



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

**“COMPARACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR MICRO Y
MACROPLÁSTICO EN LAS PLAYAS MONTEVERDE, CADEATE Y
MONTAÑITA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA MARINA

AUTOR:

PARDO LEÓN KAREN STEFANY

TUTOR:

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

“COMPARACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR MICRO Y
MACROPLÁSTICO EN LAS PLAYAS MONTEVERDE, CADEATE Y
MONTAÑITA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA MARINA

AUTOR:

PARDO LEÓN KAREN STEFANY

TUTOR:

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Titulación “**Comparación de la contaminación por micro y macroplástico en las playas Monteverde, Cadeate y Montañita en la Provincia de Santa Elena**” elaborado por la Srta. **Karen Stefany Pardo León**, estudiante de la Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga Marina, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, M.Sc.

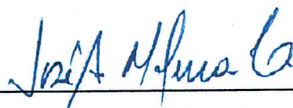
DOCENTE TUTOR

C.I. 0918674359

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista del Trabajo de Titulación, “**Comparación de la contaminación por micro y macroplástico en las playas Monteverde, Cadeate y Montañita en la Provincia de Santa Elena**” elaborado por la Srta. **Karen Stefany Pardo León**, estudiante de la Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga Marina, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



AC. JOSÉ MELENA CEVALLOS, PH.D.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0913432613

DEDICATORIA

A Dios y La Virgen por brindarme fortaleza y vida para cumplir esta meta.

De igual manera este proyecto va dirigido hacia mis increíbles padres, quienes han sido un ejemplo a seguir y mi pilar fundamental, apoyándome en cada paso, sin su apoyo tanto moral como económico no hubiese podido formarme como una profesional.

En general a las personas que me aprecian y han estado a mi lado dándome su cariño y motivación en cada meta planteada.

Karen Stefany Pardo León

AGRADECIMIENTO

A mi familia, en especial a mis padres José Pardo y Gladys León a quienes quiero enorgullecer en cada etapa de la vida, por ser el motor que me impulsa a cumplir mis sueños, quienes han sido una guía y me han acompañado a lo largo de este proceso académico, por lo cual les estoy inmensamente agradecida. A mi hermana Melissa, por ser un apoyo moral en todo momento y motivarme a seguir adelante. A Marlon Andrés por su amor, paciencia, compañía y apoyo incondicional.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, la cual abrió sus puertas para prepararme académicamente; a los docentes que impartieron sus conocimientos, gracias por su paciencia y enseñanza brindada.

A mi Tutora Blga. Jodie Darquea Arteaga, por guiarme a lo largo de la investigación, aconsejarme e impartirme su experiencia como tutora, y por su paciencia, confianza y apoyo durante todo el trabajo.

A mis amigos, Pamela, Milena y Manuel quienes se convirtieron en mi familia, gracias por su apoyo, cariño y colaboración para la realización de esta investigación.

TRIBUNAL DE GRADO



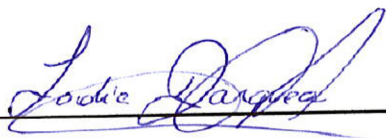
Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.

DECANO DE LA FACULTAD



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA



Blga. Jodie Darquea Arteaga, M.Sc.

DOCENTE TUTOR



Ac. José Melena Cevallos, Ph.D.

DOCENTE DE ÁREA

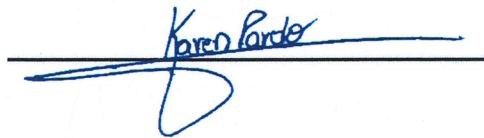


Abg. María Rivera González, Mgtr.

SECRETARIA GENERAL

Declaración expresa

Yo, KAREN STEFANY PARDO LEÓN declaro bajo juramento que el contenido, criterio y análisis de resultados en este estudio de investigación con tema: “Comparación de la contaminación por micro y macroplástico en las playas Monteverde, Cadeate y Montañita en la Provincia de Santa Elena “, me concierne exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma compartido con la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Karen Pardo", is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a large loop at the bottom.

Karen Stefany Pardo León

C.I. 0705914620

Índice

1. RESUMEN	1
ABSTRACT	2
2. INTRODUCCIÓN	4
3. JUSTIFICACIÓN.....	7
4. OBJETIVOS	8
4.1. Objetivo general.....	8
4.2. Objetivos específicos	8
5. HIPÓTESIS.....	9
6. MARCO TEÓRICO	10
6.1. Los plásticos	10
6.2. Categorías de los plásticos	11
6.3. Macroplásticos	11
6.3.1. Clasificación de los plásticos por su composición	13
6.4. Microplásticos	14
6.4.1. Tipos de microplásticos.....	15
6.5. El destino de los macroplásticos.....	17
6.6. Contaminación por macro – microplásticos	18
6.7. Microplásticos en los sedimentos costeros.....	23
7. MATERIALES Y MÉTODOS	26
7.1. Tipo de investigación	26
7.2. Área de estudio.....	26
7.3. Población y muestra.....	29
7.3.1.1. Toma de muestras	30
7.3.1.1. Recolección en cuadrante 3x3 m	30
7.3.1.2. Recolección en cuadrante de 0.5 x 0.5 m	32
7.4. Metodología.....	34
7.4.1. Clasificación de macroresiduos.....	34
7.4.2. Clasificación de macroplásticos	34
7.4.3. Clasificación según la morfología física y densidad de microplásticos.....	34

7.5. Análisis estadístico	38
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	39
8.1. Clasificación de micro y macroplásticos.....	39
8.1.1. Clasificación de macroplásticos por playa y mes	39
8.1.2. Clasificación de microplásticos por playa	41
8.1.3. Porcentaje mensual de microplásticos.....	42
8.2. Abundancia de macroresiduos.....	43
8.3. Tipo de microplástico por polímero, tamaño y color	44
8.4. Abundancia por metro cuadrado de macro y microplásticos.....	46
9. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
9.1. Discusión.....	49
9.2. Conclusiones.....	50
9.3. Recomendaciones.....	51
10. BIBLIOGRAFÍA	52
11. ANEXOS	63

Índice de Tablas

Tabla 1 Tipos de plásticos que comprende macro y micro.....	13
Tabla 2 Datos totales de abundancia por metro cuadrado de macro y microplásticos por playas estudiadas	47
Tabla 4 Plantilla para registrar cantidades de macrobasura.....	63
Tabla 5 Plantilla para registrar cantidades de macroplásticos.....	63
Tabla 6 Plantilla para registrar cantidades de microplástico	64
Tabla 7 Correlación de macro y microplásticos	65
Tabla 8 Varianza de macro y microplásticos	66

Índice de Figuras

Figura 1. Enredo con restos de plásticos en una tortuga	12
Figura 2. Imagen de microplásticos en la arena de playa.....	14
Figura 3. Categorización de microplásticos según la forma.....	16

Figura 4. Producción de plástico.....	20
Figura 5. Vacaciones y plástico	22
Figura 6. Las rutas de los microplásticos en la cadena trófica	23
Figura 7. Basura marina en la playa.....	24
Figura 8. Zonas de estudio.....	28
Figura 9. Esquema para realizar el muestreo de basura en la playa	30
Figura 10. Toma de muestras de macroplásticos.	31
Figura 11. Toma de muestras de microplásticos.	33
Figura 12. Criterio de categorización por color	35
Figura 13. Porcentajes de macroplásticos en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde. 39	
Figura 14. Tipo de macroplásticos en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde	40
Figura 15. Porcentajes mensuales de macroplásticos en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde.....	41
Figura 16. Porcentajes de microplásticos registrado por playa	42
Figura 17. Porcentajes de microplásticos por meses en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde.....	43
Figura 18. Macroresiduos por playas de Cadeate, Montañita y Monteverde	44
Figura 19. Microplásticos por tamaño	45
Figura 20. Porcentaje de microplásticos registrados por color en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde.....	45
Figura 21. Microplásticos por tipo de polímero y por playa	46
Figura 22. Promedio mensual de macro y microplásticos	48

1. RESUMEN

La problemática de la basura marina se presenta como un desafío ambiental de gran magnitud a nivel global, impactando negativamente en la biodiversidad, la salud humana y los sectores productivos. Esta investigación la tuvo como objetivo principal comparar la presencia de micro y macroplásticos en tres playas de la provincia de Santa Elena mediante la aplicación de transectos y observación directa. Durante el periodo de julio a diciembre de 2022. Se registraron un total de 3957 macroplásticos y 5768 microplásticos, estimándose una abundancia de 4 ítems/m² de macroplásticos y 122 ítems/m² de microplásticos. Los resultados revelaron disparidades significativas en la contaminación plástica entre las playas estudiadas. Siendo la playa Monteverde la que mostró la mayor abundancia tanto de macro como de microplásticos con 2 ítems/m² y 98,3 ítems/m² respectivamente; representando el 55,14% y 57,40%, seguida por la playa de Montañita con 1,4 ítems/ m² con un 39,52%. Y en menor proporción, la playa Cadeate presentó una contaminación de 0,2 ítems/m² con el 5,33%. La investigación destaca la necesidad de implementar medidas efectivas para mitigar la contaminación plástica en las playas, reconociendo la importancia de estrategias integrales que incluyan la sensibilización pública y la gestión responsable de los desechos.

Palabras Clave: Macroplásticos, microplásticos, plásticos, contaminación, transectos.

ABSTRACT

The problem of marine litter is presented as a major environmental challenge at a global level, negatively impacting biodiversity, human health and productive sectors. The main objective of this research was to compare the presence of micro and macroplastics on three beaches in the province of Santa Elena through the application of transects and direct observation. During the period from July to December 2022. A total of 3,957 macroplastics and 5,768 microplastics were recorded, estimating an abundance of 4 items/m² of macroplastics and 122 items/m² of microplastics. The results revealed significant disparities in plastic pollution between the beaches studied. Monteverde beach was the one that showed the highest abundance of both macro and microplastics with 2 items/m² and 98.3 items/m² respectively; representing 55.14% and 57.40%, followed by Montañita beach with 1.4 items/m² with 39.52%. And to a lesser extent, Cadeate beach presented a contamination of 0.2 items/m² with 5.33%. The research highlights the need to implement effective measures to mitigate plastic pollution on beaches, recognizing the importance of comprehensive strategies that include public awareness and responsible waste management.

Keywords: Macroplastics, microplastics, plastics, contamination, transects.

ABREVIATURAS

MPs: Microplásticos

PS: Poliestireno expandido (corcho blanco o poliespuma)

PC: Policarbonato

PEAD: Polietileno de alta densidad

PEBD: Polietileno de baja densidad

PET: Tereftalato de polietileno (plástico para envases)

PS: Poliestireno (plástico rígido o espuma)

PVC: Policloruro de vinilo (plástico resistente)

PP: Polipropileno (plástico versátil y resistente)

2. INTRODUCCIÓN

El Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente indicó que la contaminación de los océanos por basura se ha convertido en un problema global desde hace más de medio siglo. Se estima que 6,4 millones de toneladas de basura ingresan al océano cada año, alrededor de 200 kilogramos por segundo, de los cuales el plástico es el componente principal y el 80% proviene de actividades terrestres (Naciones Unidas para el Ambiente, 2009 como se citó en Lavayen, 2021).

La producción y uso de plásticos de gran tamaño y microplásticos ha experimentado un aumento exponencial desde la década de 1950, alcanzando más de 320 millones de toneladas en 2015 (FAO, 2019). Se espera que la producción supere los 12.000 millones de toneladas para el año 2050 (Mantilla, 2019).

Los plásticos, en su composición, albergan diversos contaminantes tóxicos, originados durante el proceso de fabricación, los cuales tienden a liberarse en el medio marino por la acción de las corrientes (Arteaga, 2023), generando impactos ambientales significativos. Además, se destaca la capacidad de estos plásticos para absorber diversos contaminantes hidrofóbicos, persistentes y bioacumulables, exacerbando aún más la amenaza para la salud de los ecosistemas acuáticos (Arteaga, 2023).

Otro punto importante es que los plásticos tienen un efecto cuando se exponen a la radiación solar y presión del océano, empieza fragmentarse a lo que hoy se lo denomina microplásticos (Sangiolo, 2022). Los microplásticos son partículas y fibras de plástico de tamaño reducido, generalmente con un diámetro inferior a 5 milímetros. Estos pueden encontrarse en diversos entornos como los océanos, la columna de agua, el lecho marino, las costas y los organismos vivos. Sin embargo, existen pocos datos disponibles sobre la cantidad de plástico presente en cada uno de estos entornos y se sabe poco acerca de los flujos entre ellos (FAO, 2019).

La preocupación de la población radica en la problemática generada por la introducción de plásticos en el mar. Anualmente, se registra una cantidad significativa (13 millones de toneladas) de plástico que termina ingresando a los océanos, convirtiendo el entorno marino en un potencial agente contaminante, principalmente debido a la actividad humana (ONU, 2018).

La presencia de plásticos en las playas, en los organismos, en la sal marina y en el agua ha impulsado la implementación de medidas para reducir el consumo. En Ecuador, la región costa experimenta un turismo de sol y playa por lo general masivo, siendo estas zonas y paisajes preferidos por los visitantes para el esparcimiento, especialmente durante las vacaciones, período en el cual se registra un notable incremento en la demanda turística lo que influye en el incremento de desechos, así como el mal manejo, por las deficiencias en el control y disposición de los desechos generados por los residentes locales y los turistas (Bueno, 2019).

Así también, varias organizaciones se dedican a la protección de los océanos y han llevado a cabo campañas de concienciación, como el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), que lanzó la iniciativa "Plásticos en el Mar ¡No más!" en 2018 (Lavayen, 2021). Gaibor y colaboradores en 2018, con la participación de más de 400 voluntarios, analizó los desechos marinos antropogénicos en 26 playas, incluyendo una en las Islas Galápagos. Exponiendo que los plásticos eran el ítem que representaba la mayor parte de los desechos (>60%), seguidos por colillas de cigarrillos, papel y metal. La densidad media de los desechos marinos en las playas continentales fue de $1,31 \pm 1,03$ artículos por metro cuadrado. Se observó una mayor presencia de desechos y plásticos en algunas playas del Golfo de Guayaquil, sugiriendo que muchos de los artículos plásticos encontrados en esa zona, podrían haber sido arrastrados por las corrientes del río Guayas. En general, los estudios realizados indican que la mayoría de la basura en las playas continentales de Ecuador provienen de fuentes locales (Lavayen, 2021). Por lo que es fundamental aportar el conocimiento sobre la contaminación por plásticos; en Ecuador han aumentado los estudios ante esta problemática, por lo que resulta crucial comparar los micro y macroplástico encontrados en las playas de

Monteverde, Cadeate y Montañita de la provincia de Santa Elena mediante la aplicación de transectos y observación directa para la determinación de las características y abundancia.

La provincia de Santa Elena se distingue por extensas playas y la afluencia masiva de turistas, lo que contribuye significativamente a la presencia constante de grandes cantidades de desechos en la zona, aunque no existen parámetros sobre la cantidad de toneladas de residuos que se envían a rellenos sanitarios por día, y mucho menos datos específicos sobre los residuos generados por cada habitante, dificultando aún más el conocer con exactitud cuál es el estado y cantidad de la basura que está siendo desechada.

De ahí la importancia de analizar la presencia de macro y microplásticos en las playas de Monteverde, San Pedro y Montañita de la provincia de Santa Elena, que se caracterizan por recibir el turismo de sol y playa; y donde se realizan también diversas actividades productivas como la pesca.

3. JUSTIFICACIÓN

La contaminación plástica se origina en el consumismo desmedido, impulsado por el deseo de adquirir más de lo necesario en un contexto de crecimiento económico y poblacional. González (2019) destaca que los cambios tecnológicos y en los estilos de vida aumentarían la "producción y uso excesivo de bienes innecesarios", siendo los plásticos preferidos por su resistencia, bajo costo e impermeabilidad, desplazando así a materiales tradicionales como: madera, hormigón, vidrio, papel, etc. (González, 2019).

La provincia de Santa Elena posee destacados atractivos turísticos, especialmente las playas, que son aprovechadas por numerosas personas para emprender negocios y obtener beneficios económicos. Sin embargo, este aprovechamiento conlleva la acumulación de residuos plásticos, y la contaminación en general en las playas. Esta situación es evidente y se ha convertido en un motivo de preocupación mundial (Soliz, 2015).

El estudio en las playas en la zona norte de la provincia de Santa Elena proporcionará datos sobre la abundancia de residuos. Estos resultados servirán como un recurso fundamental para investigaciones futuras, permitiendo un análisis de la dinámica de contaminación en las playas de la provincia. La información recopilada no sólo será una base para entender la magnitud del problema, sino que también facilitará la identificación de patrones y cambios, lo que contribuirá al desarrollo de estrategias más efectivas de gestión y mitigación, con el fin de preservar los cuerpos de agua, suelos, flora y fauna a nivel local y regional.

Además, al centrarse en áreas específicas, se pueden identificar patrones de contaminación locales, lo que permite tomar medidas más efectivas en función de sus necesidades e informar directamente a su población. Esto no sólo beneficia la biodiversidad y la salud de los ecosistemas marinos, sino que también tiene un impacto directo en la calidad de vida de las comunidades costeras que dependen de estos entornos para su sustento.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Comparar los micro y macroplástico encontrados en las playas de Monteverde, Cadeate y Montañita de la provincia de Santa Elena mediante la aplicación de transectos y observación directa para la determinación de las características y abundancia.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar el micro y macroplástico encontrados en las tres playas de acuerdo con las características físicas mediante el método descriptivo.
- Categorizar los microplásticos de acuerdo con el tipo de polímero mediante pruebas de densidad.
- Calcular los ítems de micro y macroplástico obtenidos por metro cuadrado en las playas de estudio.

5. HIPÓTESIS

H0: Las playas muestreadas de la provincia de Santa Elena presentan una abundancia similar de macroplásticos y microplásticos.

H1: Las playas muestreadas de la provincia de Santa Elena presentan diferente abundancia de macroplásticos y microplásticos.

6. MARCO TEÓRICO

6.1.Los plásticos

El extremado uso del plástico para casi todo, ha causado un colapso en la gestión de los residuos plásticos, lo que lo convierte en el principal factor contaminante conocido. Caballero Ibarra et al. (2019) mencionan que, aunque las empresas fabricantes de plástico han promovido campañas para mitigar el impacto en el mundo, la sobreproducción ha limitado la cantidad de residuos plásticos reciclados a nivel global.

La principal característica que distingue a los plásticos de otros materiales es la relación directa entre resistencia y calidad. Además, cuentan con excelentes propiedades de aislamiento eléctrico y térmico, así como una buena resistencia a disolventes, ácidos y otros materiales corrosivos. Los plásticos pueden tener una composición de moléculas enormes en forma lineal, entrelazada o ramificada, dependiendo del tipo de plástico.

Los plásticos termoplásticos tienen moléculas rectas o bifurcadas y se vuelven suaves al calentarse, mientras que los plásticos termo – endurecibles tienen moléculas entrelazadas y se vuelven duros al calentarse (Bolaños Zea, 2019). En ese sentido, al plástico puede definirse básicamente como un material sintético fabricado a partir de derivados de petróleo mediante reacciones de polimerización. Los componentes básicos utilizados son la sal, la celulosa, el carbón, el gas natural y, obviamente, el petróleo (Bolaños Zea, 2019). Estos plásticos son materiales flexibles que se obtienen principalmente a partir del petróleo, pero también pueden derivar de otras fuentes como productos vegetales. Hay varios tipos de plásticos que se utilizan para satisfacer diferentes necesidades, especialmente en la fabricación de envases y embalajes (Buteler, 2020).

