Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias de la Vida

Monitoreo y análisis de macro basura en dos playas situadas en Data de Posorja, Ecuador

Código de Proyecto Integrador: VIDA385

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Bióloga

Presentado por:

Donna Mishelle Samaniego Reyes

Guayaquil – Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Dedico este proyecto a todas las personas que creyeron en mí y me acompañaron durante mi trayectoria como estudiante. A mi familia, por ser mi refugio y fuente de inspiración; a mis amigos y demás seres queridos, por su apoyo incondicional y su compañía en cada paso de este camino; y a mis profesores, quienes con paciencia y sabiduría cultivaron en mí una pasión incansable por el aprendizaje y la investigación. También dedico este trabajo a todas aquellas almas jóvenes y adultas que comparten el amor por la ciencia, la conservación de los ecosistemas y el cuidado de los seres que los habitan. Este proyecto es un pequeño reflejo del compromiso que juntos podemos tener para proteger y entender mejor nuestro mundo natural.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, por guiarme y brindarme tantas oportunidades. A mi mamá, por su apoyo incondicional a pesar de la distancia; a mi papá y su esposa, por creer en mí y brindarme su respaldo; y a mis dos hermanos, abuelitos, tíos y primos, cuyos consejos y cariño me acompañaron siempre. A mis grandes amigos de la universidad y de la vida, entre ellos Carolina, Estefanía, María Emilia e Isa, por estar a mi lado en los momentos difíciles. A mi enamorado Angelo, por su apoyo emocional y constante motivación en mis experiencias académicas. A las integrantes del Laboratorio de Investigación y Contaminantes Emergentes, Paulette, Alba, Mabe, Juliana y Raquel, por su colaboración y gran amistad durante las salidas y el desarrollo del proyecto. Finalmente, al Dr. Gustavo, por confiar en mí y guiarme en cada etapa de esta investigación. A todos, mi más profundo agradecimiento por ser parte fundamental de este recorrido.

Declaración Expresa

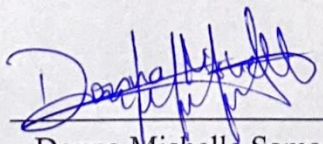
Yo Donna Mishelle Samaniego Reyes acuerdo y reconozco que:

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.



Donna Mishelle Samaniego Reyes

Evaluadores

Firmado electrónicamente por:
DIEGO ARTURO
GALLARDO POLIT

Diego Arturo Gallardo Polit, MSc

Profesor de Materia

Firmado electrónicamente por:
GUSTAVO ADOLFO
DOMINGUEZ CAZCO

Gustavo Adolfo Domínguez, Ph.D.

Tutor de proyecto

Resumen

La contaminación por macro basura (MB) en playas arenosas afecta la biodiversidad, economía y salud humana. Este estudio busca caracterizar la MB presente en las playas El Encanto y Club Alfón, en Data de Posorja, Ecuador, evaluando su composición, principales fuentes y patrones de acumulación, influenciados por factores geográficos y actividades humanas. Utilizando una metodología estandarizada adaptada de "Científicos de la Basura", se realizaron cinco monitoreos entre agosto y diciembre de 2024. La MB recolectada se clasificó en siete categorías principales y se analizaron las diferencias entre ambas playas mediante herramientas estadísticas no paramétricas. Los resultados mostraron que el plástico fue el componente predominante (89,3 %), seguido de madera procesada (7,9 %) y otros desechos (1,7 %). La densidad promedio de residuos fue significativamente mayor en Club Alfón (1,97 ítems/m²) que en El Encanto (0,88 ítems/m²), asimismo la distribución mostró un patrón moderado y constante. Se puede concluir que la acumulación de MB responde a patrones estacionales y dinámicas locales, con posibles implicaciones para la biodiversidad y la economía de la región. Este estudio resalta la necesidad de implementar estrategias de gestión de residuos y programas educativos para mitigar la contaminación costera.

Palabras clave: macro basura, contaminación costera, playas arenosas, plásticos, Data de Posorja

Abstract

Anthropogenic Marine Debris (AMD) pollution on sandy beaches poses significant risks to biodiversity, the economy, and human health. This study analyzes AMD on El Encanto and Club Alfón beaches in Data de Posorja, Ecuador, focusing on its composition, primary sources, and accumulation patterns influenced by geographic and human factors. Using a standardized methodology adapted from 'Científicos de la Basura,' five monitoring sessions were conducted from August to December 2024. The collected AMD was classified into seven categories, and differences between the beaches were assessed using non-parametric statistical tools. Results revealed that plastic was the dominant debris type (89.3%), followed by wood (7.9%) and other materials (1.7%). Club Alfón beach exhibited significantly higher litter density (1.97 items/m²) compared to El Encanto beach (0.88 items/m²), with more uniform distribution patterns. These findings suggest that AMD accumulation is shaped by seasonal and local dynamics, affecting both ecosystems and coastal economies.

Keywords: Anthropogenic Marine Debris pollution, sandy beaches, plastics, Data de Posorja

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 4

1.3 Justificación 4

1.4 Objetivos 6

1.4.1 Objetivo general 6

1.4.2 Objetivos específicos 6

1.5 Marco teórico 6

1.5.1 Fuentes de origen de la BMA 6

1.5.2 Criterios de clasificación de la MB 7

1.5.3 Estudios de la contaminación por MB a nivel global 7

1.5.4 Estudios de la contaminación por MB en Latinoamérica 8

1.5.5 Impactos de la contaminación por MB en el ambiente 8

1.5.6 Impactos de la contaminación por MB en la biodiversidad marina y terrestre 9

1.5.7 Impactos de la contaminación por MB en la economía mundial 10

Capítulo 2 11

2. Metodología 12

2.1 Área de estudio 12

2.2 Condiciones climáticas y oceanográficas 12
2.3 Salidas de campo y técnica de recolección de MB 14
2.4 Recolección de muestras 14
2.5 Análisis y tabulación de MB colectada 15
2.6 Análisis estadístico de los datos recolectados 17
Capítulo 3 18
3. Resultados y análisis 19
3.1 Composición de MB total 19
3.1.1 Categorización de MB en las playas estudiadas 20
3.2 Posibles fuentes de origen de la MB en ambas playas 22
3.3 Densidades de MB 23
3.4 Distribución de la MB 24
Capítulo 4 28
4.1. Conclusiones y recomendaciones 29
4.1.1. Conclusiones 29
4.1.2. Recomendaciones 30
Referencias 31
Apéndice A 40

Abreviaturas

BMA	Basura Marina Antropogénica
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
LDPE	Polietileno de Baja Densidad
MB	Macro Basura
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PET	Tereftalato de Polietileno
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de Vinilo

Simbología

cm	Centímetros
kg	Kilogramo
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
%	Porcentaje
s	Segundos
t	Toneladas

Índice de figuras

Figura 2.1 Playas en Data de Posorja a muestrear. 12
Figura 2.2 Erosión de la playa El Encanto. 13
Figura 2.3 Uso de una manta para el análisis de muestras de MB en el laboratorio. 16
Figura 2.4 Etiqueta de muestras de MB usadas en las playas muestreadas. 16
Figura 3.1 Clasificación porcentual de MB total. 19
Figura 3.2 Categorización de MB en ambas playas. 21
Figura 3.3 Fuentes de origen de la MB de las playas El Encanto y Club Alfón. 23
Figura 3.4 Distribución temporal de MB en las playas estudiadas. 26

Índice de tablas

Tabla 2.1 Etiqueta para marcar las muestras correspondientes a las playas. 15
Tabla 3.1 Densidad de MB de ambas playas. 24

Capítulo 1

1.1 Introducción

La basura marina antropogénica (BMA) es un término general que incluye todo aquel material sólido persistente que ha sido fabricado o procesado y se ha descargado, depositado, desechado o abandonado en el medio marino o la zona costera (Ebanks Mongalo et al., 2024). A su vez, puede incluir materiales sintéticos o naturales que se encuentren flotando sobre la superficie del océano (Liu et al., 2023). Así mismo, la BMA puede denominarse macro basura (MB) siempre y cuando presente un tamaño ≥ 2,5 cm (Rakib et al., 2022) e incluso, según Mueller et al. (2022) se pueden considerar desechos ≥ 2 cm.

Originalmente, estos materiales llegan a la costa debido a diferentes actividades humanas, destacando la pesquería, acuicultura o actividades recreacionales donde se terminan depositando diversos productos los cuales se clasifican en categorías como plásticos, metales, vidrio, papel, madera procesada, textiles, entre otros (Mueller et al., 2022). En particular, este tipo de basura doméstica, por una mala gestión de desechos, se convierte en BMA al ser transportada por escorrentía a ríos, arroyos, sistemas de drenaje de aguas pluviales (Rakib et al., 2022) y depende de varios factores ambientales como los vientos, corrientes, olas, variaciones geomorfológicas de la playa, etc. (Monchanin et al., 2024).

