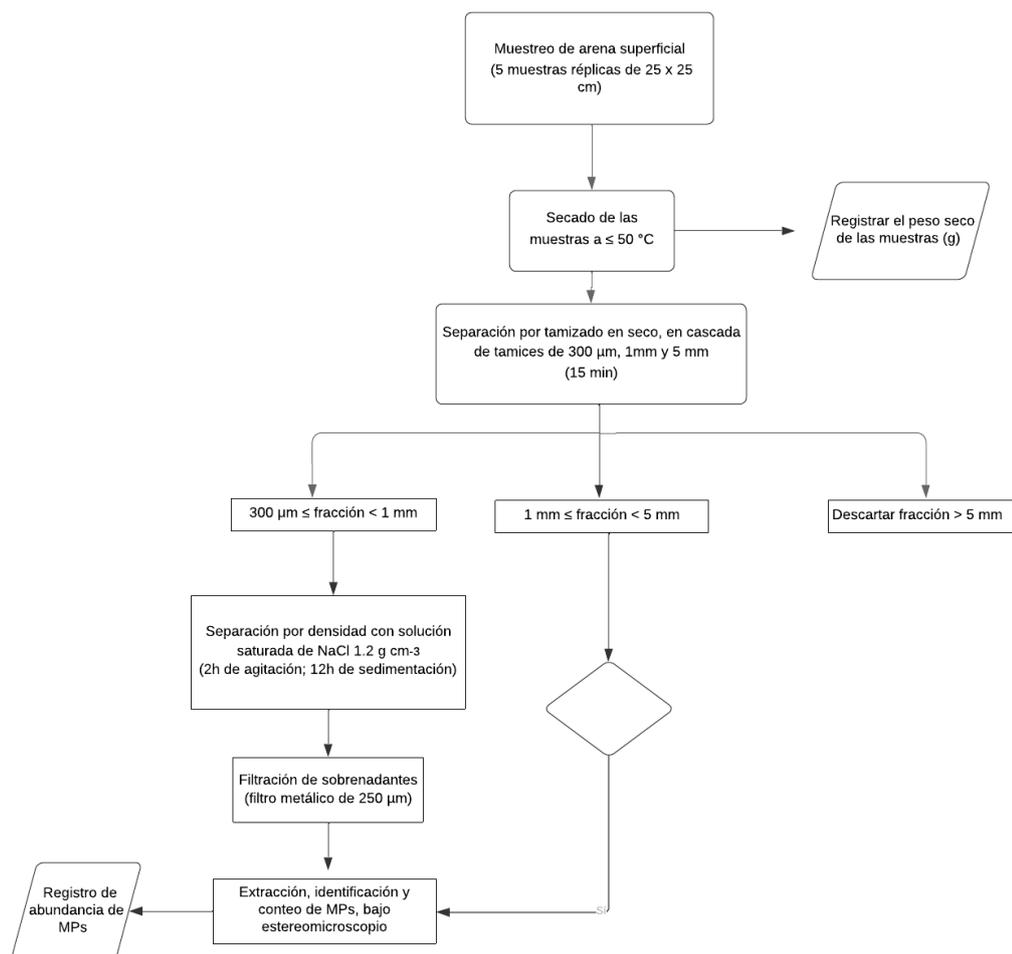
## **Capítulo 2**

## 2. Metodología

En este trabajo, se aplicó el protocolo estandarizado propuesto por la REMARCO (G.A. Domínguez, comunicación personal, 2 de julio del 2024). A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume el proceso usado para determinar la abundancia de MP en arenas de playa.

**Figura 2.1**

*Diagrama de flujo para determinar abundancia de MP*



### 2.1. Sitio de muestreo

El estudio se realizó en dos playas: Bellavista en la isla Puná ( $2^{\circ} 46.3158' S$ ,  $80^{\circ} 13.3360' O$ ;  $2^{\circ} 46.2467' S$ ,  $80^{\circ} 13.2935' O$ ) (figura 2.2) y El Encanto en Data Posorja ( $2^{\circ}$

43.1572' S, 80° 18.4099' O) (figura 2.3). Se establecieron transectos de 100 m de longitud, dispuestos paralelamente a la línea de marea y sobre la pleamar más reciente, correspondiente al ciclo diario de marea, como lo muestra la figura 2.4.