6.2.Categorías de los plásticos

Existen dos tipos de plásticos según sus características Aguilar (2020):

- La primera familia son los termoplásticos, que se pueden reciclar fácilmente. Son materiales que se vuelven líquidos al calentarlos, lo que permite moldearlos repetidamente sin alterar las propiedades originales. Algunos ejemplos de termoplásticos son el PEBD, PEAD, PP, PET, PVC, PS, EPS y PC.
- La segunda familia son los termoestables, que son difíciles de reciclar debido a que están compuestos por polímeros con cadenas químicas ligadas que necesitan ser destruidas para poder fundirlos, lo que causa una gran alteración en las propiedades originales. Algunos ejemplos de termoestables son las resinas fenólicas, las resinas ureicas, entre otras.

La sociedad ha sido beneficiada por la contribución que los plásticos han tenido en la solución de diversas necesidades. Sin embargo, el aumento de la población y el crecimiento urbano ha generado una importante cantidad de residuos, así como una mayor demanda de materias primas. Para abordar este problema, se ha propuesto como una solución efectiva aumentar significativamente la utilización de materiales reciclados en la producción de bienes finales, y reducir al mínimo la cantidad de residuos tanto en la industria como en los hogares (Aguilar, 2020).

6.3.Macroplásticos

La basura plástica marina es la que se abandona o se desecha y se acumula en las áreas costeras y marinas. Los macroplásticos (plástico mayor a 25mm) están siendo acumulados en los ecosistemas de agua dulce, zonas costeras y océanos. Con el tiempo, la exposición a procesos químicos y mecánicos, junto con el tiempo de permanencia, están degradando los macroplásticos en pequeñas partículas llamadas microplásticos (MPs) tamaño inferior a 5 mm (Zhang et al., 2021; Mazariegos et al., 2021).

Se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre los efectos de los macroplásticos (envases, bolsas, botellas, juguetes, etc.) en el ecosistema marino. La presencia de estos grandes ítems de plástico en el entorno marino implica una pérdida del atractivo visual de los lugares donde se encuentran, lo que tiene consecuencias negativas para el turismo. Además, representan una amenaza para las industrias que operan en el mar. Estas piezas de plástico pueden tener un tamaño que oscila entre 5 y 150 milímetros (Olaya, 2020).

La polución causada por plásticos es un problema mundial y se considera una de las formas más graves de contaminación en las costas, océanos y cuerpos de agua dulce. Se ha hablado ampliamente de este problema desde los años 90 y se han realizado numerosas investigaciones sobre los grandes pedazos de plástico. Recientemente, este tema ha generado mayor interés por parte del público y ahora está cubierto por varias regulaciones internacionales (Campoy & Beiras, 2019).

Por lo general, las iniciativas para mantener la limpieza se han enfocado en los plásticos de mayor tamaño que se hallan en las playas. Hay una amplia diversidad debido a la dirección de la playa, la cantidad de exposición, la fuerza y dirección del viento y de las olas en los momentos previos a la toma de muestras (Dauvergne, 2018). Se ha reportado que diversas criaturas marinas, como mamíferos marinos, grandes peces y tortugas marinas, suelen ingerir y acumular macroplásticos; siendo que los impactos ecológicos de los macroplásticos se pueden dividir en cuatro categorías: alteraciones físicas en los fondos marinos, consecuencias negativas debido a la ingesta, enredos, y transporte de especies no autóctonas hacia hábitats nuevos (Figura 1; Herrera et al., 2018).

Figura 1. Enredo con restos de plásticos en una tortuga



Fuente: (Elías, 2015).

6.3.1. Clasificación de los plásticos por su composición

Tabla 1

Tipos de plásticos que comprende macro y micro

Símbolo	Descripción	Aplicaciones
PET	Poliétileno - Tereftalato	Envases de bebidas de agua, salsas, cosméticos y medicamentos
PEAD	Poliétileno de alta densidad	Bolsas de compras, botellas de shampoo, suavizantes y detergentes
PVC	Policloruro de vinilo	Carteles publicitarios, calzado deportivo, suela de calzado, tapas tubería.
PEBD	Poliétileno de baja densidad	Bolsas de alimento congelado, bolsas de compras, sacos industriales, cubetas.
PP	Polipropileno	Tapas, vasos no desechables, productos para congelados.
PS	Poliestireno	Platos, bandejas, cubiertos, ganchos, cepillos y bolígrafos
Otros	Poliamida – Poliuretano – Poliéster	Disco compacto, juguetes, lentes, lámparas, teléfonos

Fuente: (Villamar, 2022).

6.4. Microplásticos

Los microplásticos son considerados como contaminantes altamente persistentes y dañinos para los organismos. Se trata de plástico con tamaño inferior a 5 mm, que pueden ser producidas intencionalmente para ser utilizadas en productos de consumo o abrasivos, o resultantes de la fragmentación de objetos plásticos más grandes (Prata et al., 2019), los que según su composición, tienen diferentes grados de flotabilidad. En general, los más comunes (polietileno y polipropileno) son menos densos que el agua del mar y tienden a flotar en la superficie oceánica (Matsuguma et al., 2017). Por otro lado, aquellos microplásticos más densos tienen la capacidad de hundirse y llegar hasta los fondos marinos. Es importante señalar que los microplásticos flotantes son colonizados por microorganismos que generan biopelículas, las cuales aumentan la densidad y reducen la flotabilidad, facilitando su descenso desde la columna de agua hasta el fondo marino (Matsuguma et al., 2017). Este mecanismo resulta esencial para el asentamiento de los macroplásticos en los fondos marinos (Auta et al., 2017).

Figura 2. Imagen de microplásticos en la arena de playa



Fuente: (Benavente Talavera, 2021).

Es importante mencionar que los microplásticos tienen la capacidad de formar aglomerados, lo cual favorece la transferencia vertical hacia las profundidades y fondos marinos (Peng et al., 2020). Se ha evidenciado que, con el transcurso del tiempo, las partículas de microplásticos acumuladas en los sedimentos pueden ser resuspendidas por la bioturbación, tormentas, situaciones de surgencia o actividades como el dragado. Esto puede provocar modificaciones en las particularidades físicas de los microplásticos, como el tamaño, forma y densidad (Molina et al., 2020).

6.4.1. Tipos de microplásticos

Si bien es cierto los microplásticos pueden tener diferentes tipos, los cuales pueden expresarse de dos maneras:

6.4.1.1. Primarios

Por definición, los microplásticos son residuos plásticos que tienen una longitud inferior a 5 mm, y pueden encontrarse en escalas aún menores, como micrómetros o nanómetros. Estos microplásticos se generan a partir de la desintegración de fragmentos más grandes, como resultado de la acción de factores mecánicos como el viento, el agua, los rayos UV y otros (Olaya, 2020).

Los microplásticos primarios se refieren a aquellos que son vertidos directamente al medio ambiente, sin surgir como resultado de la erosión y degradación. Se estima que estos microplásticos primarios constituyen entre el 15% y el 31% de los residuos plásticos presentes en los océanos (Olaya, 2020). Es importante destacar que estas partículas también pueden encontrarse en productos de uso cotidiano como cosméticos (tales como exfoliantes, pasta de dientes y detergentes), en micro-partículas utilizadas en la limpieza de radiadores y, en el campo de la medicina, como vectores para sustancias químicas utilizadas en algunos medicamentos (Buteler, 2019; Olaya, 2020).

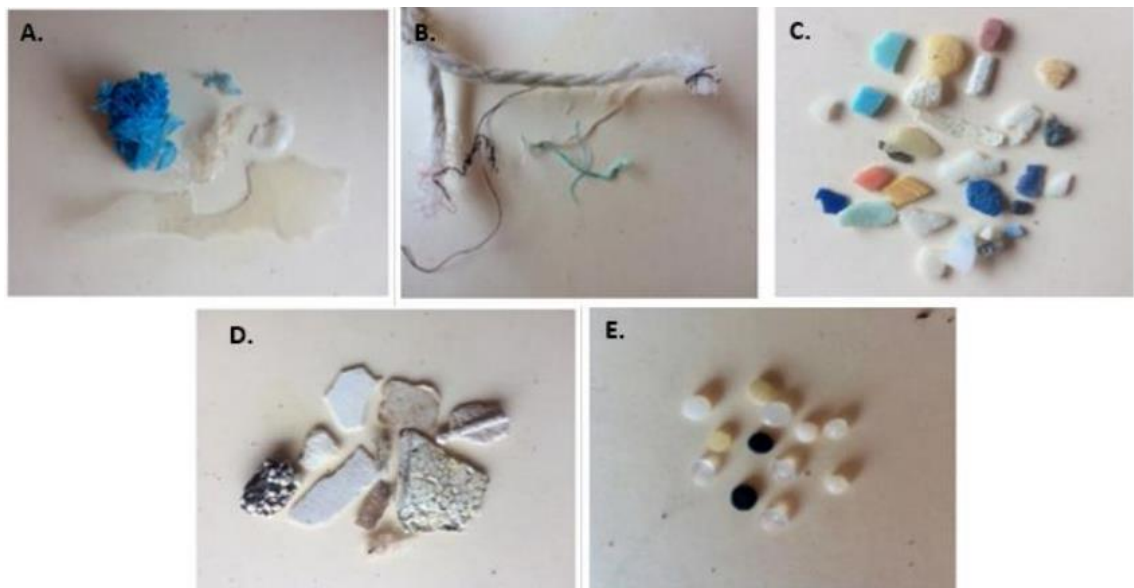
6.4.1.2. Secundarios

La fragmentación de otros plásticos de mayor tamaño es la causa de producción de los microplásticos secundarios, y esto ocurre debido al contacto con diversos factores físicos, químicos y biológicos. Una de las fuentes más comunes de estos microplásticos son las fibras sintéticas. Después de lavar prendas de lana y terciopelo, que suelen estar hechas de poliéster o acrílico, pueden desprenderse hasta 2000 fibras sintéticas, que terminan en los desagües y, al no ser retenidas por las plantas de tratamiento, llegan finalmente al mar (Buteler, 2019; Olaya, 2020).

6.4.1.3. Según la forma

Cabe añadir, que existen otros criterios que pueden ser considerados para la clasificación de los plásticos, tales como la fuente, tipo, color o grado de erosión. No obstante, según GESAMP, (2016) Hidalgo et al., (2016) uno de los criterios más comúnmente utilizados es la forma, la cual se divide en cinco (5) categorías como se observa en la Figura 3..

Figura 3. Categorización de microplásticos según la forma



Nota: (A) películas, (B) fibras, (C) fragmentos, (D) espumas, (E) perlas.

Fuente: (Rojas Forrero, 2021).

Cada una de estas microplásticos se expresan de la siguiente manera:

- **Película** es un material que se fabrica a partir de bolsas de plástico y envoltorios, y se presenta en varios colores. Aunque es flexible, con el tiempo puede volverse quebradiza.
- **Fibras** están hechas de fibras plásticas de textiles y cuerdas sintéticas. Suelen ser de menos de 5 mm de ancho, pero pueden ser más largas y se presentan en una amplia variedad de colores.
- **Fragmentos** son piezas plásticas más grandes que se han roto y suelen ser rígidos. No obstante, si están muy degradados, pueden volverse quebradizos. Pueden tener formas y colores diversos.
- **Espuma** es un material que se compone de poliestireno expandido o extruido. Tiene una textura suave y es casi esférica. También es fácilmente deformable bajo presión.
- **Perlas o "pellets"** son plásticos primarios que pueden presentarse en diferentes colores. Tienen una apariencia redondeada, rígida y lisa.

6.5.El destino de los macroplásticos

En los últimos años, los microplásticos han sido un reto importante para los campos de la ciencia ambiental, la química analítica y la toxicología ambiental. Estos pequeños fragmentos han captado la atención a nivel mundial como contaminantes emergentes debido a la persistencia en el medio ambiente y las interacciones, así como el origen en la gestión deficiente de los residuos urbanos, las prácticas industriales deficientes y el uso indiscriminado (Castañeta et al., 2020). Estos están presentes en todo el mundo, desde los océanos hasta los ríos, sedimentos, suelo, aire, organismos vivos y hasta en los recursos alimentarios y lugares remotos del planeta, como el Ártico y los glaciares de montaña (Castañeta et al., 2020).

Según Benavente (2021) solamente el 9% del plástico producido y consumido a nivel global ha sido reciclado, mientras que el 12% ha sido incinerado y el 79% ha terminado en vertederos o en el entorno natural. Los objetos plásticos también pueden alcanzar el océano a través de corrientes de agua que fluyen desde los

vertederos. Además, se encuentran plásticos en el mar provenientes de vertidos intencionales de basura, accidentes en embarcaciones y los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. El 80% de los residuos marinos tiene origen terrestre, mientras que el 20% restante proviene de actividades marítimas. Debido a la alta persistencia y capacidad de dispersión, el plástico se encuentra presente en todos los rincones del planeta, incluso en zonas abismales del océano y en el Ártico hasta la Antártica, el estudio realizado por Benavente, (2021) indicó lo siguiente:

- Se ha encontrado plástico, a profundidades que superan los 10000 metros
- El 94% del plástico que entra en el océano termina en el fondo del mar, y se estima que hay una concentración de 70 kg/Km^2 de plástico en el fondo marino.
- Solo el 1% de los plásticos marinos se encuentran flotando cerca de la superficie del océano, con una concentración media total inferior a 1 kg/km^2 .
- La cantidad media de plástico estimada presente en las playas es mucho mayor, de 200 kg/km^2 , y puede ser vertida intencionalmente o ser arrastrada desde la basura de las playas hacia el mar mediante los flujos.

6.6. Contaminación por macro – microplásticos

Hay muchas formas de plásticos en los océanos, tanto macro como micro, y no se sabe exactamente cuánto se ha introducido. Sin embargo, se cree que el 80% de los residuos marinos provienen de fuentes terrestres, especialmente en zonas industrializadas o densamente pobladas, así como cerca de plantas de tratamiento de residuos (Rojo & Montoto, 2017). También se estima que hasta el 80% de los residuos sólidos encontrados en algunas playas provienen de ríos cercanos. Los principales objetos de plástico que se introducen en los océanos son residuos de construcción, turismo costero, actividades agrícolas y envases de alimentos y bebidas (Rojo & Montoto, 2017).

El 20% de los plásticos en los océanos provienen de actividades dentro de los mismos, siendo la pesca la mayor causa, especialmente la pesca fantasma, que

consiste en la pérdida de aparejos que flotan en los océanos y causan daños a los organismos marinos y sus hábitats (Rojo & Montoto, 2017). Según la Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), cada año se pierden unas 640.000 toneladas de aparejos de pesca en los océanos, lo que representa el 10% de los residuos marinos (Rojo & Montoto, 2017).

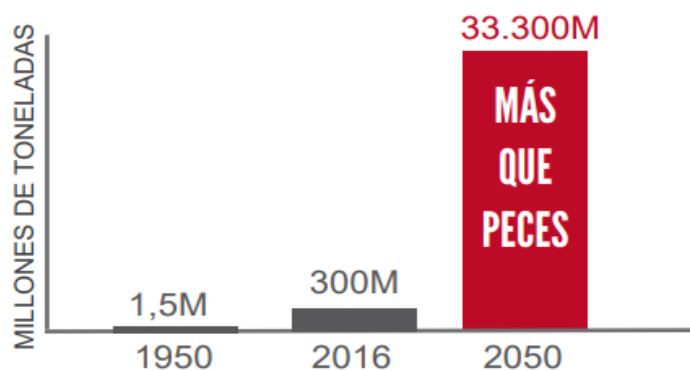
Durante los últimos 30 años, la fabricación de materiales plásticos ha experimentado un aumento del 620% (Vásquez et al., 2021). También ha habido modificaciones en las fuentes de origen, puesto que, en los años 70, la mayoría provenía de "pellets", mientras que en la década de los 90, comenzaron a producirse objetos de plástico más grandes y diversos (Vásquez et al., 2021).

En 2022 la producción anual global de plástico es de 300 millones de toneladas, de las cuales menos del 70% se recicla, lo que resulta en la contaminación antropogénica más importante, donde 13 millones de toneladas de plástico terminan en los océanos cada año y más del 80% de la basura marina es plástico (Academia Mexicana de Ciencias, 2022). Los plásticos se fragmentan en partículas microscópicas que continúan fragmentándose y llegan a los océanos, degradándose de piezas de plástico más pequeñas, artículos de la industria cosmética y de limpieza, ropa sintética, llantas de automóviles, polvo de ciudades, señales viales y pinturas, y productos de limpieza e higiene personal los cuales figuran como macrolásticos (Academia Mexicana de Ciencias, 2022).

Los productos plásticos albergan diversos compuestos químicos con distintas densidades, dando lugar a una potencial fuente de contaminación en los hábitats marinos. Específicamente, los microplásticos presentan la capacidad de acumular sustancias tóxicas como pesticidas y contaminantes orgánicos persistentes, confiriéndoles propiedades carcinogénicas y la capacidad de actuar como disruptores del sistema endocrino. La adhesión de bacterias a los microplásticos agrega otra capa de preocupación, ya que esto puede propiciar la acumulación de contaminantes. Aunque aún no se comprende completamente el riesgo de los microplásticos para la población humana, es un área de investigación activa,

resaltando la necesidad de investigaciones continuas para evaluar y comprender el impacto potencial de estos diminutos contaminantes en la salud ambiental y humana. (Academia Mexicana de Ciencias, 2022). Para el 2050, se cree que la producción de plástico será de 33.300 M, es decir una cantidad mayor a la existencia de peces. (Figura 4)

Figura 4. Producción de plástico



Fuente: (Rojo & Montoto, 2017).

Los microplásticos ingresan a la cadena alimentaria a través del plancton, las larvas de peces, moluscos y crustáceos, lo que puede llegar a nuestra comida (Academia Mexicana de Ciencias, 2022). Los microplásticos representan un significativo desafío ambiental debido a su reducido tamaño y densidad (Vásquez et al., 2021). Estos diminutos fragmentos de plástico ingresan a la cadena alimentaria a través de organismos clave como el plancton, las larvas de peces, los moluscos y los crustáceos, lo que eventualmente puede tener repercusiones en nuestra propia cadena alimentaria. Este fenómeno, subraya la importancia de comprender la propagación de los microplásticos en los ecosistemas acuáticos y su potencial impacto en la salud ambiental y humana (Academia Mexicana de Ciencias, 2022).

Micro y macroplásticos una perspectiva desde el ambiente marino

Los macro y microplásticos son el principal tipo de contaminación en los océanos. Esto supone un gran problema para la vida marina de forma sigilosa, dado los sistemas de filtración de aguas residuales tienen dificultades para eliminarlos.

Como resultado, terminan en los ríos y océanos, donde son consumidos por numerosas especies marinas. Además, actúan como portadores de patógenos, toxinas, metales pesados y productos derivados del petróleo. E inadvertidamente, ingresan en la cadena alimentaria (Castillo, 2022).