En varios estudios se ha determinado que el componente global que predomina en la MB son los productos plásticos, los cuales pueden fragmentarse y dividirse en macro y micro plásticos (Alessi et al., 2024). Al presentar una tasa de degradación baja y debido a la desmesurada acumulación a lo largo de los años, se ha generado un gran impacto ambiental, económico y sociocultural en las poblaciones, que a su vez resulta en un considerable daño a la salud (Fong et al., 2023). El impacto de la MB ha sido estudiado desde hace, aproximadamente, seis décadas y se han registrado afectaciones tanto en el ecosistema como en la fauna marina de los hábitats marino-costeros destacando a los manglares, arrecifes de coral, estuarios, playas, entre otros (Fossi et al., 2018).

A nivel mundial, China, Indonesia y Filipinas son los principales contribuyentes a la contaminación marina por plásticos, representando el 44 % (Worm et al., 2017). Esta problemática se debe principalmente a la deficiente gestión de residuos en las comunidades, el acelerado aumento en el consumo de estos productos, y la elevada concentración poblacional en las regiones costeras (Perumal et al., 2024).

En vista de la facilidad de acceso a las playas y las amplias oportunidades para realizar monitoreos, se han llevado a cabo numerosos estudios en estas zonas, ya que es relativamente sencillo obtener el apoyo de los ciudadanos e investigadores para que voluntariamente colaboren en la recolección de datos in situ (Fong et al., 2023).

Por otro lado, en la costa nororiental del océano Pacífico se han registrado altas densidades de MB, atribuibles en gran medida a la afluencia de turistas en las playas arenosas (Silva-Iñiguez & Fischer, 2003). No obstante, la información sobre la contaminación en las zonas central oriental y suroriental del Pacífico sigue siendo un poco limitada, a pesar de las exhaustivas investigaciones realizadas en Chile (Gaibor et al., 2020). Desde hace más de una década, una organización conocida como *Científicos de la Basura* ha llevado a cabo mediciones de MB en las principales playas de Chile (Maleki & Soria, 2020) siendo 1,8 ítems/m^2 la densidad inicial determinada (Hidalgo-Ruz et al., 2018).

En los últimos años, las costas de Ecuador se han convertido en puntos clave para el análisis de la BMA en diversos ecosistemas marino-costeros incluyendo manglares en el Golfo de Guayaquil (McMullen et al., 2023) y playas pertenecientes al continente y el archipiélago de las Galápagos (Gaibor et al., 2020). Se han realizado estudios para determinar la MB presente, sin embargo, pocas investigaciones han evaluado su abundancia y composición temporal (Salazar et al., 2022). De esta manera, el presente estudio se centra en el análisis de la MB presente en dos playas ubicadas en Data de Posorja, para comparar la abundancia de sus

desechos y cómo estas áreas pueden verse afectadas por la influencia del principal río que recorre el lugar.

1.2 Descripción del problema

Actualmente, las costas de Ecuador presentan un notable deterioro, atribuido principalmente a actividades humanas locales (Mestanza et al., 2019), así como los efectos de las corrientes, como la de Humboldt, que contribuyen significativamente a la acumulación de desechos plásticos, afectando de manera directa a la fauna nativa y endémica del país (Jones et al., 2021). En los últimos años, se ha estimado que en estas zonas costeras se han acumulado aproximadamente 17 t de residuos o BMA, lo que ha generado un impacto significativo en áreas protegidas tanto marinas como costeras del país, contribuyendo a su deterioro ambiental (MAATE, 2019).

En general, la economía de los sectores de la costa ecuatoriana depende de actividades de producción de alimentos como la acuicultura y la pesca artesanal e industrial (Armenta Cisneros et al., 2022). Sin embargo, se presume que el turismo también juega un papel clave, especialmente en localidades como Data de Posorja, donde además se destacan actividades complementarias como la cría de ganado. Recientes datos recolectados en esta zona revelaron que sus playas pueden contener más de 500 kg de BMA (CERES, 2020), con una densidad promedio de 1,95 ítems/m² de MB en tres playas principales del sector (Salazar et al., 2022) lo cual puede presentar implicaciones económicas importantes ya que la acumulación de desechos plásticos perjudica el desarrollo de estas actividades esenciales exacerbando la vulnerabilidad de la comunidad.

1.3 Justificación

El problema abordado en este estudio tiene implicaciones significativas en la salud humana, la economía local y el medio ambiente. En la localidad de Data de Posorja, se ha

documentado que el transporte de plásticos puede estar influenciado por el río Arenas (Salazar et al., 2022) o por actividades marítimas, especialmente relacionadas con dos grandes compañías pesqueras de la región, que contribuyen significativamente a la acumulación de este producto en el océano al encontrarse en su mayoría redes de pesca (Tapia Arias et al., 2015).

En consecuencia, mediante procesos de fragmentación, este material se convierte en microplásticos e incluso nanoplásticos, los cuales pueden generar efectos adversos en la salud de la población, dañando sistemas como el respiratorio, inmunológico, nervioso, etc. (Sangkham et al., 2022) y afectando a los organismos marinos a través de la ingestión lo que podría conllevar a una alteración de la cadena trófica (Vélez-Terreros et al., 2024).

Bajo este contexto, el problema se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). De esta manera, el principal objetivo vinculado corresponde al ODS 14: vida submarina, ya que esta investigación procura abordar el impacto de la contaminación en los océanos al suscitar la protección de los ecosistemas marino-costeros. De igual forma, contribuye con el ODS 12: producción y consumo responsables, al reportar datos esenciales sobre la gestión de desechos, como el plástico, con el fin de impulsar la implementación de estrategias sostenibles en la comunidad. Al mismo tiempo, se promueve, indirectamente, el ODS 3: salud y bienestar, al considerar los riesgos que la contaminación por plásticos representa para la salud humana. Esta investigación permitirá a los actores del sector desarrollar estrategias de manejo y mitigación de la MB tanto a nivel local como nacional, para proteger la biodiversidad y salvaguardar los medios de vida de las comunidades dependientes de las zonas costeras.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la macro basura presente en dos playas ubicadas en Data de Posorja, mediante el seguimiento de un plan de acción estandarizado, para la identificación de los principales desechos, posibles fuentes de origen y distribución de MB.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Categorizar el tipo de macro basura presente en las playas de Data de Posorja, por medio de la recolección y clasificación de los desechos.
2. Establecer las posibles fuentes de origen de los desechos encontrados en las playas, mediante la categorización del tipo de macro basura analizada.
3. Comparar las diversas fuentes de origen de la macro basura, para la determinación de la playa más afectada por la influencia del río Arenas.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Fuentes de origen de la BMA

Las principales fuentes de BMA se clasifican en terrestres y marítimas, dependiendo de si su origen es indirecto o directo, respectivamente (Alessi et al., 2024). En primer lugar, las fuentes terrestres incluyen materiales o desechos contaminantes liberados por actividades industriales, vertederos mal gestionados y el turismo, los cuales llegan al mar a través de sistemas de transporte pluvial, como los ríos, estuarios, sistemas de drenaje, entre otros (Pradhan et al., 2024). Por otro lado, las fuentes marítimas se derivan de actividades realizadas en el mar, como la acuicultura, la pesca, el transporte de mercancías en embarcaciones y el comercio de alimentos (Bui et al., 2024, Pradhan et al., 2024). Un dato preocupante revela que cerca del 80 % de la BMA es producto de fuentes basadas de actividades terrestres, mientras que el porcentaje restante corresponde a las actividades marítimas (Alessi et al., 2024).

1.5.2 Criterios de clasificación de la MB

De acuerdo con, Sandaruwan et al. (2023) la MB puede categorizarse, según su impacto, como peligrosa y no peligrosa y no depende de su origen. Así, por ejemplo, la MB peligrosa hace referencia a aquel desecho que atenta contra la salud humana y del ambiente (Seeruttun et al., 2021), mientras que, la no peligrosa es aparentemente inofensiva ya que no presenta ningún riesgo tóxico (NOAA, 2016). Sin embargo, en el estudio de Maleki & Soria (2020) determinaron que, principalmente los desechos plásticos pueden presentarse como fuente de envenenamiento o atrapar a la fauna marina que habita en el medio.

1.5.3 Estudios de la contaminación por MB a nivel global

Un análisis inicial de MB realizado en Indonesia, durante un periodo de cinco años, se centró en evaluar la abundancia y distribución de los desechos, abarcando un total de 121 estaciones ubicadas en seis playas seleccionadas. En esta investigación Faizal et al. (2022) lograron determinar una densidad promedio entre 1,43 y 5,11 ítems por cada metro cuadrado (ítems/m^2) predominando el material plástico, específicamente fundas, en casi todas las estaciones, seguido de botellas, esponjas aislantes y cuerdas.

