



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**  
**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**EFECTOS DE LA PRESENCIA DE PLÁSTICO EN EL**  
**ECOSISTEMA MANGLAR DE LA COMUNA PALMAR,**  
**PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Previa a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGA**

**AUTORA**

**GARCÍA GUILLEN NATALIA PAOLA**

**TUTORA**

**BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO, M.Sc.**

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2024**

**UNIVERSIDAD ESTATAL**

**PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“EFECTOS DE LA PRESENCIA DE PLÁSTICO EN EL  
ECOSISTEMA MANGLAR DE LA COMUNA PALMAR,  
PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Previa a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGA**

**AUTORA**

**GARCÍA GUILLEN NATALIA PAOLA**

**TUTORA**

**BLGA. MAYRA CUENCA ZAMBRANO, M.Sc.**

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2024**

## **DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **“Efectos de la presencia de plástico en el ecosistema manglar de la Comuna Palmar, Provincia de Santa Elena, Ecuador.”**, elaborado por **García Guillen Natalia Paola** estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, 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. Mayra Cuenca Zambrano MSc.

**DOCENTE TUTOR**

**C.I. 1712887767**

## **DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA**

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “Efectos de la presencia de plástico en el ecosistema manglar de la Comuna Palmar, Provincia de Santa Elena, Ecuador”, elaborado por **Garcia Guillen Natalia Paola**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, 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



Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.

**DOCENTE DE ÁREA**  
**C.I. 0905937686**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios. A mis padres, Angel Garcia y Betsy Guillen, por su infinito cariño y por mostrarme el valor de la constancia y el trabajo duro. A mis hermanas, Angela y Adriana por su constante ánimo y por ser mis compañeras en este viaje de aprendizaje. A mis abuelitos, Isidro Guillen y Colombia Chalen por sus sabias palabras y bendiciones que siempre me han guiado. Cada uno de ustedes ha sido un pilar fundamental en mi vida, y este logro no habría sido posible sin su presencia y apoyo constante.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Estatal Península De Santa Elena, por proporcionar un entorno académico que ha sido clave para mi desarrollo.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y experiencia, que fueron fundamentales para mi formación.

Agradezco a mi tutora de tesis, Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc., por su invaluable guía y apoyo continuo.

En especial a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de titulación.

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Garcia Guillen Natalia Paola** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 17 de julio del 2024.



---

Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.  
**PROFESOR DE ÁREA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.  
**DOCENTE TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.  
**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Lcdo. Pascual Roca Silvestre, M.Sc.  
**SECRETARIO DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **NATALIA PAOLA GARCIA GUILLEN** con cédula de Identidad **0928350255** declaro bajo juramento que la responsabilidad por las ideas, contenido y análisis de los resultados expuestos en este trabajo de Integración Curricular me corresponden de manera exclusiva y el patrimonio intelectual del mismo lo comparto con la Universidad Estatal Península De Santa Elena.



---

**Natalia Garcia Guillen**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	
AGRADECIMIENTO .....	
ABREVIATURAS.....	
GLOSARIO.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT .....	
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1    JUSTIFICACIÓN .....	4
1.2    OBJETIVOS .....	7
1.2.1    OBJETIVO GENERAL.....	7
1.2.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.3    HIPÓTESIS.....	7
CAPÍTULO II .....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1    GENERALIDADES DEL MANGLAR.....	8
2.2    ECOSISTEMA MANGLAR.....	9
2.3    ESPECIES DE MANGLE DEL ESTERO DE PALMAR.....	11

2.3.1	Efectos del plástico en el manglar.....	18
2.4	PLÁSTICOS .....	19
2.5	MECANISMOS DE DESCOMPOSICIÓN.....	20
2.6	CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICO.....	22
2.6.1	Contaminación por la descomposición de plástico .....	22
2.6.2	Tamaño del plástico.....	23
2.6.3	Color del plástico .....	25
2.6.4	Clasificación según sus propiedades físicas.....	25
2.7	LIBERACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS POR EL PLÁSTICO ..	27
2.7.1	Bisfenol A .....	27
2.7.2	Grado de afectación.....	27
2.7.3	Posible Remediación.....	28
2.7.4	Pigmentos orgánicos e inorgánicos .....	29
2.8	CONTAMINANTES EMERGENTES .....	30
2.9	MATRIZ DE LEOPOLD .....	31
2.9.1	Introducción a la Matriz de Leopold.....	31
2.9.2	Estructura de la Matriz de Leopold.....	33
CAPÍTULO III.....		35
METODOLOGÍA .....		35
3.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	35

3.1.1	Estaciones de muestreo .....	36
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.2.1	Descriptiva .....	36
3.3	MÉTODOLOGÍA .....	37
3.3.1	Método de campo .....	37
3.3.2	Observación directa.....	37
3.3.3	Método cuadrante.....	38
3.3.4	Recolección.....	39
3.3.5	Etiquetado de las muestras.....	40
3.4	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	41
3.4.1	Materiales y equipos .....	41
3.4.2	Identificación y clasificación numérica .....	41
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	43
3.5.1	Estadística descriptiva.....	43
3.5.2	Programas.....	43
3.5.3	Histogramas .....	44
3.5.4	Polígono de frecuencia.....	44
3.6	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ECOLÓGICOS.....	45
3.6.1	Impactos ocasionados por la presencia de plástico .....	45
3.6.2	Matriz de Leopold.....	46

3.7	ANÁLISIS DE LOS FACTORES AMBIENTALES.....	47
	CAPÍTULO IV.....	49
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	49
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y COLOR DE LOS PLÁSTICOS.....	49
4.2	PLÁSTICO TOTAL POR ESTACIÓN.....	65
4.3	AFECCIÓN DEL ECOSISTEMA MANGLAR EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	67
	DISCUSIONES.....	69
	CONCLUSIONES.....	72
	RECOMENDACIONES.....	74
	BIBLIOGRAFÍA.....	76
	ANEXOS.....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Ubicación geográfica de la Comuna Palmar .....	35
<b>Gráfico 2.</b> Composición muestreo 1 .....	49
<b>Gráfico 3.</b> Caracterización por color muestreo 1 .....	50
<b>Gráfico 4.</b> Composición muestreo 2.....	51
<b>Gráfico 5.</b> Caracterización por color muestreo 2 .....	52
<b>Gráfico 6.</b> Composición muestreo 3.....	53
<b>Gráfico 7.</b> Caracterización por color muestreo 3 .....	54
<b>Gráfico 8.</b> Composición muestreo 4.....	55
<b>Gráfico 9.</b> Caracterización por color muestreo 4 .....	56
<b>Gráfico 10.</b> Composición muestreo 5.....	57
<b>Gráfico 11.</b> Caracterización por color muestreo 5.....	58
<b>Gráfico 12.</b> Composición muestreo 6.....	59
<b>Gráfico 13.</b> Caracterización por color muestreo 6 .....	60
<b>Gráfico 14.</b> Composición muestreo 7.....	61
<b>Gráfico 15.</b> Caracterización por color muestreo 7 .....	62
<b>Gráfico 16.</b> Composición muestreo 8.....	63
<b>Gráfico 17.</b> Caracterización por color muestreo 8 .....	64
<b>Gráfico 18.</b> Peso total de plástico por estación .....	65
<b>Gráfico 19.</b> Plástico total por estación .....	66
<b>Gráfico 20.</b> Matriz de Leopold.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Zonación del manglar .....	8
<b>Figura 2.</b> <i>Rhizophora mangle</i> .....	11
<b>Figura 3.</b> <i>Avicennia germinans</i> .....	14
<b>Figura 4.</b> <i>Laguncularia racemosa</i> .....	16
<b>Figura 5.</b> Escala de tamaño para los plásticos .....	24
<b>Figura 6.</b> Factores ambientales .....	32
<b>Figura 7.</b> Acciones antrópicas .....	33
<b>Figura 8.</b> Matriz de Leopold .....	47
<b>Figura 9.</b> Puntuación de la magnitud e importancia .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Mecanismos de degradación del plástico en el medio ambiente .....	21
<b>Tabla 2.</b> Jerarquía de tamaño en la contaminación plástica .....	24
<b>Tabla 3.</b> Composición de los pigmentos del plástico .....	25
<b>Tabla 4.</b> Propiedades físicas de los plásticos .....	26
<b>Tabla 5.</b> Componentes de la matriz .....	34
<b>Tabla 6.</b> Magnitud e importancia.....	34
<b>Tabla 7.</b> Coordenadas de las estaciones de muestreo .....	36
<b>Tabla 8.</b> Ejemplo de etiquetado .....	41
<b>Tabla 9.</b> Materiales plásticos y sus usos comunes.....	42
<b>Tabla 10.</b> Tipos de polímeros según su clasificación numérica .....	42
<b>Tabla 11.</b> Lesiones ocasionadas por la presencia de plástico .....	46
<b>Tabla 12.</b> Importancia ambiental (I) .....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Conteo total de los objetos encontrados.....	87
<b>Anexo 2.</b> Conteo total de la caracterización por color.....	88
<b>Anexo 3.</b> Delimitación del cuadrante.....	88
<b>Anexo 4.</b> Desechos plásticos PS .....	89
<b>Anexo 5.</b> Toma de muestras.....	89
<b>Anexo 6.</b> Presencia de plástico en las raíces del manglar.....	89
<b>Anexo 7.</b> Contaminación por plástico en la estación 2.....	90
<b>Anexo 8.</b> Residuos plásticos variados.....	90
<b>Anexo 9.</b> Pejepuerco blanco ( <i>Balistes capriscus</i> ).....	91
<b>Anexo 10.</b> Funda enredada en el neumatóforo de <i>Avicennia germinans</i> .....	91
<b>Anexo 11.</b> Pez Aguja ( <i>Belone belone</i> ) .....	92
<b>Anexo 12.</b> Presencia de plástico en la fauna.....	92
<b>Anexo 13.</b> Cambio en la coloración de las hojas de <i>Avicennia germinans</i> .....	92
<b>Anexo 14.</b> Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP .....	93
<b>Anexo 15.</b> Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP .....	93
<b>Anexo 16.</b> Clasificación de plásticos PS, LDPE, PP .....	93
<b>Anexo 17.</b> Clasificación de plásticos PP.....	94
<b>Anexo 18.</b> Clasificación de los plásticos por su composición.....	94
<b>Anexo 19.</b> Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP .....	94
<b>Anexo 20.</b> Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP .....	95
<b>Anexo 21.</b> Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, HDPE, PP .....	95

<b>Anexo 22.</b> Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP .....	95
<b>Anexo 23.</b> Clasificación de objetos PET, PS, LDPE, PP.....	96
<b>Anexo 24.</b> Botellas PET.....	96
<b>Anexo 25.</b> Toma de muestras.....	96

## ABREVIATURAS

BPA	Bisfenol A
E1	Estación 1
E2	Estación 2
E3	Estación 3
E4	Estación 4
E5	Estación 5
E6	Estación 6
HDPE	Polietileno de alta densidad
I	Importancia ambiental
LPDE	Polietileno de baja densidad
M	Muestreo
MacP	Macro plástico
ML	Matriz de Leopold
NI	No identificado

PET	Polietileno tereftalato
PP	Polipropileno
Ppm	Partes por millón
PS	Poliestireno

## GLOSARIO

<b>Bifurcar</b>	La división en dos apéndices, partes o ramales (Porto & Merino, 2022).
<b>Biodegradación por microorganismos</b>	Proceso biológico en el cual los materiales orgánicos son descompuestos por los microorganismos presentes en el medio gracias a las enzimas que producen (Aimplas, 2023).
<b>Degradación hidrolítica</b>	Consecuencia del contacto del material con un medio acuoso (López G. , 2022).
<b>Degradación termo-oxidativa</b>	Proceso mediante el cual la acción del calor o temperatura elevada en un material, producto o ensamblaje provoca una pérdida de propiedades físicas, mecánicas o eléctricas (Mexpolimeros, s.f.).
<b>Fotodegradable</b>	Material o sustancia que pueden ser degradados por la exposición prolongada a la luz (Real Academia Española).
<b>Geotropismo negativo</b>	El órgano crece en sentido opuesto al centro de gravedad (Plantas y Hongos, s.f.).

<b>Mangle</b>	Árbol o arbusto capaz de crecer en lugares donde el terreno está inundado permanentemente o parte del tiempo e incluso crecer dentro del agua (Issuu, s.f.).
<b>Neumatóforos</b>	Raíz que capta el oxígeno del aire, no del suelo, y es característica de plantas de zonas pantanosas. tienen geotropismo negativo (Aguamarket, 2023).
<b>Polímero</b>	Son macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (conocidas como monómeros) que se repiten a lo largo de toda la cadena (Zschimmer & Schwarz España, 2023).
<b>Raíces fúlcreas o zancudas</b>	Raíces que nacen en los nudos inferiores o en las partes bajas del tallo y crecen hasta el suelo para ayudar al sostén de la planta (Paredes, 2022).
<b>Resina epóxica</b>	Son polímeros termoestables que, con la aplicación de un catalizador se solidifican (Pérez & Gardey, 2021).
<b>Servicios ecosistémicos</b>	Son todos los beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad, y que influyen tanto en la salud, calidad de vida y desarrollo económico de las personas que la conforman (Rapsol, 2023).

# **EFFECTOS DE LA PRESENCIA DE PLÁSTICO EN EL ECOSISTEMA MANGLAR DE LA COMUNA PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR**

**Autor:** Natalia Paola García Guillen

**Tutor:** Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc.

## **RESUMEN**

El manglar de la comuna Palmar es un ecosistema de gran importancia ecológica caracterizado por su biodiversidad ya que brinda hábitat a numerosas especies marinas y terrestres. Teniendo por objetivo identificar los tipos de plásticos mediante la sistematización numérica estimando la afectación en el área de estudio. Para analizar la distribución del plástico se establecieron seis estaciones de 16 m<sup>2</sup> cada una donde se recolectaron objetos > 2,5 cm en un periodo de cuatro meses; se evaluó el impacto de las actividades antropogénicas utilizando la matriz de Leopold. En cuanto a la abundancia de polímeros plásticos el PET fue el más abundante con un 28%, mientras que el HDPE fue del 2%. El peso total fue equivalente a 56 kg. Como resultado del análisis de la matriz de Leopold se obtuvo un valor promedio de -21 de la magnitud del impacto total que de acuerdo con la tabla de valoración se consideró poco significativo; donde dos de las seis acciones como la acumulación de plástico presentaron un valor crítico de -87 y la obstrucción de raíces y tallos un valor severo de -59. Por lo que se acepta la hipótesis nula, dado que estadísticamente la presencia de plásticos no tiene un impacto significativo en el ecosistema manglar de la zona de estudio. Los hallazgos de esta investigación se atribuyeron a la capacidad de adaptación del manglar frente a cierta cantidad de plástico sin mostrar efectos inmediatos o graves. Se recomienda abordar este problema para preservar su biodiversidad a largo plazo.

**Palabras clave:** Manglar, Palmar, Plástico, Contaminación.

# **EFFECTS OF THE PRESENCE OF PLASTIC IN THE MANGROVE ECOSYSTEM OF THE PALMAR COMMUNE, PROVINCE OF SANTA ELENA, ECUADOR**

**Autor:** Natalia Paola García Guillen

**Tutor:** Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

## **ABSTRACT**

The mangrove swamp of the Palmar community is an ecosystem of great ecological importance characterized by its biodiversity, as it provides habitat for numerous marine and terrestrial species. The objective is to identify the types of plastics by means of numerical systematization, estimating the affectation in the study area. To analyze the distribution of plastic, six stations of 16 m<sup>2</sup> each were established where objects > 2.5 cm were collected over a period of four months; the impact of anthropogenic activities was evaluated using the Leopold matrix. Regarding the abundance of plastic polymers PET was the most abundant with 28%, while HDPE was 2%. The total weight was equivalent to 56 kg. As a result of the analysis of the Leopold matrix, an average value of -21 was obtained for the magnitude of the total impact, which according to the valuation table was considered insignificant; where two of the six actions such as the accumulation of plastic presented a critical value of -87 and the obstruction of roots and stems a severe value of -59. Therefore, the null hypothesis is accepted, given that statistically the presence of plastics does not have a significant impact on the mangrove ecosystem in the study area. The findings of this research were attributed to the mangrove's ability to adapt to a certain amount of plastic without showing immediate or serious effects. It is recommended that this problem be addressed in order to preserve its biodiversity in the long term.

**Keywords:** Mangrove, Palmar, Plastic, Pollution.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La presencia de plásticos en los ecosistemas, incluidos los manglares, es un problema ambiental de creciente preocupación a nivel mundial (Tekman, 2022). Los manglares, como ecosistemas costeros de gran importancia ecológica, se encuentran amenazados por la acumulación de residuos plásticos, lo que puede tener efectos devastadores en su biodiversidad y funcionamiento. El propósito de este estudio es identificar los plásticos encontrados en la zona de estudio mediante la sistematización numérica determinando su impacto en el ecosistema.