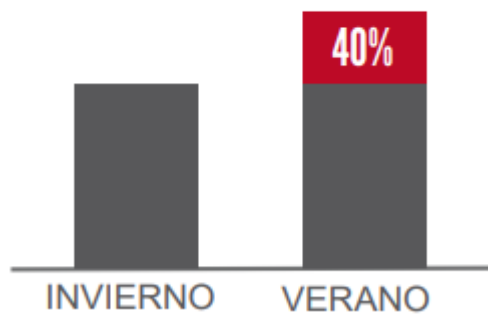
Los residuos plásticos llegan al océano por la escorrentía o directamente en aguas costeras. Se acumulan en los giros, que son corrientes oceánicas subtropicales, y forman islas de basura. La isla de basura del Pacífico norte ha existido desde los años 1970 y sigue creciendo rápidamente, y hay otras islas de basura en todo el mundo (Dai et al., 2018).

Los efectos de los macropásticos en el medio marino, como el enredo y la ingestión por parte de especies marinas, han sido estudiados por mucho tiempo. También se han investigado el transporte de especies adheridas a residuos plásticos flotantes y el bloqueo del intercambio de gases en el fondo marino. En los últimos años, ha existido un aumento considerable en la investigación de microplásticos debido a la creciente preocupación global sobre el impacto en el medio ambiente marino (De la Torre, 2019).

A pesar de que se estima que el 70% de los desechos marinos se hunden y se depositan en el sedimento, existe una escasez de estudios que aborden la acumulación de residuos en las áreas bentónicas y en el lecho marino, principalmente debido a dificultades y costos asociados (Barboza et al., 2019). La comprensión de la acumulación de plásticos en el fondo marino aún es limitada y no se han establecido métodos estándar para el muestreo de sedimentos (Barboza et al., 2019). Los desechos plásticos llegan a las áreas costeras tanto desde el entorno terrestre como desde el mar. En áreas urbanas y destinos turísticos, la fuente principal de estos desechos es la tierra, mientras que las corrientes marinas y las embarcaciones depositan desechos plásticos en las costas (Wang et al., 2019). La acumulación de microplásticos a escala mundial ha sido ampliamente documentada debido a la presencia de giros en todos los océanos del mundo (Bergmann et al., 2015).

Durante las épocas de verano a nivel global, las playas de cada país se llenan de visitantes y se celebran fiestas que generan una mayor cantidad de basura plástica en las costas. Como resultado, se ha observado un aumento del 40% en los residuos plásticos arrojados durante esta temporada (Rojo & Montoto, 2017). (Figura 5)

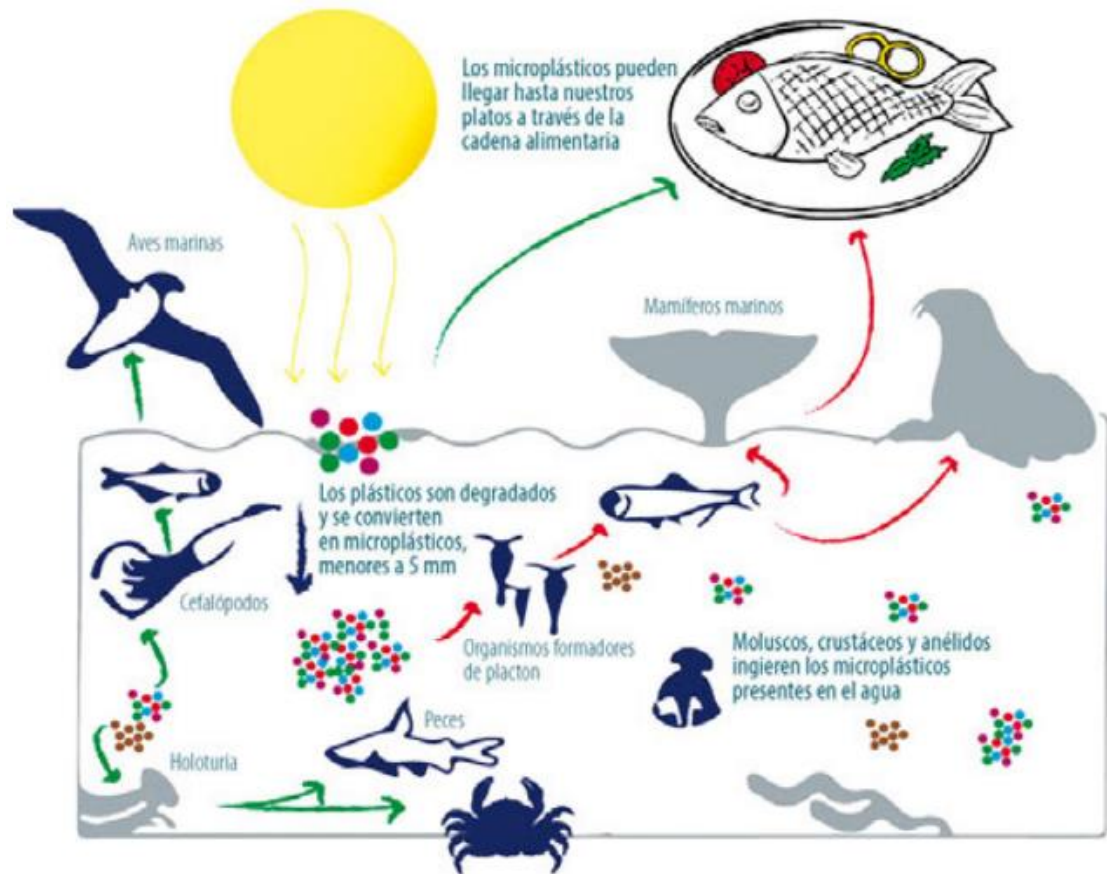
Figura 5. Vacaciones y plástico



Fuente: (Rojo & Montoto, 2017).

Los microplásticos pueden causar lesiones internas y externas, alterar la alimentación, retrasar el crecimiento y reducir la fertilidad en los organismos (de Sá et al., 2018). Los aditivos químicos utilizados en la fabricación del plástico también pueden lixiviar en la biota acuática y tener efectos tóxicos en los organismos; por lo tanto, los microplásticos no solamente pueden dañar físicamente a los organismos, sino también introducir compuestos contaminantes en la red alimentaria (Guo & Wang, 2019). El sedimento es el segundo compartimento abiótico principal en el ambiente marino, después del agua. Los plásticos pueden encontrarse en una amplia variedad de ambientes que van desde los fondos oceánicos abisales hasta las playas, ya sea en la forma macroscópica o microscópica (Rojo & Montoto, 2017). Una vez que los plásticos llegan al mar, gran parte flota en la superficie y es transportada lejos de la fuente original durante largos períodos de tiempo. (Figura 6)

Figura 6. Las rutas de los microplásticos en la cadena trófica



Fuente: (Rojo & Montoto, 2017).

6.7. Microplásticos en los sedimentos costeros

Se han reconocido diversos elementos, como las corrientes marinas, las mareas y los vientos, como factores que participan en la dispersión de plásticos una vez que ingresan al entorno marino. A pesar de esto, gran parte de la investigación sobre la contaminación marina se ha enfocado en áreas costeras. Esto se debe principalmente a la proximidad de las principales fuentes de residuos, accesibilidad y la evaluación facilitada, además de consideraciones estéticas (Lozoya et al., 2016).

Figura 7. Basura marina en la playa



Fuente: (Rojo Nieto & Montoto, 2017).

A finales de la década de 1970 se registraron los primeros informes de microplásticos mezclados con los sedimentos. En esos informes se mencionaban las bolitas de resina industrial (de 2 a 5 mm) encontradas en playas de varios países, como Nueva Zelanda, Canadá, Bermudas, Líbano y España, lo que demostró que los microplásticos se encontraban en todo el mundo (Rojo & Montoto, 2017). En uno de los informes de 1978, Gregory mencionó concentraciones extremadamente altas de pellets por metro de playa, con concentraciones aún mayores en algunos casos. Se creía que los grandes puertos y la industria local de plásticos eran factores que influían en las altas concentraciones y que los patrones de circulación oceánica también tenían un papel en la distribución de los microplásticos (Abayomi et al., 2017). Desde entonces, se han registrado informes sobre la contaminación de playas por microplásticos en todo el mundo (Abayomi et al., 2017).

En la mayoría de los estudios realizados, el objetivo principal no era examinar la presencia y abundancia de micro perlas, sino más bien medir los contaminantes que

se encuentran en ellas. Se han identificado diversos compuestos hidrofóbicos en estas partículas, como bifenilos policlorados (PCB), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), diclorodifeniltricloroetano (DDT) y productos de degradación, en las micro perlas recolectadas en entornos marinos (Abayomi et al., 2017). Las concentraciones de PCB en las micro perlas de polipropileno recolectadas en Japón eran hasta 106 veces más altas que las del agua de mar circundante (Abayomi et al., 2017).

Autores como Fotopoulou & Karapanagioti (2012) han demostrado que la erosión ambiental contribuye al cambio en la superficie de los pellets de plástico, presentando áreas irregulares y polaridad mayores, lo que aumenta la eficacia de la absorción de contaminantes. Mientras que los microplásticos nuevos tienen superficies lisas y uniformes.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Tipo de investigación

El estudio se basó en una investigación descriptiva, cuantitativa y exploratoria, por lo cual, el objetivo principal fue comparar los micro y macroplástico encontrados en la arena de tres diferentes playas de la provincia de Santa Elena mediante la aplicación de transectos y observación directa para la determinación de características y abundancia de los plásticos.

7.2. Área de estudio

El siguiente estudio se realizó en tres playas de la provincia de Santa Elena, específicamente en la zona norte en Monteverde, Cadeate y Montañita (**Figura 8**):

- La Playa de la comuna Monteverde se encuentra a unos 143 km de Guayaquil, con un tiempo estimado de viaje entre ambos lugares de 1 hora y 46 minutos. En la actualidad, la pesca y el muelle de aproximadamente 3 kilómetros son las principales fuentes de empleo en la zona. Grandes embarcaciones llegan al muelle con los elementos necesarios para la producción de gas licuado de petróleo. Sin embargo, es importante resaltar que existe un gran potencial turístico que todavía no ha sido aprovechado al máximo en esta región (Chóez, 2019).
- La comuna de Cadeate ubicada al noroeste de la provincia, formando parte de la parroquia Manglaralto. Limita al norte con las comunas de Manglaralto, Montañita y Río Chico, y al sur con San Antonio y Simón Bolívar. Esta zona cuenta con un atractivo turístico conservado, dado que, a pesar de formar parte del tradicional turismo de sol y mar, no experimenta una afluencia masiva de visitantes. Aunque no se le ha otorgado la categoría de atractivo cultural, los miembros de la comunidad promocionan los atractivos turísticos a través de la tradición que se lleva a cabo el 2 de noviembre, conmemorando el Día de los Difuntos, una celebración nacional. De esta manera, buscan convertir a Cadeate en una ruta turística

centrada en la producción de pan, característica distintiva de la comuna (Romero, 2015).

- Montañita es una comuna de pescadores que forma parte políticamente de la Parroquia Manglaralto, en el Cantón Santa Elena. Cada año, este lugar recibe una gran cantidad de jóvenes provenientes de diferentes partes del mundo que practican surf o buscan experiencias de turismo de aventura. Se destaca por ser un lugar de sol y playa, pero también por el ambiente vibrante y entretenido. Es conocida como la "capital del Surf" debido a la popularidad de este deporte en la zona. Montañita es reconocida a nivel nacional e internacional por acoger una amplia gama de eventos y competencias, con mayor afluencia de visitantes en el mundo. El nombre deriva de encontrarse en una ensenada rodeada de cerros y vegetación, justo al pie del mar, creando una especie de valle en una playa extensa y encantadora (Gálvez, 2021).

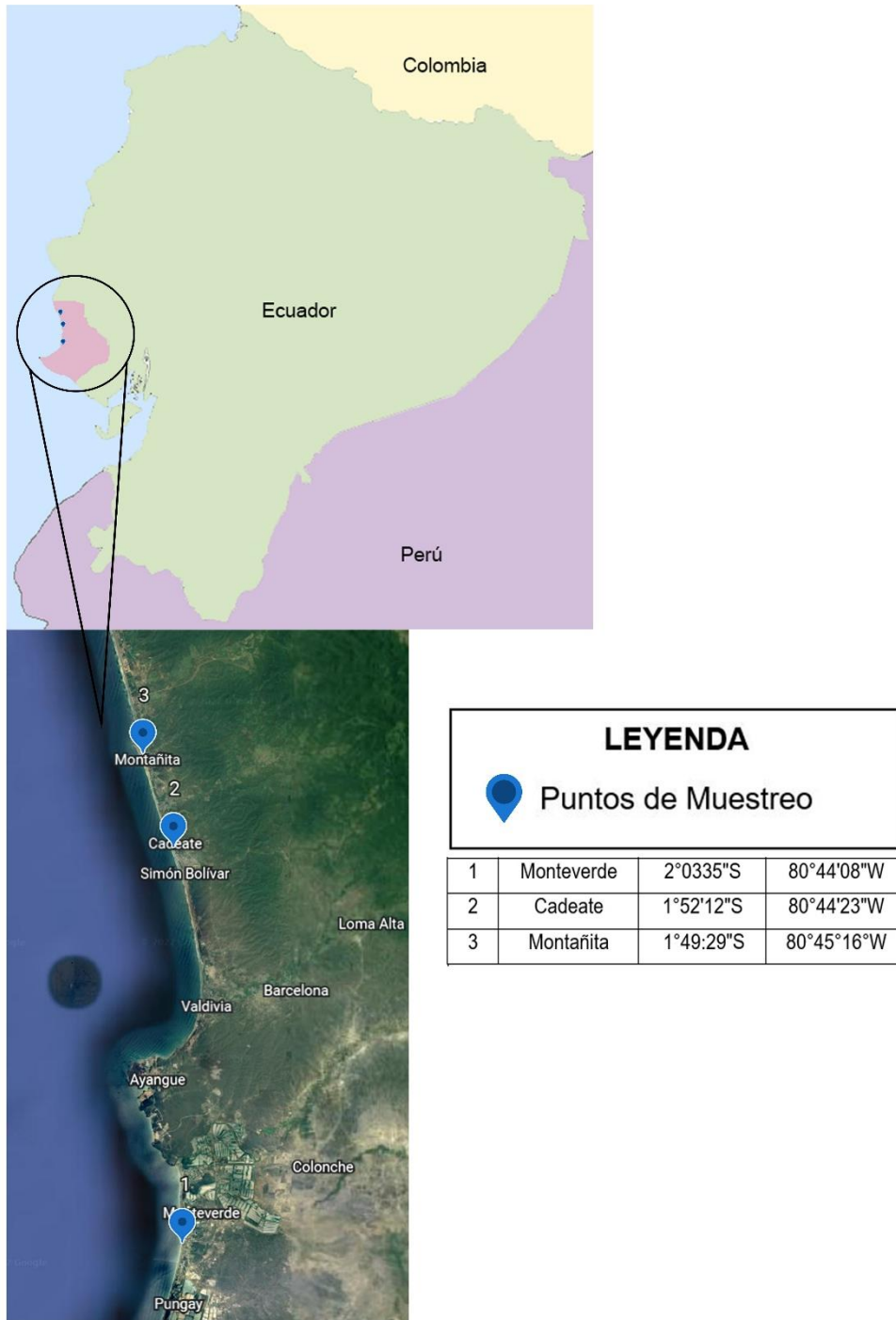


Figura 8. Zonas de estudio

Nota. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de las playas de Monteverde, Cadeate y Montañita.

Fuente: modificado de Google Earth, 2022.

7.3. Población y muestra

Los muestreos se basaron en la metodología descrita por Cabrera (2018), en un estudio previo realizado para determinar la presencia de microplásticos en las playas de Tenerife, España. En total, se seleccionaron 5 puntos de muestreo en las playas, los cuales se encontraban equidistantes entre sí a una distancia de 25 metros. Cada uno de estos puntos fue dividido en 4 estaciones específicas. Estas estaciones se ubicaron de la siguiente manera:

- La primera estación se estableció en la línea del agua.
- La segunda estación se ubicó en el límite de la última marea alta.
- La tercera estación se fijó en la línea de marea alta antigua, que corresponde a la marca más alta reconocible en la playa.
- La cuarta estación se colocó en la base de las dunas o a un costado del camino, carretera o paseo de playa (ver **Figura 9**).
- Cada punto de muestreo fue geolocalizado utilizando GPS, y se registraron las coordenadas correspondientes en un mapa.

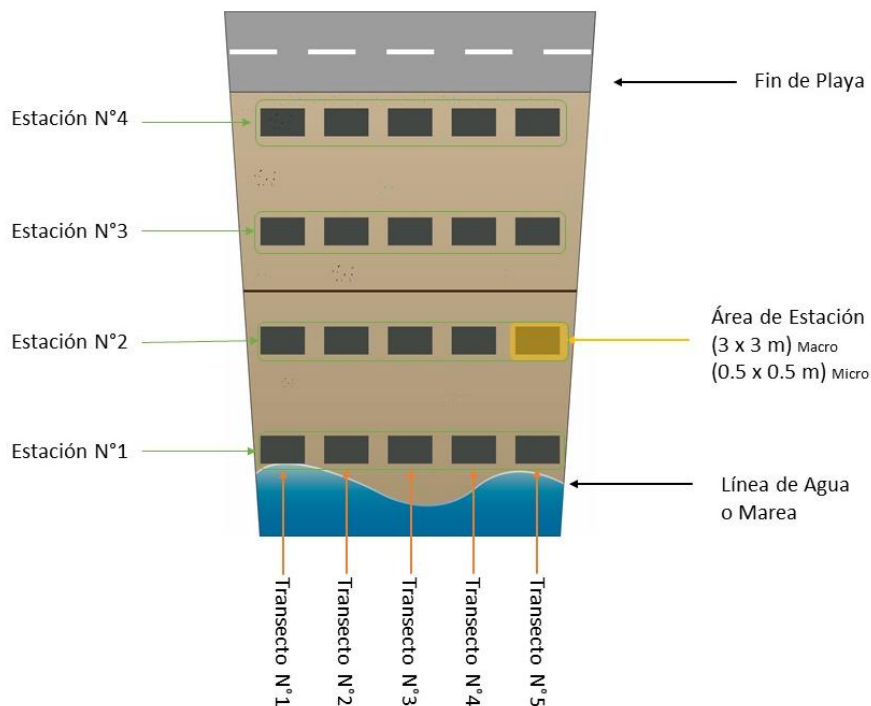


Figura 9. Esquema para realizar el muestreo de basura en la playa

Nota. Ubicación de cada estación dentro del transecto. Elaboración propia.

Una vez que se ubicaron y delimitaron las estaciones de estudio, se realizaron dos tipos de recolección de plásticos. En primer lugar, se contabilizaron los macroplásticos mediante la observación y caracterización directa. En segundo lugar, se llevaron a cabo muestreos orientados a los microplásticos, para los cuales fue necesario tamizar la arena.

El período de estudio abarcó seis meses, con visitas mensuales a las playas, lo que resultó en un total de 360 estaciones de monitoreo. Durante este proceso, se tuvo en cuenta la dinámica de las mareas, utilizando las tablas de mareas diarias proporcionadas por el INOCAR para cada costa o puerto correspondiente.