### Figura 2.1.1

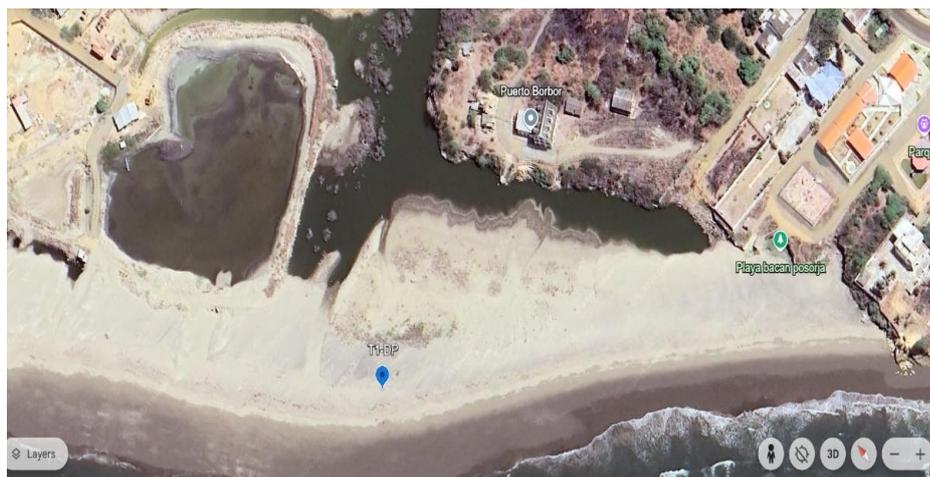
*Transectos en Bellavista, Isla Puná*



Nota: Obtenido de Google Earth, 2023

### Figura 2.1.2

*Transecto en El Encanto, Data Posorja*



Nota: Obtenido de Google Earth, 2023

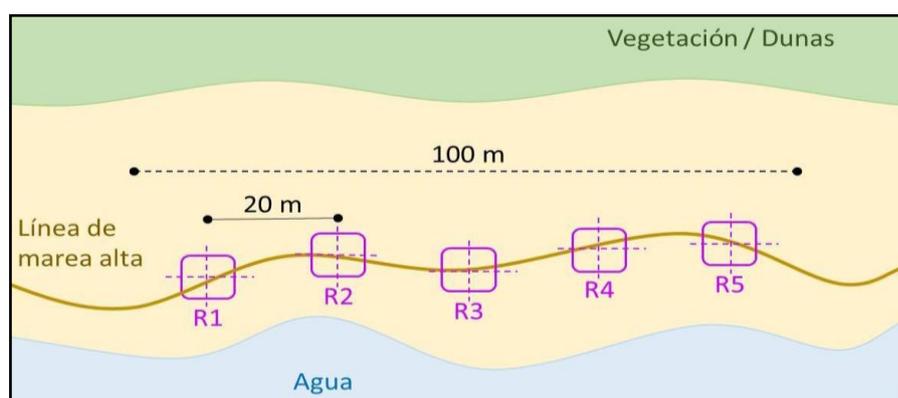
## 2.2. Recolección de las muestras de arena

A lo largo de cada transecto, se ubicó cinco veces un cuadrante de 50 x 50 cm, dividido en cuatro secciones de 25 x 25 cm, separadas cada 20 metros a lo largo del transecto. La recolección de muestras de arena se llevó a cabo arrodillándose frente al área de muestreo

y orientándose contra el viento, con el fin de minimizar la posible contaminación. Se empleó una espátula de acero inoxidable para recolectar la arena de una de las secciones de 25 x 25 cm, seleccionada al azar previamente para evitar sesgos. Las muestras fueron depositadas en bandejas de aluminio. En cada transecto se obtuvieron cinco muestras, tratadas como réplicas (R1-R5), registrándose las coordenadas de cada transecto tomando como referencia el centro R3.

**Figura 2.2.1**

*Ilustración del área de muestreo*



Nota: Adaptado a partir de Burgess et al., 2021 y OSPAR, 2010

### 2.3. Análisis de MP

En el pretratamiento de las muestras, se las colocó en el horno a una temperatura  $\leq 50$  °C hasta alcanzar pesos constantes. Para evitar la contaminación con partículas presentes en el entorno del laboratorio, se cubrieron las muestras con las tapas de las bandejas y con papel aluminio. Durante todo el proceso de secado, las muestras fueron pesadas tres veces por semana y se registraron los valores hasta que estos se estabilizaron. Posteriormente, se realizó un tamizado en seco de las muestras, incluidas las muestras blancas de control ambiental, a través de tamices de 250  $\mu\text{m}$ , 1 mm y 4,5 mm durante un mínimo de 15 minutos.

Luego, las muestras entraron a la fase de separación y extracción de MP. Para tener una mejor resolución de los tamaños de MP presentes en las muestras, se separaron en las dos

fracciones: 1 a 5 mm y menor a de 300  $\mu\text{m}$  a 1 mm. En la fracción de 1-5 mm, las partículas se extrajeron directamente del tamiz con pinzas y se almacenaron en frascos de vidrio.

En la fracción de 300  $\mu\text{m}$  a 1 mm: Las partículas se transfirieron a vasos de precipitación previamente etiquetados. Se agregó una solución saturada de NaCl (1,2 g/cm<sup>3</sup>), filtrada, asegurando que cubriera al menos cinco veces el volumen de la muestra. Además, se añadió una gota de detergente líquido como surfactante para evitar la adhesión de partículas a las paredes del vaso. Se introdujo una barra de agitación magnética en el vaso, se cubrió con papel de aluminio y se agitó suavemente durante 2 horas en una placa de agitación magnética. La mezcla se dejó sedimentar por al menos 12 horas y el sobrenadante se transfirió cuidadosamente al sistema de filtración al vacío, evitando resuspender la arena sedimentada. Este proceso se repitió con la arena sedimentada. Una vez filtrada toda la muestra, se enjuagaron las paredes del embudo de filtración y el filtro metálico con al menos 100 ml de agua filtrada para arrastrar las partículas y eliminar restos de sal. Finalmente, el embudo de filtración se retiró, manteniendo la bomba encendida para reducir la adhesión de posibles MP. Luego, se detuvo la bomba, se liberó el vacío, y el filtro metálico se retiró con pinzas y se colocó en una caja Petri, etiquetando la muestra.

Luego, las muestras fueron observadas en el estereomicroscopio con el objetivo de 4x y una computadora equipada con un software digital. Se realizó un barrido de izquierda a derecha y viceversa, cubriendo la totalidad del filtro en la observación. Durante el proceso, se capturaron imágenes de las partículas observadas, las cuales se almacenaron en una carpeta designada para cada muestra, a fin de medir su tamaño (largo y ancho), forma y color. Estos datos se registraron en el formato de laboratorio para contaminantes emergentes y se consideraron MP a todas las partículas que no presentaran estructuras biológicas repetitivas ni coloración heterogénea, con excepción de las partículas transparentes.

Finalmente, los presuntos MP se reportaron determinando los valores de abundancia por m<sup>2</sup> y kg de arena seca, tal como se indica en las ecuaciones 2.1 y 2.2.

$$\text{Abundancia de MPs (MP/ m}^2\text{)} = \frac{\text{\# total de MP en el filtro}}{\text{Área de muestra analizada (0.0625 m}^2\text{)}} \quad (2.1)$$

$$\text{Abundancia de MPs (MP/ kg)} = \frac{\text{\# total de MP en el filtro}}{\text{Peso seco de la muestra (kg)}} \quad (2.2)$$

#### 2.4. Control de calidad

Con el objetivo de identificar y cuantificar posibles fuentes de contaminación en las muestras, se realizó un análisis de blancos de procedimiento y ambiente. Se analizó dos blancos, uno por cada playa muestreada y los valores obtenidos de los blancos se restaron de las cantidades de MP de cada color encontrados.