Los manglares son hábitats que albergan una diversidad única de especies vegetales y animales, además de desempeñar importantes funciones ecológicas, como la protección costera, la filtración de sedimentos y la captura de carbono. Sin embargo, la presencia de plásticos en estos ecosistemas puede comprometer su salud y estabilidad a largo plazo.

La presencia de plástico en los manglares impacta negativamente tanto en la flora como en la fauna. Por un lado, afecta a las plantas de manglar al obstruir

los poros de sus raíces, dificultando la absorción de nutrientes y la respiración adecuada, lo que reduce su crecimiento y productividad, comprometiendo la estabilidad de los suelos costeros y la prevención contra la erosión (Sánchez, 2019). Por otro lado, la fauna también se ve afectada, con aves marinas, peces y otros organismos que pueden ingerir o quedar atrapados en plásticos, provocando lesiones, asfixia y, en ocasiones, la muerte. Además, la alteración de los hábitats naturales y la fragmentación de los espacios de reproducción y alimentación pueden conducir a la disminución de la abundancia y diversidad de especies, generando desequilibrios en las interacciones tróficas y en la cadena alimentaria del manglar (Contaminación por microplásticos, 2022).

Aparte de los impactos directos en la flora y fauna, la presencia de plástico en los manglares tiene implicaciones socioeconómicas significativas. Los manglares son vitales para las comunidades costeras, proporcionando recursos naturales y servicios ecosistémicos como turismo, pesca y protección costera. Sin embargo, la contaminación plástica amenaza estas actividades económicas y la subsistencia de las comunidades locales que dependen de los manglares (Banco Mundial, 2019).

La metodología empleada en este estudio incluyó un muestreo exhaustivo de la presencia de plásticos en el manglar de la Comuna Palmar. Se realizaron 8 muestreos en 6 estaciones a lo largo de las áreas manglares presentes en el estero,

durante los cuales se recolectaron muestras de residuos plásticos presentes en el suelo, en la superficie del agua y atrapados en la vegetación. Estas muestras fueron analizadas para determinar la cantidad, tipo y distribución de los residuos plásticos en el área de estudio.

Además, del muestreo de plásticos, se llevó a cabo un análisis de los efectos potenciales de la presencia de plásticos en el ecosistema manglar. Esto incluyó la evaluación del impacto en la flora y fauna local, así como en los procesos ecológicos clave, como la descomposición de la materia orgánica y el intercambio de nutrientes (Yáñez-Arancibia, 1998).

Los resultados de este estudio proporcionarán información crucial sobre la magnitud del problema de la contaminación por plásticos en el ecosistema manglar de la Comuna Palmar, así como visión sobre los posibles efectos sobre la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema. Estos hallazgos podrían servir de base para el desarrollo de estrategias de gestión y conservación dirigidas a mitigar los impactos negativos de la presencia de plásticos en este importante hábitat costero.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN

La preocupación por el impacto ambiental del plástico en los ecosistemas ha ido en aumento en las últimas décadas. Entre los ecosistemas afectados, los manglares son especialmente vulnerables debido a su biodiversidad única y su papel crucial en la estabilidad costera y la salud del medio ambiente marino (Greenpace, 2019). En este contexto, la Comuna Palmar, un área con un ecosistema manglar de importancia ecológica, se enfrenta a la problemática de la presencia de plásticos en sus entornos acuáticos. La justificación de esta investigación radica en la necesidad de comprender a fondo los efectos de la presencia de plástico en este ecosistema específico.

Los manglares, al ser un ecosistema con una gran biodiversidad, proporcionan servicios ecosistémicos esenciales que contribuyen a la mitigación de inundaciones, la captura de carbono y la provisión de hábitats para diversas especies, incluidas muchas en peligro de extinción (CPPS/UNESCO/CI/Hivos, 2016). Por lo tanto, es fundamental preservar la integridad de los manglares y garantizar su funcionamiento óptimo.

La presencia de estos desechos plantea una amenaza significativa para estos servicios ecosistémicos y para la salud general del ecosistema. Los desechos plásticos, como botellas, fundas, envases, entre otros, pueden ingresar al manglar a

través de diversas vías, incluidas las corrientes marinas y las actividades humanas locales, como la pesca y el turismo (Contaminación por microplásticos, 2022). Una vez en el manglar, estos desechos pueden tener una serie de efectos negativos; principalmente la contaminación del agua y del suelo. Los plásticos pueden liberar productos químicos tóxicos al degradarse, contaminando así los hábitats acuáticos y afectando a la flora y fauna locales (Gago, 2020). Además, los desechos plásticos pueden atrapar a los organismos, como aves marinas, peces, crustáceos y mamíferos, causando lesiones graves e incluso la muerte por asfixia, estrangulamiento o ingestión.

Otro impacto significativo es el deterioro de la calidad del hábitat. Los desechos plásticos pueden obstruir los canales naturales del manglar, afectando la circulación del agua y la oxigenación del suelo. Esto puede resultar en la pérdida de biodiversidad y la disminución de la productividad del ecosistema. Además de alterar los ciclos biogeoquímicos naturales, lo que podría tener consecuencias a largo plazo para la salud del manglar y su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos (CPPS/UNESCO/CI/Hivos, 2016).

Esta investigación es fundamental para comprender y abordar esta problemática creciente. Al identificar los impactos negativos permitiendo buscar soluciones, que puedan lograr importantes beneficios para la conservación de la biodiversidad, la restauración del ecosistema, la sensibilización ambiental y la

colaboración comunitaria. Estos aspectos positivos son esenciales para garantizar la salud y la sostenibilidad de este valioso ecosistema costero y para promover un futuro más próspero para las generaciones venideras. Por ejemplo, los resultados del estudio podrían respaldar la implementación de políticas y regulaciones más estrictas para reducir la introducción de plásticos en el manglar y promover prácticas de gestión de residuos más sostenibles (Tekman, 2022).

Al mismo tiempo, el estudio puede generar conciencia pública sobre los impactos ambientales del plástico en los manglares. La divulgación de los resultados y la comunicación efectiva de la información científica pueden sensibilizar a la comunidad y generar cambios hacia un uso más responsable de los plásticos. Esto puede incluir la reducción del consumo de plásticos de un solo uso, la promoción del reciclaje y la adopción de prácticas sostenibles en la vida diaria. Mediante la implementación de investigaciones y estrategias de gestión adecuadas, es posible reducir los impactos y preservar la salud y la función de los manglares para las generaciones futuras.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar los tipos de plásticos encontrados en la zona de estudio mediante la sistematización numérica determinando su impacto en el ecosistema manglar.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los tipos de plásticos encontrados en las estaciones muestreadas caracterizando composición y color.
- Analizar el total de plástico por estación mediante histogramas.
- Estimar la afectación por plástico en el ecosistema manglar, mediante la matriz de Leopold.

## **1.3 HIPÓTESIS**

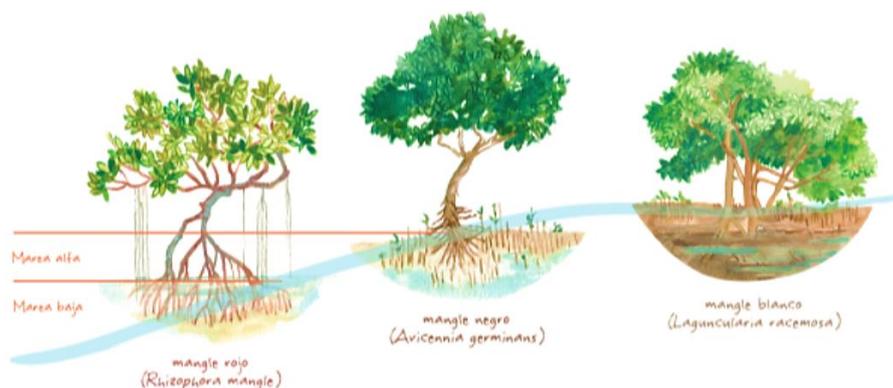
**H0:** La presencia de plásticos no tiene un impacto significativo en el ecosistema manglar de la zona de estudio.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

### 2.1 GENERALIDADES DEL MANGLAR

Los Bosques de Manglar son ecosistemas caracterizados por la presencia predominante de diversas especies de mangles (Figura 1). Estos árboles o arbustos están adaptados para sobrevivir en ambientes salinos, gracias a sus raíces aéreas especializadas llamadas neumatóforos. Los manglares prosperan en zonas costeras de climas tropicales húmedos, especialmente en áreas cercanas a estuarios, lagunas costeras y desembocaduras de ríos y arroyos (MAE; FAO, 2014).



**Figura 1.** Zonación del manglar

**Fuente:** Grupo Jaragua, Inc. (2022)

## **2.2 ECOSISTEMA MANGLAR**

Los manglares son formaciones vegetales adaptadas a la vida en ambientes que se caracterizan por la alternancia entre condiciones acuáticas y terrestres, compuestas mayormente por árboles y arbustos resistentes a la salinidad. Estos bosques se desarrollan en áreas costeras a nivel del mar, cercanas a estuarios y desembocaduras de ríos, influenciados directamente por las mareas. Su nombre proviene de la especie vegetal predominante, conocida como "mangle".

La importancia de los manglares radica en su capacidad para proporcionar una amplia gama de recursos vitales, como agua, alimentos, forraje, medicinas y miel. Además, sirven como hábitats para una variedad de especies, incluyendo cocodrilos, serpientes, aves y otros animales. También albergan una diversidad de peces y mariscos, contribuyendo a la seguridad alimentaria de las comunidades locales (MAE; FAO, 2014).

Además de su valor biológico, los manglares desempeñan un papel crucial en la protección de los arrecifes de coral al atrapar los sedimentos provenientes de tierras altas, previniendo así la sedimentación y manteniendo la salud de estos frágiles ecosistemas marinos (MAE; FAO, 2014). Por ello, los manglares son ecosistemas vitales y multifuncionales que proporcionan una amplia gama de

beneficios tanto para la vida silvestre como para las comunidades humanas que dependen de ellos.

Los manglares son ecosistemas costeros que desempeñan un papel crucial en la salud y estabilidad de los ambientes marinos y terrestres. Su importancia radica en una serie de funciones ecológicas y servicios ecosistémicos que proporcionan; en primer lugar, actúan como barreras naturales contra la erosión costera y protegen las zonas costeras de la acción de las olas y tormentas, contribuyendo así a la prevención de la pérdida de tierras y la inundación de áreas habitadas.

La estructura de las raíces y troncos de los manglares proporciona un ambiente propicio para la cría, alimentación y protección de numerosas especies, lo que los convierte en importantes áreas de reproducción y crianza para muchas especies marinas comerciales y en peligro de extinción (MAE; FAO, 2014).

## 2.3 ESPECIES DE MANGLE DEL ESTERO DE PALMAR

### a) *Rhizophora mangle* (Mangle rojo)



**Figura 2.** *Rhizophora mangle*

**Fuente:** Conabio (2021)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rhizophorales

Familia: Rhizophoraceae

Género: *Rhizophora*

Especie: *mangle*

El mangle rojo presenta diversas características que lo distinguen en su hábitat costero. En cuanto a su tamaño, este árbol varía, alcanzando alturas de entre 10 y 20 metros, con un diámetro del tronco que suele oscilar entre 10 y 30 centímetros; anualmente su crecimiento es de 1 a 1.5 metros. En condiciones óptimas como la presencia de aguas con salinidad entre 25 y 35 ppm, suelos lodosos y blandos, temperaturas cálidas que oscilan entre los 20°C y los 30°C y disponibilidad de luz solar.

Una característica distintiva del mangle rojo son sus raíces fúlcreas o zancudas, largas y curvadas, también conocidas como raíces aéreas. Estas raíces pueden extenderse ampliamente, convirtiendo los bosques de *Rhizophora mangle* en densos y difíciles de penetrar (Figura 2).

El tallo del mangle rojo es robusto y presenta una corteza de color gris a marrón oscuro. Los tallos jóvenes son lisos, pero con el tiempo se vuelven rugosos y escamosos. En términos anatómicos, el tallo contiene estructuras internas adaptadas para soportar condiciones extremas, como la presencia de xilema secundario bien desarrollado que facilita el transporte de agua y nutrientes (Menezes, 2006). Las hojas son simples, opuestas y de color verde brillante, con una forma elíptica a oblonga. Estas hojas están adaptadas para minimizar la pérdida de agua y soportar la salinidad alta, aunque la planta no posee glándulas

desalinizadoras, lo que limita su tolerancia a condiciones de salinidad extrema (Chan-Keb et al., 2018).

Las flores de *Rhizophora mangle* son de color blanco o amarillento, y se agrupan en inflorescencias axilares. Estas flores producen propágulos vivíparos, lo que significa que las semillas germinan mientras aún están adheridas a la planta madre. Este proceso permite que los propágulos ingresen al agua y floten hasta encontrar un lugar adecuado para echar raíces (Menezes, 2006). La producción de estas estructuras es crucial para la dispersión y la colonización de nuevas áreas, garantizando la supervivencia y expansión de la especie en sus hábitats naturales.

Estos ecosistemas desempeñan un papel crucial como hábitat para numerosas especies marinas y aves, y también contribuyen a proteger la línea costera contra la erosión y los efectos de las tormentas (Allen, 2014).

**b) *Avicennia germinans* (Mangle negro)**



**Figura 3.** *Avicennia germinans*

**Fuente:** Conabio, (2021)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Avicennia*

Especie: *germinans*

*Avicennia germinans*, comúnmente conocido como mangle negro, es una especie de mangle que se encuentra en las regiones costeras tropicales y subtropicales de América. Esta planta presenta una serie de características específicas en sus raíces, tallos, hojas y flores, adaptadas para sobrevivir en ambientes salinos y pantanosos.

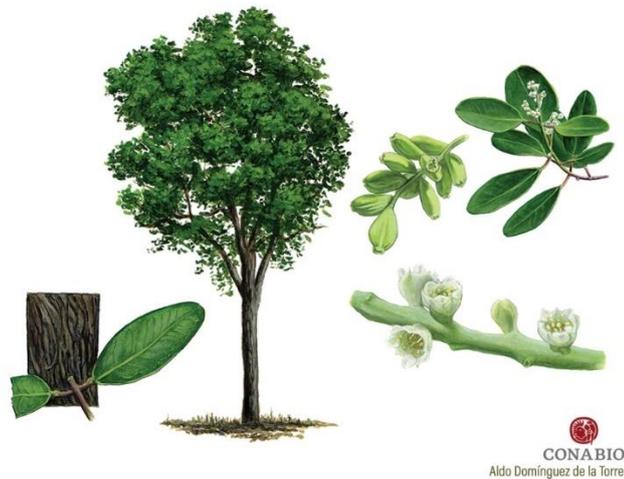
En cuanto a sus raíces, *Avicennia germinans* desarrolla raíces aéreas llamadas neumatóforos que emergen del suelo y permiten la absorción de oxígeno en suelos inundados. Estas raíces también contribuyen a la estabilidad de la planta en terrenos pantanosos. El tallo de esta especie es erecto, leñoso y ramificado, con una altura que puede alcanzar hasta los 15 metros y diámetros de 30 a 50 cm o más.

Las hojas son opuestas, simples, coriáceas y ovaladas, con una longitud de 5-10 centímetros. Presentan una adaptación especial llamada excreción de sal, donde las glándulas especializadas en la base de las hojas eliminan el exceso de sal, permitiendo así que la planta sobreviva en suelos salinos (Figura 3). Las flores de esta especie son pequeñas y de color blanco o amarillo pálido, agrupadas en inflorescencias. La floración ocurre durante todo el año.

En cuanto a su hábitat, el mangle negro suele estar en áreas con salinidad entre 20 y 50 ppm, pero puede tolerar rangos más amplios, de 5 a 90 ppm. Frecuentemente está expuesto a mareas altas; al igual que, temperaturas cálidas,

entre 20°C y 30°C. Se adapta a una amplia gama de suelos, desde arenas hasta limos, siempre que estén saturados o inundados con agua salada o salobre (Jimenez, 2014).

**c) *Laguncularia racemosa* (Mangle blanco)**



**Figura 4.** *Laguncularia racemosa*

**Fuente:** Conabio (2021)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Myrtales

Familia: Combretaceae

Género: *Laguncularia*

Especie: *racemosa*

*Laguncularia racemosa*, comúnmente conocido como mangle blanco, es una especie de mangle que se encuentra en los manglares de regiones tropicales y subtropicales de América. Esta planta presenta una serie de características específicas que la adaptan a su entorno único en las zonas costeras.

Presenta un sistema extensivo de raíces aéreas y subterráneas, que ayudan a estabilizar la planta en suelos fangosos y facilitan la captación de oxígeno en ambientes inundados, se caracteriza por tener raíces que se extienden radialmente desde el tronco. Estas raíces desarrollan neumatóforos, proyecciones que sobresalen del suelo y que tienen una orientación geo-trópica negativa. A pesar de que estos neumatóforos no son tan prominentes como en otras especies, tienden a agruparse cerca del tronco. Inicialmente, emergen como estructuras sólidas desde la raíz, pero posteriormente se bifurcan cerca de la superficie (Jimenez, 2014).