Es importante señalar que estos muestreos se realizaron durante los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2022 en la costa, época en la que se registraron lloviznas frecuentes.

7.3.1.1. Toma de muestras

7.3.1.1 Recolección en cuadrante 3x3 m

Para medir las estaciones, se utilizó un flexómetro y delimitó el área mediante una cuerda, colocando cuatro estacas de madera en cada extremo para formar un cuadrado donde se recopilaban las muestras de macroplásticos. Tomando como referencia a la metodología establecida por Bueno (2019) se analizaron aquellos residuos con tamaños superiores a 25 mm encontrados en la superficie de la arena como aquellos que estaban ligeramente enterrados. El diagnóstico de macroplásticos se llevó a cabo mediante la observación y conteo de los ítems encontrados. Para recolectar cada ítem se lo realizó de manera manual usando guantes de nitrilo como medida de bioseguridad. Una vez concluido el proceso de recopilación en cada estación, los ítems identificados fueron contabilizados y

depositados en bolsas designadas específicamente para garantizar su correcta disposición (**Figura 10**).



Figura 10. Toma de muestras de macroplásticos.

Nota: Recolección y clasificación de macroplásticos de tamaño superior a 25 mm, ubicados dentro de las estaciones de 3x3 metros.

7.3.1.2 Recolección en cuadrante de 0.5 x 0.5 m

Para recolectar las muestras de microplástico, se estableció una subestación dentro de cada estación de 3x3 metros. Esta subestación constaba de un cuadrante plástico diseñado previamente con tubos de 0.5 x 0.5 metros.

Debido a la presencia de constantes lloviznas durante los meses de estudio, la humedad de la arena dificultó la recolección de muestras de microplásticos *in situ*. Por esta razón, se tomó aproximadamente 500 gramos de arena de cada estación para posteriormente ser secada y tamizada en el laboratorio de física de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, donde se separó los microplásticos de la arena. Todas las muestras depositadas en bolsas Ziploc fueron etiquetadas con la fecha, nombre de la playa, número de transecto y estación (Bueno, 2019).

Para este proceso, se utilizó un cucharón plástico para recoger arena de cada una de las esquinas y del centro del cuadrante hasta una profundidad de 5 cm. Las muestras colectadas se almacenaron en una bolsa con cierre hermético, bolsa Ziploc, para el posterior análisis (Purca & Henostroza, 2017) (**Figura 11**).

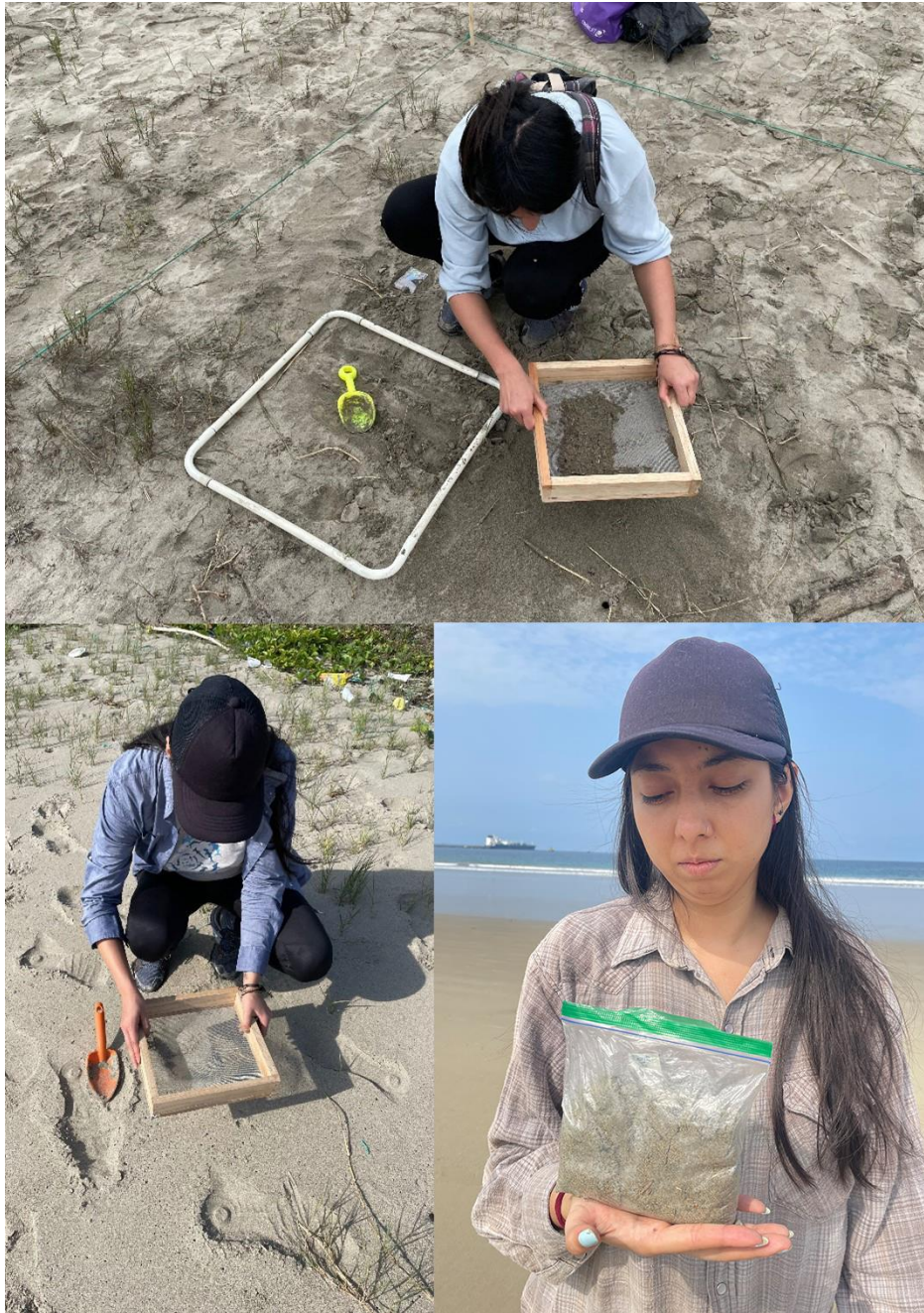


Figura 11. Toma de muestras de microplásticos.

Nota: Recolección de la capa superficial en un marco de 0.5 m por 0.5m en una bolsa de plástico con cucharón y tamizado de la capa superficial para la obtención de partículas mayores a un milímetro. La metodología fue tomada de Purca & Henostroza, (2017).

7.4. Metodología

7.4.1. Clasificación de macroresiduos

Para la clasificación de los ítems superiores a 25 mm y registrar los valores de residuos encontrados en cada estación y transecto se adaptó la plantilla utilizada por el programa de ciencia ciudadana “Científicos de la Basura.” Los ítems de macrobasura encontrados se clasificaron en papeles, cigarrillos, metales, vidrios, plásticos, cuerdas y otros, en la categoría otros se ubicaron a los residuos orgánicos, como restos de frutas, vegetales y madera (Kruse, 2017) (Anexo, Tabla 3).

7.4.2. Clasificación de macroplásticos

En cuanto a los ítems macroplásticos se realizó la clasificación por tipos de acuerdo a la abundancia (valores superiores a 10 ítems), de los materiales encontrados, donde comprendieron elementos como cuerdas, nailon, botellas, tapas, tubos PVC, bolsas, materiales de látex como guantes, globos; envases de comida tanto de material de espuma como plásticos y otros, para esta última categoría se tomó en cuenta a fragmentos, pulseras, sorbetes y otros materiales plásticos (Anexo, Tabla 4).

7.4.3. Clasificación según la morfología física y densidad de microplásticos

Se utilizaron las categorías establecidas por Do soul et al., (2014) para clasificar los microplásticos recolectados. Estas categorías incluyeron: fragmentos (partes microscópicas de macroplásticos), pellets (cilindros diminutos de resina virgen), fibras (filamentos sintéticos derivados de ropa o artes de pesca, para ello se realizó las pruebas con peróxido de hidrógeno, para eliminar el material orgánico), microplásticos espumados o foam (espuma de poliestireno) y film (láminas maleables).

Para llevar a cabo la clasificación de los microplásticos en función del tamaño, se utilizó papel milimétrico para realizar la medición de cada uno de ellos. Se consideró a los tamaños en rangos, donde se incluyeron aquellos de tamaño mayor

o igual a 1 mm, que se dividieron en los siguientes rangos: 1.1 mm a 2 mm, 2.1 mm a 3 mm, 3.1 mm a 4 mm y 4.1 mm a 5 mm (Hidalgo et al., 2012).

Aunque el color no tuvo un criterio fundamental en un marco de categorización, fue relevante incluirlo como un descriptor adicional. El color representa una propiedad importante, dado que los materiales con colores distintivos brindan una evidencia sólida del origen antropogénico. Por lo tanto, el color se convierte en una herramienta útil para reconocer el origen plástico y simplificar la identificación (Pazos, 2021). Para esta característica se siguieron las categorías asignadas por (Frias et al., 2018):

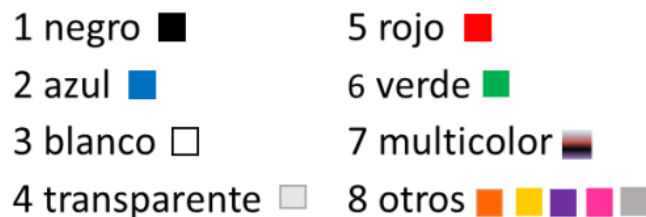


Figura 12. Criterio de categorización por color

Fuente: (Frias et al., 2018).

En este criterio, se asignó una categoría específica para los microplásticos multicolores, los cuales presentan MPs que comprendían un color en un lado y otro color en el otro lado, o podían contener múltiples colores. Además, se diferenció entre el color blanco y el transparente por el nivel de opacidad: el blanco es opaco y el transparente es translúcido. Los colores menos comunes, como el violeta, rosa, gris, amarillo, naranja o marrón, se agruparon en la categoría "Otros" (Pazos, 2021). Adicionalmente se ejecutó un análisis para establecer el mes de muestreo que obtuvo un mayor número de macro y microplásticos (Anexo, Tabla 5).

Las muestras recolectadas se secaron a temperatura ambiente tomando precauciones contra la degradación de microplásticos debido al calor. En el laboratorio, siguiendo métodos de Pazos (2021) y González (2019) con ajustes, se tamizaron simultáneamente las muestras en distintos tamaños de malla; empezando

con la malla de 2.0 mm donde se separó los microplásticos más grandes, en este caso hasta 5.0 mm. Continuando con el proceso, la arena sobrante fue tamizada en mallas de menor tamaño (0.8 mm, 0.5 mm y 0.4 mm) para separar partículas no deseadas. Cada fracción se observó con estereomicroscopio tras recuperarla en cajas Petri. El conteo se reportó como ítems por metro cuadrado (Pazos, 2021).

Para separar microplásticos y arena retenidos en tamices de 0.4 y 0.5 mm, se preparó solución salina concentrada (1.2 g L^{-1}) disolviendo cloruro de sodio en agua destilada, siguiendo el enfoque de Gonzalez (2019). Esta mezcla se añadió a un vaso de vidrio conteniendo la muestra, agitándola manualmente con una varilla durante dos minutos. Debido a las diferencias de densidad, las partículas plásticas emergieron, siendo separadas con una pinza y transferidas a un vidrio reloj para análisis posterior (Díaz & Sarria, 2019).

Eliminación de falsos positivos

Después de reducir el tamaño de la muestra, se procedió a añadir peróxido de hidrógeno al 30% durante un periodo de 10 minutos. Esta acción tuvo como objetivo degradar el material orgánico presente en cada muestra, como fibras vegetales y animales, siguiendo el método propuesto por González, (2019). Durante este proceso, si una partícula se oxida o adquiere una coloración amarillenta, se considera como materia orgánica. Por otro lado, si la partícula no presenta estas características, se identifica como una fibra sintética. (Vazquez et al., 2020).

En la arena, es posible encontrar otros materiales que pueden confundirse con microplásticos, como restos de plantas y animales marinos. Para descartar estas partículas, fue necesario realizar un procedimiento de eliminación. Para la eliminación de materiales calcáreos, como restos de conchas y exoesqueletos, se empleó una solución ácida de HCl 0.5 N. Esta solución se preparó añadiendo 41.62 mL de HCl con una pureza del 37% a 1 L de agua destilada, o un volumen menor que mantenga las mismas proporciones. Cuando las partículas se sumergieron en esta solución, se observó burbujeo y las partículas se desintegraron, por lo cual se las identificó como estructuras calcáreas. Este efecto se produjo debido a la

liberación de CO₂ durante la reacción con el ácido. De esta manera, es posible diferenciar los materiales calcáreos de los microplásticos (Vazquez et al., 2020).

Para llevar a cabo las pruebas de densidad, se utilizaron las metodologías descritas por Claessens et al., (2013), con algunas modificaciones adaptadas a los requisitos de este estudio. En primer lugar, las muestras previamente clasificadas se agregaron a una solución de cloruro de zinc. Esta solución se agitó durante varios minutos para asegurar una distribución uniforme de las partículas. El cloruro de zinc se utiliza en estas pruebas debido a la alta densidad, lo que permite la separación de los microplásticos según la flotabilidad. Al agitar la solución, los microplásticos más densos se hundieron y se depositaron en el fondo, mientras que los menos densos permanecieron en la parte superior. Este proceso de separación por densidad es importante para distinguir los diferentes tipos de microplásticos presentes en las muestras y proporcionar información adicional sobre la composición y comportamiento en el medio ambiente. (Balarezo & Barbecho, 2021).

Para la identificación de biopolímeros, se utilizaron líquidos de densidad variable, como etanol y cloruro de zinc (Kolb & Kolb, 1991). El procedimiento consistió en colocar los microplásticos en un vial de vidrio de 5 ml con 1 ml de agua destilada para determinar la flotabilidad inicial. En el caso de los microplásticos con flotabilidad positiva, se agregó una solución de 3 partes de etanol y 2 partes de agua destilada (EtOH/H₂O). Esto permitió que los microplásticos elaborados a base de polietileno de baja densidad (LDPE) adquieran una flotabilidad neutra (Napa & Cantos, 2020). Por otro lado, para los microplásticos con flotabilidad negativa, los que se mantuvieron en el fondo, se añadió una solución de 5 partes de cloruro de zinc y 2 partes de agua destilada (ZnCl₂/H₂O). Se dejó reposar durante 15 minutos para observar las micropartículas con flotabilidad neutra (Morét-Ferguson et al., 2010). Estas pruebas de densidad permitieron la clasificación precisa de los microplásticos según las propiedades físicas. Además, a partir de los resultados obtenidos, se pudo determinar el número de unidades plásticas por m², lo que proporciona información importante sobre la contaminación plástica en el área de estudio (Lino & Gaibor, 2019).

7.5. Análisis estadístico

Los datos numéricos de macro y microplásticos se registraron en una hoja de cálculo de Excel. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa STATGRAPHICS Centurion XVIII.

Para comparar la abundancia de micro y macroplásticos por playa, se llevó a cabo un análisis de varianza de una vía (ANOVA). Por último, se realizó un análisis de correlación entre los micro y macroplásticos utilizando el test de Spearman. Estos análisis permitieron obtener conclusiones significativas sobre la distribución y relación entre los diferentes tipos de plásticos en las playas estudiadas.

Comprobación del tamaño del microplástico

El tamaño de los microplásticos fue estimado utilizando el software ImageJ. Las imágenes fueron cargadas en el sistema y, después de realizar una calibración previa, se pudo determinar con mayor precisión si el material en cuestión cumple con los criterios para ser considerado microplástico. Esta metodología permitió asegurar que los objetos analizados pertenecen a la categoría de microplásticos según el tamaño (Ory et al., 2017).

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1. Clasificación de micro y macroplásticos

A continuación, se presenta la identificación del tipo de micro y macroplástico encontrados en las tres playas de acuerdo con las características físicas.

8.1.1. Clasificación de macroplásticos por playa y mes

A continuación, se presentan las figuras que reflejan la clasificación de los macroplásticos por playa y por mes. Se evidenció en la Figura 13 la clasificación de los macroplásticos recolectados en las playas Cadeate, Montañita y Monteverde. Se encontró que la mayor cantidad de macroplásticos fue registrada en la playa Monteverde, con el 55.14%, seguido de la playa de Montañita con el 39.52% y en la playa de Cadeate se registró con el valor más bajo del 5.33%.

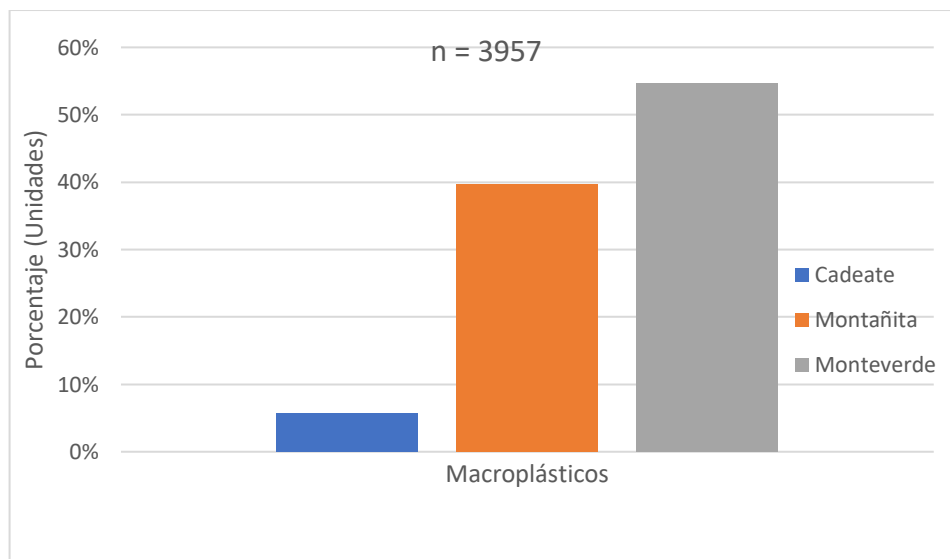


Figura 13. Porcentajes de macroplásticos en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde

Generalmente en las playas, el tipo de desecho que se encontró en mayor porcentaje fueron residuos derivados del plástico, tal como lo demostró el trabajo realizado por Bueno (2019) donde manifestó que el volumen de macroresiduos en el Ecuador se dió principalmente a la deficiente gestión de los residuos sólidos urbanos. Como las

playas objeto de esta investigación (Cadeate, Montañita y Monteverde) presentaron residuos donde la fuente principal de contaminación se la atribuyó al turismo y a la pesca.

En la Figura 14 se muestra los macroplásticos más abundantes encontrados en las tres playas estudiadas, donde los materiales más recurrentes fueron las Cuerdas y la categoría otros, en la playa de Monteverde con un valor del 23% y 25% respectivamente. En la playa de Montañita la categoría Otros, represento el 20%, seguido de nailon con 18%; los valores más bajos se mantuvieron en la playa de Cadeate con el 4% para cuerdas y para otros residuos.