#### 2.5. Análisis estadístico

La variable dependiente fue la presencia de MP, mientras que la variable independiente correspondió a las dos playas: Bellavista y El Encanto. Dado que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se utilizó la prueba estadística no paramétrica U de Mann-Whitney para comparar si hay diferencias significativas entre las playas. Por otro lado, los datos que cumplieron la normalidad se usó la prueba T.

Adicionalmente, se emplearon gráficos de barras, diagramas de sectores y diagramas de caja para visualizar las diferencias en la distribución de los MP en cada playa. Todos los análisis estadísticos y la elaboración de gráficos se llevaron a cabo utilizando el software R Studio (Khuyen et al., 2021) y excel.

## **Capítulo 3**

### 3. Resultado y Análisis

#### 3.1. Abundancia de MP en arenas de playa

La abundancia de MP en las playas de El Encanto y Bellavista fueron de 64 partículas/m<sup>2</sup> y 56 partículas/m<sup>2</sup> para la fracción de 300  $\mu$ m a 1mm, mientras que para la fracción de 1 a 5 mm la abundancia fue de 99 partículas/m<sup>2</sup> y 224 partículas/m<sup>2</sup> para la playa El Encanto y Bellavista, respectivamente.

La fracción de MP 300  $\mu$ m y 1 mm fueron analizados mediante la prueba de normalidad de Shapiro ( $W = 0,9189$ ;  $p = 0,1853$ ), indicó normalidad en los datos. Por ello, se realizó la prueba T ( $T = -0,29984$ ;  $p = 0,769$ ), mostró que no hay diferencias significativas de abundancia de MP entre las dos playas. Sin embargo, en el diagrama de cajas (Figura 3.1) si se presenta diferencias visibles entre las playas: en El Encanto, el rango intercuartílico es más estrecho y la mediana es ligeramente mayor, mientras que en Bellavista el rango intercuartílico es más amplio y la mediana considerablemente menor que El Encanto. Entonces, a pesar de que, el rango intercuartílico es más amplio en Bellavista, se considera que en El Encanto hay mayor abundancia de MP entre 300  $\mu$ m - 1 mm por m<sup>2</sup> por tener una mayor mediana. Esto también se confirma al inicio del análisis.

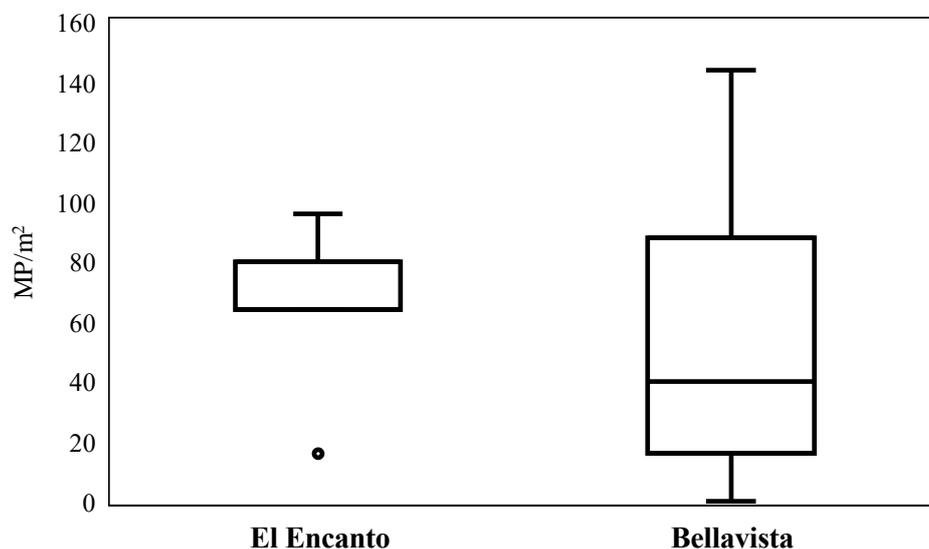
Una de las posibles causas puede ser la composición de la arena; podría ser más fina la arena de El Encanto, lo cual facilita la retención de partículas más pequeñas. Por ejemplo, un estudio realizado en la playa de São Lourenço, caracterizada por su arena fina, encontraron altas concentraciones de MP. En contraste, las playas de Pedreira, Mosteiros y Praia da Areia, que presentan un alto porcentaje de arena gruesa, mostraron menores concentraciones de MP (Rodrigues et al., 2024). Según Eo et al., 2018 los desechos plásticos altamente degradados que son arrastrados a la orilla desde el mar o los desechos plásticos que permanecen en una playa durante un largo tiempo pueden sufrir un alto proceso de

fragmentación y contribuir a la producción de grandes cantidades de MP menores a 1 mm.

Además, mientras menor sea el tamaño de MP, mayor es el potencial de ingesta de MP en los organismos marinos (Wright et al., 2013).