Otro ejemplo para destacar es un estudio realizado por Rakib et al. (2022) en la costa de Cox's Bazar, Bangladés, en el sur de Asia, donde se logra calcular una densidad de MB de 0,27 ítems/m^2. Este proyecto comparó los valores de densidad de macro basura (MB) en diversas regiones del mundo, revelando que la densidad registrada era inferior a la observada en países como en Corea del Sur (1,00 ítems/m^2) (Lee & Sanders, 2015) y en la India (1,37 ítems/m^2) (Kumar et al., 2016), pero supera los reportados en playas de Taiwán (0,15 ítems/m^2) (Kuo & Huang, 2014), Rusia (0,21 ítems/m^2) (Kusui & Noda, 2003) y Brasil (0,13 ítems/m^2) (Oigman-Pszczol & Creed, 2007).

1.5.4 Estudios de la contaminación por MB en Latinoamérica

El programa internacional conocido como *Científicos de la Basura*, desarrollado en Chile, ha realizado varios estudios con el apoyo de cientos de voluntarios e investigadores de diferentes países de Latinoamérica como Colombia, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Ecuador, entre otros (Científicos de la Basura, 2023).

De manera particular, en el año 2021 se efectuó el primer monitoreo internacional en playas arenosas donde se muestrearon 136 sitios en 9 zonas distintas. En este estudio se identificó que la zona 5, correspondiente a Ecuador, presentaba las playas más contaminadas, con una densidad máxima de 9,5 ítems/m² registrada en la playa Puerto Santa Rosa, ubicada en la provincia de Santa Elena. No obstante, al comparar el promedio de densidad de esta zona (1,1 ítems/m²) con el de otros países y regiones, se observó que este era inferior, siendo superado por Colombia (zona 4, con 2,2 ítems/m²) y ligeramente superior al de México (zona 1, con 1,0 ítems/m²). Adicionalmente, de la MB recolectada en los 136 sitios, el 62,4 % del total estaba representado por desechos plásticos, seguido de colillas de cigarro con un 10,5 % y madera procesada con un 9,1 % (De Veer P. et al., 2022).

Así mismo, otro estudio realizado dos años después por De Veer et al. (2023), reportó un total de 21 360 ítems de MB recolectados, destacando a Chile como el país con la mayor cantidad de desechos, con 6 494 ítems, mientras que El Salvador presentó la menor cantidad, con 579 ítems. En el caso de Ecuador, se recolectaron 4 262 ítems, de los cuales el 72,4 % correspondían a residuos plásticos, seguidos por madera procesada con un 9,2 % y otros desechos que representaron aproximadamente el 6,5 %.

1.5.5 Impactos de la contaminación por MB en el ambiente

Dentro de los ecosistemas que mayormente aportan con nutrientes y se caracterizan por ser uno los más productivos, se encuentran los hábitats marino-costeros. En la actualidad, la contaminación por BMA se ha convertido en una problemática mundial que ha alcanzado

niveles críticos debido sus los múltiples efectos o consecuencias tanto para el ser humano como para el ambiente y los organismos que en él habitan (Alessi et al., 2024). La acumulación de BMA, representada sustancialmente por desechos plásticos, ha generado impactos profundos en el planeta. Sus efectos negativos se potencian al interactuar con otros factores de estrés derivados del impacto antropogénico, destacando el cambio climático, fragmentación y pérdida de hábitats, bioinvasiones, entre otros (Shankar et al., 2024).

1.5.6 Impactos de la contaminación por MB en la biodiversidad marina y terrestre

Diversos estudios en zonas costeras han evidenciado los graves impactos de la contaminación por MB en organismos acuáticos y terrestres. Por ejemplo, una investigación en las islas remotas de Andaman y Nicobar registró más de seis mil ítems de desechos en playas frecuentadas por tortugas marinas para anidar (Shankar et al., 2024). La presencia de MB, como latas metálicas, fragmentos de vidrio, pedazos de redes de pesca y sogas, genera severos riesgos para las tortugas y sus crías (Sousa-Guedes et al., 2023, Ryan et al., 2016).

Dentro de los posibles efectos se incluye la ingestión o absorción de sustancias tóxicas liberadas por la descomposición de estos materiales, como la lixiviación de compuestos dañinos, entre ellos éteres de difenilos polibromados provenientes de plásticos (Sousa-Guedes et al., 2023). Estas sustancias pueden afectar negativamente a las tortugas marinas al intervenir con su capacidad de reproducción, causar problemas de crecimiento, desnutrición, mayor exposición a enfermedades, entre otros efectos perjudiciales (Jerdy et al., 2017, Shankar et al., 2024). Además, los neonatos pueden quedar atrapados en las sogas presentes en las playas, haciéndolas más vulnerables a los depredadores, lo que contribuye a una alarmante disminución de la población de tortugas marinas (Lazar & Gračan, 2011).

Por otra parte, el plástico, como se ha mencionado corresponde a la categoría más abundante de MB, puede fragmentarse en micro y nanoplásticos, los cuales pueden presentar efectos nocivos en la fauna terrestre macro y microscópica (Sridharan et al., 2022). Estas

partículas pueden ingresar en los organismos a través de vías activas o pasivas, siendo la ingestión el mecanismo principal (Büks et al., 2020). Un estudio reveló que los polinizadores pueden acumular microplásticos en diferentes partes de su cuerpo durante el proceso de polinización, ya que estas partículas son atraídas hacia las flores por la electricidad estática (Edo et al., 2021, Sridharan et al., 2022). Esto plantea un riesgo adicional para los ecosistemas terrestres, dado el papel crítico de los polinizadores en la biodiversidad y la productividad agrícola.

1.5.7 Impactos de la contaminación por MB en la economía mundial

La contaminación por MB ha ocasionado pérdidas económicas significativas, ascendiendo a miles de millones de dólares debido a los costos asociados con las actividades de gestión necesarias para mantener operativas industrias clave como el turismo, la pesca artesanal e industrial, la acuicultura e incluso el proceso de limpieza de playas. Proyecciones indican que, si no se logra una disminución en el uso y producción de estos desechos, primordialmente el plástico, para el año 2040, las pérdidas económicas globales podrían superar los 100 000 millones de dólares (ONU, 2021).

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Área de estudio

Los monitoreos se realizaron en dos playas arenosas ubicadas en la costa sur de Ecuador, específicamente en la localidad Data de Posorja, perteneciente a la provincia de Guayas. Los sitios de muestreo fueron: playa El Encanto (2°43'11.323'' S, 80°18'16.426'' O), la cual es principalmente turística, y la playa Club Alfón (2°42'56.927'' S, 80°18'41.626'' O), la cual fue denominada basándose en el nombre del hostal más cercano a esta área (Figura 2.1).

Figura 2.1

Playas en Data de Posorja a muestrear.

2.2 Condiciones climáticas y oceanográficas

La zona costera de la localidad de Data de Posorja presenta condiciones climáticas y oceanográficas distintivas que varían según la época del año. La temporada de lluvias, que se extiende de diciembre a mayo, y la temporada seca, que abarca de junio a noviembre (Salazar et al., 2022). Durante la temporada de lluvias, predominan los vientos provenientes del suroeste

y noroeste, alcanzando velocidades superiores a los 6 m/s; en la temporada seca, los vientos pueden llegar hasta los 8 m/s (INOCAR, 2015, Salazar et al., 2022)

Por su parte, las corrientes que se forman cerca de la costa alcanzan una máxima velocidad entre mayo y junio, llegando hasta 0,56 m/s (INOCAR, 2015). Esta velocidad, con el paso del tiempo, es suficiente para alterar la estructura del ecosistema marino-costero al contribuir tanto en la erosión como la deposición de materiales en ciertas zonas de la playa (Figura 2.2).

Figura 2.2

Erosión de la playa El Encanto.

En cuanto a la dinámica del oleaje, la altura promedio de las olas es de 0,31 m, registrándose las más altas entre los meses de julio y agosto con alturas de hasta 1,9 m, lo que genera una elevada energía de olas contribuyendo más a la erosión de esta zona (INOCAR, 2015, Salazar et al., 2022).

2.3 Salidas de campo y técnica de recolección de MB

Se realizaron 5 salidas de campo desde agosto hasta diciembre del 2024. Los muestreos se llevaron a cabo una vez por mes abarcando en su mayoría la temporada seca (agosto a noviembre) y una salida correspondiente a la temporada de lluvia (diciembre) donde se tomaron en cuenta factores como la marea y precipitación. Las playas seleccionadas El Encanto y Club Alfón están influenciadas por la salida de agua hacia el mar del río Arenas.