Los tallos son gruesos y leñosos, con una corteza grisácea que protege contra la erosión y el daño físico. La altura de esta especie puede variar, alcanzando en promedio entre 3 y 18 metros de altura.

Las hojas son simples, opuestas y ovaladas, con un color verde brillante en el haz y más pálido en el envés. Estas hojas tienen una adaptación especial para tolerar la salinidad (25 y 50 ppm), ya que cuentan con glándulas especializadas para eliminar el exceso de sal. Las flores son pequeñas y blancas, agrupadas en racimos

terminales. La floración ocurre durante la temporada de lluvias y es seguida por la formación de frutos en forma de cápsulas (Figura 4).

En cuanto a las condiciones ambientales, *Laguncularia racemosa* prospera en suelos fangosos y lodosos con alto contenido de nutrientes, típicos de los manglares (N, P, K, Ca, Mg, Fe). Tolera una amplia gama de salinidad, desde agua dulce hasta agua salobre, lo que le permite colonizar áreas cercanas a la desembocadura de ríos y estuarios. Prefiere temperaturas cálidas, entre 20°C y 30°C, y no tolera heladas.

La presencia de *Laguncularia racemosa* contribuye significativamente a la estabilidad de los ecosistemas costeros al reducir la erosión, proporcionar hábitat y servir como vivero para diversas especies marinas. Su adaptación única a las condiciones del manglar la convierte en una planta esencial para la salud y la biodiversidad de estos ecosistemas (Jimenez, 2014).

### **2.3.1 Efectos del plástico en el manglar**

Los manglares, conocidos por su biodiversidad única y su papel crucial en la protección de la costa contra la erosión y las tormentas, se ven amenazados por la acumulación de desechos plásticos. La presencia de plásticos en el suelo y el agua

de los manglares altera los procesos naturales, como la respiración de las raíces y la filtración de nutrientes, lo que afecta negativamente el crecimiento y la supervivencia de las plantas y animales que dependen de este hábitat.

La ingestión accidental de plásticos por parte de la fauna local también es común, lo que puede causar obstrucciones internas, toxicidad y muerte en los organismos que forman parte de la red trófica del manglar (López & López, 2021). En última instancia, la contaminación por plásticos amenaza la integridad de los manglares como refugio vital para una amplia variedad de especies y socava su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades humanas y la biodiversidad costera.

## **2.4 PLÁSTICOS**

El plástico, es un compuesto sintético o semisintético a base de polímeros, por ello, tiene una gran capacidad para ser moldeado según las necesidades específicas. Su naturaleza liviana y resistente lo convierte en un material muy utilizado en varias aplicaciones, desde envases esterilizados hasta textiles. Aunque la mayoría de los plásticos se derivan de recursos no renovables como los combustibles fósiles, ciertos tipos modernos están elaborados a partir de materiales renovables como el maíz (Doshi, 2023).

En el año 2022, en Ecuador se produjeron 627 mil toneladas de residuos plásticos municipales. Sin embargo, solo el 52% de estos residuos fueron dispuestos en vertederos siguiendo las normativas técnicas y de gestión ambiental correspondientes. Además, se registró un nivel de circularidad del 8% para el país durante ese periodo (Global Plastic Action Partnership, 2024).

## **2.5 MECANISMOS DE DESCOMPOSICIÓN**

Los plásticos experimentan diversos mecanismos de degradación en el medio ambiente, que incluyen foto-degradación, degradación termo-oxidativa, degradación hidrolítica y biodegradación por microorganismos. Estos procesos son notablemente lentos, y puede tardar más de 50 años en completarse. Es importante señalar que la degradación se ve afectada por factores como la temperatura, la disponibilidad de oxígeno y la presencia de agua. Por ejemplo, la foto-degradación se reduce significativamente en el agua de mar debido a las condiciones ambientales, y la hidrólisis de la mayoría de los polímeros es mínima en el océano (Webb et al., 2013).

**Tabla 1.** Mecanismos de degradación del plástico en el medio ambiente

<b>Mecanismos de degradación del plástico</b>	<b>Factores que afectan la degradación</b>	<b>Descripción</b>
Foto-degradación	Luz solar, disponibilidad de oxígeno.	Iniciada por la luz ultravioleta solar, incorpora átomos de oxígeno en el polímero, volviéndolo quebradizo y fragmentándolo en partículas más pequeñas.
Degradación termo-oxidativa	Temperatura, presencia de oxígeno.	Proceso que implica la degradación de plásticos a altas temperaturas en presencia de oxígeno.
Degradación hidrolítica	Presencia de agua.	Descomposición del plástico a través de la reacción con el agua.
Biodegradación por microorganismos	Peso molecular del polímero, actividad microbiana, temperatura, disponibilidad de oxígeno y agua.	Los microorganismos metabolizan los fragmentos del polímero, convirtiendo el carbono del plástico en dióxido de carbono o incorporándolo en biomoléculas.

**Fuente:** Webb et al. (2013)

## **2.6 CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICO**

La presencia de desechos plásticos en el medio marino conlleva consecuencias adversas para los ecosistemas, la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia de las comunidades.

Una de las principales amenazas asociadas con la contaminación plástica es el riesgo de enredo e ingestión para la vida marina. Desde el zooplancton más diminuto hasta los mamíferos marinos de mayor tamaño, prácticamente todas las especies se ven expuestas a residuos plásticos en algún momento de su ciclo vital. El enredo en objetos como cuerdas, redes de pesca y aparejos descartados puede provocar lesiones graves e incluso la muerte de diversos animales marinos. Del mismo modo, la ingestión de plásticos a lo largo de la cadena alimentaria puede ocasionar fallecimientos y afectar negativamente funciones fisiológicas fundamentales, tales como la nutrición, el crecimiento, el comportamiento y la reproducción (IUCN, 2022).

### **2.6.1 Contaminación por la descomposición de plástico**

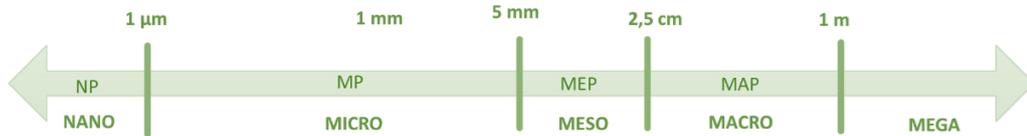
La contaminación resultante de la descomposición de plásticos es un grave problema ambiental que impacta a los ecosistemas terrestres y acuáticos a nivel global. A medida que los plásticos se descomponen, liberan una variedad de

productos químicos tóxicos que contaminan el suelo y los cuerpos de agua, comprometiendo la salud de la vida silvestre y de las comunidades humanas (Dey, 2023). Además, los fragmentos de plástico resultantes, conocidos como micro plásticos, son extremadamente persistentes en el medio ambiente y pueden acumularse en grandes cantidades, causando daños a largo plazo en los hábitats naturales y en las cadenas alimentarias.

La descomposición de plásticos también contribuye al fenómeno de la basura marina, con micro plásticos dispersándose en los océanos y cuerpos de agua, afectando negativamente a la vida marina y al equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Estos diminutos fragmentos de plástico pueden ser ingeridos por organismos marinos, desde el plancton hasta especies más grandes como tortugas y aves marinas, causando obstrucciones internas, problemas de salud y posiblemente la muerte. Asimismo, los micro plásticos pueden adsorber y transportar contaminantes químicos persistentes, lo que aumenta la exposición de la vida marina a sustancias peligrosas y plantea riesgos para la salud humana cuando estos organismos ingresan a la cadena alimentaria.

### **2.6.2 Tamaño del plástico**

Diferentes tamaños en los que se pueden encontrar los plásticos, desde los micro plásticos hasta los macro desperdicios.



**Figura 5.** Escala de tamaño para los plásticos

**Fuente:** Castañeta et al. (2020)

La contaminación plástica en el medio ambiente se clasifica según el tamaño de los residuos plásticos, lo que ayuda a entender mejor su impacto y persistencia (Figura 5). A continuación, se organiza y detallan los desechos plásticos en distintas categorías basadas en sus dimensiones.

**Tabla 2.** Jerarquía de tamaño en la contaminación plástica

Tamaño	Descripción
Nano	Partículas de 1 µm.
Micro	Fragmentos de 1 mm de longitud, como micro perlas y partículas.
Meso	Fragmentos de tamaño intermedio, entre 5 mm y 2,5 cm de longitud, como trozos de cuerda, redes de pesca, etc.
Macro	Objetos plásticos mayores a 2,5 cm de longitud, como botellas, bolsas, tapas, envases, etc.
Mega	Objetos de plástico grandes de 1 m de longitud.

**Fuente:** Castañeta et al. (2020)

### 2.6.3 Color del plástico

En la Tabla 3 se proporciona una idea general de los colores comunes del plástico y su composición.

**Tabla 3.** Composición de los pigmentos del plástico

Color	Composición
Amarillo	Óxido de hierro, Cromatos de plomo
Naranja	Sulfuro de cadmio
Azul	Óxido metálico
Blanco	Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )
Café	Cromo/Óxido de hierro
Gris	Combinación de Carbon Black y Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )
Negro	Carbón Black (combustión incompleta de hidrocarburos pesados como el petróleo)
Rojo	Óxido de hierro
Transparente	No se utilizan pigmentos
Verde	Óxidos metálicos mixtos a base de cobalto
Violeta	Violeta de manganeso

**Fuente:** SpecialChem (2018)

### 2.6.4 Clasificación según sus propiedades físicas

Se presenta una comparativa detallada entre las 3 categorías de materiales plásticos termoestables, termoplásticos y elastómeros, categorizándolos según sus propiedades físicas resaltando sus diferencias fundamentales.

**Tabla 4.** Propiedades físicas de los plásticos

<b>Propiedad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Termoestables</b>	Son polímeros que, una vez moldeados y endurecidos por calor, no pueden ser modificados ni moldeados nuevamente, lo que les confiere capacidad para mantener su forma y tamaño bajo diferentes condiciones ambientales, como cambios de temperatura, humedad o presión.	Fundas, botellas para bebidas, contenedores, envases alimenticios.
<b>Termoplásticos</b>	Son polímeros que pueden moldearse y modificarse repetidamente mediante la aplicación de calor, lo que les confiere flexibilidad y facilidad de procesamiento en diversas aplicaciones industriales y de consumo.	Embarcaciones, fibras, tejidos, material deportivo.
<b>Elastómeros</b>	Se caracterizan por su capacidad de estirarse hasta ocho veces su tamaño original y recuperar su forma inicial cuando la tensión disminuye. Además, tienden a experimentar degradación a temperaturas moderadas.	Artículos de goma, neumáticos.

**Fuente:** Reyes (2021)

## **2.7 LIBERACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS POR EL PLÁSTICO**

### **2.7.1 Bisfenol A**

Es un compuesto orgánico muy utilizado en la elaboración de policarbonato y resinas por su capacidad para dar resistencia y durabilidad a los materiales plásticos. Por ejemplo, se emplea en la fabricación de dispensadores de agua, recipientes para almacenamiento y botellas reutilizables. Además, se utiliza en la producción de resinas epóxicas que se emplean para fabricar recubrimientos protectores, láminas para latas, y envases de alimentos y bebidas (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2023).

### **2.7.2 Grado de afectación**

En el caso de la flora y fauna, numerosos estudios han evidenciado que el BPA puede ocasionar efectos adversos significativos. En la flora, el BPA puede afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas al interferir con su sistema hormonal y metabólico. Se ha observado que la exposición al BPA puede inhibir la germinación de semillas, reducir la tasa de crecimiento de las plántulas y alterar la morfología y fisiología de las plantas adultas. Además, estudios han mostrado que el BPA puede alterar la expresión de genes relacionados con el estrés oxidativo, la fotosíntesis y la respuesta al agua, lo que puede comprometer la capacidad de las plantas para adaptarse a cambios ambientales (Torres et al., 2021).

En cuanto a la fauna, el BPA puede tener efectos nocivos en una amplia gama de organismos, desde invertebrados acuáticos hasta mamíferos terrestres. En los ecosistemas acuáticos, la exposición al BPA ha sido asociada con disfunciones en la reproducción y desarrollo de organismos acuáticos, incluyendo peces, anfibios e invertebrados. Se ha demostrado que el BPA afecta la fertilidad, el comportamiento reproductivo y la salud hormonal de estos organismos. Además, en mamíferos terrestres, se ha observado que la exposición al BPA está vinculada a trastornos del sistema endocrino, alteraciones en la función reproductiva y problemas de desarrollo en la descendencia (Torres et al., 2021).

### **2.7.3 Posible Remediación**

La reducción ambiental o eliminación de un compuesto hasta un nivel no tóxico del aire, agua y suelo ha sido una de las principales preocupaciones mostradas por numerosos investigadores en las últimas décadas. En la gestión de la calidad del agua, la fitorremediación ha sido acogida como una de las mejores técnicas disponibles debido a su efectividad económica, sostenibilidad ecológica; al igual que, degradar, eliminar, transformar y estabilizar contaminantes orgánicos o inorgánicos del aire, agua y suelo (Sarkar & Roy, 2020).

#### **2.7.4 Pigmentos orgánicos e inorgánicos**

Los pigmentos orgánicos, en contraste, están basados en compuestos de carbono y suelen derivar de fuentes vegetales y animales, así como de síntesis química. La implementación de pigmentos orgánicos modernos comenzó en el siglo XIX con el desarrollo de la química orgánica. Un avance significativo en esta área fue el descubrimiento de la malveína (morado) en 1856 por William Henry Perkin, el primer colorante orgánico sintético, que marcó el inicio de la industria de los colorantes sintéticos (Travis, 1993).

Los pigmentos inorgánicos son compuestos derivados de minerales y otros materiales inorgánicos. Estos pigmentos han sido utilizados desde tiempos prehistóricos, como lo evidencian las pinturas rupestres que datan de más de 30,000 años. Los pigmentos inorgánicos son conocidos por su estabilidad y durabilidad, características que los hacen ideales para aplicaciones donde la resistencia a la luz y a los agentes químicos es crucial (Faulkner & Schwartz, 2009).

El óxido de hierro, el dióxido de titanio y el sulfato de bario son los pigmentos inorgánicos más destacados. Estos pigmentos se caracterizan por su opacidad y capacidad para proporcionar colores brillantes y consistentes. Por ejemplo, el dióxido de titanio es ampliamente utilizado en pinturas blancas debido

a su alta capacidad de dispersión de la luz, lo que le permite producir colores claros y luminosos (Pfaff, 2022)

## **2.8 CONTAMINANTES EMERGENTES**

Los contaminantes emergentes son sustancias químicas, compuestos o productos presentes en el medio ambiente, especialmente en el agua, el suelo o el aire, y que no han sido tradicionalmente considerados como contaminantes o no han sido regulados como tales. Estos compuestos pueden provenir de una variedad de fuentes, como residuos industriales, productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, productos químicos agrícolas, entre otros (Pachés, 2020).

Lo que hace que estos contaminantes sean "emergentes" es que su presencia y potencial impacto ambiental y en la salud humana se están reconociendo cada vez más, aunque aún no se comprenden completamente. A menudo, los avances en tecnología analítica permiten detectar estas sustancias en concentraciones muy bajas en el medio ambiente (Sánchez, 2019). Algunos ejemplos de contaminantes emergentes incluyen productos farmacéuticos y sus metabolitos, productos químicos industriales, productos de cuidado personal como los filtros UV, y subproductos de desinfección como los subproductos de cloro.

Debido a su naturaleza y a menudo a sus efectos desconocidos, los contaminantes emergentes representan un desafío para la gestión ambiental y la salud pública, ya que pueden tener impactos adversos en los ecosistemas acuáticos, la vida silvestre y la salud humana.

## **2.9 MATRIZ DE LEOPOLD**

### **2.9.1 Introducción a la Matriz de Leopold**

#### **a) Definición y Origen**

La matriz de Leopold (ML) fue creada por el ingeniero Luna Leopold en la década de 1970 como parte del enfoque de sistemas en la gestión de recursos naturales (GreenProgress, 2024). La ML proporciona un marco para analizar diferentes impactos ambientales. Este análisis no genera un resultado cuantitativo, sino que produce una serie de juicios de valor. Su objetivo principal es asegurar que los impactos de diversas acciones sean evaluados y adecuadamente considerados durante la fase de planificación del proyecto (Ponce, s.f.).

Las matrices causa-efecto son herramientas utilizadas para identificar impactos ambientales. Estas matrices están estructuradas en tablas de doble entrada, donde se enumeran las acciones que pueden causar alteraciones y los elementos ambientales que pueden ser afectados. La matriz de Leopold, una de las más reconocidas, incluye cien acciones que pueden relacionarse con ochenta y ocho factores ambientales (Figura 6 y 7). Este método, desarrollado inicialmente para el

Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos, fue el primer sistema formalizado para evaluaciones de impacto ambiental, específicamente para una mina de fosfatos. Es importante señalar que la matriz de Leopold actúa más como un sistema de información e identificación de impactos, en lugar de ser un método de evaluación en sí mismo (Verd, 2000).