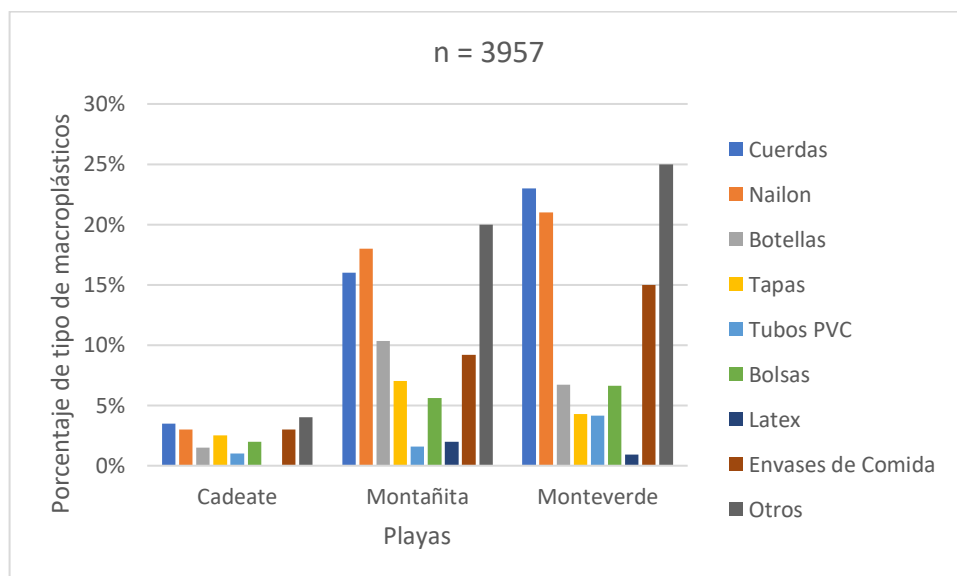


Figura 14. Tipo de macroplásticos en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde

La alta proporción de residuos plásticos puede estar relacionada con el hecho de que estos materiales están presentes en una variedad de productos cotidianos (limpieza, cuidado personal o productos desechables) generados por actividades en tierra que terminan en playas y otros ambientes marinos (Cruz Salas, 2020).

En la Figura 15, se observó la presencia moderada pero constante de muestras de los materiales plásticos a lo largo de los meses analizados, obteniendo que los mayores porcentajes se dieron en el mes de noviembre, representado en las playas

de Monteverde y Montañita un 33% y 29% respectivamente. Siendo menor en la playa de Cadeate con un 4%, es importante señalar que en noviembre el monitoreo se lo realizó después de un largo feriado, donde se observó un incremento en la cantidad de ítems recolectados en las tres playas, lo que indicó que el aumento de desechos va ligado a la presencia de turistas y el mal manejo de sus desechos. Lo que señala Bueno (2019) en sus muestreos realizados antes y después de eventos que implicasen una mayor concurrencia de personas en las playas.

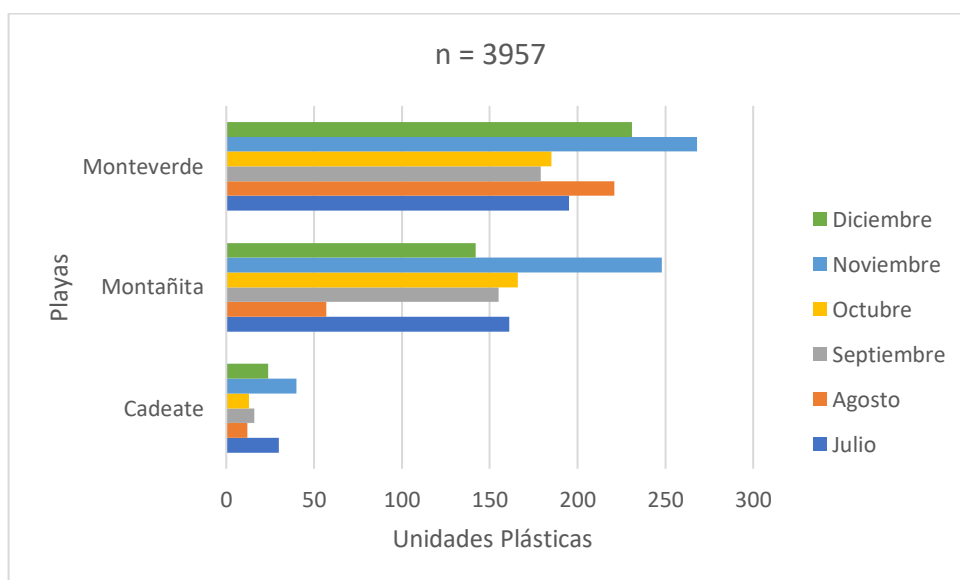


Figura 15. Porcentajes mensuales de macroplásticos en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde

8.1.2. Clasificación de microplásticos por playa

En las siguientes figuras, se expone la clasificación de los microplásticos por playa. En la Figura 16, se representó una comparación de los ítems de microplásticos entre las playas monitoreadas. Donde las fibras fueron los ítems con mayor registro en la playa de Monteverde donde represento el 57,40% en comparación con la playa de Montañita con el 37,33% y la playa de Cadeate con el 5,27%. Sin embargo, en la playa de Montañita se encontró una mayor presencia de fragmentos con 52,82%.

Para el caso del ítem pellets, tanto para la playa de Monteverde y Montañita estuvieron entre un rango de 48,91% y 49,46%. Por otro lado, en la playa Cadeate

se evidenció los menores porcentajes de cada uno de los ítems plásticos en relación a las demás playas monitoreadas.

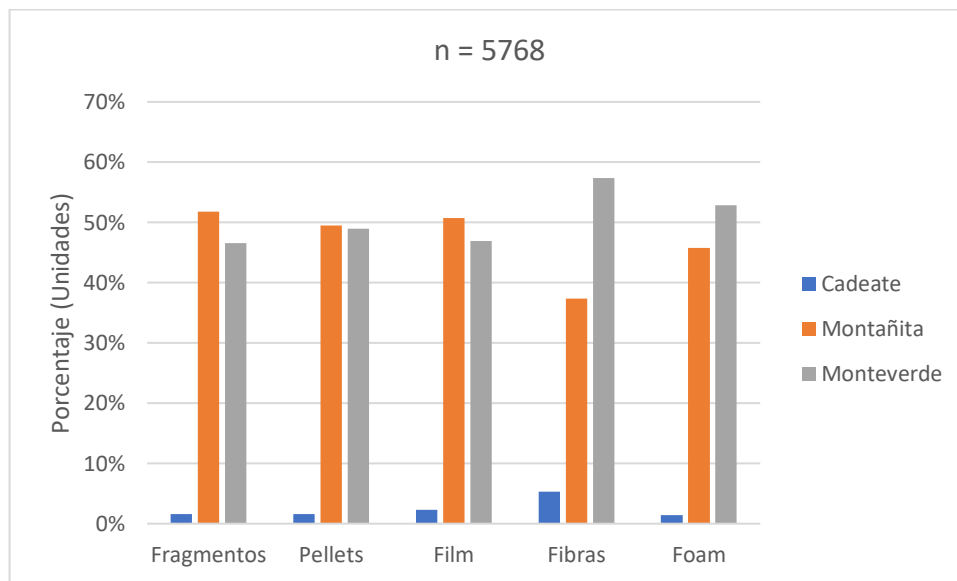


Figura 16. Porcentajes de microplásticos registrado por playa

La evidencia recopilada en este estudio revela que la estructura predominante de los microplásticos son las fibras, corroborando hallazgos similares en el estudio de González (2019) en la isla Santay y la investigación de Wang y colaboradores realizada en China en el mismo año. Ambos estudios sugieren que una parte significativa de esta contaminación proviene del deterioro de redes de pesca abandonadas en las playas.

8.1.3. Porcentaje mensual de microplásticos

Seguido, se presenta el porcentaje mensual de la presencia de microplásticos, dentro del periodo de estudio. En la Figura 17 se evidenció la presencia de microplásticos por mes, donde se observó que, que el ítem pellet mostro en mayor proporción durante septiembre, con un 37,50%, lo cual podría estar relacionado con actividades específicas o condiciones ambientales que favorecen la acumulación. Por otro lado, para el ítem foam se observó una presencia relativamente constante y elevada en los meses de agosto, noviembre y diciembre, con porcentajes entre 19,93% y el

24,70%. Esto pudo estar relacionado con el uso y desecho de productos de foam como envases para alimentos, relacionados a las actividades recreativas y turísticas.

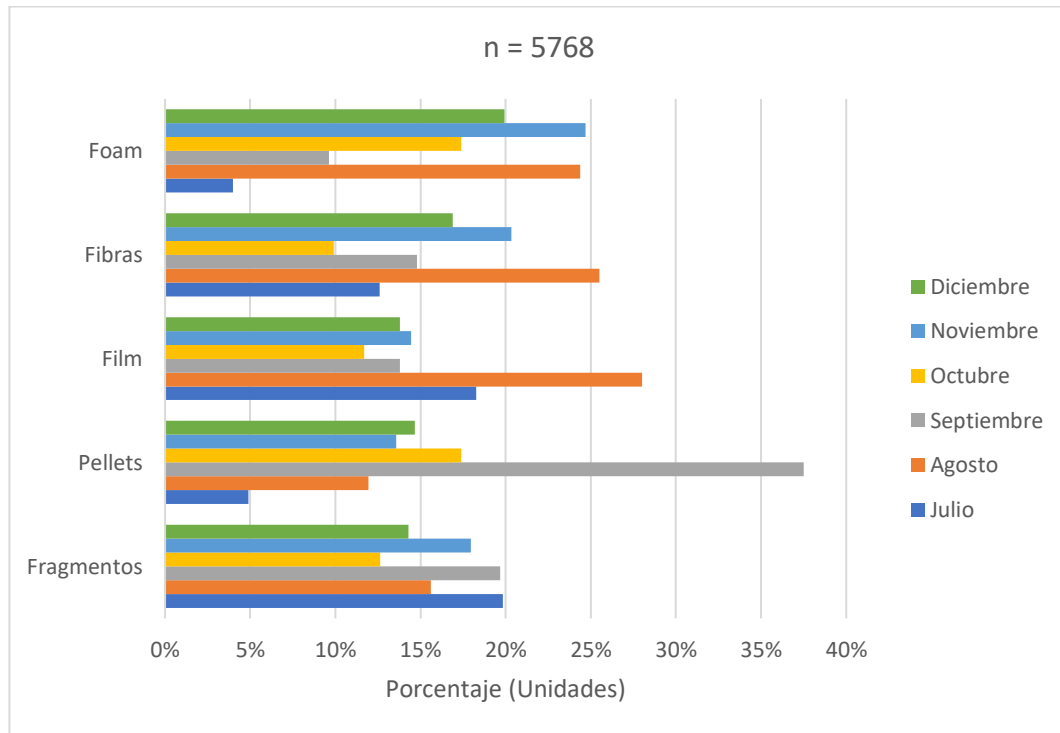


Figura 17. Porcentajes de microplásticos por meses en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde

8.2. Abundancia de macroresiduos

A continuación, se describe la abundancia de los macroresiduos por categoría y por playa estudiada. Se consideró otros contaminantes encontrados en las playas estudiadas, pese a no ser parte de la investigación, se los registró de manera constante, representándose en la Figura 18, la clasificación de los diferentes ítems encontrados en las playas Cadeate, Montañita y Monteverde. Donde la playa con mayor índice de contaminación fue Monteverde con metales en un 73,02%, seguido de otros con 67,45%, vidrios con 62,81%. Continuando con la playa de Montañita, donde se encontró una gran cantidad de Cigarros representado el 43,11%, seguido de plásticos en 39,65%.

Por otro lado, la playa que mostro menor contaminación fue Cadeate, donde un 17,46% correspondiente a metales y en menor proporción se hallaron cuerdas con un 4,71% y otros con un 4,02%. Datos similares se muestran en la investigación realizada por Cruz (2020), donde recalco que en las playas donde existen actividades pesqueras y actividades turísticas poseen un incremento de macroresiduos por falta de una regularización en los desechos.

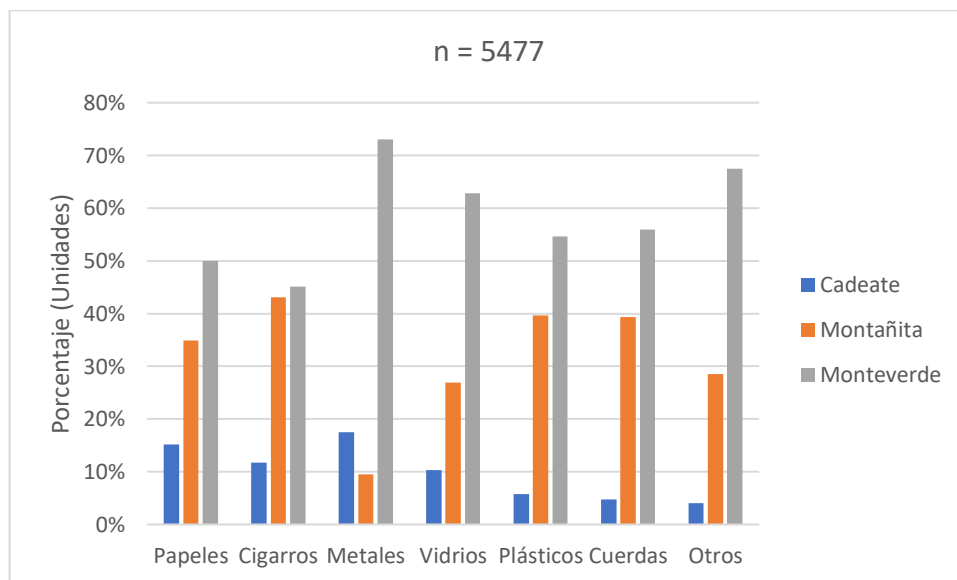


Figura 18. Macroresiduos por playas de Cadeate, Montañita y Monteverde

8.3. Tipo de microplástico por polímero, tamaño y color

En este apartado se expone la categorización de los microplásticos hallados de acuerdo con el tipo de polímero por medio de pruebas de densidad. Se presenta además los hallazgos de los microplásticos por tamaño y por color. En la Figura 19, muestra que los microplásticos predominantes estuvieron en el rango de 4,1 mm-5 mm representando el 54,45% en la playa Monteverde. Para la playa de Montañita, los microplásticos se registraron mayormente en el rango de 2,1 mm-3 mm con el 47,67%. Y para la playa Cadeate, el 6,28% correspondió a un tamaño de ≤ 1 mm. Registrándose en generala mayor cantidad de microplásticos entre el rango de 4,1 mm-5 mm en las tres playas.

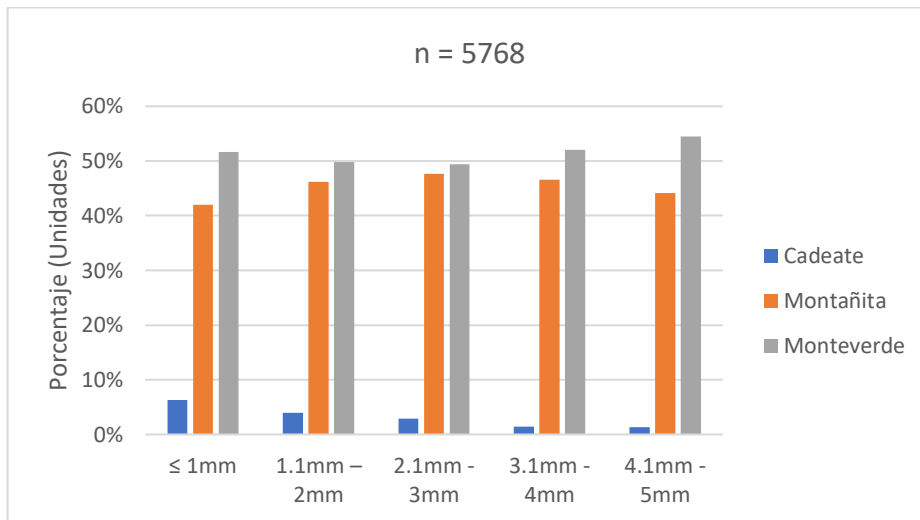


Figura 19. Microplásticos por tamaño

Por otro lado, en la Figura 20 se muestra que existió una mayor prevalencia del color Rojo en la playa Monteverde con un 62,30% y en menor proporción se encontró ítems Multicolor con un 41,41%. Seguido en la playa Montañita, donde se evidenció en la clasificación de Transparente con el 56,02%. Mientras que, en la playa Cadeate, el color Negro represento el mayor porcentaje de prevalencia con un 19,38%.

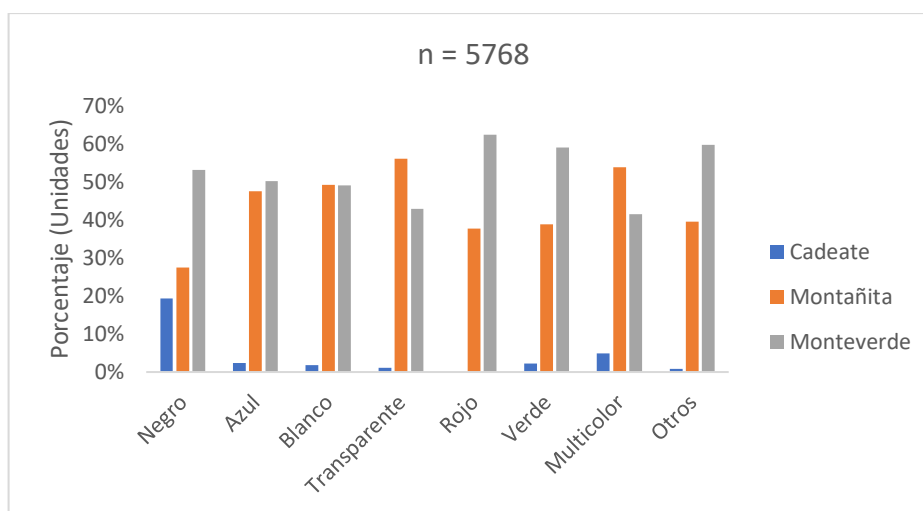


Figura 20. Porcentaje de microplásticos registrados por color en las playas de Cadeate, Montañita y Monteverde

Mediante la prueba de densidad se determinó el tipo de polímero de los microplásticos resultando que en la playa Monteverde que el 59,43% se clasificaron como microplástico de Alta densidad y el 47,45% correspondió a microplásticos de Baja densidad. Seguido en la playa Montañita, el de mayor porcentaje fue de microplásticos de Baja densidad con el 49,55% y en la playa Cadeate, microplásticos de Baja densidad representaron el 3%.