La metodología utilizada en este trabajo fue la desarrollada por los *Científicos de la Basura* (Científicos de la Basura, 2023) con ciertas modificaciones con respecto a la técnica de recolección y análisis de datos. Esta metodología fue de tipo cuantitativa y descriptiva, orientada a la recopilación de información sin intervención experimental. Por lo tanto, no se realizaron manipulaciones del entorno ni de los residuos presentes. En su lugar, se documentó y analizó la situación tal como se presentó durante los muestreos, por lo que la descripción fue objetiva y precisa de las condiciones observadas.

2.4 Recolección de muestras

Para garantizar la efectividad de los monitoreos, los materiales fueron preparados con uno o dos días de anticipación. Esta planificación permitió minimizar el riesgo de olvidar algún elemento esencial para asegurar el correcto desarrollo de las actividades en campo. Para los muestreos realizados en las playas El Encanto y Club Alfón, se analizó las condiciones meteorológicas y características físicas observables del lugar para determinar los puntos de inicio y finalización de los transectos. Al llegar al punto inicial, se trazó un transecto perpendicular a la línea de marea baja, extendiéndose hasta la duna de la playa, con la ayuda de un flexómetro de 50 m. Se midieron 30 m de largo, marcando cada 5 m el centro de los cuadrantes correspondientes. Lo que resultó en un total de 6 cuadrantes por transecto.

Previo a la recolección de MB, se registraron la hora de inicio del muestreo y las coordenadas geográficas del cuadrante inicial y final del transecto. Cada cuadrante se delimitó cuidadosamente midiendo un área de 3 x 3 m. Posteriormente, se procedió a recolectar los desechos de MB presentes con un tamaño igual o mayor a 2,5 cm, utilizando bolsas de basura o bolsas Ziploc, dependiendo del tamaño de las muestras presentes. Cada bolsa fue etiquetada para garantizar un manejo adecuado de las muestras con los datos correspondientes como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1

Etiqueta para marcar las muestras correspondientes a las playas.

Fecha:	**día / mes / año**
Playa:	El Encanto o Club Alfón
Transecto y Cuadrante	(T#, C#)

En la playa El Encanto, se trazaron un total de 4 transectos separados entre sí por intervalos de 100 a 150 pasos, debido a que esta playa tiene una mayor superficie como lo muestra la figura 1. Por otro lado, en la playa Club Alfón, se trazaron un total de 2 o hasta 3 transectos separados entre sí por intervalos de 62 a 70 pasos, por lo que esta playa es más pequeña. El procedimiento descrito se repitió para cada transecto, para asegurar la consistencia en la recolección de MB. Al finalizar el último transecto, se registró la hora de conclusión del muestreo y se transportaron cuidadosamente todos los materiales y muestras para su posterior análisis en el laboratorio.

2.5 Análisis y tabulación de MB colectada

El análisis de los desechos en el laboratorio se llevó a cabo mediante la clasificación de la MB en siete categorías principales: plásticos, metales, madera procesada, vidrio, telas, papeles y otros. Para llevar a cabo este análisis, se extendió una manta en el suelo del

laboratorio para disponer las muestras recolectadas de manera organizada (Figura 2.3). Los residuos contenidos en las bolsas de basura etiquetadas fueron cuidadosamente vaciados y clasificados según su categoría. Posteriormente, se realizaron registros fotográficos de las muestras ya categorizadas por transecto y cuadrante. En cada fotografía, se incluyó una cinta métrica o un flexómetro en la parte superior de la manta para proporcionar una referencia del tamaño de los desechos. Adicionalmente, cada fotografía incluyó la etiqueta correspondiente a la muestra, detallando los datos relevantes del muestreo para mantener un registro adecuado (Figura 2.4).

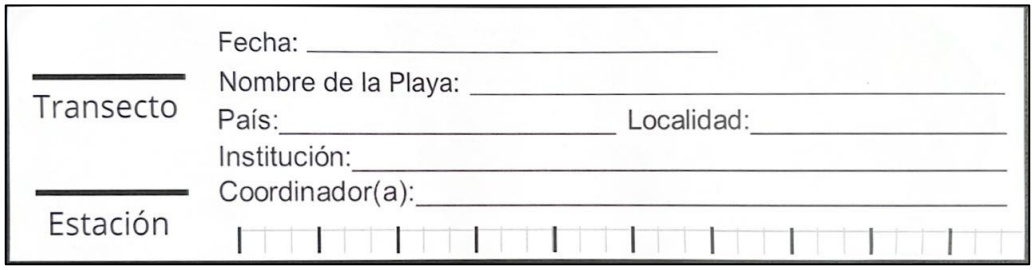
Figura 2.3

Uso de una manta para el análisis de muestras de MB en el laboratorio.

Una vez concluido el análisis y registro de datos, se procedió a tabular la información donde se registraron los desechos en hojas de cálculo agrupando la MB en las siete categorías: papel, cigarro, metal, vidrio, plásticos y otros.

Figura 2.4

Etiqueta de muestras de MB usadas en las playas muestreadas.



2.6 Análisis estadístico de los datos recolectados

Para evaluar las diferencias significativas en las muestras de MB entre las dos playas estudiadas, El Encanto y Club Alfón, se realizaron pruebas estadísticas empleando herramientas del software R Studio (versión 4.4.2) para Windows (Salazar et al., 2022). La primera prueba aplicada fue la prueba de Kolmogórov-Smirnov para determinar distribuciones normales. Seguido a esto, se desarrolló la prueba de Levene para igualdad de varianzas, con el fin de determinar la homogeneidad de las varianzas de las cantidades de MB entre ambas playas.

Dado que los datos no cumplieron con los criterios de normalidad y que se trata de dos muestras independientes heterogéneas, se procedió a realizar una prueba no paramétrica conocida como la prueba U de Mann-Whitney o prueba W de suma de rangos de Wilcoxon. para comparar las distribuciones de las cantidades de MB (en densidad e ítems) entre las dos playas (*T-TESTS*, 2008). Por consiguiente, se emplearon diferentes visualizaciones de los datos en Excel para complementar el análisis, incluyendo gráficos de barras, barras agrupadas, pastel, líneas y tablas con los resultados, para ilustrar la distribución de la MB en cada playa.

Capítulo 3

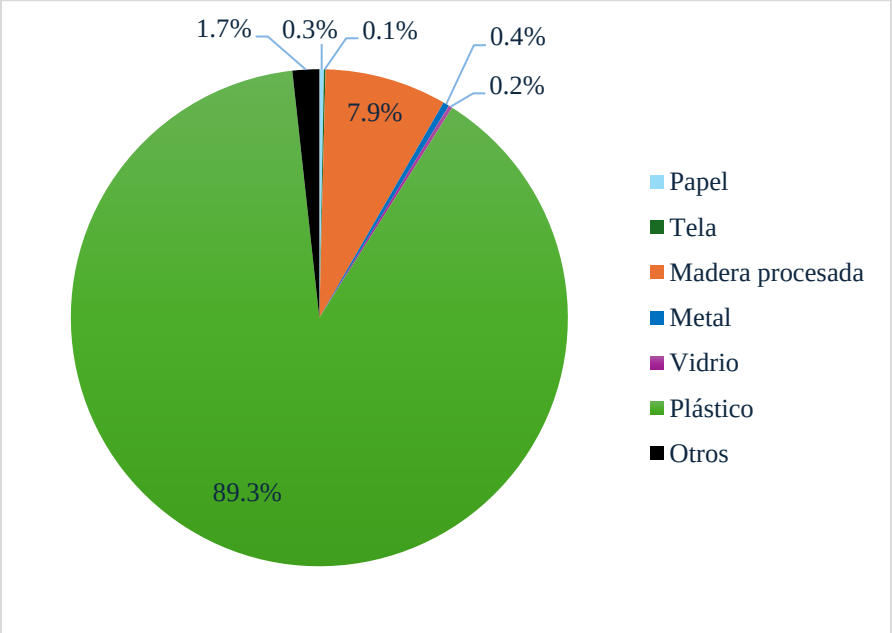
3. Resultados y análisis

3.1 Composición de MB total

En las playas muestreadas se recolectaron en total 2 016 ítems de MB durante las 5 salidas de campo realizadas, donde el plástico fue el tipo de residuo predominante, representando el 89,3 % del total, evidenciando su alta contribución a la contaminación en estas zonas. En contraste, los desechos de madera procesada constituyeron el 7,9 %, ocupando el segundo lugar en abundancia. Las demás categorías, incluyendo papel, tela, metal, vidrio y otros, presentaron proporciones considerablemente menores, todas ellas inferiores al 2 % (Figura 3.1). Por lo tanto, se evidenció una marcada diferencia en la composición de MB con una dominancia estadística del plástico frente a las demás categorías.

Figura 3.1

Clasificación porcentual de MB total.