<b>Factores ambientales</b>	
<p><b>A. CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS</b></p> <p>1. TIERRA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Recursos minerales</li> <li>b. Materiales de construcción</li> <li>c. Suelos</li> <li>d. Geomorfología</li> <li>e. Campos magnéticos o radioactividad de fondo</li> <li>f. Factores físicos singulares</li> </ul> <p>2. AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Continentales</li> <li>b. Marinas</li> <li>c. Subterráneas</li> <li>d. Calidad</li> <li>e. Temperatura</li> <li>f. Recarga de acuíferos</li> <li>g. Nieve, hielo y heladas</li> </ul> <p>3. ATMÓSFERA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Calidad</li> <li>b. Clima (macro y micro)</li> <li>c. Temperatura</li> </ul> <p>4. PROCESOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Inundaciones</li> <li>b. Erosión</li> <li>c. Deposición (sedimentación y precipitación)</li> <li>d. Solución</li> <li>e. Sorción (intercambio de iones)</li> <li>f. Compactación y asentamiento</li> <li>g. Estabilidad</li> <li>h. Sismología (terremotos)</li> <li>i. Movimientos de aire (vendavales y tempestades)</li> </ul> <p><b>B. CONDICIONES BIOLÓGICAS</b></p> <p>1. FLORA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Árboles</li> <li>b. Arbustos</li> <li>c. Hierbas</li> <li>d. Cosechas agrarias</li> <li>e. Microflora</li> <li>f. Plantas acuáticas</li> <li>g. Especies en peligro</li> <li>h. Barreras y obstáculos</li> <li>i. Corredores biológicos</li> </ul> <p>2. FAUNA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Aves</li> <li>b. Animales terrestres</li> <li>c. Peces y moluscos</li> <li>d. Organismos bentónicos</li> <li>e. Insectos</li> <li>f. Microfauna</li> <li>g. Especies en peligro</li> <li>h. Barreras i corredores</li> </ul>	<p><b>C. FACTORES SOCIALES</b></p> <p>1. USO DEL TERRITORIO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Espacios abiertos y salvajes</li> <li>b. Zonas húmedas</li> <li>c. Silvicultura</li> <li>d. Pastos</li> <li>e. Agricultura</li> <li>f. Zona residencial</li> <li>g. Zona comercial</li> <li>h. Zona industrial</li> <li>i. Minas y canteras</li> </ul> <p>2. RECREATIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Caza</li> <li>b. Pesca</li> <li>c. Navegación</li> <li>d. Baño y natación</li> <li>e. Acampada</li> <li>f. Excursionismo</li> <li>g. Zonas recreativas</li> </ul> <p>3. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Vistas panorámicas y paisaje</li> <li>b. Naturaleza</li> <li>c. Espacios abiertos</li> <li>d. Factores físico singulares</li> <li>e. Parques y reservas</li> <li>f. Monumentos</li> <li>g. Especies o ecosistemas especiales</li> <li>h. Lugares históricos o arqueológicos</li> <li>i. Disarmonias</li> </ul> <p>4. NIVEL CULTURAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Estilos de vida y referentes culturales</li> <li>b. Salud y seguridad</li> <li>c. Trabajo y ocupación laboral</li> <li>d. Densidad de población</li> </ul> <p>5. SERVICIOS E INFRAESTRUCTURAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Estructuras</li> <li>b. Red de transportes</li> <li>c. Red de servicios</li> <li>d. Eliminación de residuos sólidos</li> <li>e. Barreras</li> <li>f. Corredores</li> </ul> <p><b>D. RELACIONES ECOLÓGICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Salinización de acuíferos</li> <li>b. Eutrofización</li> <li>c. Vectores enfermedades-insectos</li> <li>d. Cadenas alimentarias</li> <li>e. Salinización de suelos</li> <li>f. Invasión de especies</li> <li>g. Otros</li> </ul>

**Figura 6.** Factores ambientales

**Fuente:** Verd, 2000

<b>Acciones antrópicas</b>	
<b>A. MODIFICACIONES</b>	12. Alimentación
1. Introducción de fauna y/o flora exótica	13. Aserradoras y explotación de maderas
2. Controles biológicos	14. Celulosa y papel
3. Modificaciones de hábitat	15. Almacenamiento de productos
4. Alteraciones de la cobertera terrestre	<b>E. ALTERACIONES DEL TERRENO</b>
5. Alteraciones de la hidrología	1. Control de erosión
6. Alteraciones del drenaje	2. Minas cerradas y vertederos controlados
7. Controles y modificaciones de flujo de ríos	3. Minas abiertas
8. Canalización	4. Paisaje
9. Regadíos	5. Dragado de puertos
10. Modificaciones del clima	6. Aterramientos y drenajes
11. Incendios	<b>F. RECURSOS RENOVABLES</b>
12. Pavimentación de superficies	1. Repoblación forestal
13. Ruidos y vibraciones	2. Gestión y control de la vida natural
<b>B. TRANSFORMACIONES DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN</b>	3. Recarga de acuíferos
1. Urbanización	4. Abonos
2. Emplazamientos industriales y de edificios	5. Reciclaje de residuos
3. Aeropuertos	<b>G. CAMBIOS EN EL TRÁFICO</b>
4. Autopistas y puentes	1. Ferrocarril
5. Carreteras y caminos	2. Automóvil
6. Vías férreas	3. Camiones
7. Cables y elevadores	4. Barcos
8. Líneas de transmisión, oleoductos y corre-dores	5. Tráfico fluvial
9. Barreras y paredes	6. Deportes nauticos
10. Dragados	7. Caminos
11. Revestimiento de canales	8. Telesillas y telecabinas
12. Canales	9. Comunicaciones
13. Presas y embalses	10. Oleoductos
14. Escolleras, diques, puertos deportivos y ter-minales marítimas	<b>H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESI-DUOS</b>
15. Estructuras en alta mar	1. Vertidos en el mar
16. Estructuras de ocio	2. Vertederos
17. Voladuras y perforaciones	3. Situación de residuos mineros
18. Desmontes y rellenos	4. Almacenamiento subterráneo
19. Túneles y estructuras subterráneas	5. Cementerio de vehículos
<b>C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS</b>	6. Descarga de pozos de petróleo
1. Voladuras y perforaciones	7. Situación de sondeos profundos
2. Excavaciones superficiales	8. Descargas de agua caliente
3. Excavaciones subterráneas	9. Vertido de residuos municipales
4. Perforación de pozos	10. Vertido de efluentes líquidos
5. Transporte de fluidos	11. Balsas de estabilización y oxidación
6. Dragados	12. Fosas sépticas comerciales y domésticas
7. Explotación forestal	13. Emisiones de gases residuales
8. Pesca comercial y caza	14. Lubricantes usados
<b>D. PROCESOS</b>	<b>I. TRATAMIENTO QUÍMICO</b>
1. Granjas	1. Fertilización
2. Ganadería y pastos	2. Descongelación química de autopistas
3. Abonos	3. Estabilización química del suelo
4. Industrias lácteas	4. Control de malas hierbas y vegetación silvestre
5. Generación energía eléctrica	5. Pesticidas
6. Mineralurgia	<b>J. ACCIDENTES</b>
7. Metalurgia	1. Explosiones
8. Industria química	2. Escapes y fugas
9. Industria textil	3. Fallos de funcionamiento
10. Automoviles y aviones	
11. Refinerías	

**Figura 7.** Acciones antrópicas

Fuente: Verd, 2000

## 2.9.2 Estructura de la Matriz de Leopold

### a) Componentes de la Matriz

En la tabla 5 se detallan los dos ejes de la matriz, uno para las acciones del proyecto y otro para los factores ambientales.

**Tabla 5.** Componentes de la matriz

<b>Componentes</b>	<b>Descripción</b>
<b>Acciones del proyecto</b>	Son las actividades que se llevarán a cabo en el proyecto y que pueden tener un impacto ambiental.
<b>Factores ambientales</b>	Son los componentes del medio ambiente que pueden ser afectados por las acciones del proyecto. La matriz de Leopold considera 88 factores ambientales.
<b>Celdas de la matriz</b>	Cada celda de la matriz representa la intersección entre una acción del proyecto y un factor ambiental.

Fuente: GreenProgress, 2024

## b) Criterios de Evaluación

En la tabla 6 se describen los criterios de evaluación utilizados en la matriz.

**Tabla 6.** Magnitud e importancia

<b>Elementos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rango</b>
<b>Magnitud del impacto</b>	Se asigna un valor que puede ser cualitativo o semi-cuantitativo, basado en juicios de expertos.	$\pm 1$ a 10
<b>Importancia del impacto</b>	Se asigna un valor que refleja la relevancia o significancia del efecto sobre el medio ambiente.	1 a 10

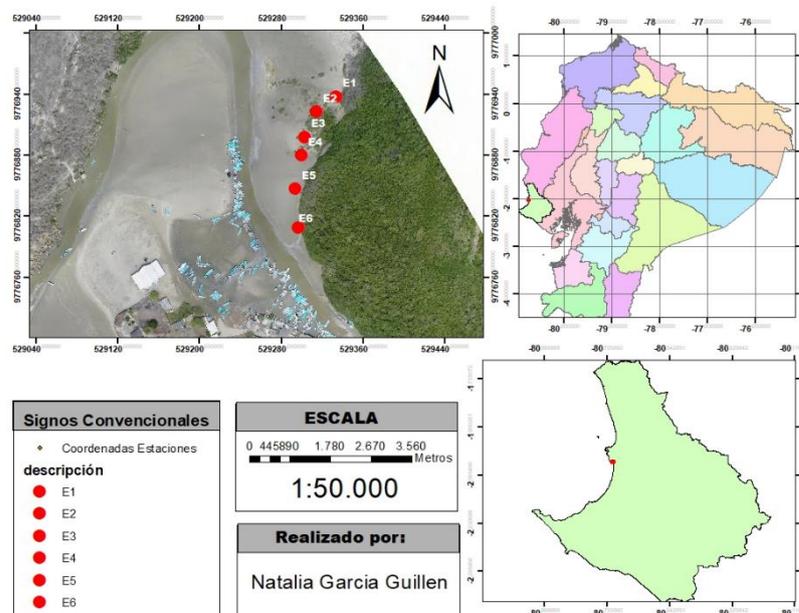
Fuente: GreenProgress, 2024

# CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA

### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en la Comuna Palmar con Latitud: -2.03333 y Longitud: -80.7333 perteneciente a la Parroquia Colonche, el cual se encuentra ubicado en el Cantón Santa Elena; sus límites son: al norte, Ayangue; al sur, Jambelí; al este, Colonche; y, al oeste Océano Pacífico. El manglar ocupa una extensión aproximada de 43.85 Ha. (Solano, 2015).



**Gráfico 1.** Ubicación geográfica de la Comuna Palmar

El área total del presente estudio es de 96 m<sup>2</sup>; el cual se dividirá en 6 estaciones, con una separación de 50 metros respectivamente (Gráfico 1). Se realizaron 2 muestreos por mes durante cuatro meses por lo que se ejecutaron 8 muestreos en total.

### 3.1.1 Estaciones de muestreo

En la tabla 7 se observan las coordenadas geográficas de las estaciones muestreadas.

**Tabla 7.** Coordenadas de las estaciones de muestreo

Estaciones	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
<b>E1</b>	2°01'05.1"S	80°44'10.4"W
<b>E2</b>	2°01'05.6"S	80°44'11.0"W
<b>E3</b>	2°01'06.4"S	80°44'11.4"W
<b>E4</b>	2°01'07.0"S	80°44'11.5"W
<b>E5</b>	2°01'08.1"S	80°44'11.7"W
<b>E6</b>	2°01'09.3"S	80°44'11.6"W

Fuente: Garcia, 2024

## 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

### 3.2.1 Descriptiva

El presente estudio es de tipo descriptivo; según Tamayo y Tamayo (2006), el tipo de investigación descriptiva implica describir, registrar, analizar e interpretar

la composición o proceso de características y fenómenos contemporáneos; la atención se centra en los hallazgos clave o en cómo funcionan los individuos, los grupos y las cosas en el presente.

### **3.3 MÉTODOLÓGÍA**

#### **3.3.1 Método de campo**

Según Palella et al., la investigación de campo implica recopilar datos directamente del lugar de estudio sin manipular ni controlar variables. Estudia los fenómenos sociales en el medio natural; los investigadores no manipulan las variables porque se pierde el entorno de naturalidad en el que surgieron las variables.

#### **3.3.2 Observación directa**

El método de observación directa permitió detectar y registrar la presencia de plásticos, en el que se inspeccionó visualmente las estaciones para identificar y cuantificar los plásticos.

### **3.3.3 Método cuadrante**

De acuerdo con Bolfor 2000, el método de los cuadrantes se utiliza en el muestreo de vegetación con el fin de determinar la cobertura, densidad y frecuencia de las plantas, ya que son más homogéneos, esta técnica tiende a proporcionar una representación más uniforme y equitativa del área de estudio; esto se debe a que los cuadrantes dividen el área en secciones definidas y regulares, lo que facilita la recolección de datos de manera sistemática y objetiva.

Al colocar cuadrantes en diferentes ubicaciones dentro del área de estudio, se asegura que se cubran múltiples puntos y se capturen variaciones espaciales en la distribución de la vegetación u otros elementos que se estén estudiando. Esto reduce el riesgo de sesgos de muestreo y aumenta la fiabilidad de los resultados al obtener una muestra más representativa del conjunto del área.

En este trabajo, la relación con el uso de cuadrantes para hacer muestreos más homogéneos y sistemáticos implicó el uso de cuadrantes que representaron la cantidad y distribución de desechos plásticos en un área determinada de un entorno natural, en este caso, el manglar.

Al dividir el área en secciones definidas y regulares mediante el uso de cuadrantes, se logró garantizar una cobertura más uniforme del área de estudio y una recolección de datos más equitativa.

#### **3.3.4 Recolección**

Para la recolección de objetos plásticos, se llevó a cabo un enfoque sistemático y detallado para garantizar la eficiencia y precisión en la obtención de muestras. Siguiendo las directrices establecidas por la bibliografía consultada, se realizó la recolección de objetos plásticos con un tamaño superior a 2,5 cm, los cuales se agruparon según el producto plástico y la composición química que presentaban. Para ello, cada estación de muestreo se dividió en cuadrantes de 4 x 4 metros, con el fin de abarcar el área de estudio.

Durante el proceso de recolección, se procedió a examinar la superficie de cada cuadrante para detectar y recoger todos los posibles objetos plásticos visibles. Se registró el número de objetos plásticos encontrados por metro cuadrado. Estos objetos fueron trasladados a sacos de recolección designados para cada estación donde se mantuvieron etiquetados y almacenados adecuadamente para su posterior análisis.

Una vez recolectadas las muestras, se llevó a cabo un análisis detallado de cada objeto recogido. Este análisis incluyó la identificación de posibles tipos de plástico, su tamaño, forma y cualquier otra característica relevante. Este enfoque metodológico permitió obtener datos precisos y representativos sobre la cantidad y características de los objetos plásticos en el área de estudio, contribuyendo así al entendimiento y gestión de la contaminación por plásticos.

### **3.3.5 Etiquetado de las muestras**

La metodología de etiquetado de muestras desempeña un papel crucial en la gestión eficiente y precisa de datos en entornos científicos. Según Margenat et al. (2021), las etiquetas de muestra deben contener tres códigos mínimos para identificar su tipo, ubicación y fecha (Tabla 8). Para la clasificación del tipo de muestra, se emplean hasta cinco letras que representan su naturaleza específica, permitiendo una categorización clara y diferenciada entre distintos tipos de muestras. La ubicación de la muestra se codifica con tres letras, lo que proporciona información geoespacial para su localización exacta. Por último, la fecha se registra en un formato específico de año/mes/día, garantizando la trazabilidad temporal de las muestras.

Esta práctica permitió una mayor especificidad en la clasificación de las muestras, lo que resultó invaluable en investigaciones que involucraron múltiples

variables o condiciones, asegurando una organización sistemática y una gestión eficiente de los datos. Esto facilitó su posterior análisis e interpretación en el ámbito científico.

**Tabla 8.** Ejemplo de etiquetado

<b>Tipo de muestra</b>	<b>Lugar de estudio</b>	<b>Fecha</b>
MacP	ARC	2020/09/03

Fuente: Margenat et al. (2021)

### **3.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1 Materiales y equipos**

Para los muestreos se utilizó GPS, cámara digital y un flexómetro de 10 metros para la toma de datos y la medición de las áreas a muestrear. Se emplearon guías de identificación de los manglares presentes en la zona y una bitácora de campo para llevar un registro detallado.

#### **3.4.2 Identificación y clasificación numérica**

Para la identificación de los tipos de polímeros plásticos se utilizó la siguiente tabla.

**Tabla 9.** Materiales plásticos y sus usos comunes

<b>Material</b>	<b>Ejemplos de uso</b>
PET	Recipientes transparentes y sin color para refrescos
HDPE	Botellas de leche, lavandina, shampoo
PVC o V	Artículos de limpieza transparentes
LDPE	Bolsas de plástico, como las de residuos
PS	Productos frágiles, potes de yogurt
PP	Tapas a rosca de botellas de bebidas gaseosas y de artículos de limpieza, tapas abrefácil de envases de champú, envoltorio de paquetes de galletitas, papas fritas, etc.

**Fuente:** Mariano (2012)

A continuación, se detalla la descripción de los tipos de polímeros:

**Tabla 10.** Tipos de polímeros según su clasificación numérica

<b>Siglas</b>	<b>Identificación y clasificación numérica</b>	<b>Descripción</b>
PET	1	Polietileno tereftalato
HDPE	2	Polietileno de alta densidad
PVC	3	Cloruro de polivinilo
LDPE	4	Polietileno de baja densidad
PP	5	Polipropileno
PS	6	Poliestireno
OTROS POLÍMEROS	7	Policarbonato, nylon

**Fuente:** Aimplas (2019)

## **3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### **3.5.1 Estadística descriptiva**

Según Deimos Estadística S.L. (s.f.) La estadística descriptiva son métodos que implican recopilación, caracterización y presentación de un conjunto de datos con el fin de describir varias de las características.

Se trata del proceso de recopilación, estructuración y análisis de conjuntos de datos numéricos, los cuales pueden representar una muestra o una población. El propósito es presentar estos datos de manera ordenada y concisa para describir diversas características que los componen.

### **3.5.2 Programas**

Los programas Word, Excel y Minitab se utilizaron como herramientas de análisis en la investigación debido a sus amplias capacidades. Word facilitó la elaboración detallada del documento, proporcionando un espacio para organizar y sintetizar la información recopilada durante el proceso de investigación. Excel fue esencial para la tabulación de los datos recolectados en campo, mientras que Minitab permitió el análisis de datos numéricos, gracias a su extenso conjunto de funciones y herramientas para el cálculo, organización y visualización de datos. Estas plataformas ofrecieron una interfaz intuitiva y herramientas avanzadas que

facilitaron la realización de análisis detallados y la presentación de resultados de manera clara y efectiva.

### **3.5.3 Histogramas**

El análisis estadístico se realizó por medio de histogramas para representar los datos obtenidos en los muestreos. Estas herramientas gráficas se utilizan en estadística para representar la distribución de datos numéricos. Consisten en columnas verticales que muestran la frecuencia o la densidad de aparición de distintos rangos de valores dentro de un conjunto de datos.

Los histogramas son útiles para visualizar la forma y la dispersión de una distribución de datos, así como para identificar tendencias, patrones y posibles anomalías en los datos. Permiten una rápida comprensión de la distribución de los datos y son especialmente útiles cuando se trabaja con grandes conjuntos de datos o cuando se desea comparar varias distribuciones entre sí.

### **3.5.4 Polígono de frecuencia**

Es una herramienta gráfica utilizada en estadística para ilustrar la distribución de frecuencias de una variable discreta o de una variable discreta o

agrupada en intervalos. Consiste en trazar barras o polígonos conectando los puntos medios de los intervalos en el eje horizontal y las frecuencias en el eje vertical.

### **3.6 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ECOLÓGICOS**

Además de estudiar directamente el impacto de los plásticos en la flora y fauna, se evaluaron parámetros ecológicos más amplios para determinar los efectos indirectos. Esto incluyó el análisis del funcionamiento ecológico del manglar en relación con la presencia de plásticos.

#### **3.6.1 Impactos ocasionados por la presencia de plástico**

Se identificaron los impactos posibles por este tipo de contaminación en el que se tuvieron en cuenta las interacciones del plástico con elementos ambientales como flora (mangles) y fauna asociada.

Se realizaron muestreos y observaciones directas en las estaciones establecidas para examinar los efectos en el ecosistema; identificando lesiones físicas causadas por el plástico (Tabla 11) mediante la recolecta de muestras y análisis de la cantidad y tipo de plásticos presentes.

**Tabla 11.** Lesiones ocasionadas por la presencia de plástico

Elementos ambientales		Lesiones físicas
<b>Flora</b>	Mangle	Cambio en la coloración de las hojas o raíz.
<b>Fauna</b>	Aves	Enredamiento, estrangulamiento, asfixia, cortadas o heridas.
	Peces	
	Crustáceos	

Fuente: Garcia (2024)

### 3.6.2 Matriz de Leopold

La matriz de Leopold ayuda a identificar, cuantificar y comparar las posibles repercusiones ambientales y sociales de un proyecto antes de su ejecución. Se basa en el supuesto de que un proyecto puede implicar una serie de acciones y que cada una de ellas puede tener diferentes repercusiones en distintos aspectos del entorno natural y humano (Tito, 2020).

La matriz (Figura 8) utiliza una estructura de filas y columnas para organizar y analizar la información. Las filas representan diferentes acciones o actividades relacionadas con el proyecto, mientras que las columnas representan diferentes factores medioambientales y sociales que pueden verse afectados por cada acción.

### 3.7 ANÁLISIS DE LOS FACTORES AMBIENTALES

La evaluación de los aspectos ambientales se fundamenta en los datos obtenidos de la descripción socioambiental del área en estudio (Tabla 12). Se emplea un sistema de valoración adaptados al presente estudio; en el que se consideraron 5 factores para determinar su relevancia. A continuación, se presenta de forma detalla los aspectos evaluados:

Factores	Acciones	Afectaciones						Impacto del agregado por factores									
		Alteración de la cobertura vegetal del suelo		Acumulación de plásticos en áreas del manglar		Reciclaje de residuos			Eliminación de basura		Obstrucción de raíces y tallos de mangle		Vertido en los océanos				
		M	I	M	I	M	I		M	I	M	I	M	I			
Tierra	Forma del terreno																
Agua	Calidad del agua																
Atmósfera	Calidad del aire (gases, partículas)																
Flora	Árboles																
	Plantas acuáticas																
Recreación	Pesca																
Afectaciones	+																
	Total																
Impacto del agregado por acciones																	

Figura 8. Matriz de Leopold

IMPACTOS POSITIVOS			IMPACTOS NEGATIVOS			IMPORTANCIA		
MAGNITUD			MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	1	Baja	Baja	-1	Temporal	Puntal	1
Baja	Media	2	Baja	Media	-2	Media	Puntal	2
Baja	Alta	3	Baja	Alta	-3	Permanente	Puntal	3
Media	Baja	4	Media	Baja	-4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Media	Media	-5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Media	Alta	-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Alta	Media	-8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	10	Muy alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	10

Figura 9. Puntuación de la magnitud e importancia

**Tabla 12.** Importancia ambiental (I)

<b>Valor I Ponderado</b>	<b>Calificación /Categoría</b>	<b>Significado</b>
< 25	Bajo	La afectación en este aspecto resulta poco significativa en relación con los propósitos y metas del Proyecto en consideración.
25 ≥ < 50	Moderado	No requiere prácticas correctivas o medidas de protección exhaustivas debido a su impacto limitado.
50 ≥ < 75	Severo	La influencia de este requiere la implementación de medidas correctivas o de protección para restaurar las condiciones del entorno. El proceso de recuperación puede extenderse a lo largo de un período prolongado.
≥ 75	Crítico	La repercusión de este fenómeno excede el límite tolerable y resulta en una disminución permanente de la calidad ambiental. No existe opción alguna de restauración.

**Fuente:** Servicios Hidrogeológicos y Ambientales (2015)

# CAPÍTULO IV

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y COLOR DE LOS PLÁSTICOS

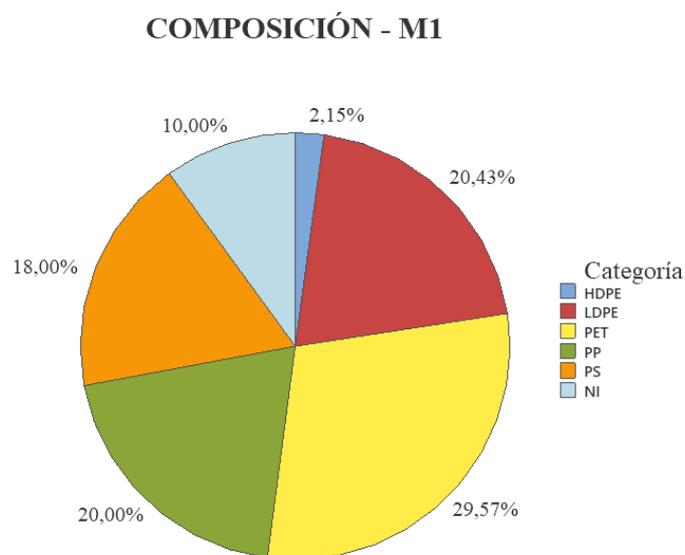
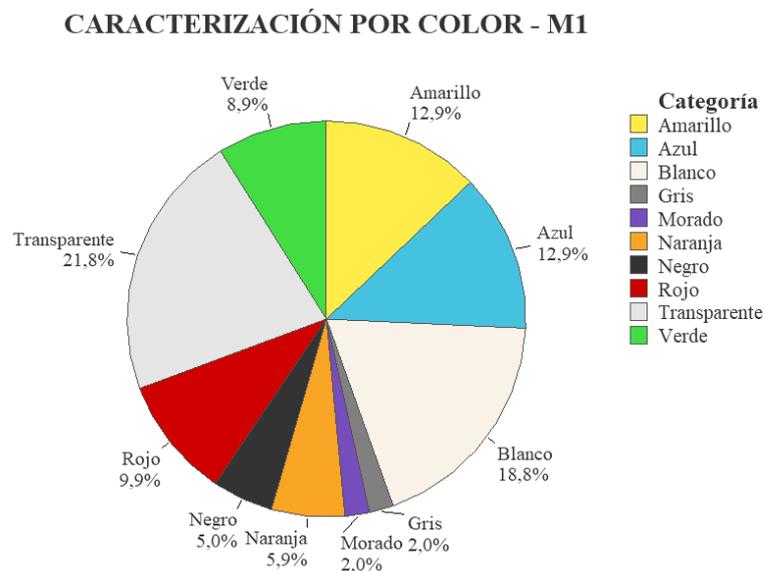


Gráfico 2. Composición muestreo 1

En el gráfico 2 se puede observar la abundancia de varios tipos de plásticos con el PET siendo el más dominante con un 30%, seguido por el LDPE y PP con el 20% cada uno, PS 18%, NI 10% y finalmente HDPE 2%. La alta presencia de PET

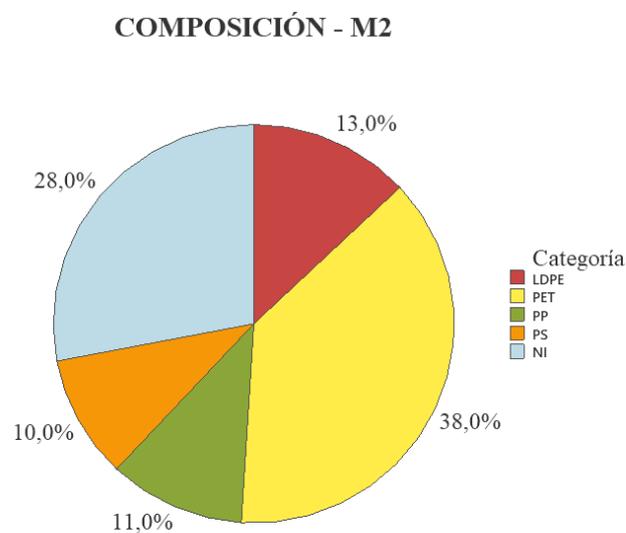
puede indicar un consumo significativo de bebidas embotelladas y alimentos empaquetados, mientras que la considerable cantidad de LDPE y PP refleja su uso extendido en productos de consumo y embalaje (Anexo 1). La presencia de PS y los no identificados resalta la necesidad de atención hacia los productos desechables y la identificación de materiales para mejorar el reciclaje.



**Gráfico 3.** Caracterización por color muestreo 1

El gráfico 3 presenta una variabilidad cromática considerable. Los plásticos transparentes predominan con un 22%, seguidos de los blancos que constituyen el 19% del total. El amarillo y el azul tienen una representación idéntica del 13% cada uno. Los plásticos rojos comprenden el 10% de la muestra, mientras que los verdes ocupan un 9%. El naranja se encuentra en un 6%, y el negro en un 5%. Los colores menos frecuentes son el morado y el gris, ambos con un 2%. No se detectaron

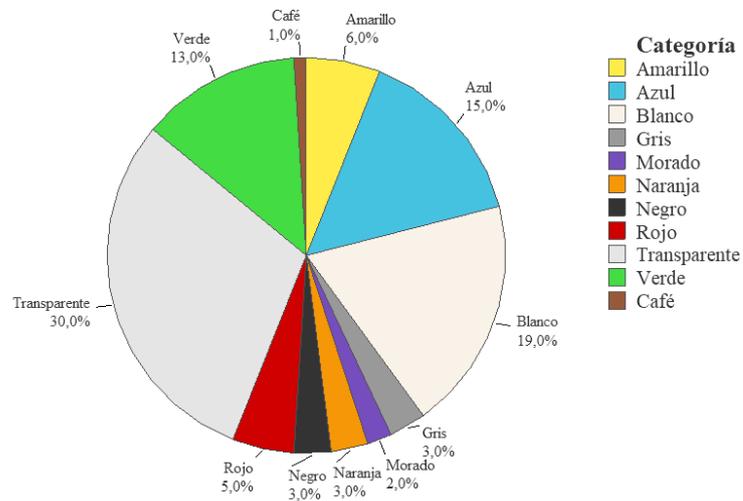
plásticos de color café. La distribución observada sugiere una predominancia de plásticos incoloros y claros, relacionados con envases y productos de un solo uso. Los tonos amarillos y azules, por su parte, podrían estar vinculados a ciertos tipos de empaques y productos específicos.



**Gráfico 4.** Composición muestreo 2

Se observó una distribución diversificada de plásticos PET 38%, NI 28%, LDPE 13%, PP 11% y PS 10%; no se encontró HDPE (Gráfico 4). Se identificó un uso elevado de plásticos en envases y productos desechables, con una cantidad significativa no identificada, complicando el reciclaje y gestión. La alta presencia de plásticos no identificados sugiere desafíos en clasificación por degradación o mezcla inadecuada. El consumo de bebidas embotelladas y la falta de gestión adecuada se reflejan en la visibilidad del PET y la cantidad de LDPE y PP.

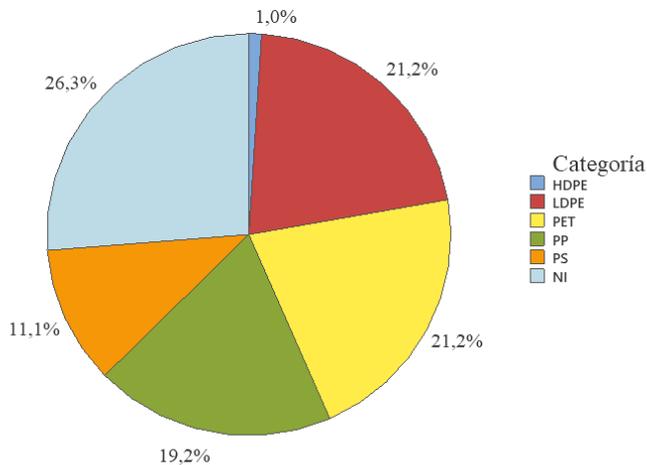
## CARACTERIZACIÓN POR COLOR - M2



**Gráfico 5.** Caracterización por color muestreo 2

La muestra de plásticos recolectada en el manglar revela una considerable variabilidad cromática. Los plásticos transparentes predominan con un 30%, seguidos de los blancos 19%, azul 15%, verde 13%, amarillo 6% y rojo 5%. Los colores negro, naranja y gris ocupan un 3% cada uno, mientras que el morado y café son menos frecuentes, con un 2% y 1% respectivamente (Gráfico 5). Además, los plásticos de diferentes colores pueden provenir de diversas fuentes y tener distintas tasas de degradación, complicando la limpieza y el reciclaje.

### COMPOSICIÓN - M3

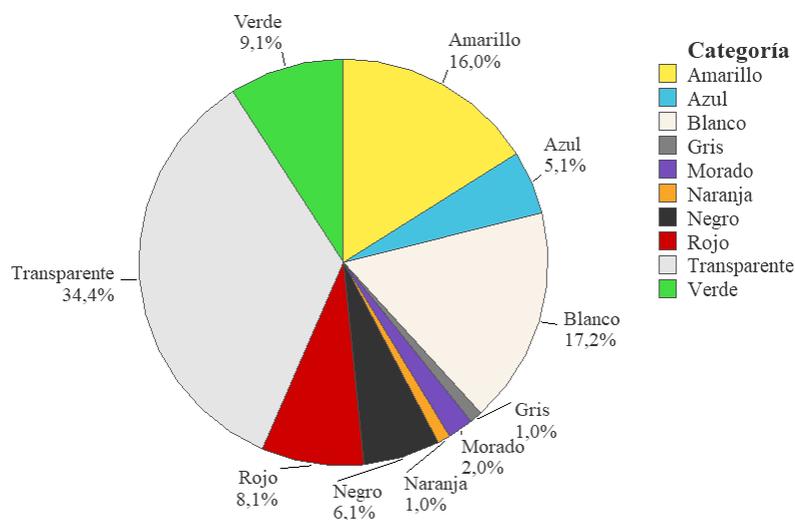


**Gráfico 6.** Composición muestreo 3

Se observa una distribución diversificada de plásticos en el manglar, con NI siendo el más dominante 26.3%. Esta alta proporción sugiere que muchos plásticos no se pueden clasificar fácilmente debido a su degradación o mezcla de diferentes tipos, lo que plantea desafíos en su identificación y reciclaje, complicando la gestión de residuos. Le siguen LDPE y PET 21.2%, PP 19.2%, PS 11%, y HDPE 1% (Gráfico 6).