**Figura 3.1.1**

*Abundancia de MP entre 300  $\mu$ m y 1 mm*



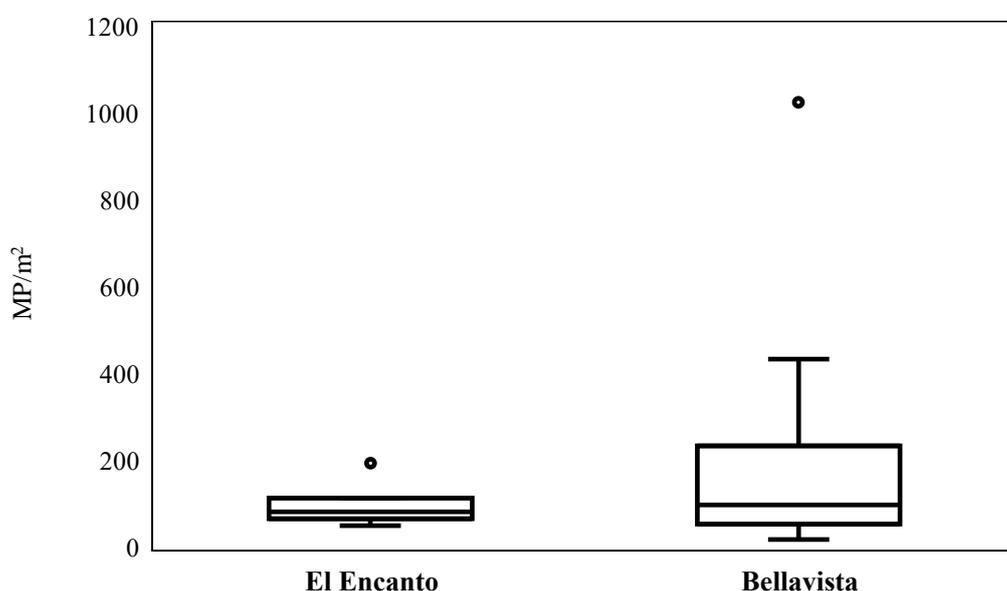
Por otro lado, al analizar los MP entre 1 mm y 5 mm. Con la prueba de normalidad de Shapiro se reveló que los datos de abundancia no siguen una distribución normal ( $W = 0,60277$ ;  $p = 2,7e-05$ ), lo que llevó a rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se realizó la prueba de Mann-Whitney ( $W = 27,5$ ;  $p = 0,8053$ ), que indicó que no existe diferencias estadísticamente significativas entre El Encanto y Bellavista. No obstante, en el diagrama de cajas (Figura 3.2), en El Encanto los datos presentan menor variabilidad, ya que el rango intercuartílico es más estrecho en comparación con Bellavista, cuyos valores son más dispersos, se refleja un rango intercuartílico más amplio. Además, Bellavista presenta un dato atípico que supera los 1000 MP/m<sup>2</sup>.

Por lo tanto, Bellavista tiene mayor abundancia de MP entre 1mm y 5mm. Aquello, también se corrobora al principio del análisis. Esto pudo deberse a las condiciones hidrodinámicas de las playas, ya que según (Jaubet et al., 2021) las condiciones

hidrodinámicas débiles favorecen una mayor acumulación y retención de MP debido a la reducida dinámica entre erosión y sedimentación. También, las áreas con alta densidad poblacional se consideran una fuente significativa de contaminación por MP, principalmente debido a la fragmentación de desechos plásticos, ya sea por su descarte directo o indirecto, y a la inadecuada regulación en el vertido de efluentes domésticos e industriales (Andrady, 2011). En este contexto, Bellavista, por su proximidad a áreas densamente pobladas, presenta una mayor presencia de MP, atribuida al incremento en la circulación de personas y actividades antropogénicas. En contraste, El Encanto, al no estar cerca de áreas pobladas, registra niveles más bajos de MP.

**Figura 3.1.2**

*Abundancia de MP entre 1 mm y 5 mm*



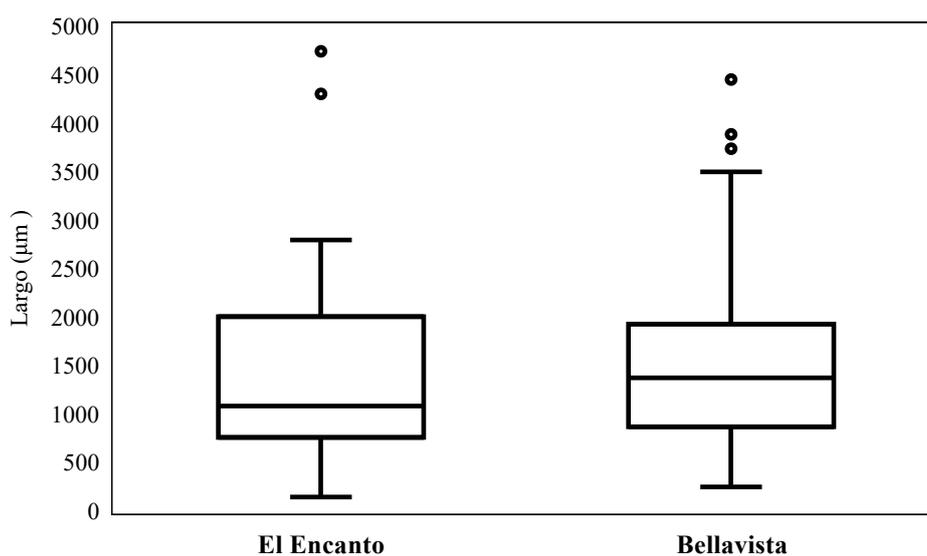
### 3.2. Tamaño de los MP

Para el tamaño de los MP, se consideró únicamente el largo de todos los MP en micrómetros. La prueba de normalidad ( $W = 0,92269$ ;  $p = 2,024e-07$ ) mostró que los tamaños de los MP no siguen una distribución normal, mientras que la prueba de Mann-Whitney ( $W = 2846$ ;  $p = 0,1734$ ) indicó que no hay diferencias significativas de los tamaños de MP entre las

dos playas. Además, en la figura 3.3 se observa que el rango intercuartílico y la mediana en Bellavista son mayores a comparación de El Encanto, sin embargo, este tiene valores atípicos mayores. En este caso, la playa que tiene mayor tamaño de MP es Bellavista, pese a que en El Encanto hay dos MP que alcanzan longitudes entre 4 300 y 4 800  $\mu\text{m}$ . Este resultado se corrobora en el análisis de los MP entre 1 mm – 5mm.

**Figura 3.2.1**

*Tamaño de los MP*



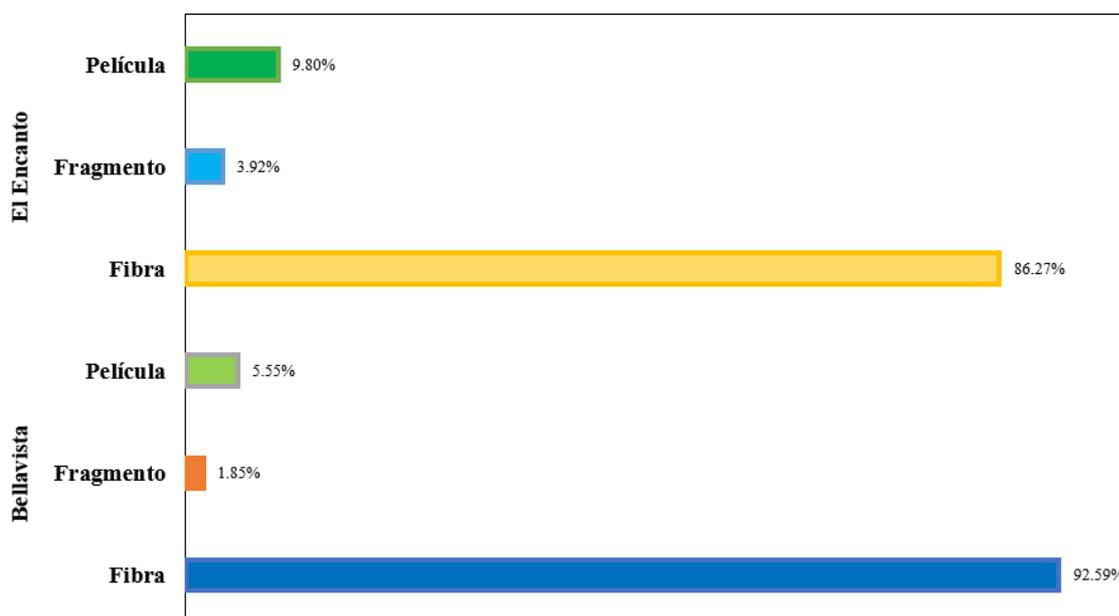
### 3.3. Tipos de MP en arenas de playa

En ambas playas, El Encanto y Bellavista, se identificaron tres tipos de MP: fibras, fragmentos y películas. Sin embargo, la distribución de estos tipos varió ligeramente entre las dos ubicaciones. En El Encanto, las fibras representaron la mayor proporción de MP encontrados, con un 86,72 %, seguidas por las películas (9,80 %) y los fragmentos (3,92 %). Mientras que, en Bellavista la tendencia fue similar, con las fibras dominando el 92,59 % de los MP identificados, seguidas por las películas (5,55 %) y los fragmentos (1,85 %). El predominio de fibras, seguido de las películas en las playas arenosas concuerda con un estudio realizado por (Ronda et al., 2023) donde las playas analizadas al estar expuestas al turismo y actividades pesqueras predominaron esos tipos de MP. Así mismo, una

investigación de (Zambrano Witong et al., 2024) en una playa de Manabí, las fibras fue el tipo de MP más encontrado. Las fibras y películas se encuentran mayoritariamente debido al deterioro de prendas fabricadas con materiales sintéticos como el poliéster, que acaban en aguas residuales; la ruptura de redes y líneas de pesca, así como los fragmentos provenientes de la degradación de envoltorios y bolsas plásticas de mayor tamaño (Franco y Macías, 2022). Mientras que los fragmentos por el rompimiento de botellas, bolsas y envases plásticos (Gamboa et al., 2022). Asimismo, las fibras pueden tener compuestos que les confiere una gran resistencia a la degradación a diferencia de las películas y fragmentos (Franco y Macías, 2022).

**Figura 3.3.1**

*Porcentaje de cada tipo de MP por playa*



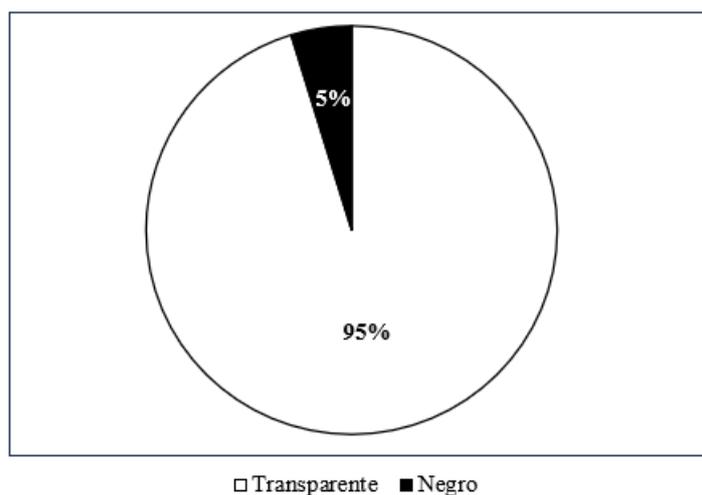
Por otra parte, se ha observado que las fibras son más peligrosas que otros MP ya que tienen una mayor presencia en el sistema digestivo de los organismos marinos. Un estudio llevado por Bellas et al., 2016 en las costas de España reveló que el 71% del plástico presente en el estómago de los peces correspondía a fibras. De manera similar, en el estuario de Mondego, en tres especies de peces reveló que el 96 % de MP eran fibras (Bessa et al., 2018).

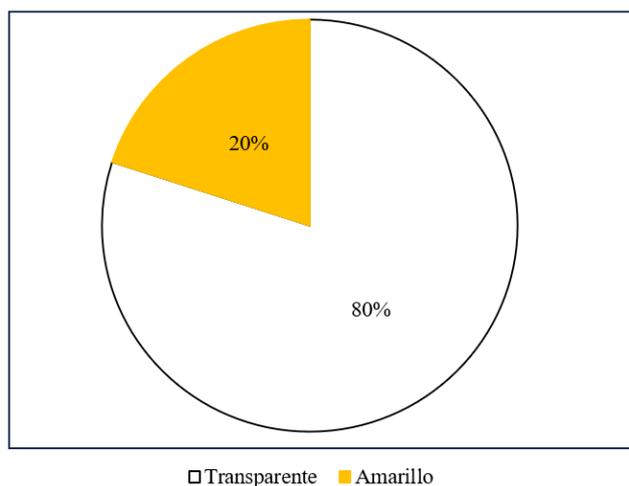
### 3.4. Colores de los tipos de MP

En El Encanto, con respecto a las fibras los colores que encontraron fueron transparente (95 %) y negro (5 %); en las películas transparentes (80 %) y amarillo (20 %); y fragmentos sólo color amarillo. Las fibras transparentes se deben porque ese es el color original del MP o la degradación de un color más llamativo, mientras que las fibras negras pueden ser de textiles que se tiñen de negro (Cocozza et al., 2024). En cambio, las películas transparentes su procedencia puede ser bolsas plásticas de polietileno y las amarillas a partir del color blanco o transparente pueden haber sufrido meteorización. Por otro lado, los fragmentos amarillos pudieron darse debido a procesos de degradación y meteorización que ocurren cuando los plásticos permanecen durante mucho tiempo en el medio marino. Esto es indicativo de la antigüedad del plástico y de su interacción con el entorno marino (Hernández-Sánchez et al., 2023).

**Figura 3.4.1**

*Porcentaje de colores de fibras en El Encanto*

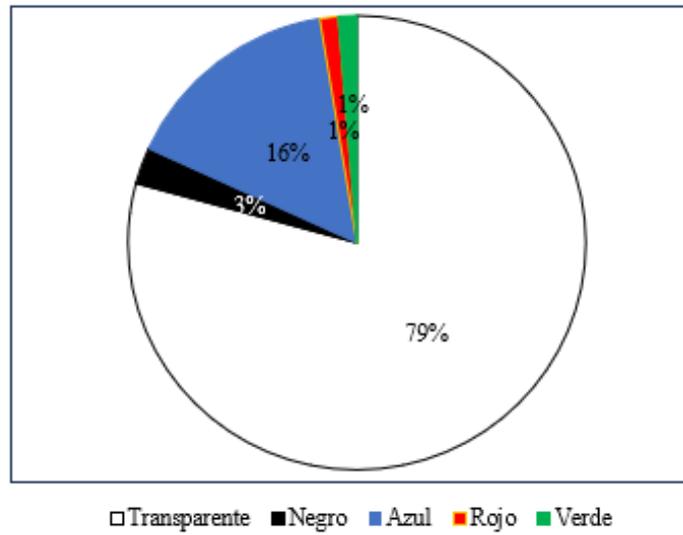


**Figura 3.4.2***Porcentaje de colores de películas en El Encanto*

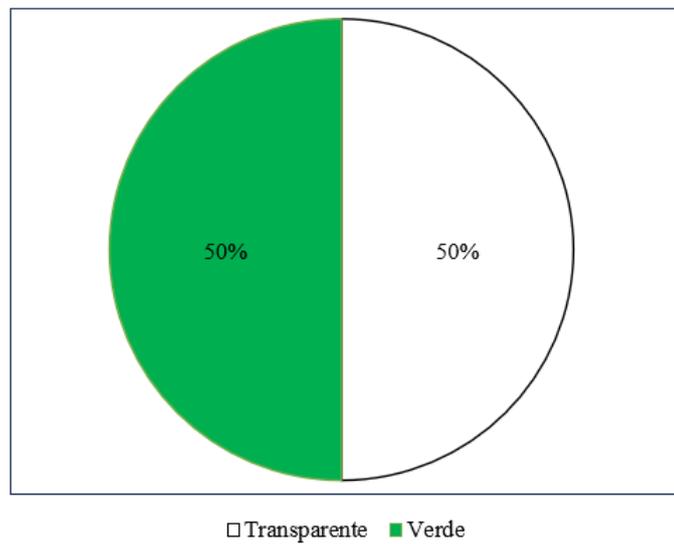
En Bellavista, se encontraron más colores de fibras transparentes (79 %), azul (16 %), negro (3 %), rojo (1 %) y verde (1 %); los fragmentos fueron transparentes (50 %) y verdes (50 %); y las películas sólo transparentes. El color azul y verde de las fibras se asocia con plásticos derivados de hilos de pesca, lo que sugiere que su alta presencia se debe a la fragmentación de redes utilizadas en la actividad pesquera de la región. Con las fibras rojas sucede algo similar, su presencia se debe por la ropa desechada o las redes de pesca de color roja en las playas (Atas, 2019). Por otro lado, los fragmentos verdes por botellas o envases teñidos de verde. No obstante, los MP transparentes y de colores claros incrementan el riesgo de ser ingeridos por los organismos acuáticos, ya que al tener esos colores son difíciles de distinguir al momento de alimentarse (Wen et al., 2018). Según Alimi et al., 2018 los MP con colores transparentes o claros tienen una mayor capacidad para absorber compuestos tóxicos, como dioxinas, pesticidas, retardantes de llama y PCB, en comparación con los MP de colores.

**Figura 3.4.3**

*Porcentaje de colores de fibras en Bellavista*

**Figura 3.4.4**

*Porcentaje de colores de fragmentos en Bellavista*



## **Capítulo 4**

## **4.1. Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1.1. Conclusiones**

- El promedio de abundancia por m<sup>2</sup> y kg de peso seco fue mayor en la playa El Encanto en la fracción de 300 µm y 1 mm, en cambio la abundancia de MP de la fracción 1 mm y 5 mm fue mayor en Bellavista.
- Los MP que se encontraron en ambas playas fueron fibras, películas y fragmentos. Las fibras fueron los MP con mayor tamaño y predominaron en Bellavista. Especialmente, las fibras transparentes y azules que posiblemente provienen de redes de pesca. Además, los MP transparentes o claros se los considera peligrosos porque los animales marinos difícilmente los pueden distinguir y los podrían ingerir.
- Al comparar los valores de abundancia de MP entre las playas mediante herramientas de estadística descriptiva, no se encontraron diferencias significativas.

### **4.1.2. Recomendaciones**

- Se recomienda incorporar ciertos factores abióticos como la medición granulometría de la arena e hidrodinámica de la playa para comparar la abundancia de MP, ya que estos factores pueden afectar la distribución, acumulación y retención de MP en la arena.
- Para tener una mejor fiabilidad en el análisis de MP, se sugiere clasificar por color los MP identificados en los blancos ya que puede permitir una identificación y cuantificación de los MP que se pudieron entrar accidentalmente o de manera externa durante todo el proceso.
- Se sugiere considerar la influencia de las mareas al planificar los muestreos para evitar los períodos de aguaje porque producen corrientes más intensas que pueden redistribuir y afectar la concentración y distribución natural de MP.