Nota. La figura muestra los porcentajes totales de MB en las playas El Encanto y Club Alfón de las 7 categorías analizadas.

La distribución de residuos en las playas estudiadas estaría influenciada principalmente por su ubicación geográfica. Según un estudio realizado por (Gaibor et al., 2020), las playas de

la región centro-norte de Ecuador continental, como las ubicadas en la provincia de Esmeraldas, tienden a registrar desechos mayoritariamente provenientes de turistas o fuentes locales, entre los que destacan metales, papeles y colillas de cigarrillos, con un bajo porcentaje relativo de plásticos.

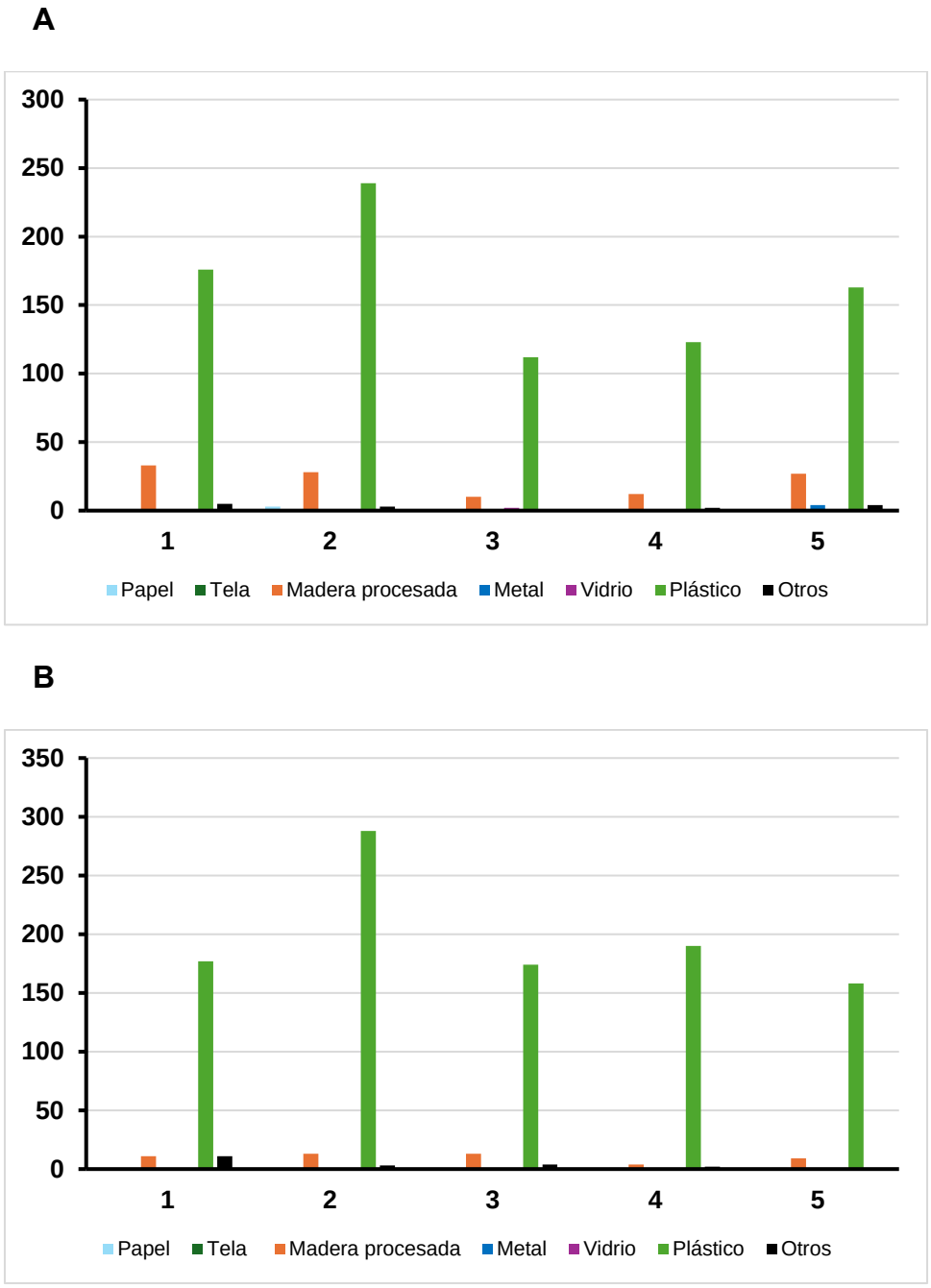
Por el contrario, las playas de la región centro-sur, que comprenden las provincias de Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro, presentan una predominancia de residuos plásticos. Esta tendencia se atribuye tanto a actividades humanas como a las corrientes marinas. Particularmente en las playas del sur, además de la basura generada por el turismo, se acumulan desechos transportados por las corrientes del río Guayas y productos relacionados con actividades pesqueras, lo que contribuye a un mayor volumen de plásticos (INOCAR, 2020). Estos patrones reflejan una marcada estratificación geográfica en la distribución de residuos a lo largo del país (Gaibor et al., 2020).

3.1.1 Categorización de MB en las playas estudiadas

El análisis de la MB en cada playa mostró que los plásticos fueron los residuos más abundantes (Figura 3.2). En el caso de la zona de El Encanto, alcanzó su punto máximo en el segundo muestreo con 274 ítems (Figura 3.2 A). De manera similar, en Club Alfón se registraron 305 ítems de plásticos superando a la primera playa en la mayoría de los muestreos (Figura 3.2 B). Además, las otras categorías: metales, vidrios, papeles, telas y otros residuos aparecieron en cantidades insignificantes en ambos sectores sin exceder una abundancia de 11 ítems por muestreo.

Figura 3.2

Categorización de MB en ambas playas.



Nota. La figura muestra los ítmes recolectados de MB en las playas (A) El Encanto y (B) Club Alfón durante los 5 muestreos que abarcan desde agosto a diciembre.

Sin embargo, la madera procesada, se identificó como la segunda categoría de desecho más abundante, mostró una mayor presencia en la playa El Encanto. Con cantidades que

variarion entre 10 y 33 ítems por muestreo. En comparación, la playa Club Alfón registró cantidades que oscilaban entre 4 y 13 ítems de este tipo de desecho.

Esto sugiere que la contaminación general en la playa Club Alfón podría estar más influenciada, por su ubicación y por actividades pesqueras en la localidad que en su mayoría son artesanales. En cambio, la playa El Encanto podría estar más relacionada con los residuos generados por los turistas, dado que este sector es más frecuentado por visitantes.

3.2 Posibles fuentes de origen de la MB en ambas playas

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 3.3, la playa Club Alfón mostró una mayor cantidad de desechos plásticos en comparación con El Encanto, totalizando 976 ítems frente a 805 ítems, respectivamente. En ambos casos, la mayor parte de los desechos fueron de actividades pesqueras, seguido de plásticos de uso doméstico y/o residuos turísticos. No obstante, se registraron pocas cantidades de plásticos provenientes del comercio local. En este grupo, se identificaron botellas de aceite para carros, tubos de PVC, zunchos plásticos, entre otros.

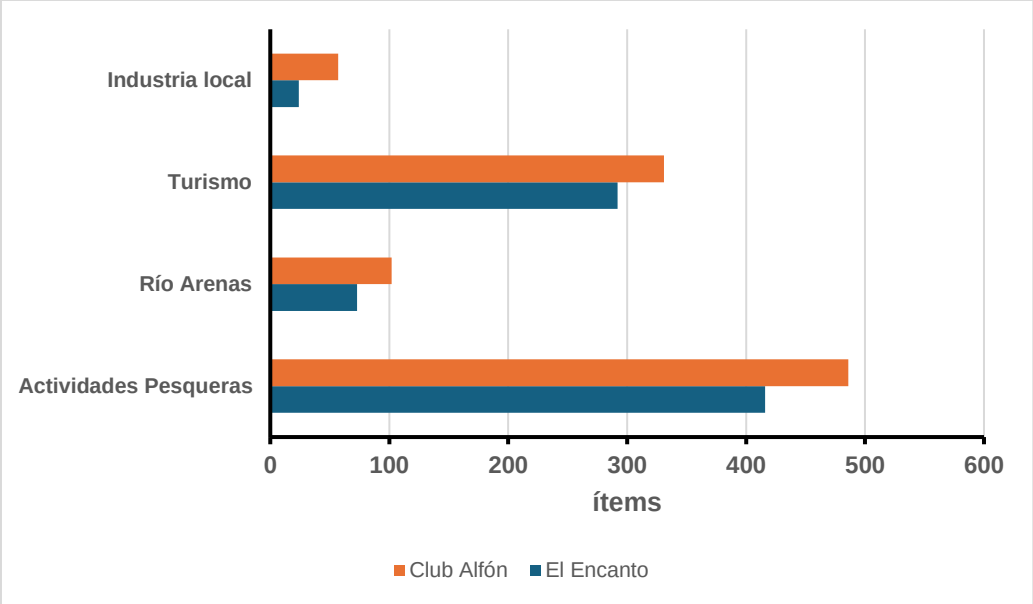
Esto se debe al desarrollo de actividades pesqueras artesanales en la zona de Data de Posorja, llevadas a cabo por las principales entidades del sector pesquero local (Plaza et al., 2019). Además, en Posorja se encuentran importantes industrias dedicadas a la pesca y la acuicultura, donde sus diversas actividades relacionadas con la producción y exportación de productos marinos como el atún podrían ser señaladas como posibles fuentes significativas de contaminación por plásticos debido a la generación de desechos industriales (Plaza et al., 2019).

Adicionalmente, se observó que los tipos de plásticos más abundantes en ambas playas fueron el polipropileno (PP) y el polietileno de alta densidad (HDPE). En las actividades pesqueras, destacaron las sogas y cabos, con 416 y 486 ítems en El Encanto y Club Alfón, respectivamente. Estos desechos, compuestos por PP y HDPE, comúnmente son utilizados en utensilios y equipos de pesca artesanal debido a su resistencia y durabilidad. Estos materiales

también fueron predominantes en los residuos provenientes del comercio local y en aquellos transportados por la influencia del río Arenas.

Figura 3.3

Fuentes de origen de la MB de las playas El Encanto y Club Alfón.



Por otro lado, los residuos domésticos y turísticos más frecuentes incluyeron productos elaborados con PP y poliestireno (PS), plásticos característicos de artículos de uso cotidiano, como botellas, cubiertos desechables y envases de comida, lo que refleja el impacto directo de las actividades humanas en estas áreas.

3.3 Densidades de MB

Las densidades de MB mostraron una clara diferencia entre las dos playas a lo largo de los meses analizados (Tabla 3.1). Para la playa Club Alfón, se obtuvo una densidad promedio significativamente mayor de 1,97 ítems/m^2, en el cual su valor mínimo fue 1,56 ítems/m^2 en diciembre y su máximo valor fue de 2,82 ítems/m^2 en septiembre. Por otro lado, en la playa El Encanto, se determinó que el promedio de densidades fue de 0,88 ítems/m^2 donde el valor mínimo fue de 0,58 ítems/m^2 en octubre y llegó a un máximo de 1,27 ítems/m^2 en septiembre y menores valores en comparación con Club Alfón.

Tabla 3.1

Densidad de MB de ambas playas.

Playa	Mes	Densidad (ítems/m^2)
El Encanto	Ago	1,00
	Sep	1,27
	Oct	0,58
	Nov	0,64
	Dic	0,92
Club Alfón	Ago	1,85
	Sep	2,82
	Oct	1,78
	Nov	1,82
	Dic	1,56

Nota. Datos calculados considerando la cantidad de ítems (Tabla 3, Apéndice A) y el área de muestreo.

En general, la densidad en Club Alfón fue más alta durante todos los meses estudiados, lo que sugiere que esta playa recibe una mayor cantidad de desechos en comparación con El Encanto. Esta diferencia puede estar influenciada por factores como la ubicación geográfica, las corrientes marinas que arrastran residuos hacia la playa, y las actividades humanas predominantes en cada zona. Además, el hecho de que ambas playas muestren picos de densidad en septiembre podría estar relacionado con eventos estacionales o cambios en la actividad turística y pesquera.

3.4 Distribución de la MB

Para la comparación de las distribuciones de MB de las diferentes muestras se implementó, con el programa R Studio, un enfoque estadístico secuencial. El primer paso consistió en aplicar la prueba de Kolmogórov-Smirnov (K-S) para evaluar si las muestras siguen una distribución teórica normal al compararla con la función de distribución

acumulativa de los datos observados, donde se plantearon las siguientes hipótesis nula y alternativa, como se indica en las ecuaciones 3.1 y 3.2:

- Hipótesis nula (H_o): Las muestras siguen una distribución teórica normal.

$$H_O: F(x) = F_0(x) \qquad (3.1)$$

Donde F(x) es la función de distribución acumulativa (FDA) de la muestra y $F_0(x)$ es la FDA de la distribución teórica específica.

- Hipótesis alternativa (H_a): La muestra no sigue la distribución teórica (normal) específica.

$$H_a: F(x) = F_0(x) \qquad (3.2)$$

Esta prueba dio como resultado un valor D = 0,15694 y un valor p = 0,9352. Debido a que el valor de D (estadístico de la prueba K-S) fue mayor o igual al nivel de significancia establecido (α = 0,05), se rechazó la hipótesis nula planteada y por ende se determinó que las muestras de MB no seguían una distribución normal, lo que descartó el uso de pruebas paramétricas. Por consiguiente, se realizó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de las varianzas entre las muestras de MB de las dos playas, donde las hipótesis nula y alternativa fueron (ecuaciones 3.3 y 3.4):

- Hipótesis nula (H_o): Las varianzas en las distribuciones de MB entre las playas El Encanto y Club Alfón son iguales.

$$H_O: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \qquad (3.3)$$

Donde σ_1^2 es la varianza de la playa 1 y σ_2^2 es la varianza de la playa 2.

- Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas en las distribuciones de MB entre las playas El Encanto y Club Alfón no son iguales.

$$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \qquad (3.4)$$

Esta prueba dio como resultado un valor F = 2,32e31 y un valor p = 2,2e-16. Dado que el valor de p fue menor o igual al nivel de significancia establecido (p = 0.05), se rechazó la

hipótesis nula planteada y por ende se aceptó que la dispersión de MB en ambas playas era diferente. Este resultado reforzó la necesidad de utilizar pruebas no paramétricas para la comparación de la distribución de MB en ambas playas.

Por último, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, también conocida como la prueba W de suma de rangos de Wilcoxon, para comparar las densidades de MB entre las dos playas, al ser muestras independientes cuyas distribuciones no son normales y sus varianzas no son homogéneas. Para esta prueba, las hipótesis nula y alternativa fueron (ecuaciones 3.5 y 3.6):

- Hipótesis nula (H_o): Las distribuciones de densidad de residuos entre las playas El Encanto y Club Alfón son iguales y no hay diferencia en sus medianas.

$$H_O: Mediana_1 = Mediana_2 \qquad (3.5)$$

- Hipótesis alternativa (H_a): Las distribuciones de densidad de residuos entre las playas El Encanto y Club Alfón son diferentes y sus medianas no son iguales.

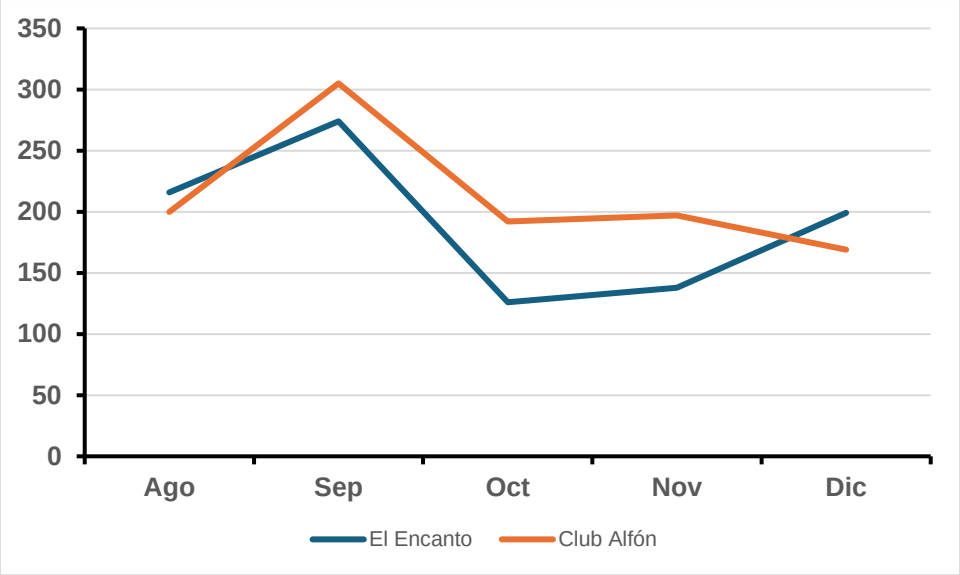
$$H_a: Mediana_1 \neq Mediana_2 \qquad (3.6)$$

Donde se obtuvo como resultado que W = 25 y p = 0.0079, lo cual no indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las densidades de residuos en El Encanto y Club Alfón.

Esto resaltó que, entre las dos playas, las distribuciones de MB fueron diferentes, sugiriendo posibles variaciones en las fuentes de contaminación o en las dinámicas de acumulación de residuos en cada playa (Figura 3.4).