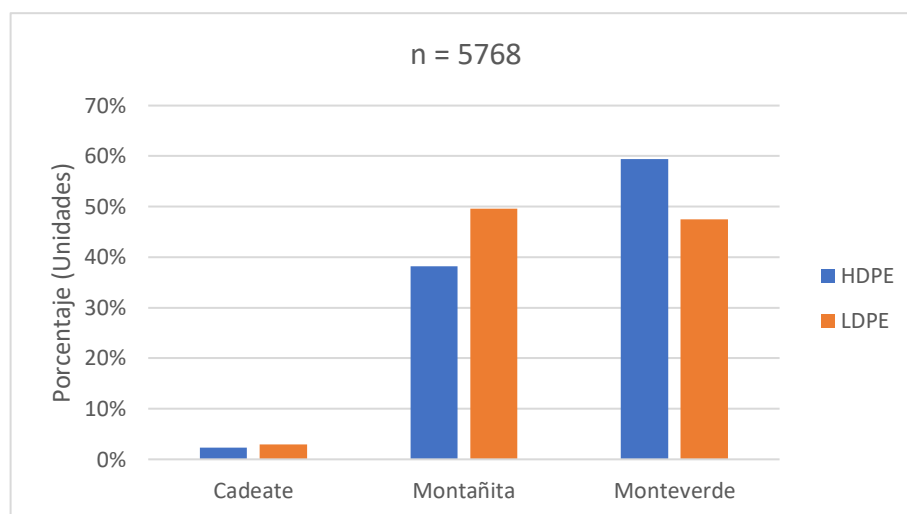


Figura 21. Microplásticos por tipo de polímero y por playa

8.4. Abundancia por metro cuadrado de macro y microplásticos

En la Tabla 2, se registraron los macros y microplásticos a nivel general durante los seis meses de investigación. Donde se constató una mayor abundancia de elementos del microplástico con 98,3 ítems por metro cuadrado en la playa de Monteverde seguida por la playa de Montañita con 88,5 ítems por metro cuadrado, en contraste con los datos obtenidos de macroplásticos, en las playas de Monteverde y Montañita se encontraron valores de 2 y 1,4 ítems por metro cuadrado respectivamente, para finalizar con la playa de Cadeate con un mínimo valor de 0,2 ítems plásticos por metro cuadrado.

Tabla 2 Datos totales de abundancia por metro cuadrado de macro y microplásticos por playas estudiadas

		Total	Promedio ítems por Transecto	Promedio ítems por Estación	Promedio Ítems/m² Por zona	
Macroplásticos	Cadeate	211	7,4	1,8	0,2	
	Montañita	1564	52,2	13	1,4	
	Monteverde	2182	72,7	18	2	
	Microplásticos	Cadeate	163	5,4	1,4	5,4
		Montañita	2655	88,5	22,1	88,5
		Monteverde	2950	98,3	24,6	98,3

En la Figura 22 se reportó la abundancia de ítems de macroplásticos y microplásticos encontrados en las tres playas investigadas. Se observó que la cantidad de microplásticos es significativamente mayor, con un total de 5768 ítems, lo que representa la proporción más alta en contraste con los 3968 ítems de macroplásticos obtenidos en los seis meses de investigación. La suma total de contaminantes plásticos hallados asciende a 9,736 ítems en este periodo. En promedio, se identificaron 1,623 ítems por mes.

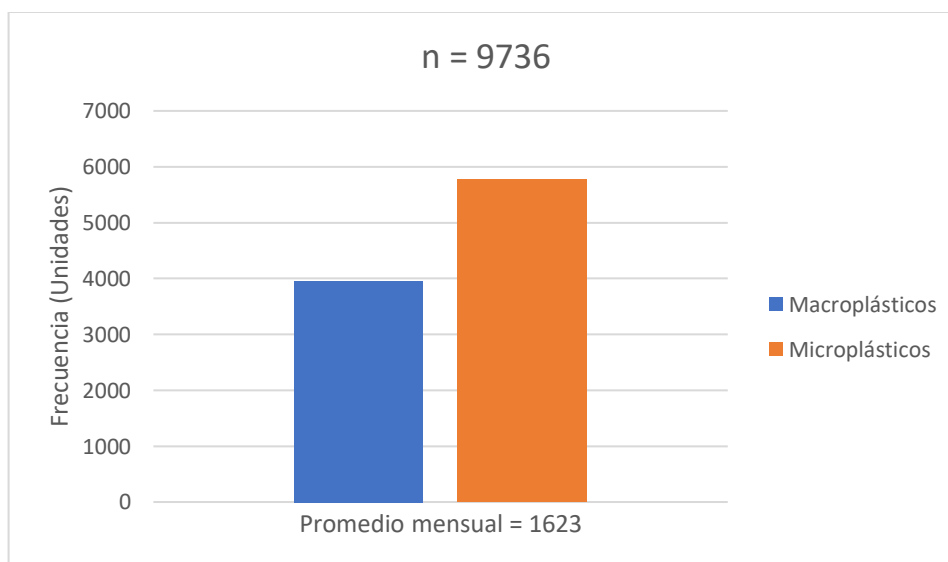


Figura 22. Promedio mensual de macro y microplásticos

La tabla (Anexo, Tabla 7) proporciona una visión de las relaciones existentes entre diferentes tipos de macroplásticos y microplásticos, a través de los coeficientes de correlación con el test de Spearman. Estos coeficientes revelan la fuerza y la dirección de la relación entre los distintos plásticos en términos de la presencia y abundancia. Un coeficiente positivo indica una asociación positiva, mientras que uno negativo sugiere una relación negativa. Las correlaciones son en su mayoría altas y significativas a un nivel de confianza del 0,05 (bilateral), lo que sugiere que existe una asociación estadística entre los tipos de plásticos evaluados.

Los valores más altos de correlación (cerca de 1) se observan entre tipos específicos de microplásticos, como "Fragmentos" y "Pellets", "Fragmentos" y "Film", así como "Fibras" y "Foam". Estas altas correlaciones indican que estos tipos de plásticos tienden a estar presentes juntos en las muestras analizadas.

Las observaciones de la tabla (Anexo, Tabla 8) revelan que, para las categorías de plásticos, fragmentos, pellets, film, fibras y foam para los microplásticos, la variabilidad dentro de los grupos es mayor que la variabilidad entre los grupos. Esto sugiere que no hay diferencias significativas en la correlación entre los grupos en relación con las variables analizadas.

En términos específicos, para la playa Cadeate, la "F" de 0,8 con un valor de significancia de 0,6 sugiere que no hay diferencias significativas en la correlación entre los grupos en términos de la variable medida. Para la playa Montañita, la "F" de 3,4 con una significancia de 0,2 muestra que hay una relación potencialmente significativa de correlación entre los grupos, pero la puntuación de significancia no es lo suficientemente baja como para afirmar con confianza que las diferencias observadas son estadísticamente significativas en la correlación. Y en la playa Monteverde, la "F" de 1,9 con una significancia de 0,3 también sugiere que no hay diferencias significativas en la correlación entre los grupos.

9. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Discusión

La cantidad total de 9 736 ítems de contaminantes plásticos revela la magnitud del problema, subrayando la urgencia de tomar medidas para reducir la introducción de plásticos en estos ecosistemas. La diferencia significativa en la abundancia entre los microplásticos y macroplásticos en las tres playas estudiadas destaca la relevancia de abordar la problemática de los microplásticos de manera prioritaria. La presencia de 961 ítems en promedio por mes de microplásticos en comparación con los 659 ítems de macroplásticos en promedio por mes señala una clara predominancia de los primeros en estos entornos costeros, con 302 unidades menos que las cantidades encontradas de microplásticos, lo cual comprueba la hipótesis alternativa planteada.

Por otro lado, frente a los macroplásticos, Bueno (2019) destaca una mayor presencia de plásticos con el 69% para metales de un 5% en las playas de las Palmas, Atacames y Los Frailes. Estos resultados se asemejan de lo hallado en la presente investigación, dado que se registró una gran cantidad de plásticos en un 54,59%, seguido de cuerdas (55,95%) y cigarrillos (45,16%) que fueron registradas en la playa Monteverde, siendo esta la que mantuvo una mayor proporción de macroplásticos a diferencia de las playas Cadeate y Montañita.

De acuerdo con los hallazgos en esta investigación, se estableció el color predominante de los microplásticos, de estos destaca el color blanco, transparente, verde y azul entre las playas Cadeate, Montañita y Monteverde. Estos datos se pueden contrastar con el estudio de Benavente (2021), quienes evidenciaron en nueve playas de Camaná de Perú, la presencia de microplásticos, de estos, se encontró una mayor cantidad en los colores azul, verde, blanco y amarillo. Por lo que, se denota que se asemeja el color verde. Mientras que en la indagación de Díaz & Sarria (2019) los colores predominantes fueron el blanco, azul, verde y multicolor.

Frente al tamaño de los microplásticos, Cabrera (2018) destacó en el estudio realizado una gran presencia de estos con un tamaño de rango 2 a 5 mm. Eso se asemeja con los hallazgos en esta investigación, puesto que la mayor cantidad recae en los rangos de 2,1 mm a 5 mm. Evidenciando así la similitud entre los resultados con la variable tamaño. Por otro lado, en la exploración de González (2019) la mayor presencia de microplásticos tienen un tamaño en un intervalo de menos 0,5 mm a menos de 1 mm.

9.2.Conclusiones

El estudio revela una situación preocupante en las playas Monteverde, Montañita y Cadeate, donde se ha identificado una presencia significativa de macro y microplásticos. La mayor concentración de macroplásticos, especialmente en Monteverde, sugiere una presión antropogénica más intensa en esta área, probablemente debido a actividades humanas cercanas. Además, Monteverde también muestra la mayor presencia de microplásticos, señalando una problemática ambiental significativa en esta localidad específica.

La variación en la composición de microplásticos entre las playas, destacando la prevalencia de fibras en Cadeate, brinda una perspectiva detallada sobre la diversidad de contaminantes plásticos. Los tamaños predominantes de microplásticos (4,1 mm-5 mm) y la variedad de colores y polímeros identificados en cada playa subrayan la complejidad de la contaminación plástica en estos entornos costeros.

La correlación positiva y significativa encontrada entre la presencia de microplásticos y elementos como papeles y cigarrillos resalta la necesidad de abordar múltiples fuentes de contaminación. Estos resultados sugieren que las actividades humanas, como el consumo y desecho de productos cotidianos, contribuyen directamente a la presencia de microplásticos en las playas.

La falta de diferencias significativas entre los grupos en el análisis de varianza podría indicar que la contaminación por plásticos es una preocupación generalizada

en todas las playas estudiadas, sin distinciones claras entre ellas en términos de fuentes específicas de contaminación.

En resumen, este estudio subraya la urgente necesidad de abordar la contaminación por plásticos en la zona costera mediante medidas efectivas, como la gestión adecuada de residuos y la implementación de programas de educación ambiental. La salud de los océanos y los ecosistemas costeros depende de la acción inmediata para reducir la presencia de microplásticos y macroplásticos en estas áreas.

9.3.Recomendaciones

- Se deben tomar medidas para reducir y prevenir la llegada de estos materiales a las playas, así como promover la conciencia ambiental y fomentar prácticas de consumo responsable. La clasificación detallada de los tipos de plásticos encontrados puede servir como base para desarrollar estrategias más efectivas de mitigación y gestión de residuos. Es fundamental que tanto las autoridades como la comunidad en general trabajen juntos para preservar y mantener la salud de los ecosistemas costeros.
- Implementar sistemas eficientes de recolección y disposición adecuada de los residuos, especialmente de los plásticos. Se deben promover prácticas de reciclaje y reducción del uso de plásticos de un solo uso.
- Se deben llevar a cabo campañas de concientización y educación dirigidas a la comunidad y los visitantes de las playas. Esto incluye informar sobre los impactos negativos de los plásticos en el medio ambiente marino y promover cambios de comportamiento, como el uso de bolsas reutilizables y la reducción de la basura generada.
- Se recomienda a las autoridades coordinar una gestión de residuos y la educación ambiental. Se deben implementar medidas efectivas para reducir la presencia de microplásticos en los ecosistemas costeros y preservar la salud de los océanos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abayomi, O. A., Range, P., Al-Ghouti, M. A., Obbard, J. P., Almeer, S. H., & Ben-Hamadou, R. (2017). Microplastics in coastal environments of the Arabian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 181-188.
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.07.011>
- Academia Mexicana de Ciencias. (2022). Contaminación por microplásticos. En Academia Mexicana de Ciencias (Vol. 73, Número abril-junio 2022).
- Aguilar Guzmán, J. C. (2020). Preparación y caracterización de nanopartículas de tereftalato de polietileno (PET) y la evaluación de su toxicidad in vitro. Tesis de Posgrado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Arteaga, I. (2023). Caracterización de microplásticos con espectroscopia de infrarrojo medio y módulo ATR presentes en el ambiente marino de la Isla Puná. [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/41733/4/Trabajo-de-Titulacio%cc%81n.pdf>
- Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165-176.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2017.02.013>
- Balarezo, E., & Barbecho, E. (2021). Evaluación de los métodos de recolección, identificación y cuantificación de Microplásticos en ecosistemas hídricos. Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca.
- Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C. G., Barros, T. L., Kershaw, P. J., & Guilhermino, L. (2019). Macroplastics Pollution in the Marine

Environment. *World Seas: An Environmental Evaluation Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts*, 305-328.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00019-X>

Benavente Talavera, V. R. (2021). Determinación de la presencia de microplásticos en nueve playas de Camaná—Arequipa—Perú y programa de sensibilización. Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santa María.

Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). Marine anthropogenic litter. En *Marine Anthropogenic Litter*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>

Bolaños Zea, J. J. (2019). Reciclado de plástico PET. Tesis de Pregrado, Universidad Católica de San Pablo.

Bueno, J. (2019). Abundancia y distribución de macrobasura y mesoplásticos en las playas Las Palmas, Atacames y Los Frailes en la costa ecuatoriana. Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil.

Buteler, M. (2019). El problema del plástico ¿Qué es la contaminación por plástico y por Qué nos afecta a todos? Desde la Patagonia Difundiendo Saberes, 16(28), 56-60.

Buteler, M. (2020). ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? Desde la Patagonia. *Difundiendo Saberes*, 16(28), 56-56.

Caballero Ibarra, S. D., Dueñas Falla, O. A., & Rolón Rodríguez, B. M. (2019). El plástico y sus dos caras. *Revista CONVICCIONES*, 6(12), 49-52.

Cabrera, D. (2018). Determinación de la presencia de microplásticos en playas de Tenerife. Tesis de Pregrado, Universidad de La Laguna.

- Campoy, P., & Beiras, R. (2019). Revisión: Efectos ecológicos de macro-, meso- y microplásticos. Proyecto REPESCAPLAS2. Actividad 4.3, 35.
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: Un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3). <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>
- Castillo Rogel, K. P. (2022). Determinación del biofilm bacteriano en los microplásticos presentes en sedimentos costeros de la playa la Libertad, puerto Lucía y Santa Rosa. Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Chóez, J. (2019). Potencializar el turismo en la Comuna Monteverde, parroquia Colonche y su contribución a la mejora en la calidad de vida de los pobladores, años 2014 – 2017. Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil.
- Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M. B., & Janssen, C. R. (2013). New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine pollution bulletin*, 70(1-2), 227-233. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2013.03.009>
- Cruz Salas, A. &.-S.-B.-O. (2020). Cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca. México: Universidad del Mar - Oaxaca, México. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/341608868>

- Dai, Z., Zhang, H., Zhou, Q., Tian, Y., Chen, T., Tu, C., Fu, C., & Luo, Y. (2018). Occurrence of microplastics in the water column and sediment in an inland sea affected by intensive anthropogenic activities. *Environmental Pollution*, 242, 1557-1565. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2018.07.131>
- Dauvergne, P. (2018). The power of environmental norms: Marine plastic pollution and the politics of microbeads. *Environmental Politics*, 27(4), 579-597. <https://doi.org/10.1080/09644016.2018.1449090>
- De la Torre, G. (2019). Microplásticos en el medio marino: Una problemática que abordar. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 15(4), 27-37.
- de Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T. L., & Futter, M. N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Science of The Total Environment*, 645, 1029-1039. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.07.207>
- Díaz, J. M., & Sarria, K. del C. (2019). Microplásticos en las costas del Pacífico de Nicaragua. *Revista de la UNAN-Managua*, 2(1), 51-60. <https://revistacompromisosocial.unan.edu.ni/index.php/CompromisoSocial/article/view/45/124>
- Do soul, J., Costa, M., & Fillmann, G. (2014). Microplastics in the pelagic environment around oceanic islands of the western Tropical Atlantic Ocean. *Water, Air & Soil Pollution*, 225(7), 1-13. <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=00496979&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA379570137&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>

- Elías, R. (2015). Mar de plástico: Una revisión del plástico en el mar. *Revista de Investigación y Desarrollo*, 27, 83-105.
- Escobar, P. (2021). Análisis del impacto de los macro y microplásticos sobre la fauna marina: Estado del Arte. Guayaquil - Ecuador: Universidad de Guayaquil - Trabajo de Titulación de Ingeniería Ambiental. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53425>
- FAO. (2019). Los microplásticos en los sectores de pesca y acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca3540es/ca3540es.pdf>
- Frias, J., Nash, R., Pagter, E., & O'Connor, I. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. *JPI Oceans*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36256.89601/1>
- Fotopoulou, K. N., & Karapanagioti, H. K. (2012). Surface properties of beached plastic pellets. *Marine environmental research*, 81, 70-77.
- Gálvez, P. (2021). Capacidad de carga turística como herramienta para el desarrollo sostenible de playas: Caso Montañita, provincia de Santa Elena, Ecuador. Tesis de Posgrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- GESAMP. (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part 2 of a global assessment. (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). *Rep. Stud. GESAMP*, 93, 220.
- Gonzalez, A. (2019). Estudio de la ocurrencia de microplástico en los sedimentos de la Isla Santay. Tesis de Pregrado, Universidad Agraria del Ecuador.