- Se recomienda recolectar más muestras de arenas porque mejora la capacidad de detectar tendencias, diferencias significativas y patrones de distribución de MP entre las playas.

## Referencias

- Alimi, O. S., Farner Budarz, J., Hernandez, L. M., & Tufenkji, N. (2018). Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Aggregation, Deposition, and Enhanced Contaminant Transport. *Environmental Science & Technology*, *52*(4), 1704–1724. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05559>
- 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>
- Bhusare, S., Satkar, S. G., Sahu, A., Savaliya, B., Karale, T., & Gautam, R. (2024). Microplastic (MP) Pollution in Aquatic Ecosystems and Environmental Impact on Aquatic Animals. *UTTAR PRADESH JOURNAL OF ZOOLOGY*, *45*(5), 59–68. <https://doi.org/10.56557/upjoz/2024/v45i53931>
- Celi-Simbaña, S. S., Andrade-Mora, D. S., Loza-Pavón, S. J., & Bermeo-Sierra, T. I. (2023). Microplásticos, un problema de salud pública emergente. *Revista Información Científica*, *102*.
- Choy, C. A., Robison, B. H., Gagne, T. O., Erwin, B., Firl, E., Halden, R. U., Hamilton, J. A., Katija, K., Lisin, S. E., Rolsky, C., & S. Van Houtan, K. (2019). The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*, *9*(1), 7843. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44117-2>
- Cincinelli, A., Martellini, T., Guerranti, C., Scopetani, C., Chelazzi, D., & Giarrizzo, T. (2019). A potpourri of microplastics in the sea surface and water column of the Mediterranean Sea. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *110*, 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.026>
- Cocozza, P., Serranti, S., Setini, A., Cucuzza, P., & Bonifazi, G. (2024). Monitoring of contamination by microplastics on sandy beaches at Vulcano Island (Sicily, Italy) by hyperspectral imaging. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34972-6>
- 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>

- CuidatePlus. (2024). *Pellets y microplásticos: ¿qué son y cómo afectan a la salud?* .  
CuidatePlus. . <https://cuidateplus.marca.com/bienestar/2024/01/09/pellets-microplasticos-son-afectan-salud-181062.html>
- Dávalos, N. (2020). *Los microplásticos de los mares ecuatorianos provienen de varios lugares del mundo* . Primicias.  
<https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/microplasticos-mares-ecuatorianos-mundo/>
- De-la-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Castro, J. M., Antay, R., Fernández, N. Y., Espinoza-Morriberón, D., & Saldaña-Serrano, M. (2020). Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Marine Pollution Bulletin*, *151*, 110877.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110877>
- Eo, S., Hong, S. H., Song, Y. K., Lee, J., Lee, J., & Shim, W. J. (2018). Abundance, composition, and distribution of microplastics larger than 20 µm in sand beaches of South Korea. *Environmental Pollution*, *238*, 894–902.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.096>
- Eurofins Environment. (2024). *¿Qué son microplásticos y cómo se analizan?*  
<https://www.eurofins-environment.es/es/que-son-microplasticos-como-se-analizan/>
- Evangeliou, N., Grythe, H., Klimont, Z., Heyes, C., Eckhardt, S., Lopez-Aparicio, S., & Stohl, A. (2020). Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. *Nature Communications*, *11*(1), 3381. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17201-9>
- Galloway, T. S. (2015). Micro- and Nano-plastics and Human Health. In *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 343–366). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_13)
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, *3*(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gómez, S., & Vélez, S. (2023). *Presencia de microplásticos en la playa de San Jacinto de la provincia de Manabí-Ecuador*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ.
- Hernández-Sánchez, C., Pestana-Ríos, Á. A., Villanova-Solano, C., Domínguez-Hernández, C., Díaz-Peña, F. J., Rodríguez-Álvarez, C., Lecuona, M., & Arias, Á. (2023). Bacterial Colonization of Microplastics at the Beaches of an Oceanic Island, Tenerife, Canary Islands. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(5), 3951. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053951>

- Huang, W., Song, B., Liang, J., Niu, Q., Zeng, G., Shen, M., Deng, J., Luo, Y., Wen, X., & Zhang, Y. (2021). Microplastics and associated contaminants in the aquatic environment: A review on their ecotoxicological effects, trophic transfer, and potential impacts to human health. *Journal of Hazardous Materials*, *405*, 124187. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124187>
- Jaubet, M. L., Hines, E., Elías, R., & Garaffo, G. V. (2021). Factors driving the abundance and distribution of microplastics on sandy beaches in a Southwest Atlantic seaside resort. *Marine Environmental Research*, *171*, 105472. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105472>
- Jones, J., Porter, A., Muñoz-Pérez, J., Alarcón-Ruales, D., Galloway, T., Godley, B., Santillo, D., Vagg, J., & Lewis, C. (2020). *Plastic contamination of the Galapagos marine food web and the relative risks to native species*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-111140/v1>
- Jones, J. S., Guézou, A., Medor, S., Nickson, C., Savage, G., Alarcón-Ruales, D., Galloway, T. S., Muñoz-Pérez, J. P., Nelms, S. E., Porter, A., Thiel, M., & Lewis, C. (2022). Microplastic distribution and composition on two Galápagos island beaches, Ecuador: Verifying the use of citizen science derived data in long-term monitoring. *Environmental Pollution*, *311*, 120011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120011>
- José, A. (2023). *Foam: tipos y usos*. . Cajadecarton.Es. <https://www.cajadecarton.es/blog/foam-tipos-usos/>
- Kanhai, L. D. K., Gårdfeldt, K., Lyashevskaya, O., Hassellöv, M., Thompson, R. C., & O'Connor, I. (2018). Microplastics in sub-surface waters of the Arctic Central Basin. *Marine Pollution Bulletin*, *130*, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.011>
- Khuyen, V. T. K., Le, D. V., Fischer, A. R., & Dornack, C. (2021). Comparison of Microplastic Pollution in Beach Sediment and Seawater at UNESCO Can Gio Mangrove Biosphere Reserve. *Global Challenges*, *5*(11). <https://doi.org/10.1002/gch2.202100044>
- Kumar, R., Verma, A., Shome, A., Sinha, R., Sinha, S., Jha, P. K., Kumar, R., Kumar, P., Shubham, Das, S., Sharma, P., & Vara Prasad, P. V. (2021). Impacts of Plastic Pollution on Ecosystem Services, Sustainable Development Goals, and Need to Focus on Circular Economy and Policy Interventions. *Sustainability*, *13*(17), 9963. <https://doi.org/10.3390/su13179963>
- Law, K. L. (2017). Plastics in the Marine Environment. *Annual Review of Marine Science*, *9*(1), 205–229. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409>