Figura 3.4

Distribución temporal de MB en las playas estudiadas.



Nota. Se evidencian diferencias significativas en los picos de acumulación y los descensos de MB a lo largo del tiempo en ambas playas.

Finalmente, se determinó que Club Alfón presentó una mayor cantidad total de desechos, principalmente plásticos, y una distribución constante en comparación con la playa de mayor extensión, El Encanto (Figura 3.4). Los valores más altos registrados en ambas playas se observaron en septiembre, con valores de 274 y 305 ítems para El Encanto y Club Alfón respectivamente, seguidos de una rápida disminución en los meses posteriores (Tabla, Apéndice A). No obstante, se destacó que Club Alfón exhibió un patrón más moderado pero constante en la mayoría de los meses.

Este comportamiento podría estar relacionado con fenómenos oceánicos o condiciones marítimas como el aguaje, ya que en septiembre se realizó el muestreo durante un día de máximo aguaje, según los datos de INOCAR (2024), mientras que los muestreos en otros meses fueron realizados en días de aguaje normal o condiciones más estables. Por otro lado, en diciembre, El Encanto presentó una mayor cantidad de MB que Club Alfón, lo cual podría deberse al incremento en la afluencia de turistas en la zona costera durante esas fechas, junto con un aguaje moderado que favoreció la acumulación de residuos.

Capítulo 4

4.1. Conclusiones y recomendaciones

4.1.1. Conclusiones

Tras la implementación de las etapas planificadas en el proyecto, se logró identificar los principales hallazgos que permitieron comprender la problemática de la MB en las playas estudiadas Club Alfón y El Encanto, donde las conclusiones más relevantes del análisis realizado fueron:

- Se mostró que el plástico fue el principal componente de MB en ambas playas, representando el 89,3 % del total recolectado seguido de madera procesada y otros residuos con un 7,9 % y 1,7 % respectivamente. Estos resultados reflejan la posible influencia de actividades humanas como pesca artesanal, etc., y corrientes marinas en la acumulación de residuos.
- La mayoría de los desechos provinieron de actividades pesqueras, seguidos de residuos domésticos y turísticos posiblemente transportados por la corriente del río Arenas. En consecuencia, los plásticos más abundantes fueron el PP y el HDPE, materiales ampliamente utilizados en actividades de pesca y artículos de uso cotidiano por su resistencia y durabilidad.
- Se concluyó que la playa Club Alfón presentó una mayor cantidad total de desechos, con 1 063 ítems recolectados durante los 5 muestreos y una mayor distribución, en comparación con los 953 ítems registrados en la playa El Encanto. Esto se reflejó también en la densidad promedio de residuos, siendo significativamente más alta en Club Alfón (1,97 ítems/m²) frente a El Encanto (0,88 ítems/m²). Estas diferencias destacan la influencia de factores como la ubicación geográfica y las actividades humanas predominantes en las dinámicas de acumulación de desechos en cada playa.

4.1.2. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y el análisis de las dinámicas de acumulación y fuentes de contaminación, se proponen las siguientes acciones para abordar la problemática de manera efectiva y para guiar futuros proyectos relacionados:

- Se recomienda hacer encuestas en la localidad para determinar con certeza el origen o fuentes de MB en cada playa.
- Es recomendado estudiar otros factores como el movimiento y fuerza de las corrientes y la velocidad de los vientos para un análisis profundo de las fuentes de MB en las playas.
- Se aconseja que todo el equipo durante las salidas de campo utilice protección, como guantes, para evitar cortes o infecciones por plagas al momento de recolectar las muestras.
- Se podría diseñar, para futuros proyectos, un plan de acción específico para cada playa, considerando las dinámicas de acumulación de residuos y las fuentes principales de contaminación.
- Debido a la naturaleza de los datos y la comprobación de la hipótesis, se buscaría para futuros estudios, ampliar el número de factores principales a considerar como causantes del aumento de MB por temporadas (meses).

Referencias

Alessi, J., Vanacore, A., & Cicoria, E. (2024). Spatial risk analysis of floating marine macro litter along the Western Sicilian coast: Overlap with bottlenose dolphin and seabird hotspots. *Marine Policy*, *167*, 106274. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106274

Armenta Cisneros, M. H., Ojeda Ruiz de la Peña, M. Á., Marín Monroy, E. A., & Hernández Trejo, V. (2022). La diversificación económica de los pescadores de pequeña escala y sus contribuciones en los objetivos de la Agenda 2030. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, *17*(4), 1–26. https://doi.org/10.21919/remef.v17i4.799

Bui, T.-K. L., Nguyen, K. L. P., Ta, T. Y., Le, L. B., & Van Nguyen, N. (2024). Understanding marine litter origin in a coastal area: Can Gio beaches, Ho Chi Minh City, Vietnam, as the case study. *Regional Studies in Marine Science*, *77*, 103664. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103664

Büks, F., Loes van Schaik, N., & Kaupenjohann, M. (2020). What do we know about how the terrestrial multicellular soil fauna reacts to microplastic? *SOIL*, *6*(2), 245–267. https://doi.org/10.5194/soil-6-245-2020

CERES. (2020, September 24). *NIRSA junto a la comunidad de Posorja unen esfuerzos para la recolección de desechos*. https://www.redceres.com/post/nirsa-junto-a-la-comunidad-de-posorja-unen-esfuerzos-para-la-recoleccion-de-desechos

Científicos de la Basura. (2023). *Proyectos e investigaciones*. https://cientificosdelabasura.ucn.cl/proyectos-e-investigaciones/

De Veer, D., Baeza-Álvarez, J., Bolaños, S., Cavour Araya, S., Darquea, J. J., Díaz Poblete, M. A., Domínguez, G., Holtmann-Ahumada, G., Honorato-Zimmer, D., Gaibor, N., Gallardo, M. de los Á., Guevara Torrejón, V., León Chumpitaz, A., Marcús Zamora, L., Mora, V., Muñoz Araya, J. M., Pernía, B., Purca, S., Rivadeneira, M. M., … Thiel, M. (2023). Citizen scientists study beach litter along 12,000 km of the East Pacific coast: A baseline for the International Plastic Treaty. *Marine Pollution Bulletin*, *196*, 115481. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115481

De Veer P., D., Villalobos R., V., & Thiel, M. (2022). *Primer Muestreo Internacional de Macrobasura en Playas de Arena 2021*. https://cientificosdelabasura.ucn.cl/wp-content/uploads/2023/09/InformeResultados_Macrobasura_Internacional_Julio2022_compressed.pdf

Ebanks Mongalo, B. F., Moody Garth, S. N., Rivas Suazo, E. G., Siu Estrada, E. A., & Flores-Pacheco, J. A. (2024). Contaminación por macrobasura marina en la barra de Hong Sound, Bluefields, Costa Caribe Sur de Nicaragua. *Wani*, *80*. https://doi.org/10.5377/wani.v40i80.17761

Edo, C., Fernández-Alba, A. R., Vejsnæs, F., van der Steen, J. J. M., Fernández-Piñas, F., & Rosal, R. (2021). Honeybees as active samplers for microplastics. *Science of The Total Environment*, *767*, 144481. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144481

Faizal, I., Anna, Z., Utami, S. T., Mulyani, P. G., & Purba, N. P. (2022). Baseline data of marine debris in the Indonesia beaches. *Data in Brief*, *41*, 107871. https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107871

Fong, J., Lee, S. H. R., Sun, Y., Lim, C. L., Tan, Y. A. J., Tan, Y. H., & Neo, M. L. (2023). Litter traps: A comparison of four marine habitats as sinks for anthropogenic marine

macro-litter in Singapore. *Marine Pollution Bulletin*, *196*, 115645. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115645

Fossi, M. C., Panti, C., Baini, M., & Lavers, J. L. (2018). A Review of Plastic-Associated Pressures: Cetaceans of the Mediterranean Sea and Eastern Australian Shearwaters as Case Studies. *Frontiers in Marine Science*, *5*. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00173

Gaibor, N., Condo-Espinel, V., Cornejo-Rodríguez, M. H., Darquea, J. J., Pernia, B., Domínguez, G. A., Briz, M. E., Márquez, Lady, Laaz, E., Alemán-Dyer, C., Avendaño, U., Guerrero, J., Preciado, M., Honorato-Zimmer, D., & Thiel, M. (2020). Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador – A volunteer-supported study. *Marine Pollution Bulletin*, *154*, 111068. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111068

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

INOCAR. (2015). *Atlas Marino Costero del Ecuador*. https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/atlas-marino-costero

INOCAR. (2020, May 28). *Estudio sobre la basura plástica en las playas del Ecuador donde participó el Inocar, fue publicado en revista científica* . https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/noticias/1367-estudio-sobre-la-basura-plastica-en-las-playas-del-ecuador-donde-participo-el-inocar-fue-publicado-en-revista-cientifica