- Guo, X., & Wang, J. (2019). The chemical behaviors of microplastics in marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.03.019>
- Herrera, A., Asensio, M., Martínez, I., Santana, A., Packard, T., & Gómez, M. (2018). Microplastic and tar pollution on three Canary Islands beaches: An annual study. *Marine Pollution Bulletin*, 129(2), 494-502.
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.10.020>
- Hidalgo Ruz, V., Honorato, D., Gatta, M., & Thiel, M. (2016). Tercer muestreo nacional de basura en playas de Chile y resultados comparativos con campañas 2008-2012. Escolares diagnostican el creciente problema de la basura en nuestras playas. *Científicos de la Basura*, Universidad Católica del Norte.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental science & technology*, 46(6), 3060-3075.
<https://doi.org/10.1021/ES2031505>
- Kolb, K. E., & Kolb, D. K. (1991). Method for separating or identifying plastics. *Journal of Chemical Education*, 68(4), 348.
<https://doi.org/10.1021/ED068P348>
- Kruse, K. K. (2017). En busca de pistas de la basura plástica. *Científicos de la basura*. Obtenido de <https://www.save-ocean.org/aktuelles/chile-se-ha-dado-comienzo-al-proyecto-en-busca-de-pistas-de-la-basura-plastica-muestreo-nacional-de-la-basura-en-los-rios/>

- Lavayen Villamar, K. J. (2021). El microplástico y la contaminación del mar [Tesis de Pregrado Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20095/1/UPS-GT003173.pdf>
- Lino, J., & Gaibor, N. (2019). Microplástico en el tracto digestivo de *Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate* y *Auxis trazard*, comercializados en el puerto pesquero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena-Ecuador. Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Lozoya, J. P., Teixeira de Mello, F., Carrizo, D., Weinstein, F., Olivera, Y., Cedrés, F., Pereira, M., & Fossati, M. (2016). Plastics and microplastics on recreational beaches in Punta del Este (Uruguay): Unseen critical residents? *Environmental pollution* (Barking, Essex : 1987), 218, 931-941. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.08.041>
- Napa, A., & Cantos, O. (2020). Determinación de la composición, abundancia y tipos de polímeros de microplásticos presentes en el tracto digestivo de peces con interés comercial. Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil.
- Mantilla, E. (2019). Caracterización de basura macroplástica y mesoplástica en la línea costera del Departamento del Atlántico. Puerto Colombia: Tesis de Grado - Magíster en Ciencias Ambientales. Universidad del Atlántico. Obtenido de <https://repositorio.uniatlantico.edu.co/handle/20.500.12834/604>
- Matsuguma, Y., Takada, H., Kumata, H., Kanke, H., Sakurai, S., Suzuki, T., Itoh, M., Okazaki, Y., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Weerts, S., & Newman, B. (2017). Microplastics in Sediment Cores from Asia and Africa as Indicators of Temporal Trends in Plastic Pollution. *Archives of*

Environmental Contamination and Toxicology, 73(2), 230-239.
<https://doi.org/10.1007/S00244-017-0414-9/METRICS>

Mazariegos Ortíz, C., García Arroyave, L., Marroquín Mora, C., & Mendizábal, A. L. (2021). Contaminación por microplásticos en playas del Pacífico de Guatemala: Abundancia y características. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 8(2), 260-268. <https://doi.org/10.36829/63CTS.V8I2.904>

Molina, A., Duque, G., & Cogua, P. (2020). Influences of environmental conditions in the fish assemblage structure of a tropical estuary. *Marine Biodiversity*, 50(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/S12526-019-01023-0/TABLES/2>

Morét-Ferguson, S., Law, K. L., Proskurowski, G., Murphy, E. K., Peacock, E. E., & Reddy, C. M. (2010). The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean. *Marine pollution bulletin*, 60(10), 1873-1878. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2010.07.020>

Olaya Naranjo, M. G. (2020). Evaluación de la distribución de macroplásticos y microplásticos mediante sistema de monitoreo en la playa cauchiche ubicada en la isla Pungá. Tesis de Pregrado, Universidad Agraria del Ecuador.

ONU. (2018). O nos divorciamos del plástico, o nos olvidamos del planeta. Obtenido de Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>

Ory, N. C., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Thiel, M. (2017). Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *The Science of the total environment*, 586, 430-437. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.01.175>

- Pazos, R. S. (2021). Estudio de microplásticos en la columna de agua, sedimento intermareal y biota residente en la costa del estuario del Río de la Plata (Franja Costera Sur) [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/116621>
- Peng, L., Fu, D., Qi, H., Lan, C. Q., Yu, H., & Ge, C. (2020). Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats—A review. *Science of The Total Environment*, 698, 134254. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134254>
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2019). Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, 150-159. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2018.10.029>
- Purca, S., & Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 101-106. <https://doi.org/10.15381/RPB.V24I1.12724>
- Rojas Forrero, A. F. (2021). Abundancia de microplásticos en algunas playas del departamento del Magdalena. Tesis de Pregrado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Rojo Nieto, E., & Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. En E. en Acción (Ed.), Creative Commons.

- Romero, J. (2015). Plan de desarrollo económico para La Comuna Cadeate, parroquia Manglaralto cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, año 2015. Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Sangiolo, E. (2022). Microplastics in the Marine Environment and Deep-Sea Sediment Contamination: A Review. In BSU Honors Program Theses and Projects, 563. https://vc.bridgew.edu/honors_proj/563
- Vásquez Molano, D., Molina, A., & Duque, G. (2021). Distribución espacial y aumento a través del tiempo de microplásticos en sedimentos de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano Item Type Journal Contribution. INVEMAR Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 50(1), 27-42. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.1021>
- Vazquez, A., Areanely, A., Salas, C., Carlos, J., Zeferino, A., & Villavicencio, M. B. (2020). Monitoreo de microplásticos en playas. En Universidad Autónoma Metropolitana. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Villamar, J. (2022). Análisis de la presencia de microplásticos en diferentes organismos marinos del Ecuador 2018-2021. Tesis de Pregrado, Universidad Estatal de Santa Elena.
- Wang, J., Wang, M., Ru, S., & Liu, X. (2019). High levels of microplastic pollution in the sediments and benthic organisms of the South Yellow Sea, China. Science of The Total Environment, 651, 1661-1669. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.10.007>
- Zhang, D., Cui, Y., Zhou, H., Jin, C., Yu, X., Xu, Y., Li, Y., & Zhang, C. (2020). Microplastic pollution in water, sediment, and fish from artificial reefs around the Ma'an Archipelago, Shengsi, China. Science of The Total

Environment, 703, 134768.

<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134768>

Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K. H., Wu, C., & Lam,

P. K. S. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic

formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, 274,

116554. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.116554>

11. ANEXOS

Anexos Tablas

Tabla 3 Plantilla para registrar cantidades de macrobasura

Evaluación de Macrobasura					
MONITOREO #					
Transecto N°				Playa:	
Coordenadas:				Fecha:	
Estación					
Tipo de Desecho	E1	E2	E3	E4	Total
Papeles					
Cigarros					
Metales					
Vidrios					
Plásticos					
Cuerdas					
Otros					
Total					

Tabla 4 Plantilla para registrar cantidades de macroplásticos

Evaluación de Macroplásticos					
MONITOREO #					
Transecto N°				Playa:	
Coordenadas:				Fecha:	
Estación					
Tipo de Desecho	E1	E2	E3	E4	Total
Cuerdas					
Nailon					
Botellas					
Tapas					
Tubos PVC					
Bolsas					
Látex					
Envases de Comida					
Otros					
Total					

Tabla 5 Plantilla para registrar cantidades de microplástico

Evaluación de Microplásticos

Transecto N°			Playa:		
Coordenadas:			Fecha:		
Estación					
Tipo de Desecho	E1	E2	E3	E4	Total
Fragmentos					
Pellets					
Film					
Fibras					
Foam					
Total					
Tamaño					
≤ 1mm					
1.1mm – 2mm					
2.1mm - 3mm					
3.1mm - 4mm					
4.1mm - 5mm					
Color					
Negro					
Azul					
Blanco					
Transparente					
Rojo					
Verde					
Multicolor					
Otros					

Tabla 6 Correlación de macro y microplásticos

		Macroplásticos			Microplásticos					
		Plásticos	Cuerdas	Otros	Fragmentos	Pellets	Film	Fibras	Foam	
Macroplásticos	Plásticos	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	1,000	1,000**	1,000**	0,500	0,500	0,500	1,000**	1,000**
	Fragmentos	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,500	0,500	0,500	1,000	1,000**	1,000**	0,500	0,500
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,667	0,667	0,667				0,667	0,667
	Pellets	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,500	0,500	0,500	1,000**	1,000	1,000**	0,500	0,500
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,667	0,667	0,667				0,667	0,667
	Film	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,500	0,500	0,500	1,000**	1,000**	1,000	0,500	0,500
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)		0,667	0,667	0,667				0,667	0,667	
Microplásticos	Fibras	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	1,000**	1,000**	1,000**	0,500	0,500	0,500	1,000	1,000**
	Foam	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)	1,000**	1,000**	1,000**	0,500	0,500	0,500	1,000**	1,000
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)				0,667	0,667	0,667		
						0,667	0,667	0,667		

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral)

Tabla 7 Varianza de macro y microplásticos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cadete	Entre grupos	8356,875	4	2089,219	0,832	0,584
	Dentro de grupos	7531	3	2510,333		
	Total	15887,875	7			
Montañita	Entre grupos	871981,875	4	217995,469	3,437	0,169
	Dentro de grupos	190273	3	63424,333		
	Total	1062254,88	7			
Monteverde	Entre grupos	980967,375	4	245241,844	1,922	0,309
	Dentro de grupos	382790,5	3	127596,833		
	Total	1363757,88	7			

Anexos Fotográficos



Figura 1. Medición del ancho de cada playa, para la ubicación de los transectos y sus estaciones con flexómetros de 150 metros



Figura 2. Toma de los puntos geográficos de los transectos en cada una de las playas monitoreadas, mediante el GPS



Figura 3. Delimitación de una estación de 3x3 metros, con estacas de madera y cuerda



Figura 4. Análisis de microplásticos en el estereomicroscopio



Figura 5. Tamiz con luz de malla de 2 mm



Figura 6. Tamizado para reducción de las muestras con tamices de diferentes medidas, 0.8 mm; 0.5 mm y 0.4 mm

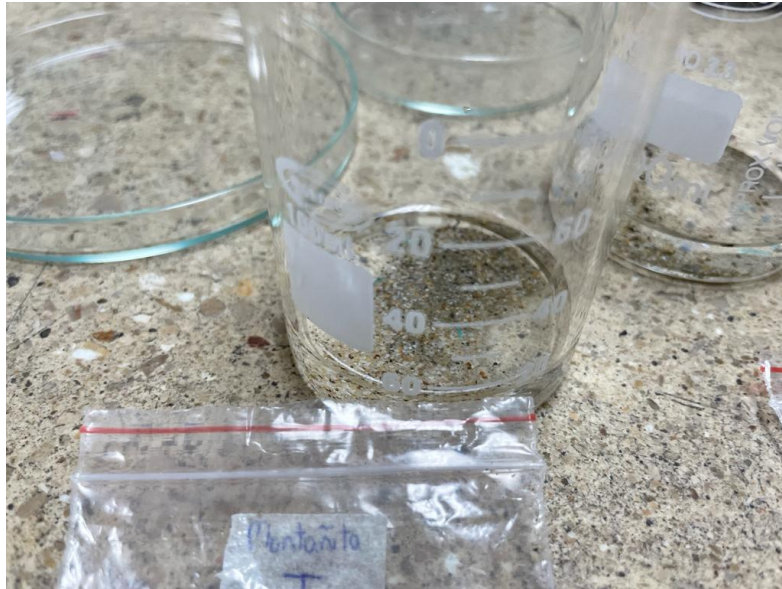


Figura 7. Solución salina concentrada (1.2 g L^{-1}), por la diferencia de densidad, las partículas de plástico flotan

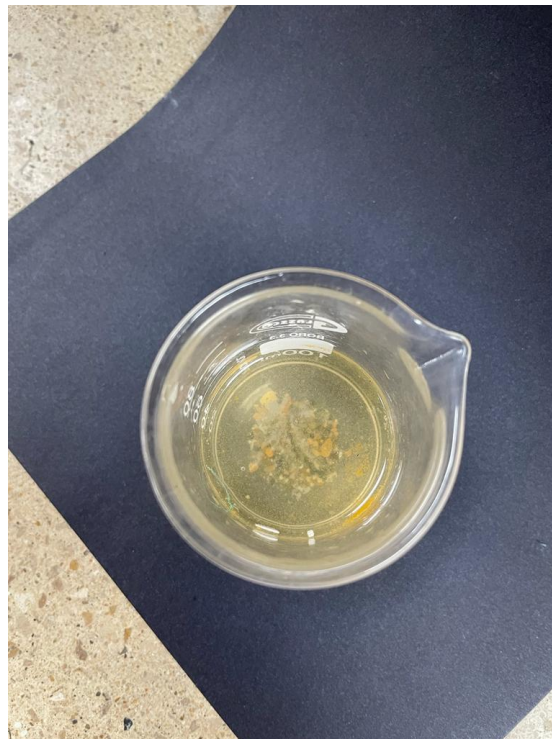


Figura 8. Peróxido de hidrógeno al 30% para degradar el material orgánico presente en cada muestra, como fibras vegetales y animales

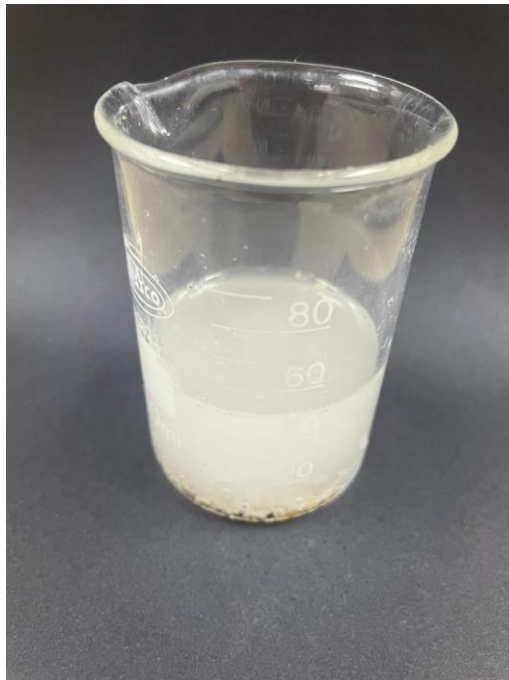
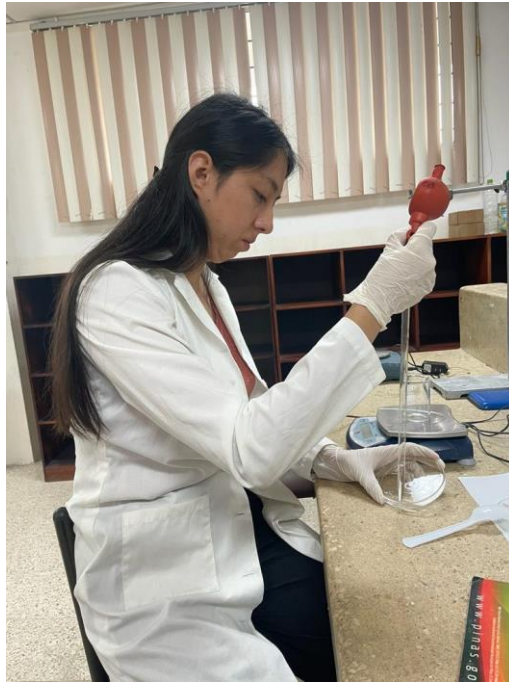


Figura 9. Solución ácida de HCl (Ácido Clorhídrico) diferenciar los materiales calcáreos de los microplásticos



Figura 10. Pruebas con etanol y cloruro de zinc para identificar las densidades y el tipo de polímero de los microplásticos



Figura 11. Comparación del tamaño de los microplásticos con organismos marinos, presentes en la arena

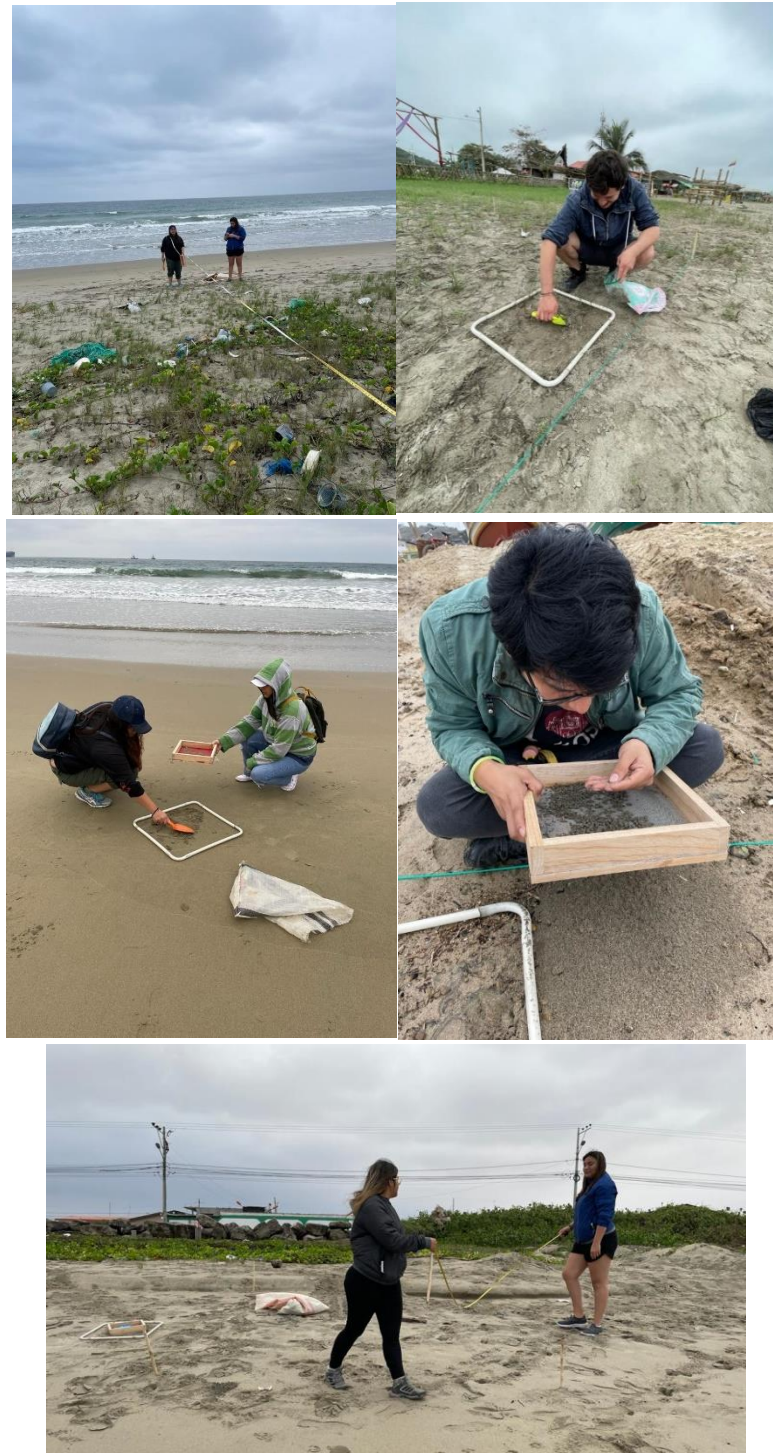


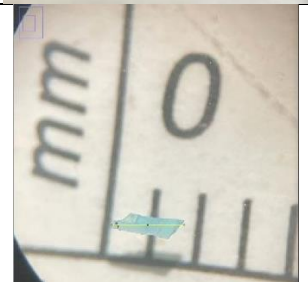
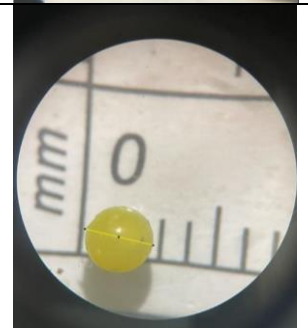


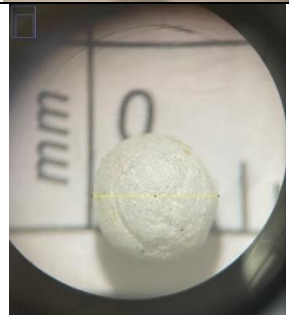
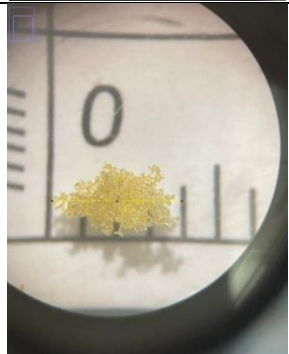