- Law, K. L., & Thompson, R. C. (2014). Microplastics in the seas. *Science*, *345*(6193), 144–145. <https://doi.org/10.1126/science.1254065>
- Li, J., Shan, E., Zhao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2023). The factors influencing the vertical transport of microplastics in marine environment: A review. *Science of The Total Environment*, *870*, 161893. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161893>
- Li, Y., Sun, Y., Li, J., Tang, R., Miu, Y., & Ma, X. (2021). Research on the Influence of Microplastics on Marine Life. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *631*(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/631/1/012006>
- Luijendijk, A., Hagenaaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The State of the World's Beaches. *Scientific Reports*, *8*(1), 6641. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>
- Nizzetto, L., Langaas, S., & Futter, M. (2016). Pollution: Do microplastics spill on to farm soils? *Nature*, *537*(7621), 488–488. <https://doi.org/10.1038/537488b>
- Pertuz Montoya, I., & Vizcaíno Tamayo, L. (2020). Evaluación de la calidad ambiental en función de los microplásticos, residuos sólidos en arena y residuos sólidos flotantes de las playas de Caño Dulce y Puerto Velero, en el departamento del Atlántico . *Corporación Universidad de La Costa*. <https://hdl.handle.net/11323/7662>
- Rodrigues, C., Rodríguez, Y., Frias, J., Carriço, R., Sobral, P., Antunes, J., Duncan, E. M., & Pham, C. K. (2024). Microplastics in beach sediments of the Azores archipelago, NE Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, *201*, 116243. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116243>
- Ronda, A. C., Menéndez, M. C., Tombesi, N., Álvarez, M., Tomba, J. P., Silva, L. I., & Arias, A. H. (2023). Microplastic levels on sandy beaches: Are the effects of tourism and coastal recreation really important? *Chemosphere*, *316*, 137842. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137842>
- Splinter, K. D., & Coco, G. (2021). Challenges and Opportunities in Coastal Shoreline Prediction. *Frontiers in Marine Science*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.788657>
- Suárez Ramírez, A. (1995). Procesos de transformación de plásticos por inyección: aplicaciones en materiales de ingeniería. *Informador Técnico*, *51*, 11. <https://doi.org/10.23850/22565035.1163>
- Wen, X., Du, C., Xu, P., Zeng, G., Huang, D., Yin, L., Yin, Q., Hu, L., Wan, J., Zhang, J., Tan, S., & Deng, R. (2018). Microplastic pollution in surface sediments of urban water

- areas in Changsha, China: Abundance, composition, surface textures. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 414–423. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.043>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Zambrano Witong, K. T., Medina Cedeño, J. C., Pincay Cantos, M. F., & Calderón Pincay, J. M. (2024). Valoración de la presencia de microplásticos en la playa de San Vicente de la provincia de Manabí – Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 11(2), 36–45. <https://doi.org/10.26423/rctu.v11i2.826>
- Zhang, H. (2017). Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 199, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.032>

## Apéndices

### Apéndice A

*Modelo de registro de los datos del muestreo de microplásticos en arenas de playa.*

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO					Hoja No. 1/3
País:					
Sitio de estudio:			Código del Sitio <sup>(1)</sup> :		
Primer nivel de división administrativa del país <sup>(2)</sup> :			Segundo nivel de división administrativa del país <sup>(2)</sup> :		
Tipo de área:	(x)	Proximidad a:	(x)	Presencia de:	(x)
Área protegida		Industria		Basura flotante	
Urbana		Instalaciones turísticas		Macroalgas	
Rural		Descargas de residuales		Contaminación	
		Puertos		Huellas de autos	
		Facilidades de pesca		Quema de residuos	
		Zona no antropizada		Animales muertos	
		Instalaciones acuícolas			
		Ríos o esteros			
		Recolección de mariscos			
DATOS DE MUESTREO					
Fecha de muestreo:			Hora inicio/término:		
Coordenadas de la Réplica 3 (centro del transecto) en grados decimales <sup>(3)</sup> :			Latitud:		
			Longitud:		
Identificación de las muestras <sup>(4)</sup> :					
Réplica 1					
Réplica 2					
Réplica 3					
Réplica 4					
Réplica 5					
Incidencias y comentarios:					
<b>Responsable por el muestreo: Alba Navarrete</b>					

<sup>(1)</sup> Código de tres letras mayúsculas que identifican el sitio de estudio (playa): ej. RLN (Rancho Luna)

<sup>(2)</sup> Primer/segundo nivel administrativo del país: ej. Región/Comuna; Provincia/Municipio; Departamento/Provincia.

<sup>(3)</sup> Coordenadas (Grados decimales): ej. - 43,13895 y -73,61636 (Chile); 22.03576 y -80.42056 (Cuba).

<sup>(4)</sup> Identificación de la muestra: código según Sección 1.5.1.3.

## Apéndice B

Modelo para el registro de abundancia de microplásticos en arenas de playa.

<b>REPORTE DE ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS:</b>						<b>Hoja No. 1/3</b>	
<b>300 <math>\mu\text{m}</math> <math>\leq</math> MPs &lt; 1 mm</b>							
Código de la Muestra		Primarios		Secundarios		Totales	
		MP/m <sup>2</sup>	MP/kg	MP/m <sup>2</sup>	MP/kg	MP/m <sup>2</sup>	MP/kg
Réplica 1							
Réplica 2							
Réplica 3							
Réplica 4							
Réplica 5							
<b>Promedio</b>							
<b>Observaciones:</b>							
<b>Responsable (s) del Análisis: Raquel Ruiz</b>							