INOCAR. (2024). *Calendario de aguajes y fase lunar*. https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/calendario-aguajes

Jerdy, H., Werneck, M. R., da Silva, M. A., Ribeiro, R. B., Bianchi, M., Shimoda, E., & de Carvalho, E. C. Q. (2017). Pathologies of the digestive system caused by marine debris in Chelonia mydas. *Marine Pollution Bulletin*, *116*(1–2), 192–195. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.009

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

Kumar, A., Ali, S. F., & Arockiarajan, A. (2016). Enhanced Energy Harvesting from Nonlinear Oscillators via Chaos Control. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(1), 35–40. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.025

Kuo, F.-J., & Huang, H.-W. (2014). Strategy for mitigation of marine debris: Analysis of sources and composition of marine debris in northern Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, *83*(1), 70–78. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.04.019

Kusui, T., & Noda, M. (2003). International survey on the distribution of stranded and buried litter on beaches along the Sea of Japan. *Marine Pollution Bulletin*, *47*(1–6), 175–179. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00478-2

Lazar, B., & Gračan, R. (2011). Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, Caretta caretta, in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(1), 43–47. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.09.013

Lee, R. F., & Sanders, D. P. (2015). The amount and accumulation rate of plastic debris on marshes and beaches on the Georgia coast. *Marine Pollution Bulletin*, *91*(1), 113–119. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.019

Liu, M., Lin, M., Huang, X., Yang, Z., Caruso, F., Baini, M., Bocconcelli, A., Rosso, M., & Li, S. (2023). Floating macro-litter pollution in the northern South China Sea. *Environmental Pollution*, *316*, 120527. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120527

MAATE, M. del A. A. y T. E. (2019, June 7). *17.702 kilos de desechos se recolectaron en 8 áreas protegidas marinas y costeras de Ecuador*. https://www.ambiente.gob.ec/17-702-kilos-de-desechos-se-recolectaron-en-8-areas-protegidas-marinas-y-costeras-de-ecuador/

Maleki, M., & Soria, K. (2020). Multivariate Geostatistical Modeling and Risk Analysis of Beach Litter: A Case Study of Playa Blanca Beach, Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(22), 8384. https://doi.org/10.3390/ijerph17228384

McMullen, K., Tirapé, A., Calle, P., Vandenberg, J., Alvarado-Cadena, O., Ota, Y., Domínguez, G. A., & Alava, J. J. (2023). Marine litter and social inequities entangle Ecuadorian mangrove communities: Perceptions of plastic pollution and well-being concerns in Puerto Hondo and Isla Santay, Ecuador. *Marine Policy*, *157*, 105857. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105857

Mestanza, C., Botero, C. M., Anfuso, G., Chica-Ruiz, J. A., Pranzini, E., & Mooser, A. (2019). Beach litter in Ecuador and the Galapagos islands: A baseline to enhance environmental conservation and sustainable beach tourism. *Marine Pollution Bulletin*, *140*, 573–578. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.003

Monchanin, C., Desmolles, M., Rivetta, K., Saramul, S., Charoenpong, C., & Mehrotra, R. (2024). Spatiotemporal variations in marine macro-litter pollution along the shoreline of Koh Mun Nai, an uninhabited island in the Gulf of Thailand. *Environmental Pollution*, *352*, 124098. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124098

Mueller, J. S., Bill, N., Reinach, M. S., Lasut, M. T., Freund, H., & Schupp, P. J. (2022). A comprehensive approach to assess marine macro litter pollution and its impacts on corals in the Bangka Strait, North Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, *175*, 113369. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113369

NOAA. (2016, March 14). *How does marine debris move around the ocean?* https://www.noaa.gov/explainers/what-is-marine-debris

Oigman-Pszczol, S. S., & Creed, J. C. (2007). Quantification and classification of marine litter on beaches along Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*, *23*(2), 421–428. https://doi.org/10.2112/1551-5036(2007)23[421:QACOML]2.0.CO;2

ONU. (2021, October 21). *Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente*. https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos

Perumal, K., Devi, S. S., Abraham, K. M., & Kumar, A. B. (2024). The state of marine debris and microplastic research in India: Bridging knowledge gaps for robust marine litter policy. *Ocean & Coastal Management*, *259*, 107418. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107418

Plaza, G., Tápia, A., Yépez, A., Martínez, C., Artieda, J., Benavides, A., & Parra Reinoso, W. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, PARROQUIA RURAL POSORJA, 2019 - 2024*. https://gadparroquialposorja.gob.ec/media/gadposorja/pdot_archivos/PDOT_2019-2024Posorja.pdf

Pradhan, U., Naik, S., Panda, U. S., Mishra, P., & Murthy, M. V. R. (2024). Abundance and transport of macro-litter at sea turtle nesting beach: A case study for sustainable habitat management. *Regional Studies in Marine Science*, *70*, 103353. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103353

Rakib, Md. R. J., Ertaş, A., Walker, T. R., Rule, M. J., Khandaker, M. U., & Idris, A. M. (2022). Macro marine litter survey of sandy beaches along the Cox's Bazar Coast of Bay of Bengal, Bangladesh: Land-based sources of solid litter pollution. *Marine Pollution Bulletin*, *174*, 113246. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113246

Ryan, P. G., Cole, G., Spiby, K., Nel, R., Osborne, A., & Perold, V. (2016). Impacts of plastic ingestion on post-hatchling loggerhead turtles off South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, *107*(1), 155–160. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.005

Salazar, J. A., González, R., Navarrete, A. L., Calle, P., Alava, J. J., & Domínguez, G. A. (2022). A temporal assessment of anthropogenic marine debris on sandy beaches from Ecuador's southern coast. *Frontiers in Marine Science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.977650

Sandaruwan, R. D. C., Bellanthudawa, B. K. A., Perera, I. J. J. U. N., Udayanga, K. A. S., & Jayapala, H. P. S. (2023). Index based approach for assessment of abundance of marine debris and status of marine pollution in Kandakuliya, Kalpitiya, Sri Lanka.

Marine Pollution Bulletin, *197*, 115724. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115724

Sangkham, S., Faikhaw, O., Munkong, N., Sakunkoo, P., Arunlertaree, C., Chavali, M., Mousazadeh, M., & Tiwari, A. (2022). A review on microplastics and nanoplastics in the environment: Their occurrence, exposure routes, toxic studies, and potential effects on human health. *Marine Pollution Bulletin*, *181*, 113832. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113832

Seeruttun, L. D., Raghbor, P., & Appadoo, C. (2021). First assessment of anthropogenic marine debris in mangrove forests of Mauritius, a small oceanic island. *Marine Pollution Bulletin*, *164*, 112019. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112019

Shankar, V. S., De, K., Mandal, S., Jacob, S., & Satyakeerthy, T. R. (2024). Assessment of transboundary macro-litter on the remote island of Andaman and Nicobar: Unveiling the governing factors and risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, *209*, 117145. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117145

Silva-Iñiguez, L., & Fischer, D. W. (2003). Quantification and classification of marine litter on the municipal beach of Ensenada, Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, *46*(1), 132–138. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00216-3

Sousa-Guedes, D., Cunha, S. C., Fernandes, J. O., Semedo, D., Sillero, N., Marco, A., & Bessa, F. (2023). Can plastic pollution contaminate loggerhead turtle nests? Evaluation of flame retardants (PBDEs) levels in the sand. *Marine Pollution Bulletin*, *195*, 115550. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115550

Sridharan, S., Kumar, M., Saha, M., Kirkham, M. B., Singh, L., & Bolan, N. S. (2022). The polymers and their additives in particulate plastics: What makes them hazardous

to the fauna? *Science of The Total Environment*, *824*, 153828. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153828

Tapia Arias, A., Vogliano, M., Artieda, J., Quevedo, T., & Yepez, A. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019 Parroquia Rural Posorja*. https://gadmariscalsucre.gob.ec/media/sancarlos/pdot_archivos/POSORJA.pdf

T-TESTS. (2008, January 30).

Vélez-Terreros, P. Y., Romero-Estévez, D., & Yánez-Jácome, G. S. (2024). Microplastics in Ecuador: A review of environmental and health-risk assessment challenges. *Heliyon*, *10*(1), e23232. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23232

Worm, B., Lotze, H. K., Jubinville, I., Wilcox, C., & Jambeck, J. (2017). Plastic as a Persistent Marine Pollutant. *Annual Review of Environment and Resources*, *42*(1), 1–26. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060700

Apéndice A

Cantidad total de MB.

Playas	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
El Encanto	216	274	126	138	176
Club Alfón	200	305	192	197	152

Nota. Ítems totales de MB en ambas playas durante los 5 meses de muestreo.