La considerable presencia de PS sugiere un uso común de productos desechables de poliestireno, que son difíciles de reciclar y se fragmentan fácilmente en el ambiente, representando un riesgo para la fauna marina. La baja proporción de HDPE indica un menor uso de envases más rígidos, como botellas de detergente y productos de limpieza, en comparación con otros tipos de plásticos.

### CARACTERIZACIÓN POR COLOR - M3

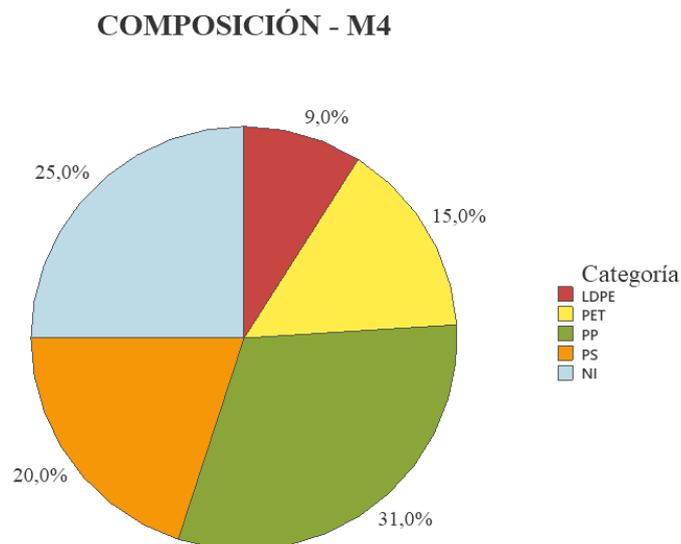


**Gráfico 7.** Caracterización por color muestreo 3

El gráfico 7 de la muestra presenta una variabilidad cromática considerable. Los plásticos transparentes predominan con un 34%, seguidos de los blancos 17%, amarillo 16%, verde 9%, rojo 8%, negro 6% y azul 5%. Los plásticos morados comprenden el 2% de la muestra, mientras que el naranja y gris ocupan un 1% cada uno. No se encuentran plásticos de color café en la muestra.

El color de los plásticos desempeña un papel multifacético en la contaminación, afectando la vida silvestre, la salud ambiental y la percepción pública. Los plásticos de colores brillantes pueden ser confundidos con alimentos por animales marinos, mientras que los oscuros pueden acelerar su descomposición y liberar sustancias tóxicas. Además, el color afecta la visibilidad de la

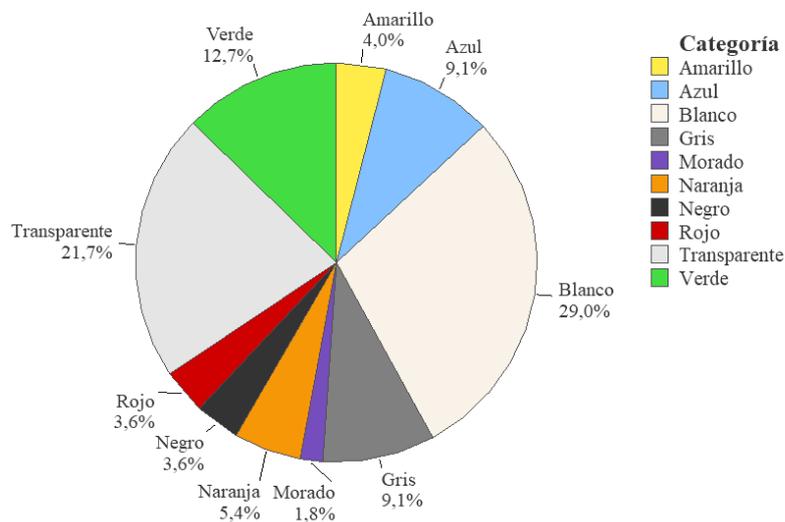
contaminación, influyendo en la percepción pública y en la conciencia sobre la necesidad de abordarlo.



**Gráfico 8.** Composición muestreo 4

Para el muestro cuatro el tipo de polímero plástico más abundante fue PP con un 31%. Los plásticos no identificados NI constituyen el 25%, y el PS representa el 20%. La notable presencia de PS sugiere un uso frecuente de productos desechables, agravando la contaminación y su tendencia a fragmentarse en microplásticos. El PET constituye el 15%, y el LDPE representa el 9% (Gráfico 8). Aunque menor en proporción, la presencia de LDPE es significativa debido a su alta producción y uso generalizado, y su incorrecta disposición contribuye a la contaminación del manglar.

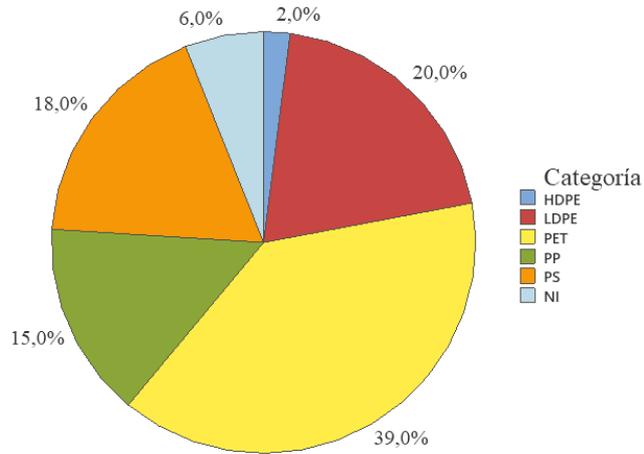
### CARACTERIZACIÓN POR COLOR - M4



**Gráfico 9.** Caracterización por color muestreo 4

El gráfico 9 presenta una variabilidad cromática considerable. Los plásticos blancos predominan con un 29%, seguidos de los transparentes 22%, verde 13%, azul y gris 9.1% cada uno, naranjas comprenden el 5%, amarillos y rojos el 4% cada uno, y negros el 4%. El color menos frecuente es el morado 2%. No se encuentra el color café en la muestra.

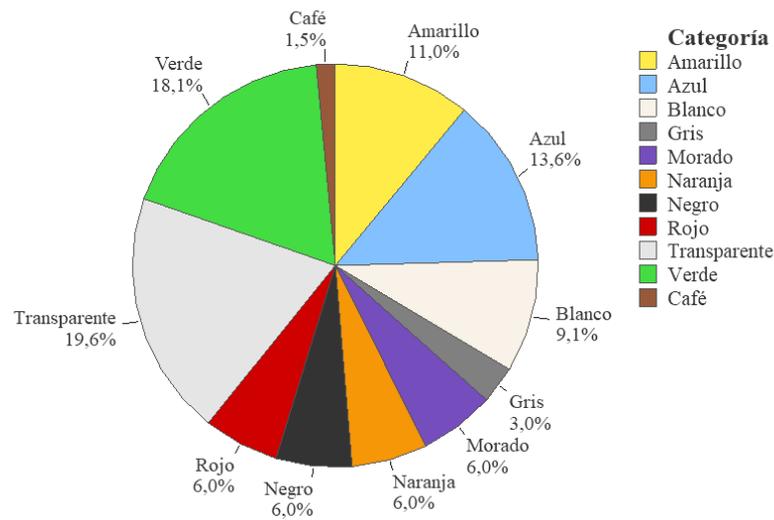
### COMPOSICIÓN - M5



**Gráfico 10.** Composición muestreo 5

El Gráfico 10 muestra la composición porcentual de diferentes tipos de plásticos en una muestra específica. HDPE constituye el 2%, LDPE el 20%, PET el 39%, PP el 15%, PS el 18%, y NI el 6%. Estos porcentajes representan la proporción de cada tipo de plástico en el conjunto analizado, ofreciendo una visión detallada de la distribución de materiales plásticos presentes.

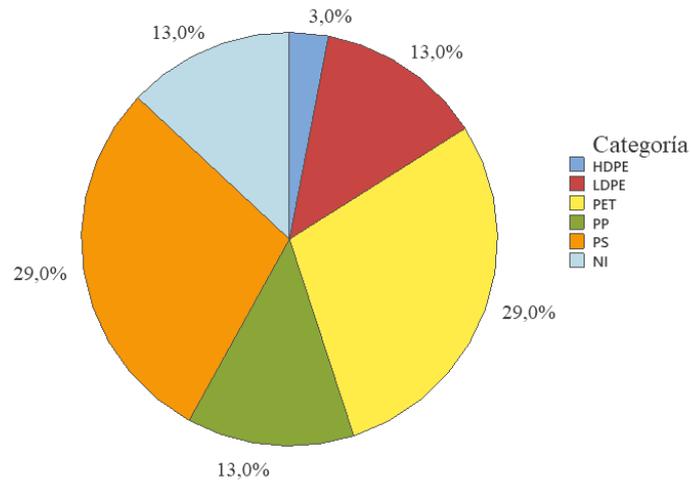
### CARACTERIZACIÓN POR COLOR - M5



**Gráfico 11.** Caracterización por color muestreo 5

La muestra del muestro 5 presenta una variabilidad cromática considerable. Los plásticos transparentes predominan con un 20%, seguidos por los verdes 18%, azules 13% y amarillos 11%. Los blancos constituyen el 9% del total. Los colores rojos, negro, naranja y morado representan el 6% cada uno. Los menos frecuentes son el gris y café, con un 3% y 2% respectivamente (Gráfico 11).

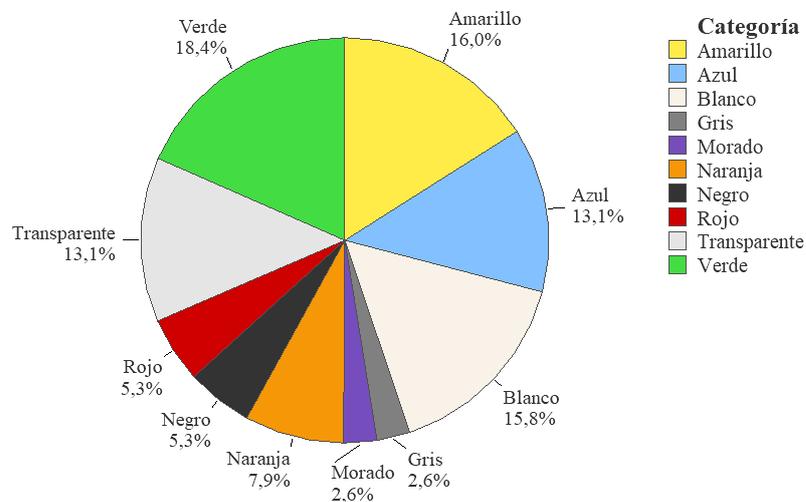
### COMPOSICIÓN - M6



**Gráfico 12.** Composición muestreo 6

Esta nueva distribución porcentual indica la composición de diferentes tipos de plásticos en una muestra específica. HDPE representa el 3%, LDPE el 13%, PET el 29%, PP también el 13%, PS otro 29%, y NI el 13% (Gráfico 12). Estos valores ofrecen una visión detallada de la distribución y predominancia de cada tipo de plástico en la muestra analizada.

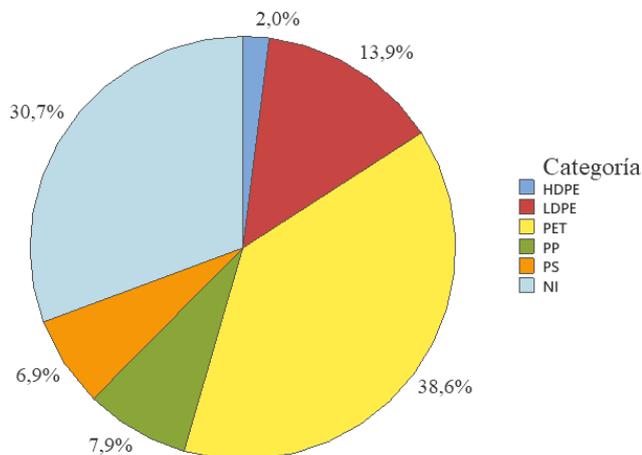
### CARACTERIZACIÓN POR COLOR - M6



**Gráfico 13.** Caracterización por color muestreo 6

El gráfico 13 presenta una distribución de colores donde el verde es predominante con un 18,42%, seguido del amarillo 16% y el blanco 15,79%. Los colores azul y transparente tienen una representación similar del 13,16% cada uno. Otros colores como naranja, negro y rojo tienen porcentajes más bajos, con un 7,89% y 5,26% respectivamente. Los menos comunes son el gris y el morado, cada uno representando el 2,63%. Esta distribución muestra una diversidad de colores con una clara prevalencia del verde, amarillo y blanco.

### COMPOSICIÓN - M7

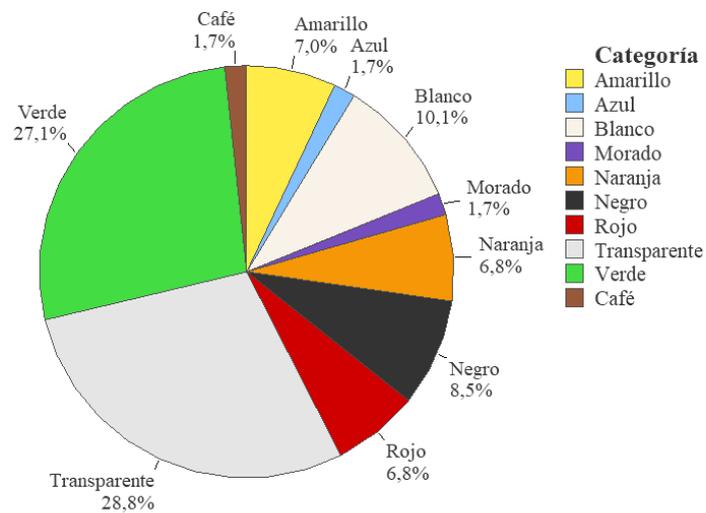


**Gráfico 14.** Composición muestreo 7

Esta distribución porcentual muestra la presencia de diferentes tipos de plásticos en una muestra específica. El PET es el más abundante, representando el 39% del total. Le sigue el LDPE con el 14%, el HDPE con el 2%, el PP con el 8%, y el PS con el 7%. El 31% restante corresponde a plásticos no identificados u otros tipos (Gráfico 14).

Estos resultados revelan la prevalencia de ciertos tipos de plásticos, como el PET, utilizado comúnmente en envases de alimentos y bebidas, y el LDPE, frecuente en bolsas plásticas y envolturas debido a su flexibilidad. La presencia significativa de plásticos no identificados subraya la complejidad en la clasificación y gestión de materiales plásticos.

### CARACTERIZACIÓN POR COLOR - M7

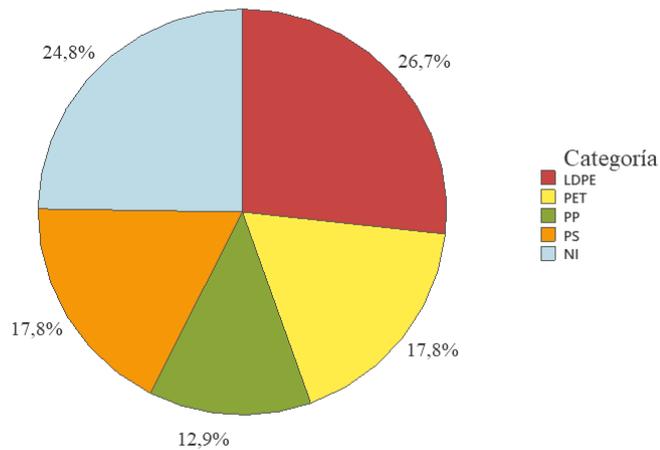


**Gráfico 15.** Caracterización por color muestreo 7

Esta muestra presenta varios colores en diferentes proporciones. El color predominante es el transparente, que representa el 28,81%, seguido por el verde con un 27,12%. El blanco constituye el 10,17% de la muestra, mientras que el negro representa el 8,47%. Los colores amarillo y naranja tienen proporciones similares, con un 7% y 6,78% respectivamente, al igual que el rojo, que también está en el 6,78%. Los colores menos comunes son el azul, morado y café, cada uno con un 1,69% (Gráfico 15).

Estos resultados muestran que los colores transparente y verde son los más prevalentes en la muestra, seguidos por el blanco y el negro, con una menor presencia de los otros colores.

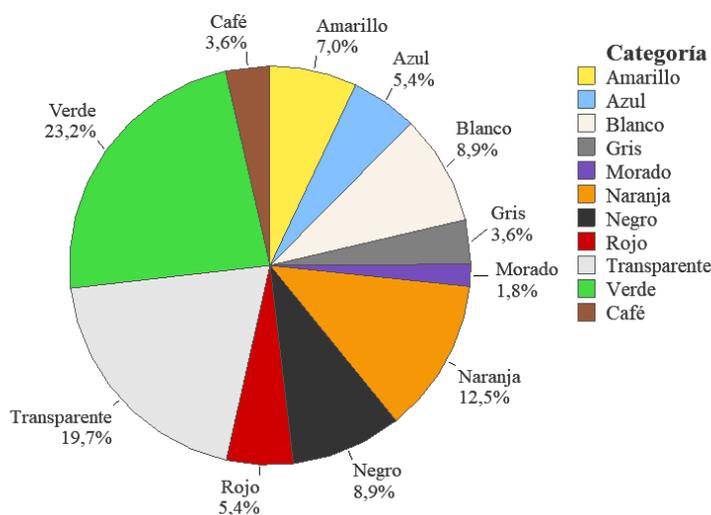
### COMPOSICIÓN - M8



**Gráfico 16.** Composición muestreo 8

Esta muestra revela la composición porcentual de diferentes tipos de plásticos. El polietileno de baja densidad LDPE es el más abundante, representando el 27% de la muestra. El tereftalato de polietileno PET y el poliestireno PS tienen una presencia significativa, cada uno con un 18%. El polipropileno PP constituye el 13% de la muestra. Los plásticos no identificados forman el 25%, indicando una considerable cantidad de materiales no especificados (Gráfico 16). No se detectó la presencia de polietileno de alta densidad HDPE en la muestra. Estos resultados destacan la prevalencia del LDPE y la notable cantidad de plásticos no identificados.

### CARACTERIZACIÓN POR COLOR - M8

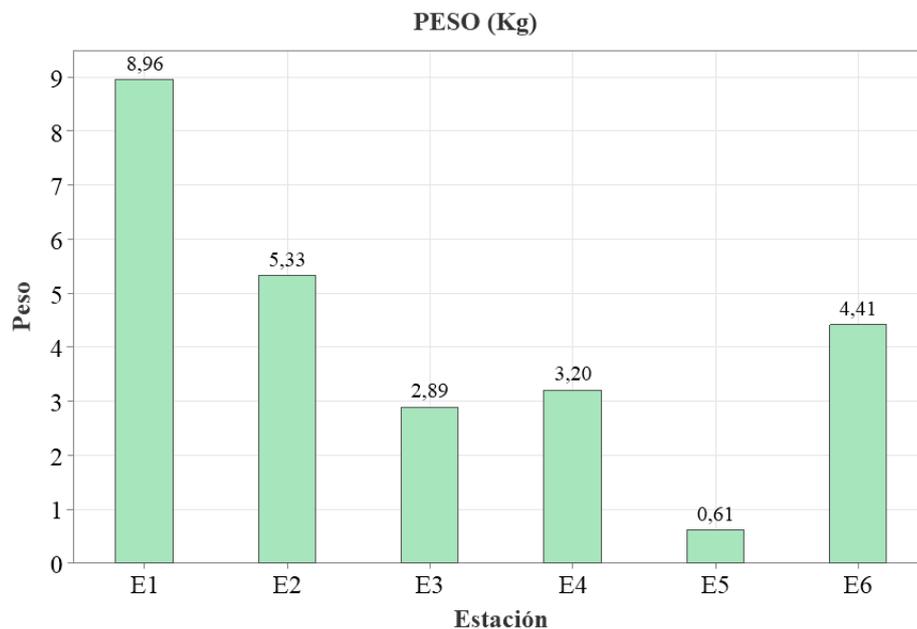


**Gráfico 17.** Caracterización por color muestreo 8

El gráfico 17 revela la distribución porcentual de varios colores. El color verde es el más prevalente, representando el 23,21% de la muestra, seguido por el transparente con un 19,64%. El naranja tiene una presencia significativa del 12,50%, mientras que tanto el blanco como el negro representan el 8,93% cada uno. El amarillo constituye el 7% de la muestra, y tanto el azul como el rojo tienen la misma proporción del 5,36%. Los colores gris y café tienen una representación del 3,57% cada uno, y el morado es el menos común con un 1,79%.

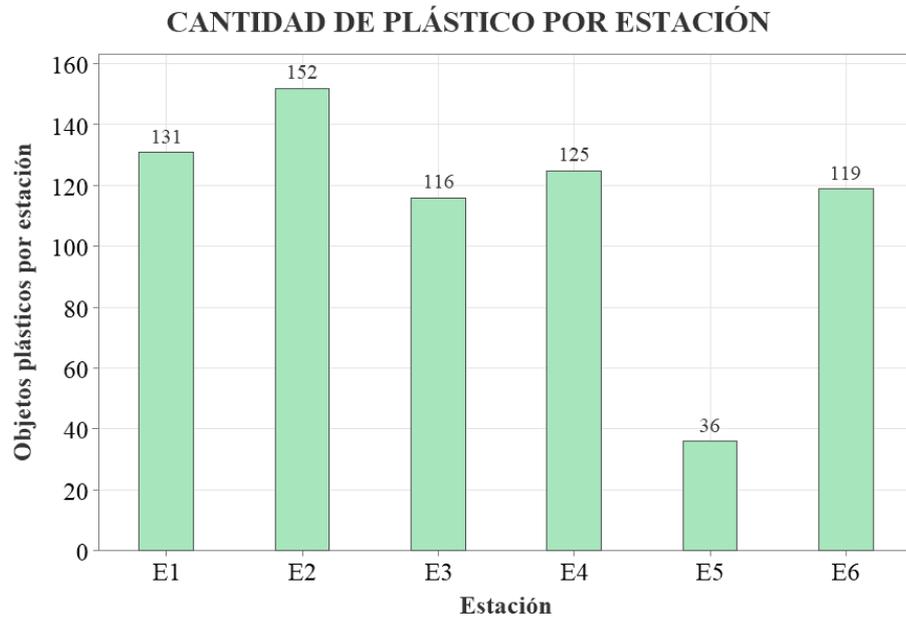
Estos resultados muestran una clara predominancia de plásticos color verde y transparente, con una representación notable del naranja, y proporciones menores de los otros colores.

## 4.2 PLÁSTICO TOTAL POR ESTACIÓN



**Gráfico 18.** Peso total de plástico por estación

En el histograma se visualizan los datos sobre la cantidad de plástico encontrada en las seis estaciones de recolección. La mayor cantidad de plástico fue hallada en la Estación 1, donde se recolectaron 8,96 kg, seguida de la Estación 2 con 5,33 kg. Las cantidades de plástico recolectado disminuyeron gradualmente en las estaciones subsiguientes, con 2,89 kg en la Estación 3, 3,20 kg en la Estación 4, 0,61 kg en la Estación 5, y 4,41 kg en la Estación 6 (Gráfico 18). Estos hallazgos sugieren que la cantidad de plástico recolectado varía entre las diferentes estaciones, lo que indica diferencias en la cantidad de residuos generados o en los hábitos de reciclaje en cada área.



**Gráfico 19.** Plástico total por estación

Se recolectaron 679 objetos en los 96 m<sup>2</sup> con un peso de 56 kg, la densidad promedio fue de 61,7 objetos/m<sup>2</sup> y una densidad de peso medio de 9,33 kg/m<sup>2</sup>.

El registro detalla el número de objetos hallados en diversas estaciones o puntos de recolección. La Estación 2 lidera con 152 objetos plásticos, seguida por la Estación 1 con 131. En cuanto a la Estación 4 y la Estación 6, ambas reportaron 125 y 119 objetos, respectivamente, mientras que en la Estación 3 se contabilizaron 116. La menor cifra se observa en la Estación 5, con un total de 36 objetos (Gráfico 19). Estos datos muestran diferencias en la recolección de objetos por estación, probablemente influenciadas por la actividad humana, los hábitos de consumo locales y las variaciones en el caudal del Estero.

### 4.3 AFECTACIÓN DEL ECOSISTEMA MANGLAR EN LA ZONA DE ESTUDIO

Factores	Acciones												Afectaciones			Impacto del agregado por factores
	Alteración de la cobertura vegetal del suelo		Acumulación de plásticos en áreas del manglar		Reciclaje de residuos		Eliminación de basura		Obstrucción de raíces y tallos de mangle		Vertido en los océanos		+	-	Total	
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I				
Tierra	Forma del terreno	1	-10	3	-3	-30	-4	2	4	6						
Atmósfera	Calidad del aire (gases, partículas)	5	-6	18	21	-5	-7	3	3	6						
Flora	Árboles	-12	-30					0	2	2						
	Plantas acuáticas	-8	-20			2	-4	2	2	3	5					
Recreación	Pesca	-32	-21			18	-20	16	2	3	5					
Afectaciones	+	2	0	2	3	0	2	9	15	24						
	-	3	5	0	1	4	2	15	24	-126						
	<b>Total</b>	5	5	2	4	4	4									
Impacto del agregado por acciones		-46	-87	21	38	-59	7									
															<b>PROMEDIO</b>	<b>-21</b>

Calificación positiva			Calificación negativa		
Poco importante	0	25	Irrelevantes	0	-25
Importante	25	50	Moderados	-25	-50
Muy importante	>50		Severos	-50	-75
			Críticos	>-75	

Gráfico 20. Matriz de Leopold

Basado en los resultados obtenidos en la matriz de Leopold (Gráfico 20), se puede observar que las acciones como la Alteración de la cobertura vegetal del suelo, la Acumulación de plásticos en áreas del manglar, el Reciclaje de residuos, la Eliminación de basura, la Obstrucción de raíces y tallos de mangle, y el Vertido en los océanos tienen distintos impactos sobre los factores ambientales.

Entre estas, las acciones de Acumulación de plásticos en áreas del manglar y Obstrucción de raíces y tallos de mangle generan los impactos negativos más

significativos, con un puntaje de -87 y -59 respectivamente. Estas acciones afectan principalmente la forma del terreno, así como la flora presente en la zona de estudio, indicando una degradación importante del ecosistema manglar.

En este caso la alteración de la cobertura vegetal se ve afectada de forma negativa pero moderada por la pesca (-32) y en los árboles (-12). Por otro lado, el Reciclaje de residuos y la Eliminación de basura tienen impactos positivos significativos, con un puntaje de 21 y 38 respectivamente.

El signo resultante de la suma de los factores y las acciones determinó que no existe un beneficio ambiental.

- Impacto del agregado por factores:

$$-43 + 26 + (-42) + (-28) + (-39) = -126$$

- Impacto del agregado por acciones:

$$-46 + (-87) + 21 + 38 + (-59) + 7 = -126$$

Se evidencia en la matriz, tras ocho muestreos a lo largo de cuatro meses, arroja un impacto promedio de -21 en el manglar de Palmar. De acuerdo con la tabla de calificación, este valor sugiere que la presencia de plástico ejerce un efecto poco significativo en la salud del manglar en la zona estudiada.

## DISCUSIONES

La presencia de plásticos en los ecosistemas de manglar ha sido tema de interés por sus consecuencias negativas que afectan tanto a la salud de sus moradores como la flora y fauna del lugar. Estos ecosistemas brindan múltiples servicios ecosistémicos como la protección costera, la captura de carbono, el hábitat para la vida silvestre y el sustento para las comunidades locales.

Por ello, diferentes autores coinciden que la contaminación por plásticos representa una grave amenaza para los manglares. Según el estudio de Soledispa & Salvatierra (2024), detalla que, durante las 3 visitas mensuales al manglar de la isla corazón se encontraron 268 envases plásticos, de los cuales 84 pertenecen a agroquímicos (HDPE), 25 provenientes de aceites comestibles (PET), 22 de aceite de motor (HDPE) y 41 tarrinas de comida (LDPE), determinando que la presencia de plásticos impide la germinación de los propágulos (semillas) del mangle rojo afectando su regeneración. Por lo tanto, comparando con los resultados obtenidos en este proyecto, que se encontraron 96 botellas de bebidas energizantes, gaseosas (PET) y 68 tarrinas de comida (LDPE) (Anexo 1); adicionalmente, se toma en cuenta el área total de estudio, sugiere que la acumulación de plásticos en el manglar de Palmar también podría estar dificultando el crecimiento y regeneración de la vegetación del mismo.

En el estudio realizado por Ebanks (2023) que tuvo lugar en el sur de la Laguna de Bluefields, Nicaragua, se encontró con un peso total de 13,19 kg. La densidad promedio de peso medio fue de 9,33 kg/m<sup>2</sup>, estos datos fueron recolectados en un área total de muestreo de 1025 m<sup>2</sup>, mientras que, en el área de estudio en Palmar, se recolectaron 679 objetos en una superficie total de 96 m<sup>2</sup>, con un peso total de 56 kg. La densidad promedio fue de 61,7 objetos/m<sup>2</sup> y la densidad de peso medio fue de 9,33 kg/m<sup>2</sup>, ambos manglares están ubicados en la región tropical de América Latina y costa del Pacífico, lo que les proporciona un clima y características oceánicas similares; los ríos que desembocan en Hong Sound transportan grandes cantidades de basura, incrementando la contaminación. Sin embargo, se demuestra una mayor cantidad de plásticos en la zona de Palmar, esto puede darse en las horas donde hay creciente del nivel del agua, transportando mayor cantidad de plásticos, y dado que las raíces de los manglares, especialmente las aéreas, atrapan residuos flotantes que luego quedan atrapados en el ecosistema, adicionando la actividad de pesca del sector y que no exista un manejo adecuado de desechos en el lugar, permite la acumulación descontrolada afectando el manglar. Por lo antes mencionado, el manglar de Palmar necesita adoptar medidas para mitigar los efectos negativos de la contaminación por plásticos garantizando la salud y sostenibilidad de los ecosistemas afectados.

Garcés & Bayona (2019) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, reportó una acumulación promedio de 61.7 objetos/m<sup>2</sup> y 9.33 kg/m<sup>2</sup> de basura marina, lo que demuestra un impacto significativo de la contaminación en el

ecosistema de manglar. Estos hallazgos son relevantes, ya que indican que la presencia de plásticos puede estar afectando negativamente la salud y el funcionamiento de este ecosistema. Del mismo modo, se encontraron una mayor abundancia de microplásticos en los manglares en comparación con las playas adyacentes. Esto sugiere que los manglares pueden estar actuando como sumideros de estos desechos, lo cual se evidencia en el manglar de palmar, a causa de las corrientes marinas y el viento, que permite captar estos desechos en sus raíces.

Por otro lado, Según el estudio de Van Bijsterveldt et al. (2021), concuerda con que los plásticos pueden tener efectos negativos directos a largo plazo sobre los manglares. Esta investigación se basó en la premisa de cubrir con plástico los neumatóforos (raíces aéreas), con el fin de determinar si era un factor relevante en la supervivencia de la flora del manglar. Cabe resaltar que este trabajo no menciona la especie encontrada, pero si el género (*Avicennia*) mismo encontrado en el manglar de Palmar, concluyendo que al cubrirlos provocó el crecimiento inmediato de neumatóforos para su supervivencia, pero a largo plazo fue perjudicial. Por lo tanto, la aplicación de la matriz de Leopold estipuló que al momento de la realización del trabajo no se identificó una afectación significativa, debido a la adaptabilidad del manglar, pero es posible que se deterioren progresivamente con el tiempo dañando físicamente a las plántulas e impidiendo la regeneración natural.

## CONCLUSIONES

- Se encontró una alta presencia de polímeros plásticos tipo PET 28% y, en menor cantidad, de HDPE 2%, junto con una amplia variedad de colores predominantes como transparentes 25% y blancos 17%. Este hallazgo se atribuye principalmente al uso común de este tipo de envases reflejando un patrón de consumo y descarte en las áreas estudiadas.
- El análisis de plásticos por estación, visualizado mediante histogramas, revela que la estación E2 contiene la mayor cantidad de objetos plásticos (152), mientras que la estación E5 tiene la menor (36). En términos de peso, E1 presenta el mayor valor (8,96 kg) y E5 el menor (0,61 kg). En total, se registraron 679 objetos plásticos con un peso acumulado de 56 kg, destacando que la variabilidad en distribución y abundancia entre las estaciones estudiadas se debe a la influencia de las corrientes las cuales dispersan estos objetos en el manglar.
- El análisis mediante la matriz de Leopold muestra un impacto promedio de -21, indicando una afectación poco significativa del plástico en el ecosistema manglar de la zona de estudio, por ello se acepta la hipótesis nula. No obstante, tres de las seis acciones evaluadas generan impactos

negativos; en este caso, la alteración de la cobertura vegetal, la acumulación de plásticos en el área del manglar y la obstrucción de raíces y tallos de mangle. Sin embargo, este resultado se atribuye a la capacidad de adaptación del manglar frente a cierta cantidad de plástico sin mostrar efectos inmediatos o graves.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio del crecimiento de neumatóforos en diferentes concentraciones de plástico para evaluar su efecto a largo plazo.
- Establecer sistemas eficaces de gestión de residuos sólidos en la Comuna Palmar. Esto incluye la instalación de infraestructuras adecuadas para la recolección, separación y reciclaje de residuos plásticos.
- Implementar un programa de monitoreo continuo y evaluación del manglar de Palmar para medir el impacto de los plásticos y otros contaminantes en el ecosistema incluyendo la recolección de datos sobre la cantidad y tipos de plásticos presentes, así como el monitoreo de la salud del ecosistema.
- Realizar un estudio sobre la maquinaria adecuada para implementar programas de reciclaje eficientes en la provincia de Santa Elena; evaluando tecnologías modernas y sostenibles que permitan la clasificación, trituración y procesamiento efectivo de los materiales reciclables.

- Utilizar alternativas derivadas de fuentes naturales biodegradables para minimizar el impacto ambiental en los ecosistemas de manglar generados por los pigmentos inorgánicos.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguamarket. (2023). Obtenido de Neumatóforo:

<https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=7378&termino=neumat%F3foro>

Aimplas. (2019). Obtenido de Clasificación e identificación de materiales plásticos:

<https://www.aimplas.es/blog/clasificacion-e-identificacion-de-materiales-plasticos/>

Aimplas. (2023). Obtenido de Descomposición sostenible de los materiales:

<https://www.aimplas.es/blog/biodegradacion-y-reciclado-enzimatico-la-clave-para-la-descomposicion-sostenible-de-los-materiales/#:~:text=La%20degradaci%C3%B3n%20microbiana%20o%20biodegradaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso%20biol%C3%B3gico%20en,a%20las%20enzima>

Allen, J. (2014). Rhizophora mangle Rhizophora mangle L. Recuperado el 27 de Febrero de 2023

Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (2023). Obtenido de Bisfenol A:

<https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/bisphenol>

Banco Mundial. (2019). Obtenido de Cinco razones para cuidar los manglares:

<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/01/17/cinco-razones-para-cuidar-los->



- Doshi, S. (2023). Ecoenclose. Recuperado el 2024, de What Is Plastic, Anyway? Our Guide to Plastic, Plastic Packaging, and Eco-Friendly Materials: <https://www.ecoenclose.com/blog/what-is-plastic-anyway-our-guide-to-plastic-plastic-packaging-and-ecofriendly-materials/>
- Ebanks, Moody, Rivas, Siu, & Flores. (2024). Contaminación por macrobasura marina en la barra de Hong Sound, Bluefields, Costa Caribe Sur de Nicaragua. *Revista del Caribe Nicaragüense*(80).
- Esginnova Group. (2021). Obtenido de Matriz Leopold de causa y efecto para la detección de aspectos e impactos ambientales: <https://www.nueva-iso-14001.com/2021/07/matriz-leopold-de-causa-y-efecto-para-la-deteccion-de-aspectos-e-impactos-ambientales/>
- Faulkner, B., & Schwartz, R. (2009). *High Performance Pigments*. Wiley-VCH.
- Gago, J. (2020). Fitopasión. Obtenido de Los plásticos en el medio marino, una cuestión de tamaño. Parte II: los microplásticos: <https://fitopasion.com/tag/basura-marina>
- Garcés Ordóñez, O. &. (2019). Impactos de la contaminación por basura marina en el ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 11(2), 134-154. doi:<https://doi.org/10.15359/revmar.11-2.8>
- Global Plastic Action Partnership. (2024). Recuperado el 2024, de Ecuador: <https://www.globalplasticaction.org/ecuador>

Greenpeace. (2019). Obtenido de La contaminación plástica pone en riesgo a los manglares:

<https://www.greenpeace.org/colombia/noticia/issues/contaminacion/la-contaminacion-plastica-pone-en-riesgo-a-los-manglares/>

GreenProgress. (2024). Obtenido de Matriz de Leopold Evaluación Ambiental:

<https://evaluaciondeimpactoambiental.com/matriz-de-leopold-evaluando-los-impactos-ambientales/>

Hurley, R. (2023). ScienceDirect. Obtenido de Measuring riverine macroplastic:

Methods, harmonisation, and quality control:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313542300338X#bib0069>

Issuu. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es el mangle y el manglar?, tipos de mangle:

<https://issuu.com/seagrantpr/docs/guia-el-manglar/s/17968902>

IUCN. (2022). Recuperado el 2024, de The plastic pollution crisis:

<https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>

Ivette, A. (2021). Economipedia. Obtenido de Matriz de Leopold:

<https://economipedia.com/definiciones/matriz-de-leopold.html>

Jallasi, A., & Ccahuana, P. (2017). Aplicación de métodos de caracterización de residuos poliméricos reaprovechables del distrito de La Joya. Obtenido de

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/124b36f4-4019-462e-b8b2-fba4cb7229ff/content>

- Jimenez, L. (2014). Scribd. Obtenido de Manglares y tipos:  
<https://es.scribd.com/document/420995731/Manglares-y-tipos>
- Lechthaler, S., & Waldschläger, K. (2020). Comunidad académica Enciclopedia.  
Obtenido de Producción de Macropástico y Entrada al Medio Ambiente:  
<https://encyclopedia.pub/entry/2318>
- Lifeder. (s.f.). Obtenido de Matriz de Leopold: qué es, para qué sirve, ventajas,  
ejemplos: <https://www.lifeder.com/matriz-de-leopold/>
- López, G. (2022). Obtenido de Ventajas y desventajas de los plásticos degradables  
para su aplicación en la agricultura sustentable o ecologica:  
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/371/1/Gorgonio%20Lopez%20Tolentino.pdf>
- López, M., & López, S. (2021). CommonLit. Obtenido de El plástico envenena y  
mata a la fauna de los océanos: <https://www.commonlit.org/es/texts/el-plastico-envenena-y-mata-a-la-fauna-de-los-oceanos>
- Madrid, V. (2020). Determinación de afectaciones por macroplásticos en la fauna  
marina de la zona costera comunidad El Rocío Cantón Puerto López.  
Obtenido de [http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2641/1/Madrid%20Pe%  
C3%B1afiel%20Vilma%20Katherine%20-%20Tesis.pdf](http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2641/1/Madrid%20Pe%C3%B1afiel%20Vilma%20Katherine%20-%20Tesis.pdf)
- MAE; FAO. (2014). Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador. Quito.

Margenat, e. a. (2021). Guía de procedimientos y métodos validados en campo para el monitoreo de los residuos plásticos en los sistemas fluviales de montaña. doi:<https://digital.csic.es/handle/10261/241615>

Margenat, et. al. (2021). Guía de procedimientos y métodos validados en campo para el monitoreo de los residuos plásticos en los sistemas fluviales de montaña (proyecto PLASTICOPYR). doi:<https://digital.csic.es/handle/10261/241615>

Mariano. (2012). Tecnología de los plásticos. Obtenido de Identificación de polímeros: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/identificacion-de-polimeros.html>

Menezes, N. (2006). Rhizophores in Rhizophora mangle L: an alternative interpretation of so-called "aerial roots". Scielo, 78(2). doi:<https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000200003>

Mexpolimeros. (s.f.). Obtenido de Oxidación térmica: <https://www.mexpolimeros.com/oxidacion-termica.html#:~:text=La%20degradacion%20termica%20es%22%20un,propiedades%20fisicas%20mecanicas%20o%20electricas.>

Olaya, M. (2020). Evaluación de la distribución de macroplásticos y microplásticos mediante sistema de monitoreo en la playa Cauchiche ubicada en la Isla Puná. Obtenido de

[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/OLAYA%20NARANJO%20MELAN  
NY%20GINGER.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/OLAYA%20NARANJO%20MELAN<br/>NY%20GINGER.pdf)

Pachés, M. (2020). Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de  
Contaminantes emergentes:

[https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/142675/Pach%C3%A9s%2  
0-%20Contaminantes%20emergentes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/142675/Pach%C3%A9s%2<br/>0-%20Contaminantes%20emergentes.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Paredes, B. (2022). Slideshare. Obtenido de Raíces:

<https://es.slideshare.net/BertaParedes4/races-253347903>

Pérez, J., & Gardey, A. (2021). Definición de. Obtenido de Epoxi - Qué es,  
definición y concepto: <https://definicion.de/epoxi/>

Pfaff, G. (2022). The world of inorganic pigments. ChemTexts.

Plantas y Hongos. (s.f.). Obtenido de

[https://www.plantasyhongos.es/glosario/geotropismo.htm#:~:text=Puede%  
20ser%3A,al%20centro%20de%20gravedad%20\(tallos\)](https://www.plantasyhongos.es/glosario/geotropismo.htm#:~:text=Puede%<br/>20ser%3A,al%20centro%20de%20gravedad%20(tallos))

Ponce, V. (s.f.). Obtenido de La Matriz de Leopold para la evaluación del impacto  
ambiental:

[https://ponce.sdsu.edu/la\\_matriz\\_de\\_leopold.html#:~:text=La%20matriz%  
20de%20Leopold%20\(ML,conjunto%20de%20juicios%20de%20valor.](https://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html#:~:text=La%20matriz%<br/>20de%20Leopold%20(ML,conjunto%20de%20juicios%20de%20valor.)

Porte, C. (2022). Impacto de micro- y nano-plásticos en salud ambiental: ¿una  
amenaza? Mesas presentadas en el XVI congreso de salud ambiental, (págs.  
98-99). Barcelona.

- Porto, J., & Merino, M. (2022). Definición de. Obtenido de Bifurcación - Qué es, definición y concepto: <https://definicion.de/bifurcacion/>
- Rapsol. (2023). Obtenido de Servicios ecosistémicos: qué son, tipos y ejemplos: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/servicios-ecosistemas/index.cshtml>
- Real Academia Española. (s.f.). Obtenido de Fotodegradable: <https://dle.rae.es/fotodegradable>
- Reyes, C. (2021). Obtenido de Investigación de plásticos: <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-san-luis-potosi/mecanica-de-materiales/clasificacion-y-aplicaciones-de-los-plasticos-termoplasticos-termoestables-y-elastomeros/17196052>
- Romero, N. (2016). Scribd. Obtenido de Fauna de los manglares Ecuatorianos: <https://es.scribd.com/document/584957732/FAUNA-DE-LOS-MANGLARES-ECUATORIANOS>
- Sánchez, J. (2019). Contaminantes emergentes en nuestros ecosistemas acuáticos: enemigos invisibles. Revista Ingeniería y Región. doi:10.25054/22161325.1750
- Sánchez, J. (2019). Ecología verde. Obtenido de Qué es un manglar y sus características: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-manglar-y-sus-caracteristicas-1682.html#:~:text=Los%20manglares%20son%20un%20tipo,es%20decir%20%20mares%20y%20r%C3%ADos.>

Sarkar, A., & Roy, S. (2020). Bisphenol A toxicity in aquatic flora: Impacts and possible remediation. *NBU Journal of Plant Sciences*, 12, 70-88. Obtenido de Bisphenol A toxicity in aquatic flora: Impacts and possible remediation: [https://www.researchgate.net/publication/360672190\\_Bisphenol\\_A\\_toxicity\\_in\\_aquatic\\_flora\\_Impacts\\_and\\_possible\\_remediation](https://www.researchgate.net/publication/360672190_Bisphenol_A_toxicity_in_aquatic_flora_Impacts_and_possible_remediation)

Servicios Hidrogeológicos y Ambientales. (2015). Obtenido de Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales: <https://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>

Solano, Y. (2015). Estudio de la biodiversidad de macroinvertebrados asociados al ecosistema de manglar de Palmar- Provincia de Santa Elena. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/26622/1/T-UG-DP-MAA-069.pdf>

Soledispa, C., & Salvatierra, D. (2024). Impacto ambiental por macroplásticos en el manglar de isla corazón en el estuario del río chone. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 8(2), 1271-1291. doi:<https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.1271-1291>

SpecialChem. (2018). Obtenido de *Pigments for Plastics: Complete Technical Guide: combinación de*

Tekman, M. B. (2022). Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems. Alfred Wegener Institute Helmholtz-Centre

for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Alemania, 1-13.  
doi:10.5281/zenodo.5898684

Tito, B. (2020). Ingeniería Ambiental. Obtenido de Matriz de Leopold modificada impacto ambiental excel ejemplos: [https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/#google\\_vignette](https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/#google_vignette)

Torres, J., Ahuactizin, M., Fernández, F., & Cortés, D. (2021). Bisfenol A: Un problema de carácter mundial y el uso de hongos como estrategia para su biorremediación. *Frontera Biotecnológica*, 18(2), 10-14. Obtenido de <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol118/pdf/vol-18-2.pdf>

Travis, A. (1993). *The Rainbow Makers: The Origins of the Synthetic Dyestuffs Industry in Western Europe*. Lehigh University Press.

Van Bijsterveldt, B. K. (2021). Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Science of The Total Environment*, 756.

Vera, N. (2018). Scribd. Obtenido de Matriz de Leopold: <https://es.scribd.com/document/365547949/Matriz-de-Leopold>

Verd, J. (2000). Recursos para las CTMA: La matriz de Leopold, un instrumento para analizar noticias de prensa de tematica ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 239-246.

Villami, C. (2011). Tipo de investigación. Obtenido de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0088963/cap03.pdf>

Webb, H., Arnott, J., Crawford, R., & Ivanova, E. (2013). Degradación del plástico y sus implicaciones ambientales con especial referencia al poli (tereftalato de etileno). *Polymers*, 1-18. doi:10.3390/polym5010001

Yáñez-Arancibia, A. T. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*, 4(2), 3-19.

Zschimmer & Schwarz España. (2023). Obtenido de ¿Qué son los polímeros y cómo se clasifican?: [https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-polimeros-y-como-se-  
clasifican/#:~:text=Los%20pol%C3%ADmeros%20son%20macromol%C3%A9culas%20compuestas,que%20se%20conoce%20como%20pol%C3%ADmero.](https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-polimeros-y-como-se-clasifican/#:~:text=Los%20pol%C3%ADmeros%20son%20macromol%C3%A9culas%20compuestas,que%20se%20conoce%20como%20pol%C3%ADmero.)

## ANEXOS

**Anexo 1.** Conteo total de los objetos encontrados

COMPOSICIÓN	OBJETO	N°	TOTAL	%
<b>HDPE</b>	Botellas de detergente	16	16	2%
<b>LDPE</b>	Fundas	114	144	21%
	Lona de plástico	30		
<b>PET</b>	Botellas	96	189	28%
	Tapas	93		
<b>PP</b>	Vasos	47	115	17%
	Envoltura de frituras	43		
	Cuerdas/sogas	25		
<b>PS</b>	Envases para comida	68	82	12%
	Envoltura de helado	14		
<b>No identificado</b>	NI	133	133	20%

**Anexo 2.** Conteo total de la caracterización por color

COLOR	MUESTREOS								TOTAL	%
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
<b>Amarillo</b>	24	7	16	2	7	6	4	4	70	10%
<b>Azul</b>	24	18	5	5	9	5	1	3	70	10%
<b>Blanco</b>	35	23	17	16	6	6	6	5	114	17%
<b>Gris</b>	4	4	1	5	2	1	0	2	19	3%
<b>Morado</b>	3	2	2	1	4	1	1	1	15	2%
<b>Naranja</b>	12	4	1	3	4	3	4	7	38	6%
<b>Negro</b>	10	4	6	2	4	2	5	5	38	6%
<b>Rojo</b>	18	6	8	2	4	2	4	3	47	7%
<b>Transparente</b>	40	36	34	12	13	5	17	11	168	25%
<b>Verde</b>	16	15	9	7	12	7	16	13	95	14%
<b>Café</b>	0	1	0	0	1	0	1	2	5	1%



**Anexo 3.** Delimitación del cuadrante



**Anexo 4.** Desechos plásticos PS



**Anexo 5.** Toma de muestras



**Anexo 6.** Presencia de plástico en las raíces del manglar



**Anexo 7.** Contaminación por plástico en la estación 2



**Anexo 8.** Residuos plásticos variados



**Anexo 9.** Pejepuerco blanco (*Balistes capriscus*)



**Anexo 10.** Funda enredada en el neumatóforo de *Avicennia germinans*



**Anexo 11.** Pez Aguja (*Belone belone*)



**Anexo 12.** Presencia de plástico en la fauna



**Anexo 13.** Cambio en la coloración de las hojas de *Avicennia germinans*



**Anexo 14.** Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP



**Anexo 15.** Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP



**Anexo 16.** Clasificación de plásticos PS, LDPE, PP



**Anexo 17.** Clasificación de plásticos PP



**Anexo 18.** Clasificación de los plásticos por su composición



**Anexo 19.** Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP



**Anexo 20.** Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP



**Anexo 21.** Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, HDPE, PP



**Anexo 22.** Clasificación de plásticos PET, PS, LDPE, PP



**Anexo 23.** Clasificación de objetos PET, PS, LDPE, PP



**Anexo 24.** Botellas PET



**Anexo 25.** Toma de muestras