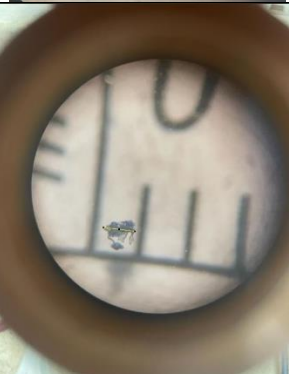
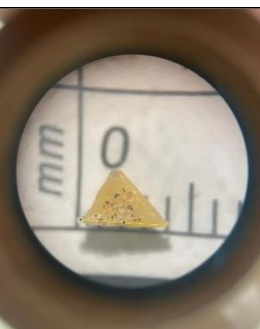
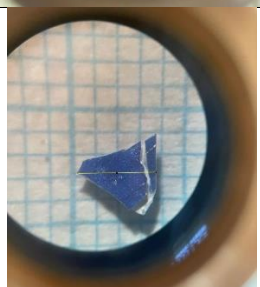
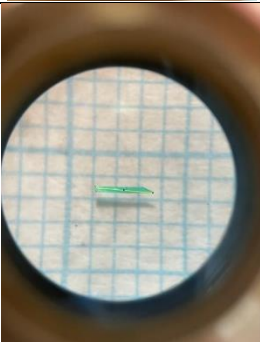
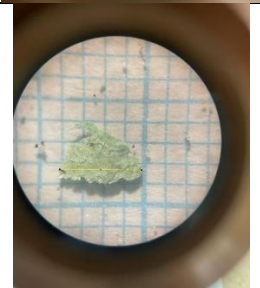
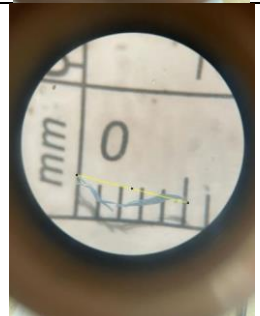
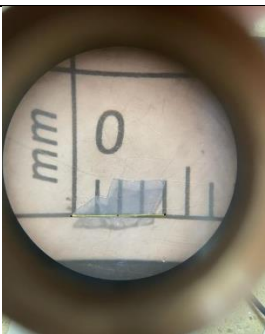
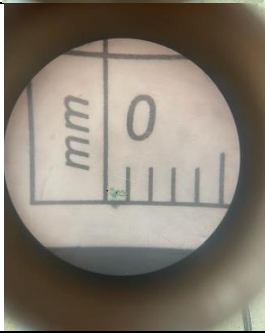

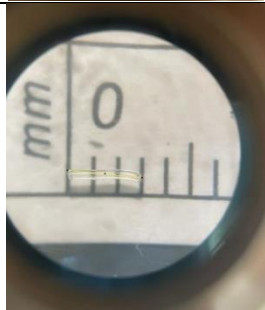
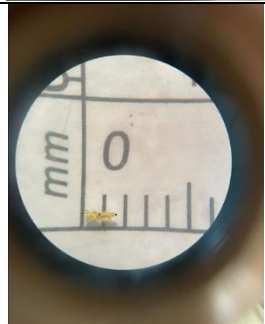


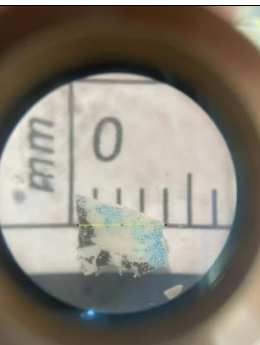
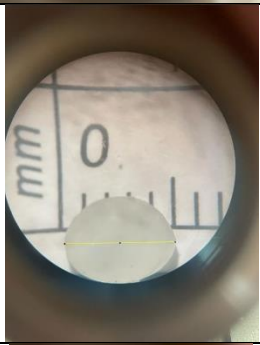
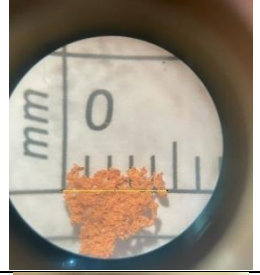
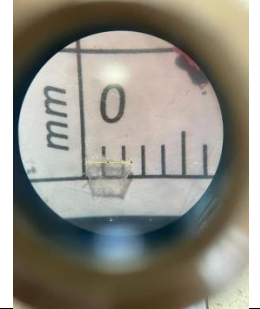
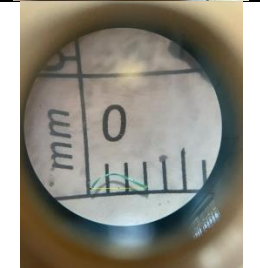
Figura 12. Colaboradores de la realización de medición de las playas y los muestreos a lo largo de los 6 meses de investigación


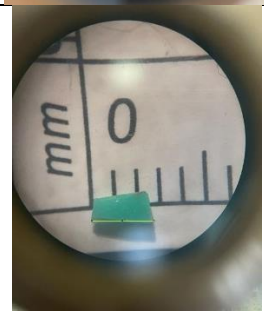
Microplástico	Descripción
	Playa: Monteverde Medida: 3.9 mm Tipo de Polímero: HDPE
	Playa: Monteverde Medida: 1.5 mm Tipo de Polímero: HDPE
	Playa: Monteverde Medida: 1.5 mm Tipo de Polímero: LDPE
	Playa: Monteverde Medida: 2.5 mm Tipo de Polímero: HDPE
	Playa: Monteverde Medida: 0.7 mm Tipo de Polímero: LDPE

		<p>Playa: Monteverde Medida: 2.2 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Monteverde Medida: 4.1 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Monteverde Medida: 3.8 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Monteverde Medida: 1.7 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Cadeate Medida: 0.6 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>

		<p>Playa: Cadeate Medida: 3.9 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>
		<p>Playa: Cadeate Medida: 3.7 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>
		<p>Playa: Cadeate Medida: 2.6 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Cadeate Medida: 4.0 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Cadeate Medida: 5.2 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>

		<p>Playa: Cadeate Medida: 4.0 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Cadeate Medida: 0.8 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Cadeate Medida: 2.2 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>
		<p>Playa: Montañita Medida: 2.1 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>
		<p>Playa: Montañita Medida: 1.5 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>

		<p>Playa: Montañita Medida: 3.1 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>
		<p>Playa: Montañita Medida: 4.8 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>
		<p>Playa: Montañita Medida: 3.7 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Montañita Medida: 2.3 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>
		<p>Playa: Montañita Medida: 2.9 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>

		<p>Playa: Montañita Medida: 3.1 mm Tipo de Polímero: LDPE</p>
		<p>Playa: Montañita Medida: 3.0 mm Tipo de Polímero: HDPE</p>

Nota. Microplásticos extraídos de las tres playas, imágenes analizadas en el software ImageJ

**TABLA II.- PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR
MONTEVERDE 2022**

JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)
1	0523	2.2	16	0532	2.5	1	0555	2.2	16	0022	0.3	1	0034	0.6	16	0147	0.8
	VI 1126	0.6		SA 1144	0.3		LU 1207	0.5		MA 0639	2.4		JU 0645	2.2		VI 0742	2.0
	2328	0.3		1742	2.3		1806	2.0		1302	0.3		1308	0.4		1412	0.5
			2355	0.1						1913	2.1		1926	2.0		2048	1.9
2	0555	2.2	17	0619	2.5	2	0010	0.5	17	0112	0.5	2	0122	0.6	17	0246	0.9
	SA 1159	0.6		DO 1234	0.3		MA 0633	2.2		MI 0724	2.3		VI 0730	2.2		SA 0834	1.9
	1751	2.0		1834	2.2		1248	0.5		1351	0.4		1355	0.4		1507	0.6
						1852	1.9		2010	2.0		2020	2.0	☉	2150	1.9	
3	0000	0.4	18	0043	0.3	3	0052	0.6	18	0206	0.7	3	0216	0.8	18	0352	1.0
	DO 0628	2.1		LU 0706	2.4		MI 0714	2.1		JU 0812	2.1		SA 0820	2.1		DO 0932	1.8
	1234	0.6		1325	0.4		1333	0.6		1446	0.6		1448	0.5		1609	0.7
	1828	1.9	1928	2.1		1944	1.9	☉	2114	1.9	☉	2120	2.0		2254	1.9	
4	0035	0.5	19	0134	0.4	4	0141	0.7	19	0310	0.9	4	0317	0.9	19	0504	1.1
	LU 0704	2.1		MA 0754	2.3		JU 0759	2.1		VI 0907	1.9		DO 0919	2.0		LU 1036	1.7
	1313	0.7		1419	0.5		1424	0.6		1549	0.6		1550	0.5		1711	0.8
	1910	1.8	2027	1.9		2042	1.9		2226	1.9		2229	2.0		2352	1.9	
5	0115	0.6	20	0229	0.6	5	0237	0.8	20	0425	1.0	5	0428	0.9	20	0610	1.0
	MA 0745	2.0		MI 0846	2.2		VI 0852	2.1		SA 1011	1.8		LU 1028	2.0		MA 1142	1.7
	1359	0.8		1518	0.6		1521	0.6		1659	0.7		1700	0.5		1806	0.8
	2002	1.8	2135	1.9	☉	2148	1.9		2339	1.9		2340	2.1				
6	0203	0.8	21	0333	0.8	6	0341	0.9	21	0545	1.0	6	0546	0.8	21	0040	1.9
	MI 0833	2.0		JU 0943	2.0		SA 0951	2.0		DO 1123	1.8		MA 1143	2.0		MI 0700	1.0
	1453	0.8		1627	0.7		1624	0.6		1801	0.7		1810	0.5		1239	1.7
	2104	1.8	2253	1.9		2259	1.9						1853	0.7			
7	0302	0.9	22	0448	0.9	7	0452	0.9	22	0038	2.0	7	0045	2.2	22	0120	2.0
	JU 0929	2.0		VI 1049	1.9		DO 1057	2.0		LU 0650	1.0		MI 0657	0.7		JU 0740	0.9
	1557	0.8		1737	0.7		1731	0.5		1228	1.8		1255	2.1		1326	1.8
	2217	1.8							1852	0.6		1913	0.4		1934	0.7	
8	0410	0.9	23	0009	1.9	8	0007	2.1	23	0124	2.0	8	0142	2.3	23	0157	2.1
	VI 1030	2.0		SA 0606	1.0		LU 0606	0.8		MA 0737	0.9		JU 0757	0.6		VI 0815	0.8
	1705	0.7		1158	1.9		1205	2.1		1320	1.8		1356	2.2		1407	1.9
	2332	1.9	1837	0.6		1834	0.4		1935	0.6		2009	0.3		2014	0.6	
9	0522	0.9	24	0109	2.0	9	0106	2.2	24	0202	2.1	9	0233	2.5	24	0232	2.1
	SA 1133	2.1		DO 0713	0.9		MA 0712	0.7		MI 0815	0.8		VI 0849	0.4		SA 0850	0.6
	1807	0.5		1301	1.9		1310	2.1		1401	1.9		1450	2.3		1447	2.0
			1927	0.5		1932	0.3		2012	0.5		2059	0.2		2052	0.5	
10	0035	2.0	25	0157	2.1	10	0200	2.3	25	0236	2.1	10	0320	2.6	25	0308	2.2
	DO 0631	0.8		LU 0803	0.8		MI 0810	0.6		JU 0848	0.7		SA 0937	0.3		DO 0926	0.5
	1233	2.1		1351	1.9		1409	2.2		1438	1.9		1539	2.3		1526	2.0
	1903	0.4	2009	0.5		2026	0.2		2047	0.5	☉	2146	0.1	☉	2130	0.4	
11	0129	2.2	26	0236	2.2	11	0251	2.4	26	0308	2.2	11	0405	2.6	26	0344	2.3
	LU 0731	0.7		MA 0844	0.7		JU 0902	0.4		VI 0920	0.6		DO 1023	0.2		LU 1003	0.4
	1330	2.2		1433	2.0		1502	2.3		1513	2.0		1627	2.3		1607	2.1
	1954	0.2	2046	0.4	☉	2116	0.1		2121	0.4		2232	0.2		2209	0.4	
12	0219	2.3	27	0311	2.2	12	0339	2.5	27	0341	2.2	12	0448	2.6	27	0422	2.3
	MA 0824	0.5		MI 0919	0.6		VI 0952	0.3		SA 0953	0.5		LU 1109	0.1		MA 1041	0.2
	1423	2.3		1509	2.0		1552	2.4		1549	2.0		1716	2.3		1648	2.1
	2044	0.1	2121	0.3		2204	0.0		2156	0.4	☉	2317	0.3		2250	0.4	
13	0307	2.4	28	0344	2.3	13	0426	2.6	28	0415	2.3	13	0530	2.5	28	0500	2.4
	MI 0915	0.4		JU 0951	0.6		SA 1040	0.2		DO 1028	0.4		MA 1153	0.2		MI 1120	0.2
	1514	2.4		1542	2.1		1641	2.3		1626	2.1		1805	2.2		1732	2.2
	2133	0.0	2153	0.3	☉	2251	0.1		2232	0.4		2331	0.4		2331	0.4	
14	0356	2.5	29	0416	2.3	14	0511	2.6	29	0450	2.3	14	0004	0.4	29	0539	2.4
	JU 1005	0.3		VI 1023	0.5		DO 1128	0.2		LU 1105	0.4		MI 0613	2.4		JU 1201	0.2
	1604	2.4		1615	2.1		1729	2.3		1706	2.1		1237	0.3		1817	2.2
	2221	0.0	2225	0.3		2336	0.2		2310	0.4		1857	2.1				
15	0444	2.5	30	0448	2.2	15	0556	2.5	30	0527	2.3	15	0053	0.6	30	0016	0.5
	VI 1054	0.3		SA 1055	0.5		LU 1215	0.2		MA 1144	0.4		JU 0656	2.2		VI 0620	2.3
	1653	2.4		1649	2.0		1820	2.2		1749	2.1		1323	0.4		1243	0.2
	2308	0.0	2258	0.4					2350	0.5		1951	2.0		1905	2.2	
			31	0521	2.2				31	0605	2.3						
			DO	1130	0.5				MI	1225	0.4						
				1726	2.0					1836	2.0						
				2332	0.4												

HUSO HORARIO + 5

Nota. Tabla de mareas diarias proporcionadas por el INOCAR para cada costa, para los meses de julio, agosto y septiembre

Fuente: Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada

TABLA II.- PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR
MONTEVERDE 2022

OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE					
DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)
1	0104	0.6	16	0215	0.9	1	0242	0.8	16	0301	1.0
SA	0704	2.2	DO	0800	1.8	MA	0839	2.0	MI	0850	1.7
	1329	0.3		1422	0.6	●	1504	0.5	●	1502	0.8
	1957	2.1		2105	1.9		2140	2.1		2147	1.8
2	0157	0.7	17	0306	1.0	2	0353	0.8	17	0357	1.0
DO	0755	2.1	LU	0848	1.7	MI	0951	1.9	JU	0947	1.6
●	1422	0.4	●	1512	0.7		1615	0.6		1558	0.9
	2055	2.1		2157	1.9		2250	2.1		2242	1.8
3	0257	0.8	18	0403	1.1	3	0512	0.8	18	0508	1.0
LU	0855	2.0	MA	0942	1.7	JU	1112	1.9	VI	1101	1.6
	1524	0.5		1607	0.8		1726	0.6		1704	0.9
	2203	2.1		2251	1.9		2356	2.2		2338	1.9
4	0409	0.9	19	0508	1.1	4	0624	0.7	19	0614	0.9
MA	1007	1.9	MI	1043	1.6	VI	1227	2.0	SA	1215	1.7
	1637	0.6		1705	0.9		1831	0.6		1811	0.9
	2316	2.1		2344	1.9						
5	0530	0.8	20	0610	1.0	5	0054	2.3	20	0031	2.0
MI	1127	1.9	JU	1150	1.7	SA	0722	0.5	DO	0705	0.7
	1749	0.5		1802	0.9		1329	2.1		1313	1.8
							1929	0.5		1908	0.8
6	0023	2.2	21	0032	1.9	6	0146	2.4	21	0119	2.1
JU	0642	0.7	VI	0700	0.9	DO	0812	0.4	LU	0748	0.6
	1242	2.0		1250	1.7		1423	2.2		1400	2.0
	1853	0.4		1854	0.8		2022	0.5		1957	0.7
7	0120	2.3	22	0115	2.0	7	0234	2.4	22	0203	2.2
VI	0741	0.5	SA	0742	0.8	LU	0859	0.2	MA	0828	0.4
	1344	2.1		1340	1.8		1513	2.3		1443	2.1
	1949	0.4		1941	0.7		2112	0.4		2043	0.5
8	0211	2.4	23	0156	2.1	8	0319	2.4	23	0246	2.3
SA	0832	0.4	DO	0820	0.6	MA	0943	0.1	MI	0909	0.2
	1437	2.2		1424	1.9	●	1600	2.3	●	1525	2.3
	2040	0.3		2024	0.6	○	2200	0.4	●	2127	0.4
9	0257	2.5	24	0236	2.2	9	0403	2.4	24	0328	2.4
DO	0919	2.0	LU	0858	0.4	MI	1025	0.1	JU	0950	0.1
○	1526	2.3		1505	2.1		1647	2.3		1608	2.4
	2127	0.3		2106	0.5		2246	0.5		2211	0.4
10	0342	2.5	25	0315	2.3	10	0445	2.3	25	0411	2.4
LU	1004	0.1	MA	0937	0.3	JU	1106	0.1	VI	1032	0.0
	1614	2.3		1547	2.2		1732	2.3		1652	2.4
	2214	0.3	●	2148	0.4		2331	0.5		2256	0.4
11	0424	2.5	26	0354	2.4	11	0526	2.2	26	0455	2.4
MA	1047	0.1	MI	1015	0.1	VI	1145	0.2	SA	1115	0.0
	1702	2.3		1629	2.3		1815	2.2		1739	2.4
	2300	0.4		2230	0.4					2344	0.4
12	0507	2.4	27	0434	2.4	12	0015	0.6	27	0541	2.3
MI	1130	0.1	JU	1055	0.1	SA	0606	2.1	DO	1201	0.1
	1750	2.3		1712	2.3		1223	0.3		1828	2.4
	2348	0.5		2313	0.4		1856	2.1			
13	0549	2.3	28	0515	2.4	13	0056	0.7	28	0034	0.5
JU	1212	0.2	VI	1136	0.1	DO	0645	2.0	LU	0630	2.2
	1839	2.2		1758	2.3		1300	0.4		1250	0.2
				2359	0.4		1936	2.1		1919	2.3
14	0036	0.6	29	0558	2.3	14	0136	0.8	29	0129	0.6
VI	0631	2.1	SA	1220	0.1	LU	0724	1.9	MA	0725	2.1
	1254	0.3		1845	2.3		1337	0.6		1345	0.4
	1927	2.1					2016	2.0		2015	2.2
15	0125	0.8	30	0048	0.5	15	0217	0.9	30	0228	0.7
SA	0714	2.0	DO	0645	2.2	MA	0804	1.8	MI	0826	2.0
	1337	0.5		1307	0.3		1416	0.7		1445	0.5
	2015	2.0		1937	2.2		2059	1.9	●	2115	2.2
			31	0141	0.6						
			LU	0738	2.1						
				1401	0.4						
				2035	2.1						
									31	0420	0.6
									SA	1035	1.9
										1633	0.8
										2247	2.1

HUSO HORARIO + 5

Nota. Tabla de mareas diarias proporcionadas por el INOCAR para cada costa, para los meses de octubre, noviembre y diciembre

Fuente: Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada