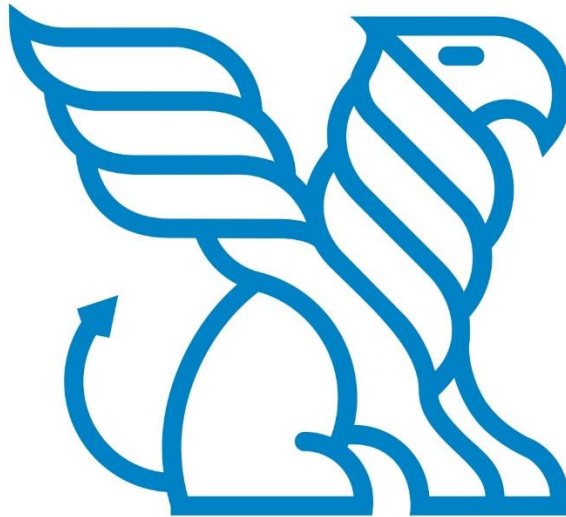


**CONTAMINACIÓN POR BASURA MARINA Y MICROPLÁSTICO EN PUNTOS
PRIORIZADOS DE SUELOS DE MANGLAR DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS
DE TUMACO – NARIÑO.**

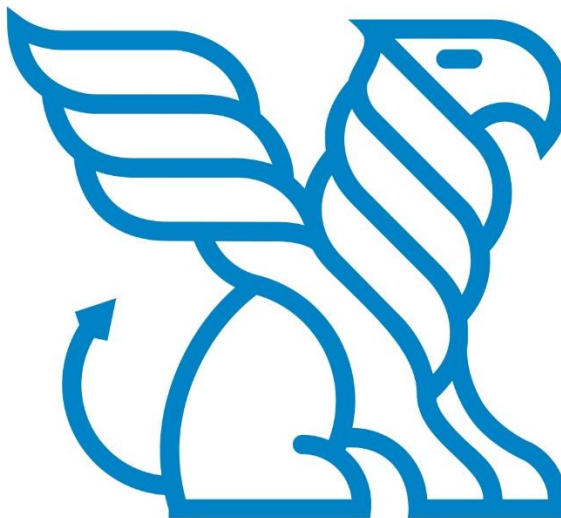


NOMBRES:

Diana Karolina Preciado Estupiñan
Ailyn Paola Zapata Laarenas

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN – CAUCA
2020**

**CONTAMINACIÓN POR BASURA MARINA Y MICROPLÁSTICO EN PUNTOS
PRIORIZADOS DE SUELOS DE MANGLAR DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS
DE TUMACO – NARIÑO.**



NOMBRES:

Diana Karolina Preciado Estupiñan
Ailyn Paola Zapata Laarenas

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

DIRECTOR:

Adriana Lorena Sánchez Vergara
Ingeniería Ambiental
Mg. Contaminación y Toxicología Ambiental

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN – CAUCA**

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Hacemos constar que el presente trabajo de grado ha sido evaluado y aprobado por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, como requisito para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Adriana Lorena Sánchez Vergara

Directora de grado

Natalia Eugenia Samboni Ruiz

Jurado 1

Arnol Arias Hoyos

Jurado 2

Popayán - Cauca, Septiembre 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios, porque sin su sabiduría, paciencia y refugio este sueño no sería posible.

A mi madre **Marina Estupiñan** que es el motor de mi vida que, sin sus sabias palabras, sin su amor y su apoyo este sueño no sería posible. A mi hermana **María Nena Estupiñan** que es mi modelo a seguir, pues ella es el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseo de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más. Y a mis demás familiares y amigos que han estado siempre presente en este camino dándome su cariño, amor, apoyo incondicional que los amo con todo mi corazón.

Diana Karolina Preciado Estupiñan

Principalmente le dedico este trabajo a Dios que fielmente creíste que este sueño era posible y me llenaste de sabiduría en todo este proceso.

A mis padres **Sandra Laarenas** y **Arbey Zapata** por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero a final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Y a mi hermana **Marianella Zapata** que la quiero mucho y por ser un gran apoyo emocional para mí.

Ailyn Paola Zapata Laarenas

A nuestros docentes Por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos, sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel. Quienes brindaron dedicación al impartir su cátedra de tal forma que lo aprendido sea utilizado en la vida real, por el apoyo brindado, Gracias.

Diana Preciado y Ailyn Zapata

AGRADECIMIENTOS

Yo Diana Karolina Preciado Estupiñan, agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de empezar este camino y en el transcurso me lleno de fortaleza, paciencia, consistencia y virtudes para que en el trayecto me permita culminar esta etapa en mi vida; agradezco a mi madre Marina Estupiñan y a mi hermana María Nena Estupiñan por ser las principales promotoras de mi sueño, gracias a ellas por confiar en cada momento en mí, por creer en mí y en mis expectativas para lograr mis objetivos; agradezco a mis demás familiares por su gran apoyo incondicional, por su amor, confianza, por sus palabras de aliento; agradezco a mis amigos y amigas que han sido ese bastón en momento de debilidad de mi vida y en mi memoria agradezco aquellos seres queridos que hoy no están conmigo pero que fueron parte de este sueño de ser Ingeniera Ambiental y Sanitaria.

Yo Ailyn Paola Zapata Laarenas, Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de esta carrera y ser el apoyo en aquellos momentos de dificultad, a mis Padres: Arbey Zapata y Sandra Laarenas, por ser los principales promotores de este gran sueño, por creer y confiar en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado, a mi hermana Marianella Zapata con su cariño, apoyo y con sus palabras que me hacían sentir orgullosa de lo que soy y de lo que le pueda enseñar, a mi abuela Carmen Manzano por ser un ejemplo de una mujer luchadora y con su gran amor me motivo a continuar con mis estudios y finalmente a mi pareja que llego en un momento inesperado que con su amor y respaldo también me ayudo a lograr este sueño de ser Ingeniera Ambiental y Sanitaria.

Agradecemos a nuestra Directora de trabajo de grado Mg. Ingeniera Ambiental Adriana Lorena Sánchez Vergara por todo su apoyo incondicional dentro del proceso de investigación, gracias por brindarnos los lineamientos y guiarnos en el proceso de la realización del anteproyecto hasta el proyecto, cada momento compartido se realizó con la plena seguridad del cumplimiento, enseñanza y aprendizaje a nivel educativo.

Agradecemos al Biólogo Arnol Arias y Julián Andrés Betancourt Cardona por sus valiosas asesorías en diferentes campos, por el tiempo brindado y las diferentes observaciones que aportaron ampliamente en el transcurso del trabajo.

Queremos también agradecer a Diana Vidal quien es la persona encargada de dirigir los procesos en el interior de laboratorio y también por tener la disponibilidad de facilitarnos los equipos necesarios para la ejecución del trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	9
1.3. OBJETIVOS	11
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALE.....	12
2.1 ANTECEDENTES.....	12
2.2 . MARCO REFERENCIAL.....	13
2.2.1. Contaminación marina	13
2.2.2. Basura marina.....	14
2.2.3. Contaminantes emergentes (CE).....	14
2.2.4. Microplástico.....	14
2.2.5. Mangle o manglar.....	15
2.2.5.1. Ecosistema Manglar.....	15
2.2.5.3. Usos del manglar	16
2.2.6. Actividades económicas de la zona de estudio:.....	17
2.2.7. Islas de Basura.....	18
2.3. MARCO LEGAL	22
2.3.1. Normatividad Internacional.....	22
2.3.2. Normatividad Nacional.....	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	26
3.1. Diagrama de flujo	26
3.2. Fase 1: Revisión bibliográfica e identificación de la zona de estudio.....	27
3.2.1. Búsqueda información bibliográfica.....	27
3.2.2. Visita a la zona de estudio	27
3.3. Fase 2: Recolección de sedimentos en suelo de manglar	29
3.3.1. Actividad 3. Recolección de muestra de sedimento de manglar.....	29
3.3.2. Cuantificación y clasificación de basura marina	30
3.3.3. Recolección de basura marina en suelos de manglar	30
3.3.4. Clasificación de basura marina.....	31

3.4.	Fases 3: Análisis de microplástico encontrado en la zona de estudio	32
3.4.1.	Identificación de muestras en laboratorio	32
□	Análisis de microplástico en sedimentos de bosque de manglar	32
□	Identificación del tipo de microplástico encontrado en cada una de las muestras.....	34
3.5.	Fases 4: Identificación de los impactos ambientales del microplástico y basura marina encontrado en la zona de estudio	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		38
4.1.	Identificación de la zona de estudio	38
□	Barrio Nuevo Milenio.....	40
□	Barrio La Florida.	40
□	Zona Turística Isla El Morro.	41
4.2.	Clasificación y Cuantificación de basura marina	41
4.2.1.	Clasificación de la basura marina.....	41
4.2.2.	Cuantificación de basura marina	43
4.3.	Análisis de microplástico encontrado en la zona de estudio.....	55
4.3.1.	Identificación de microplástico en sedimentos de manglar	55
4.3.2.	Clasificación de microplástico.....	56
4.3.2.1.	Forma del microplástico	56
4.3.2.2.	Tamaño del microplástico.....	58
4.3.2.3.	Color del microplástico.....	60
4.4.	Identificación de los impactos ambientales del microplástico y basura marina encontrado en la zona de estudio.	63
4.4.1.	Análisis de los impactos observados e identificados por revisión de literatura.....	66
4.4.2.	Impactos Potenciales.....	73
4.4.3.	Importancia del ecosistema manglar de San Andrés de Tumaco	74
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		77
5.1.	CONCLUSIONES	77
5.2.	RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS.....		80
ANEXOS.....		89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad internacional.....	23
Tabla 2. Normatividad nacional	24
Tabla 3. Escala de valoración de los criterios propuesto por Conesa y adaptados al presente estudio	36
Tabla 4. Importancia ambiental.....	37
Tabla 5. Clasificación de basura marina según OSPAR.....	42
Tabla 6. Calificación dada a los impactos observados en los manglares de San Andrés de Tumaco.	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Isla de plástico.....	19
Figura 2. Corrientes marinas en el mundo	20
Figura 3. Giros oceánicos e islas de plásticos.....	20
Figura 4. Dirección y vientos de las corrientes marea alta	21
Figura 5. Dirección y vientos de las corrientes marea baja	22
Figura 6. Diagrama de flujo de los procesos realizados.....	26
Figura 7. Ubicación de las zonas de estudio	28
Figura 8. Impactos ambientales	66
Figura 9. Impactos Potenciales	73
Figura 10. Beneficios y servicios del ecosistema de manglar.....	75

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Cantidad de artículos/1000 m ² de basura marina	44
Gráfica 2. Tipos de basura marina según la abundancia	48
Gráfica 3. Peso según el tipo de basura marina	50
Gráfica 4. Peso de la basura marina (Kg / Artículo).....	51
Gráfica 5. Total, de microplásticos en 1 kg de muestra	56
Gráfica 6. Clasificación por forma.....	57
Gráfica 7. Clasificación por tamaño.....	59
Gráfica 8. Clasificación por color	61

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Estaciones de muestreo	29
Fotografía 2. Actividades de campo para la recolección de sedimentos de suelo de manglar	30
Fotografía 3. Actividades de campo para el muestreo:.....	31
Fotografía 4. Clasificación de basura	32
Fotografía 5. Procedimientos en laboratorio	33
Fotografía 6. Identificación del microplástico en el estereoscopio	34
Fotografía 7. Puentes en zonas palafíticas	39
Fotografía 8. Estaciones de muestreo Nuevo milenio, La Florida y la Isla el Morro.....	41
Fotografía 9. Degradación del manglar	45
Fotografía 10. Residuos en el manglar.....	46
Fotografía 11. Residuos enredados en las raíces	46
Fotografía 12. Residuos peligrosos.....	47
Fotografía 13. Residuos plásticos encontrados en las zonas de estudios	49
Fotografía 14. Basura marina acumulada por el impedimento de los puentes.....	52
Fotografía 15. Plásticos y vidrios en la isla el Morro.....	53
Fotografía 16. Basura Marina encontrada en el tercer punto de muestreo	54
Fotografía 17. Forma del microplástico	58
Fotografía 18. Tamaño del microplástico.....	60
Fotografía 19. Color del microplástico	62
Fotografía 20. Microplástico en molusco (Anadara tuberculosa).....	72
Fotografía 21. Nuevo Milenio (punto 1) Fuente: Elaboración propia.....	89
Fotografía 22. Basura del Nuevo Milenio.....	90
Fotografía 23. Ingreso al manglar del punto 2	91
Fotografía 24. Barrio La Florida (punto 2).....	92
Fotografía 25. Basura de la Florida.....	92
Fotografía 26. Zona turística isla del morro (punto 3).....	93
Fotografía 27. Medición Fuente: Elaboración propia	94
Fotografía 28. Recolección de sedimento de manglar.....	94
Fotografía 29. Recolección de Basura Marina	95
Fotografía 30. Basura Marina de la zona del morro	95
Fotografía 31. Plásticos (botellas plásticas y bolsas plásticas)	96
Fotografía 32. Plástico (empaques de alimentos y costales)	96
Fotografía 33. Ropa y textiles (ropa, zapatos y almohada).....	97
Fotografía 34. Cartón y papel (revistas)	98
Fotografía 35. Metal (ollas y latas)	98
Fotografía 36. Vidrio (botellas de vidrio)	99
Fotografía 37. Residuos higiénicos y sanitarios (medicamentos y pañales)	99
Fotografía 38. Microplástico encontrado.....	100

RESUMEN

Una de las principales problemáticas que se ha incrementado a nivel mundial está relacionado con la contaminación marina, específicamente “basura marina”; dentro de estos contaminantes, el principal elemento encontrado es el plástico. Este material llega al mar en diferentes formas, tamaños y finalmente se degradan en microplásticos. Una problemática de este tipo se viene presentando en el municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño ubicado en la costa Pacífica de Colombia, específicamente en los bosques de manglar que son ecosistemas estratégicos y que se están afectando por la gestión inadecuada de residuos sólidos urbanos, turismo y pesca intensiva. Por lo anterior se evaluó el estado de la contaminación ambiental por basura marina y microplásticos en puntos priorizados en suelos de bosques de manglar del municipio; para la cuantificación de la basura marina se utilizó 10 transeptos en línea paralela en un área de 1000 m² en el bosque de manglar, se clasificó de acuerdo al tipo de desecho sólido y los microplásticos se extrajeron de un kilogramo de muestra de sedimentos de manglar, se contaron y se clasificaron de acuerdo al tamaño, color y forma. Los resultados encontrados fueron entre 320 artículos/1000 m² y 565 artículos/1000 m² de basura marina en manglares cercanos a centros poblados y la zona turística respectivamente, lo que representa 70 % del total de los residuos hallados; la cantidad de microplásticos fue de 413 artículos/ kg, 171 artículos/ kg y 126 artículos/kg de filamentos, esferas y formas irregulares en sitios de muestreo mencionados anteriormente. Este estudio es el primero que se realiza en el sur del litoral pacífico colombiano y busca generar conocimiento para la construcción de una línea base que permita implementar estrategias de control de residuos sólidos y conservar el ecosistema de manglar.

Palabras Claves: microplástico, manglar, basura marina, plástico.

ABSTRACT

One of the main problems that has increased worldwide is related to marine pollution, specifically "marine litter"; Within these pollutants, the main element found is plastic. This material reaches the sea in different shapes, sizes, and finally breaks down into microplastics. A problem of this type has been occurring in the municipality of San Andrés de Tumaco - Nariño located on the Pacific coast of Colombia, specifically in the mangrove forests that are strategic ecosystems and that are being affected by the inadequate management of urban solid waste, tourism and intensive fishing. Due to the above, there was a need to assess the status of environmental contamination by marine litter and microplastics at prioritized points in the mangrove forest soils of the municipality; For the quantification of marine litter, 10 parallel line transects were used in an area of 1000 m² in the mangrove forest, it was classified according to the type of solid waste and the microplastics were extracted from a kilogram of mangrove sediment sample, they were counted and classified according to size, color and shape. The results found were between 320 articles / 1000 m² and 565 articles / 1000 m² of marine litter in mangroves near populated centers and the tourist area, specifically, which represents 70% of the total waste found; the quantity of microplastics was 413 articles / kg, 171 articles / kg and 126 articles / kg of filaments, spheres and irregular shapes at the aforementioned sampling sites. This study is the first to be carried out in the south of the Colombian Pacific coast and seeks to generate knowledge for the construction of a baseline that allows implementing solid waste control strategies and conserving the mangrove ecosystem.

Key Words: microplastic, mangrove, marine litter, plastic.

INTRODUCCIÓN

La contaminación marina hace referencia a cualquier cambio en la calidad natural del medio acuático, causada por diferentes factores (químicos, físicos y biológicos), que están asociados a las actividades agropecuarias, domesticas, extractivas e industriales, estas actividades por lo general, tienen como subproductos residuos que demandan oxígenos, agentes patógenos, nutrientes, petróleo, sustancias químicas e inorgánicas y sedimentos, entre otros, que se descargan directamente a los cuerpos de agua causando diferentes perturbaciones a la comunidad y ecosistema asociados [1]. La basura marina presente en los ecosistemas costeros representa el 80% de los residuos provenientes de las actividades terrestres y por los inadecuados sistemas de saneamiento básico; el 20% proviene de las actividades marítimas como son la pesca industrial, navegación, la pesca recreativa, transporte marítimo entre otras [2]

Las áreas costeras de la región del Pacífico, al igual que el Caribe, también presentan un alto grado de contaminación a causa de estas principales actividades. Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y son vertidos directamente en las aguas costeras o a través de los ríos [3], que finalmente se acumula en las playas, manglares y otros ecosistemas marinos- costeros. Una vez en estos ecosistemas, los plásticos se deterioran debido a su exposición a la radiación solar, ondas y otros factores ambientales que causan su fragmentación generando partículas menores como microplásticos (partículas plásticas de <5 mm) [4]. Su escasa biodegradabilidad y resistencia a procesos de degradación físicos y químicos, conlleva a su acumulación en cantidades crecientes las cuales, de manera intencional o accidental terminan depositándose en los océanos [5].

Los microplásticos se consideran un contaminante emergente, debido a sus características físicas (tamaño, peso, forma, color) y su abundancia en el medio ambiente, estos son ingeridos por diferentes organismos como crustáceos, moluscos, peces entre otros [6]; [7]. Del mismo modo, los microplásticos deterioran la calidad ambiental causando daños físicos y biológicos al ecosistema marino [8]; [9]; [10]; [11]; [12]. Además, debido a la composición y tamaño del microplástico, es capaz de acumular metales y contaminantes orgánicos persistentes en el medio acuático y lixiviar plastificantes tóxicos. Por otro lado, se ha encontrado microplásticos en el agua potable embotellada, en la sal de cocción y otros alimentos, así como en el aire, por lo que los seres humanos también están

expuestos a ellos y como consecuencia posibles efectos a la salud humana [7]. Sin embargo, los efectos ecológicos y sociales asociados a ellos aún se desconocen [13].

En Colombia, el manglar es uno de los ecosistemas costero-marinos considerados estratégicos para el desarrollo del país, debido a sus funciones ecológicas y la prestación de servicios ecosistémicos que influyen fuertemente en la cultura, la economía y la calidad de vida poblaciones humanas cercanas a ellos [14]. Desafortunadamente, en Colombia la degradación de los manglares es una gran preocupación, las principales causas están relacionadas con la expansión urbana, el cambio climático, la contaminación, los cambios en el uso del suelo y la sobreexplotación de los elementos naturales, entre otros [15]. Específicamente, la expansión urbana hacia las áreas de manglares ha generado contaminación debido a las aguas residuales y los residuos sólidos, que son mal manejados y vertidos en el ecosistema, por lo que la transformación de residuos sólidos en basura marina [16]. Actualmente el municipio de San Andrés de Tumaco es la zona con mayor abundancia de manglares del país con 50.000 hectáreas existente en especial el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y otras especies en minoría como mangle blanco (*Laguncularia recemosa*), el mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) y el mangle negro (*Avicennia germinans*). También hay mangle nato (*Mora oleifera*) y jeli (*Canocarpus erectus*), los cuales, configuran una diversidad que es parte de la riqueza botánica del sur del Pacífico Colombiano [17].

El objetivo de este trabajo era evaluar Contaminación por basura marina y microplástico en puntos priorizados de suelos de manglar del municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño, de manera que se pueda aportar en la construcción de una línea base para futuras investigaciones en la costa pacífica colombiana, así como medidas de acción para la protección de los ecosistemas marinos y la salud de la población. Además, este estudio contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible No 14: Conservar y utilizar de manera sostenible los océanos, mares y recursos marinos, en su meta 14.1 relacionada con la prevención y reducción significativa de este tipo de contaminación [18]. Y por último se resalta que en los últimos años ha aumentado el conocimiento sobre el microplástico en zonas costeras, no se reportan en la bibliografía estudios donde se evalúe este problema en el sur del litoral pacífico colombiano.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La basura marina hace referencia a todo material sólido persistente, procesado y desechado en el medio marino [19], siendo el plástico el principal componente de la basura marina (entre el 60% y el 90% de los residuos encontrados) por su alta producción [4],[20]. Según el informe de Plastics Europe, la producción mundial de plásticos creció casi un 4% en 2015, alcanzando los 322 millones de toneladas anuales para el 2016, siendo Europa uno de los mayores productores de plástico en el mundo [21]. En Latinoamérica la producción de plástico representó el 4,4% de la producción mundial para el año 2015 [22].

Las áreas costeras de la región del Pacífico, presentan un alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos, industriales, oleosos y basuras. Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y son vertidos directamente en las aguas costeras o a través de los ríos y las zonas más afectadas resultan ser las adyacentes a las ciudades o centros urbanos más poblados y con un nivel de desarrollo mayor como lo son Buenaventura y Tumaco [23].

Debido a que el microplástico y los desechos marinos son muy persistentes y se dispersan fácilmente se ha convertido en un problema creciente, especialmente en regiones con alta población costera con sistemas de gestión de residuos inadecuados, pesquerías intensivas o turismo elevado como es el caso de la ciudad de San Andrés de Tumaco en el departamento de Nariño. Así mismo, estudios identifican que estos deterioran la calidad del agua y sedimentos de manglar produciendo mortalidad y escasez de la producción primaria de los recursos pesqueros en el medio marino [12], afectando la seguridad alimentaria de la zona, debido a que es una fuente de alimentación por el consumo de peces pequeños, crustáceos y moluscos siendo la principal fuente de ingesta de los contaminantes orgánicos persistentes mediante la cadena trófica Alimentaria expresado en el informe AESAN [24]. Se resalta que, aunque en los últimos años ha aumentado el conocimiento sobre el microplástico y basuras marinas en sedimentos de suelo de manglar en zonas costeras, no se reportan en la bibliografía actual estudios donde se evalúe este problema en el sur del litoral pacífico colombiano.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar el estado de la contaminación ambiental por basura marina y microplásticos en puntos priorizados de suelo de

manglar del municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño de manera que este estudio pueda aportar a la construcción de una línea base para futuras investigaciones en la costa pacífica colombiana.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años ha aumentado de manera considerable el uso de plásticos que a su vez llegan a las zonas costeras como basuras marinas, convirtiendo los océanos en grandes vertederos de residuos sólidos y acumulándose en los ecosistemas de manglar, por el insuficiente e inadecuado manejo y disposición final de los residuos urbanos en los municipios costeros. Adicionalmente, la alta frecuencia de turistas en dichas regiones, la inexistencia de un adecuado saneamiento básico y la falta de políticas públicas que regulen la disposición final de los residuos en el ambiente costero, también incrementan esta problemática [25].

Estudios calculan que aproximadamente al año 6,4 millones de toneladas de residuos acaban en el mar [26], de los cuales el 60% y el 80 % son desechos plásticos; debido al alto consumo de estos materiales y al incremento de las poblaciones que habitan cerca de las zonas costeras, además el plástico se degrada a microplástico el cual puede generar impactos a corto, mediano y largo plazo para los ecosistemas marinos y puede llegar por medio de la cadena trófica al hombre [27].

Estudios comprueban que los microplásticos en el medio ambiente tienen una amplia distribución, persistencia y contaminación de la biota [28] en especial a los recursos pesqueros, de acuerdo con Dannielle Green demostraron que los plásticos convencionales y biodegradables de gran tamaño pueden afectar la riqueza de las especies, la productividad primaria de los hábitats y el número total de las especies agotando los recursos pesqueros [29].

Otros estudios revelan que los microplásticos tienden a ser vectores de contaminantes orgánicos persistentes (COP) mediante sus aditivos y se pueden bioacumularse en la cadena trófica [30] a partir de las pequeñas especies de peces, los crustáceos y los moluscos que se consumen enteros, sin eliminar los intestinos siendo una fuente de ingestión de microplásticos, causando déficit en la seguridad alimentaria. Además los microplásticos se consideran un contaminante emergente, causando daños físicos y mortalidad de la fauna marina [31][32]. Cabe resaltar que los efectos ecológicos y sociales asociados con ellos aún son desconocidos [33].

Investigadores durante los últimos años reiteran que es importante seguir con investigaciones sobre microplásticos en sedimentos de suelo de manglar para desarrollar protocolos y se pueda realizar una estandarización del mismo y poder tener conclusiones importantes sobre la afectación real del microplástico [34].

Es importante resaltar que en Colombia el deterioro del ecosistema manglar se debe al crecimiento de la población en las zonas costeras, el cambio climático y contaminación por desechos marinos [35]. La degradación del ecosistema y la falta de información sobre la contaminación de basura marina y microplástico en sedimentos de manglar en zona costera del pacífico colombiano; conlleva a la necesidad de realizar la evaluación del estado de contaminación por basura marina y microplástico en puntos priorizados de suelos de manglar en el municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño, como primer paso para implementación de estrategias por parte de los entes de control para prevenir la contaminación marina por basura marina y microplástico en esta región, incentivar a seguir con investigaciones sobre el microplástico y cuantificación de las basuras marinas en suelos de manglar en zonas costeras y contribuir al objetivo de desarrollo sostenible No 14: Conservar y utilizar de forma sostenible los recursos marinos, en su objetivo 14.1 relacionado con la prevención y la reducción significativa de este tipo de contaminación en los ambientes marinos[36].

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado de contaminación por basura marina y microplástico en puntos priorizados de suelo de manglar del municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar y clasificar la basura marina en suelos de manglar en puntos priorizados del municipio de San Andrés de Tumaco.
- Analizar la presencia y el tipo de microplástico en sedimentos de manglar.
- Identificar los impactos ocasionados por la presencia de basura marina y microplástico en suelos de manglar.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALE

2.1 ANTECEDENTES

De acuerdo con la información bibliográfica disponible, es importante resaltar que existen pocos estudios a nivel mundial, regional, así como local sobre la basura marina y el microplástico en sedimentos de manglar, debido a que la mayor parte de los estudios son realizados en zonas de playas, agua superficial marina, animales mamíferos marinos y algunas especies de moluscos. A continuación, se presentan la información de algunos estudios realizados sobre el microplásticos y basura marina en sedimentos y bosques de manglar.

En el estudio realizado por Martin *et al.* en 2019, se encontró que los manglares del Mar Rojo y el Golfo Árabe actúan como sumideros de basura marina tanto cerca de lugares poblados como remotos. Para su verificación realizaron una cuantificación y clasificación a través de transectos, encontrando que la basura era más abundante donde la densidad de los bosques de manglares era mayor y estos actuaban como un tamiz que retienen grandes objetos, encontrando 1254 artículos de basura marina en los manglares evaluados [37].

Nor *et al.*, estudiaron en la presencia de microplástico en siete hábitats intermareales de manglares de Singapur. Dentro de los resultados se identificó una concentración de microplástico más alta al noroeste de Singapur y con prevalencia de formas fibrosas y menores de 20 micras, identificando un total de cuatro tipos de polímeros, incluidos el polietileno, polipropileno, nylon y cloruro de polivinilo por la degradación de los desechos marinos que se acumulan en los manglares [38].

Un estudio en Malasia por Barasarathi *et al.*, determinaron la abundancia de microplástico en el bosque de manglares en un área aislada de actividades antropogénicas, encontrando 132 artículos de microplásticos con mayor abundancia de fibras de poliestireno de tamaño micro y los fragmentos de plásticos del tamaño de 1 y 2 cm [39].

Además un estudio realizado en playas arenosas y humedales de manglares de la bahía de Qinzhou en China, encontraron 15 – 12.852 artículos kg^{-1} de sedimento con tamaños entre 0,16 y 5,0 mm de tres tipos de plástico diferente (poliestireno, polipropileno y polietileno) y formas de fragmento, fibra y esferas, observaron que la mayor concentración de microplásticos se encontraba en los humedales de manglares ya que actúan como barreras para la retención del plástico [40].

Li *et al.*, evaluaron la abundancia y características de los microplásticos en los sedimentos de manglares del mar semicerrado de Maowei al sur de China. El análisis reveló que la abundancia de microplástico en los estuarios de los ríos eran mucho más bajas que las de las zonas de entrada oceánica, con valores que

oscilaban entre 520 ± 8 y 940 ± 17 artículos / kg. de polietileno(PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) blanco y transparente, y los microplásticos de < 1 mm fueron el tipo dominante [41].

En el estudio realizado por Barletta *et al*, determinaron que la principal fuente de contaminación en estuarios sudamericanos son las cuencas fluviales y las actividades de desarrollo urbano y agroindustriales ayudando al incremento de plásticos en los estuarios. En el estudio realizado encontraron entre 117 a 1509 artículos por km^2 en todos los puntos de muestreo realizados en Sudamérica, siendo el estuario de Guanbara Bay en Brasil con una concentración de 1604 artículos en 100 m^2 el que más presencia registró [42].

El estudio de Anthony *et al*, muestra como el microplástico se acumulan en 18 costas que van desde los polos hasta el ecuador. Se reconoció como una fuente importante de microplásticos en sedimentos especialmente en zonas de manglar, las aguas residuales contaminadas por fibras del lavado de ropa al producir más de 1900 fibras por lavado [43].

En bosques de manglar en el municipio de Buenaventura, Riascos *et al* evaluaron la densidad, la distribución y composición de la macro – basura superficial en este ecosistema, encontrando densidad de entre 2 a 314 g/m, demostrando que los bosques de manglares que rodean a la ciudad de buenaventura se encuentran entre las zonas costeras más contaminadas del mundo por macro basura superficial con predominancia del plástico [35].

De acuerdo al estudio realizado por Herrera *et al* en Colombia, se encontró que los hábitats de arbustos y manglares en un delta del río Atrato contenían densidades más altas de desechos marinos, debido a que sus tallos atrapan los sólidos [44].

Ostin Garcés *et al*, realizaron un estudio en la Ciénega Grande de Santa Marta con el fin de evaluar la contaminación por desechos marinos y microplástico en los suelos de manglares de la Ciénega, donde se determinaron 540 ± 137 y 31 ± 23 ítems / ha de desechos marinos en los manglares cercanos y alejados de los centros poblados, los plásticos representaron el 73 y el 96% de la basura, la cantidad de microplástico está entre 31 y ,863 ítems / kg encontrado las mayores concentración en manglares cercanos a la población [45].

2.2. MARCO REFERENCIAL

A continuación, se presentan los siguientes referentes conceptuales relacionados con la evaluación de basura marina y microplástico en sedimentos de suelo de bosques de manglar:

2.2.1. Contaminación marina

Esta hace referencia a cualquier cambio en la calidad natural del medio, causada por factores químicos, físicos y biológicos, asociados a las actividades

agropecuarias, domésticas, extractivas e industriales que, por lo general, tienen como subproductos residuos que demandan oxígeno, agentes patógenos, nutrientes, petróleo, sustancias químicas e inorgánicas y sedimentos, entre otros, que se descargan directamente a los cuerpos de agua causando diferentes perturbaciones a la comunidad y ecosistema asociados.[46]

2.2.2. Basura marina

Según la definición del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la basura marina se define como “todo material sólido persistente, manufacturado o elaborado, que se desecha, elimina o abandona en el medio marino y costero.” Existen fuentes terrestres como ríos que desembocan en el mar, vertederos de basura cercanos a zonas costeras, residuos de actividades recreativas en las playas, etc., y marinas entre las que se incluyen naves, vertimientos ilegales, desechos de pesca, acuicultura, entre otros [47].

Además, una proporción de basura marina se va al fondo marino y la otra parte se le denominada como basura flotante. Este último tipo de basura marina puede flotar desde semanas hasta meses en el mar antes de hundirse y es comúnmente transportada por corrientes y vientos antes de llegar a la costa. Por esta razón, la basura marina generada en una zona determinada, puede viajar y terminar en otro lugar, constituyéndose en un problema que debe ser atacado tanto a nivel regional, como global. Existen estudios que señalan que uno de los impactos negativos ecológicos de la basura marina flotante plástica, es que podría dispersar y trasladar especies exóticas invasoras de invertebrados marinos, pudiendo incluso provocar daños a la salud humana [48].

2.2.3. Contaminantes emergentes (CE)

El término generalmente se utiliza para referirse a compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente no se considera significativa en términos de distribución y/o concentración, por lo que pasan inadvertidos; no obstante, ahora están siendo ampliamente detectados y tienen el potencial de acarrear un impacto ecológico, así como efectos adversos sobre la salud [49].

Los CE comprenden una amplia gama de compuestos químicos, productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, agentes tensoactivos, plastificantes y aditivos industriales, que no están incluidos en el monitoreo actual de programas de tratamiento de aguas; también incluyen la síntesis de nuevos compuestos químicos o cambios en el uso y disposición de los productos químicos ya existentes de los cuales existe una limitada información disponible sobre el efecto que puede causar en la salud humana y en el ambiente [49].

2.2.4. Microplástico

Los microplásticos son pequeñas partículas de polímeros (generalmente polietileno, poliestireno o polipropileno) con un tamaño inferior a 5 mm; que pueden ser primarios o secundarios dependiendo de su origen. En las últimas cuatro décadas

las concentraciones de estas partículas parecen haber aumentado significativamente en las aguas superficiales del océano y su efecto al ecosistema puede ser físico y/o químico[50].

2.2.5. Mangle o manglar

Los mangles son la especie predominante del ecosistema manglar y viven a lo largo de la costa, ríos y estuarios donde mantiene parte de sus troncos bajo el agua salada. Son árboles muy resistentes a condiciones salobres (con aguas hasta 100 veces más salada) y calientes que afectaría a otros tipos de especies. Esta resistencia se debe su adaptación morfológica, a que cuenta un sistema de filtración que mantiene libre de gran parte de la cantidad de sal, con un sistema radicular que consigue mantener erguido el manglar a pesar de los cambiantes sedimentos sobre los que se asientan y sistemas que ayudan a sus raíces a buscar el oxígeno existente en la superficie (la cantidad de oxígeno en el ecosistema es limitada). Los frutos del mangle son conocidos como propágulos y este germina en la planta madre, y el embrión madura en el árbol aproximadamente un año, antes de caer al agua; el fruto tiene forma de lanza que cuando cae al suelo les enterrarse en el sustrato cuando caen en él o flotar largos tiempos y distancias hasta encontrar terrenos en los que asentarse [51].

2.2.5.1. Ecosistema Manglar

Los ecosistemas manglar es considerado uno de los cinco ecosistemas más productivos del planeta, y el de mayor productividad de neta de Carbono (C), puede aportar hasta 40 Kg C/día/ha y capturar hasta 17 toneladas de CO₂ /ha/año, frente a la capacidad de un bosque amazónico prístino, que captura 1 Ton de CO₂ /ha/año [52]. Son caracterizados por ubicarse en litorales tropicales de suelo plano y fangoso y aguas relativamente tranquilas. Los suelos pueden ser inundados permanentemente o solo en las mareas altas, crecen en terrenos inestables, son anaerobios con influencia salina y sus raíces son zancas o tabloides [53].

Además cumplen una función importante ya que son excelentes evotranspiradores para ayudar al enfriamiento natural de las comunidades cercanas, actúan como sumideros naturales de CO₂, son excelentes detoxificadores y amortiguadores de inundaciones, asimismo sirven de refugio y anidación de diversas especies y es importante resaltar que estos ecosistemas son frágiles lo que hace prioritaria su conservación y protección [53].

Por su morfología se caracterizan por ser formadores de suelo, protegen la zona litoral de la erosión costera y retienen partículas o desechos sólidos que descargan los ríos y arroyos en el mar [53].

2.2.5.2. Manglares del municipio de Tumaco

El departamento de Nariño se destaca a nivel nacional por tener una de las mayores extensiones de bosque de manglar, de acuerdo con Sánchez *et al* [53] que abarca

cerca de 150.000 hectáreas. Las especies significativas de mangles que se encuentran en la zona son Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle negro o Iguanero, *Avicennia germinans* (Avicenniaceae), Mangle blanco o comedero, *Laguncularia racemosa* (Combretaceae), Mangle piñuelo, *Pelliciera rhizophorae* (Pellicieraceae). Sin embargo, en la zona se encuentra en mayor proporción la consociación *Rhizophoretum mangle*, que puede ser considerada como la comunidad característica que se encuentra con 45% del total de las hectáreas de bosques de manglar con una densidad promedio de 823 individuos por hectáreas, en total son 59.997 hectáreas de manglares reglamentados por la Corporación Autónoma Regional de Nariño, Corponariño [54].

En el municipio de San Andrés de Tumaco, el casco urbano o zona continental está constituido por una extensión aproximada de 5.611 hectáreas que corresponden al 9,36% de bosques de manglar del Departamento de Nariño. Los manglares están ubicados en los esteros Bagrero, Tres Bocas, Sábalo y estero del medio, con predominancia del Mangle rojo *Rhizophora spp* (Rhizophoraceae) [55].

El mangle rojo (*Rhizophora mangle*) es un arbusto halófito, de raíces fúlcreas, ramificadas, su habitat es en las zonas intermareales de lagunas costera y esteros con influencia de agua salada. Esta especie es importante porque ayuda a la recuperación de terrenos degradados, constituye reservorios de carbono y sistemas importantes en el flujo de energía, controla la erosión de las mareas, son formadores y estabilizadores de suelos, protectores y estabilizadores de la línea costera, además, mantienen la calidad del agua ya que funcionan como filtro de contaminantes. El manglar rojo sirve como refugio de numerosas especies animales, terrestres y acuáticas ya que son fuente de nutrientes y ofrece una amplia zona de protección, alimentación y reproducción a especies pesqueras de reconocido valor económico como ostión y camarón [56].

2.2.5.3. Usos del manglar

En el municipio de San Andrés de Tumaco los principales usos del ecosistema del Manglar son los siguientes:

- **Zona de expansión de la frontera Urbana:** Corresponde a la destrucción de los bosques de manglar de forma permanente para el asentamiento de personas de bajos recursos en áreas de bajamar, que comprenden un área aproximada de 35 hectáreas [57].
- **Combustible cocinas tradicionales:** Se manifiesta por el aprovechamiento de los árboles de mangle para la extracción de leña y

producción de carbón vegetal para las actividades que desarrollan la población como obtención de energía con poder calorífico para las cocinas tradicionales [57].

- **Material de construcción:** La madera del mangle también se utiliza como soportes (pilotaje) para las casas palafíticas, tablas para la pared de las viviendas [57].
- **Uso sostenible:** Son áreas que son utilizadas para que las comunidades que mayormente han dependido de estos ecosistemas, puedan suplir con algunas sus necesidades sin afectar las generaciones futuras ubicados en el sector de cabecera urbana [55].
- **Uso de recuperación:** El fin de este uso es establecer la base de los recursos, servicios ambientales y las relaciones en ecosistemas de manglar degradados por causas antrópicas o naturales y están ubicados en el sector consejo comunitario bajo mira y frontera, sector Bocagrande [55].
- **Uso de preservación:** Es el uso de salvaguardar la base de los recursos, servicios ambientales y las relaciones de los ecosistemas de manglar. Para establecer una base genética y paisajística en beneficios común de las comunidades. Ubicados en la zona del municipio de Tumaco sector urbano y alrededor del consejo comunitario de rescate de las Varas [55].

2.2.6. Actividades económicas de la zona de estudio:

La economía del municipio de San Andrés de Tumaco, está basada principalmente por el sector primario con la explotación forestal, pesquera, agrícola (palma africana, coco, cacao y frutales), turismo y ganadera [58].

- **Explotación forestal, extracción y recolección:** Son áreas dedicadas a la extracción y recolección de recursos de flora y fauna en bosques naturales de manglar, natal y terrazas, actividades tradicionales de las comunidades del municipio para su autoconsumo [58].
- **Cultivos de Palma Africana:** El municipio posee aproximadamente 120.000 hectáreas sembradas con el cultivo de palma africana que ofrecen una rentabilidad a los campesinos y generación de empleo para

las comunidades. El aumento de este monocultivo ha incrementado la deforestación de bosques nativos del municipio por la expansión de la frontera agrícola [58].

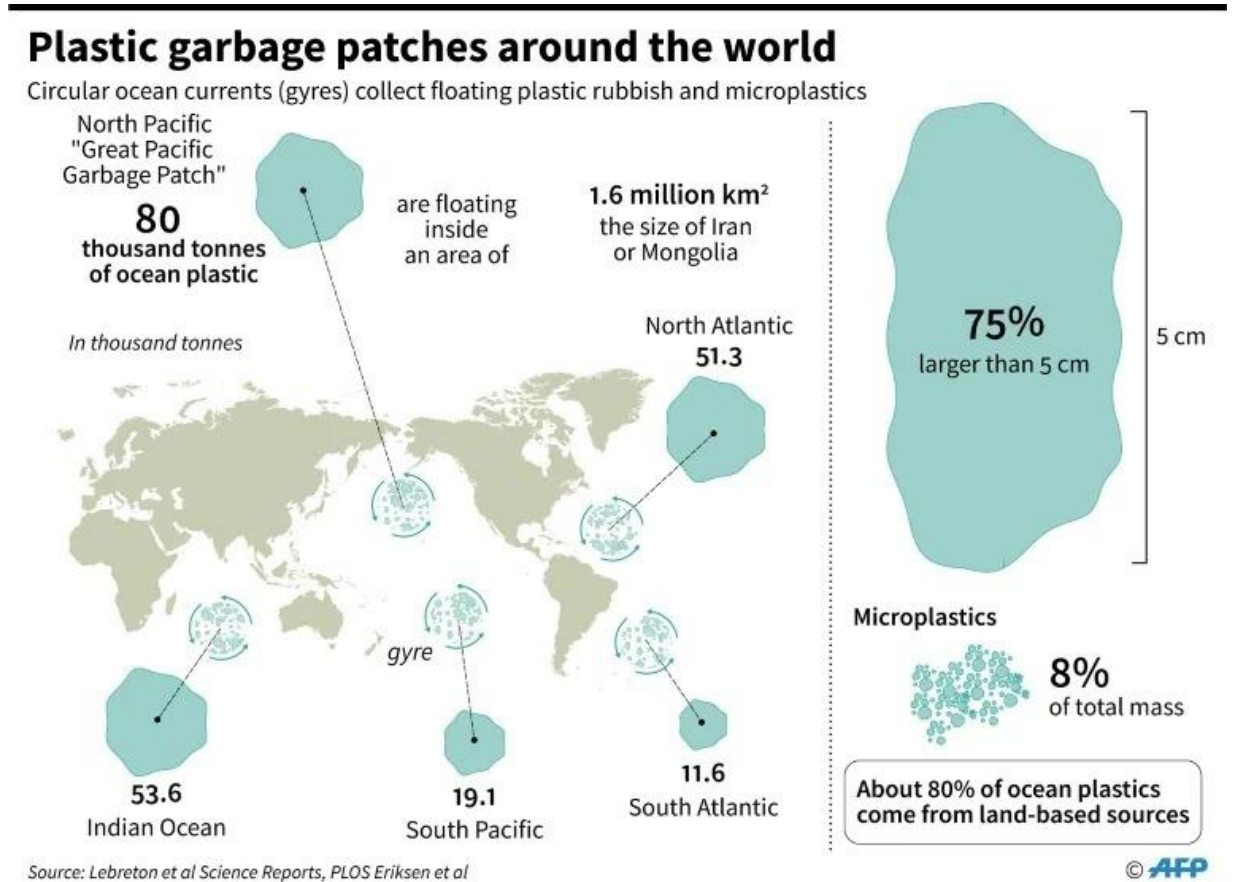
- **Pesca:** El municipio de Tumaco constituye uno de los bancos de pesca blanca del Departamento de Nariño ya que durante todo el año hay importante oferta de pesca y se desarrolla de manera artesanal e industrial. La pesca industrial se basa en el cultivo de camarones, atún y demersales, desarrollada por aproximadamente 53 empresas pesqueras con permisos de extracción, procesamiento y comercialización. La pesca artesanal se basa en crustáceos, algunos peces y moluscos de forma individual o cooperativas a pequeña escala y mediante sistemas, artes y métodos menores de pesca [58].
- **Turismo:** El turismo es otra de las actividades promisorias en Tumaco y todo el Departamento de Nariño. En el 2004 este municipio contaba con 41 establecimientos dedicados a la hotelería, hostelería y hospedaje, con 797 habitaciones y 1.655 camas. En ese mismo año, a Tumaco llegaron cerca de 284.000 visitantes de los cuales el 68% provenía de ciudades cercanas como Pasto e Ipiales. Entre las principales zonas turísticas del municipio están las Playas del Morro, las playas del Bajito, las Islas de Bocagrande, el Puente del Morro y las Desembocaduras del río Mira en el Pacífico formando playas naturales, con gran variedad de flora y fauna, lo cual constituye un atractivo para el Ecoturismo [58].

2.2.7. Islas de Basura

La contaminación de los océanos por plásticos es considerado un tema importantes ya que se desconoce la cantidad de basura marina que hay en los mares, algunos estudios demuestran que aproximadamente 6.4 millones de toneladas de desechos son vertidos al mar y distribuidos ampliamente en todos los océanos del mundo causado por las corrientes, los vientos y demás agentes atmosféricos [59].

Con el tiempo los desechos marinos se han agrupas en grandes superficies del mar llamadas parches de basura o islas de plástico (Garbage patch) transportados por las corrientes oceánicas. Actualmente en el mundo hay 5 islas de basura, la mayor se encuentra ubicada en el Océano Pacífico, dos en el atlántico Norte – Mar de los Sargazos, otra en el atlántico sur, una en el Océano Índico y dos más pequeñas, una en el Mar mediterráneo y la otra en el Mar Caribe como se muestra en la siguiente figura 1 [60].

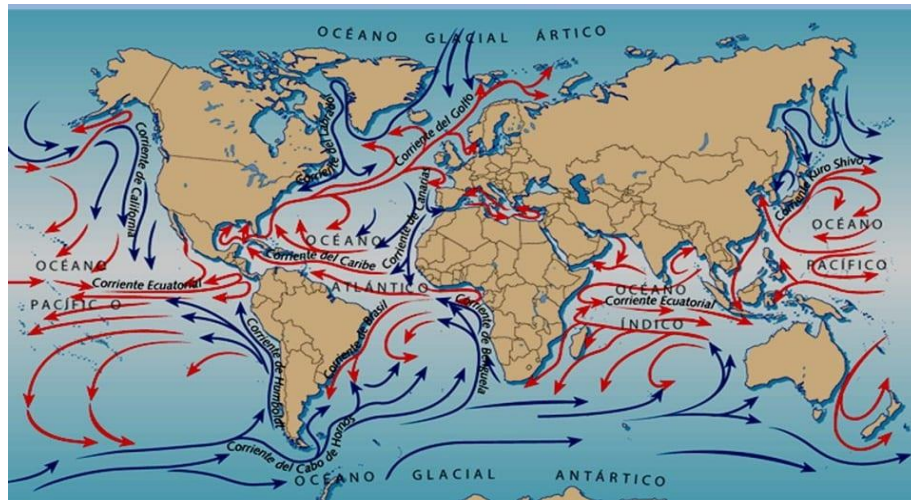
Figura 1. Isla de plástico



Fuente: Elaboración [61]

Las islas de plástico son formadas por dos fenómenos naturales los cuales corresponde a las corrientes marinas que son un movimiento superficial de las aguas en los océanos por la rotación de la tierra y por los vientos constantes o planetarios [60], como se ilustra en la siguiente figura 2.

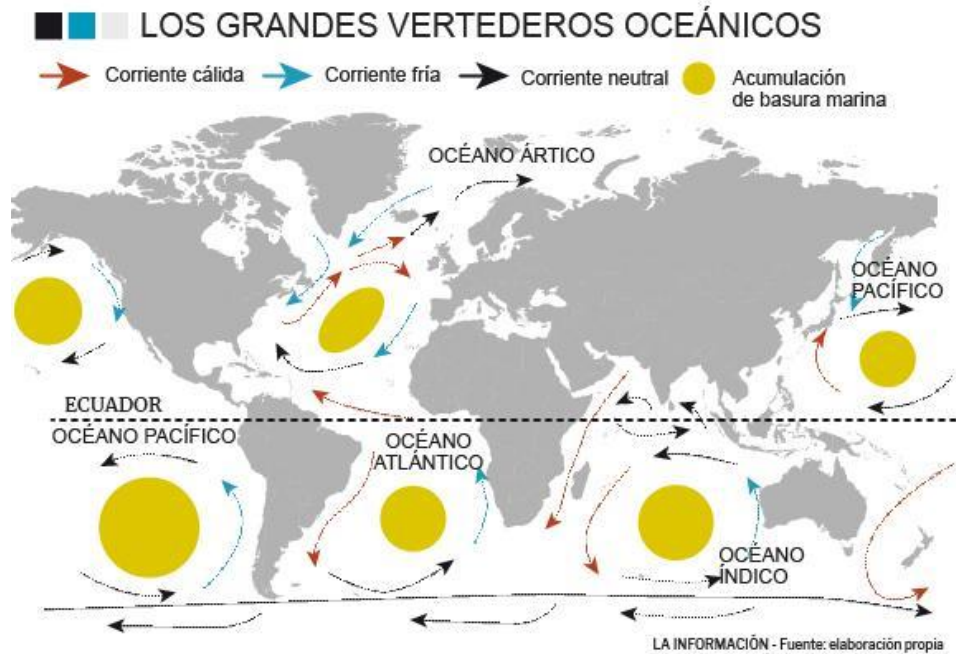
Figura 2. Corrientes marinas en el mundo



Fuente: Elaboración [62]

Además, se debe tener en cuenta que, si en la superficie las aguas superficiales van de este a oeste en la zona intertropical, en el fondo del océano las aguas se desplazan siguiendo ese movimiento de rotación de oeste a este y es importante resaltar que existe el giro oceánico causado por el efecto de Coriolis, determinando los patrones circulatorios del viento [60], como se ilustra en la siguiente figura 3.

Figura 3. Giros oceánicos e islas de plásticos

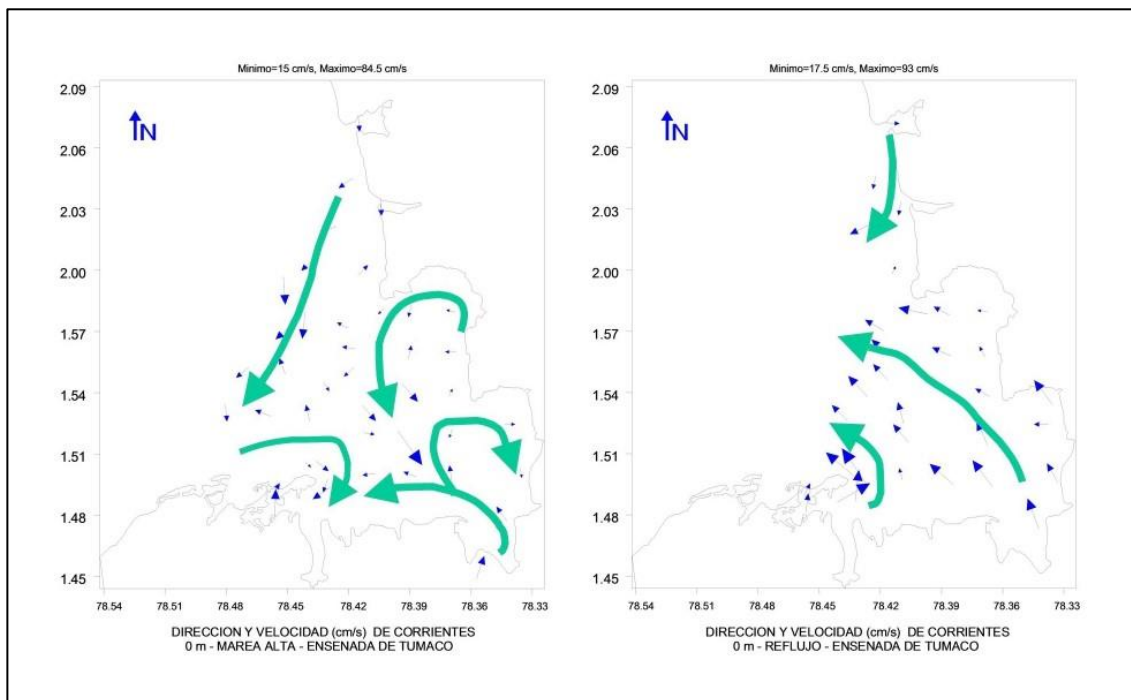


Fuentes: Elaboración [63].

Las mareas en la costa pacífica colombiana son de tipo semidiurno, con un periodo de aproximadamente 12,5 horas, para dar lugar a un sistema de mareas vivas y muertas que se conocen con los nombres de sicigia y cuadratura. Asimismo, las corrientes marinas en Tumaco son complejas y cambiantes, comparadas con otras regiones; debido a la cercanía con la línea ecuatorial (aquí se encuentran corrientes que vienen de los hemisferios norte y sur) donde se presenta dos patrones distintos; en verano la circulación es anticiclónica con una corriente costera hacia el sur, y en invierno es ciclónica con una corriente costera al norte y afloramientos oceánicos en la mitad de la corriente Pacífico Colombia – CPC que fluye en dirección hacia el norte, siendo esta paralela a la costa. Estas condiciones son la principal causa de la formación de las islas de barra (como El Guano) que se encuentran a todo lo largo de la costa de Nariño, porque transporta gran cantidad de arena, por ejemplo, la que trae el río Mira. [64],[65].

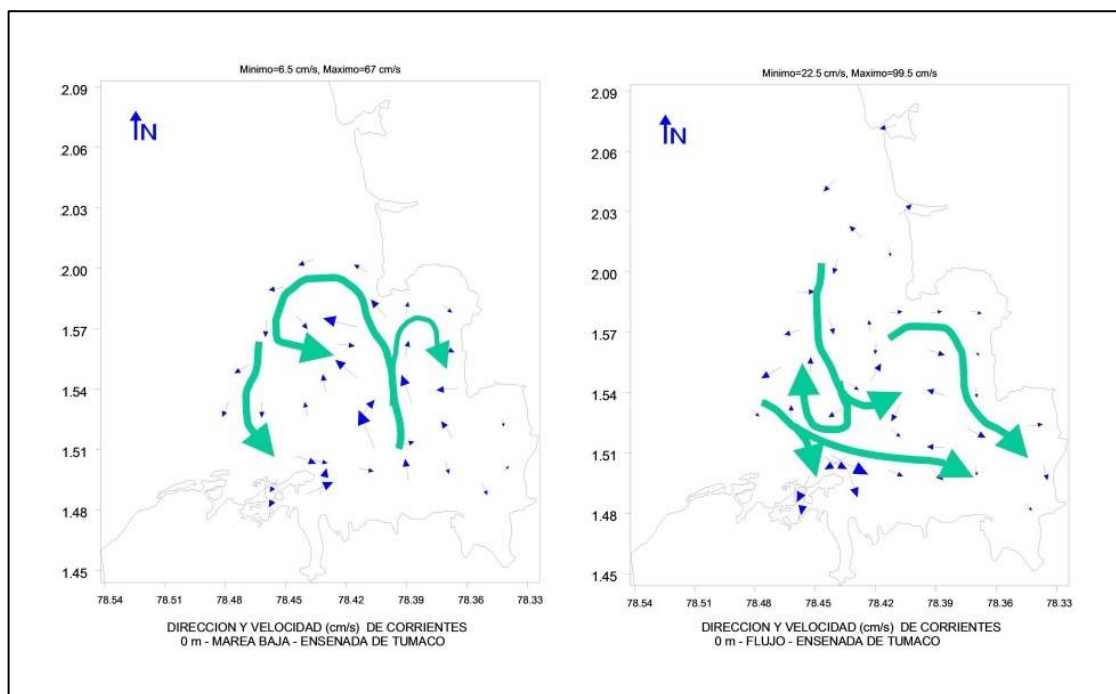
Por lo tanto, estas corrientes pueden cambiar ocasionalmente y de manera irregular cuando aparece el fenómeno llamado “El Niño” como se puede ilustrar en las siguientes figuras 4 y 5.

Figura 4. Dirección y vientos de las corrientes marea alta



Fuente: Elaboración [65]

Figura 5. Dirección y vientos de las corrientes marea baja



Fuente: Elaboración [65]

2.3. MARCO LEGAL

Actualmente en Colombia no se cuenta con una normatividad vigente que regule o prohíba los contaminantes emergentes en especial los microplásticos; pero se encuentra en debate un proyecto de Ley que tiene por objeto prohibir en el territorio nacional a partir del año 2030, la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso y dictar otras disposiciones que permitan su sustitución y cierre de ciclos, para controlar la contaminación y proteger el medio ambiente y la salud de los seres vivos.

Por lo tanto, se consideró la siguiente normatividad relacionada con el tema.

2.3.1. Normatividad Internacional

En cuanto a la normatividad internacional países como Suecia y Bélgica cuenta con estrategias de reducción de plástico y microplásticos en los océanos por medio de prohibiciones de partículas en cosmético, exfoliantes y productos de limpiezas. Asimismo, la Organización de la Naciones Unidas (ONU), invita a los países a buscar estrategias y normas que permita la reducción de estos residuos en los

océanos para poder alcanzar las metas fijadas en los acuerdos internacionales para 2030 o 2050.

Tabla 1. Normatividad internacional

	Norma	Descripción	Entidad que expide la norma	Ref.	País
LEY	Ley 41 de 2010	Por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino introduce la obligación de lograr un buen estado ambiental de las aguas marinas europeas.	Comisión al Parlamento Europeo	[66]	Europa
	Ley Microbead-Free Waters de 2015	Es una ley que prohíbe la adición de micro perlas de plástico en la fabricación de ciertos productos para el cuidado personal.	Congreso de los Estados Unidos	[67]	Estados Unidos
	Ley The Environmental Protection (Microbeads) (England) Regulations 2017	Por la que se establece la prohibición de los microplásticos en productos de cuidado personal y se definen como: “partícula de plástico sólido insoluble en agua de igual o menos de 5 mm en cualquier dimensión” y se evaluarán los microplásticos que no están directamente bajo tal prohibición.	Ministerio de Medio Ambiente británico - DEFRA	[68]	Reino Unidos
	Ley Microbeads in Toiletries de 2018	Está prohibida en Canadá la fabricación e importación de productos de cuidado personal que contengan micro perlas de 5 mm o menores.	Ministerio de Justicia Canadá	[67]	Canadá
DECRETO	Decreto n°2017-291 del 2017 Relatif aux conditions de mise en œuvre de l'interdiction de mise sur le marché des produits cosmétiques rincés à usage d'exfoliation ou de nettoyage comportant des particules plastiques solides et des bâtonnets ouatés à usage domestique dont la tige est en plastique.	Por el cual se establece la prohibición de comercialización de productos cosméticos enjuagados con fines de exfoliación o limpieza que comprenda partículas sólidas de plástico y palillos de plástico recubiertos de algodón en sus puntas domésticos (los bastoncillos con algodón).	Comisión Europea	[69]	Francia

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Normatividad Nacional

Dentro de la normativa nacional se cuenta con las expedidas por departamentos como Boyacá y algunas ciudades de Colombia como Bogotá, San Andrés, Popayán,

Medellín, Itagüí, Cali, entre otros, los cuales han optado por normas que prohíban el uso de plástico de un solo uso e implementar alternativas para sustituirlo por materiales biodegradables o reutilizables.

Tabla 2. Normatividad nacional

	NORMA	DESCRIPCIÓN	ENTIDAD QUE EXPIDE LA NORMA	REF.
CONST.	Constitución Política de Colombia del 1991.	Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y garantiza la participación de la comunidad a las decisiones que puedan afectarlo; asimismo es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente.	Asamblea Nacional Constituyente.	[70]
LEY.	Decreto ley 2811 de 1974.	Por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.	Ministerio del Medio Ambiente.	[71]
	Ley 99 de 1993.	Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.	Congreso de Colombia.	[72]
	Ley 1377 del 2010	Por medio de la cual reglamenta la actividad de reforestación comercial en su Artículo 7 habla sobre la protección de bosques naturales ecosistemas estratégicos (paramo, humedales y manglares).	Congreso de Colombia.	[73]
DECRETO	Decreto 1076 del 2015	Artículo 2.2.5.14.1.9. De los criterios del plan de acción. Los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) deberán incorporar las acciones necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en el plan de acción establecido por el Gobierno nacional, sin perjuicio de las obligaciones contractuales del operador público, privado o mixto del servicio de aseo.	Ministerio del Medio Ambiente.	[74]
	Decreto 1784 de 2017	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo	Ministerio de Vivienda.	[75]

Tabla 2. (Continuación)

	NORMA	DESCRIPCIÓN	ENTIDAD QUE EXPIDE LA NORMA	REF.
RESOLUCIÓN	Resolución 1602 de 1995	Por medio de la cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia.	Ministerio del Medio Ambiente.	[76]
	Resolución 0020 de 1996	Por medio de la cual se aclara la Resolución 1602 de diciembre de 1995, y se dictan otras disposiciones.	Ministerio del Medio Ambiente.	[76]
	Resolución 0257 de 1997	Por medio de la cual se establecen controles mínimos para contribuir a garantizar las condiciones básicas de sostenibilidad de los ecosistemas de manglar y sus zonas circunvecinas.	Ministerio del Medio Ambiente.	[77]
	Resolución 0924 de 1997	Por medio de la cual se establecen términos de referencia para estudios sobre el estado actual y propuestas de zonificación de las áreas de manglar en Colombia.	Ministerio del Medio Ambiente.	[76]
	Resolución 0694 de 2000	Por la cual se emite pronunciamiento sobre los estudios y propuestas de zonificación en áreas de manglares presentados por las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible y se toman otras determinaciones.	Ministerio del Medio Ambiente.	[78]
	Resolución 0721 de 2002	Por la cual se emite pronunciamiento sobre los estudios y propuestas de zonificación en áreas de manglares presentados por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible y se adoptan otras determinaciones.	Ministerio del Medio Ambiente.	[79]
	Resolución 0619 de 2010	Por la cual se aprueban los estudios y la propuesta de zonificación de las áreas de manglar presentados por la Corporación Autónoma Regional de Nariño-Corponariño.	Ministerio del Medio Ambiente.	[80]
	Resolución 2299 de 2017	Por medio de la cual se reserva, delimita, alindera y declara el Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares Bajo Mira y Frontera.	Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.	[81]
	Resolución 0883 de 2018	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas, y se dictan otras disposiciones.	Ministerio del Medio Ambiente.	[82]
	Resolución 1263 de 2018	Por medio de la cual se actualizan las medidas para garantizar la sostenibilidad y la gestión integral de los ecosistemas de manglar, y se toman otras determinaciones.	Ministerio del Medio Ambiente.	[83]

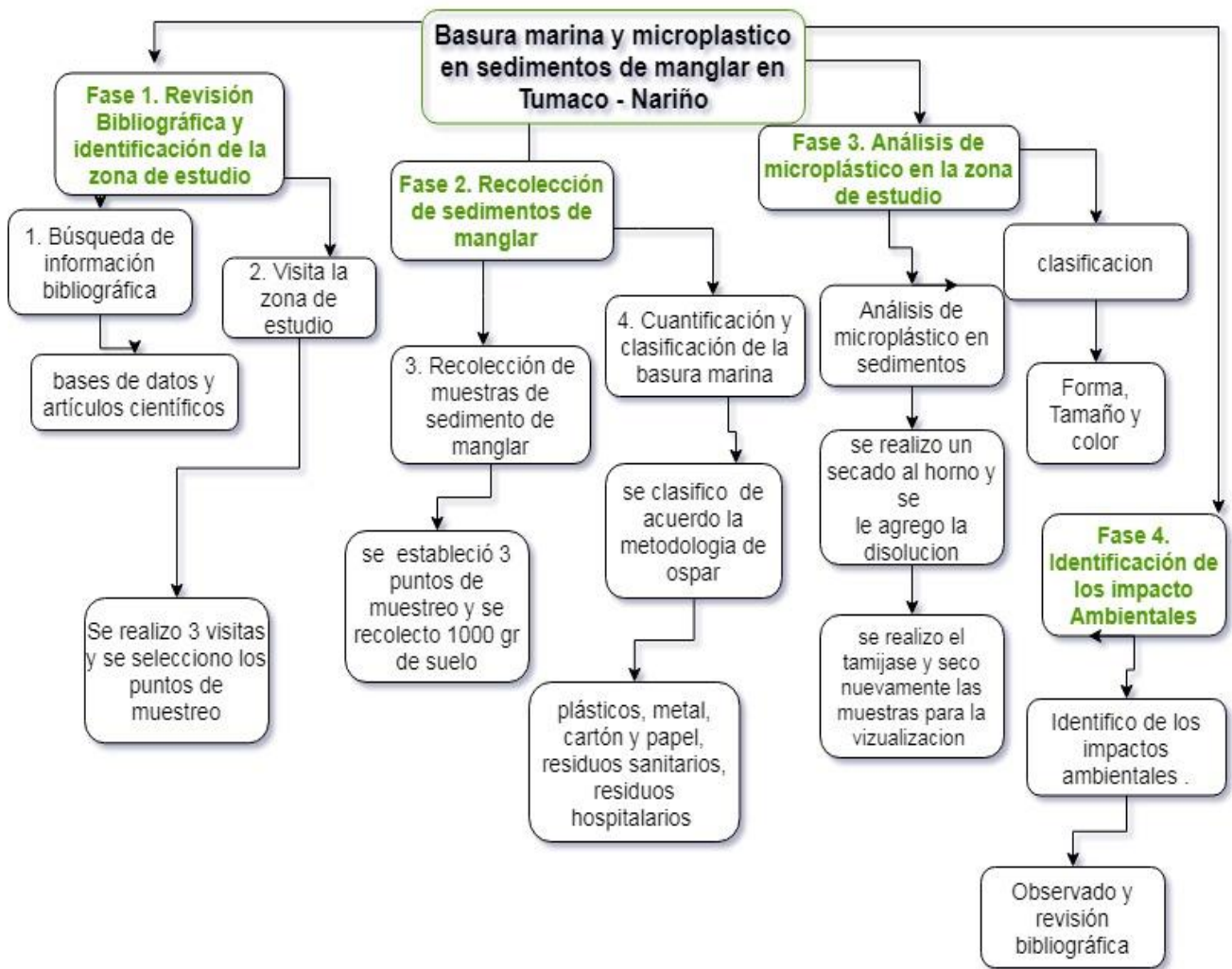
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diagrama de flujo

El procedimiento metodológico del trabajo de investigación tuvo diferentes fases y herramientas, desglosadas y descritas a continuación ver Figura 6.

Figura 6. Diagrama de flujo de los procesos realizados



Fuente: Elaboración propia

3.2. Fase 1: Revisión bibliográfica e identificación de la zona de estudio

3.2.1. Búsqueda información bibliográfica

Se realizó la revisión de literatura de documentos institucionales, artículos científicos en bases de datos como EBSCO, ScienceDirect, Scielo, Springer Link y Elsevier sobre la contaminación marina y microplástico en suelo de manglar con el fin de tener una visión holística de la problemática, para la búsqueda de información se utilizaron palabras claves como cuantificación, contaminación marina por residuos sólidos, microplástico, manglares.

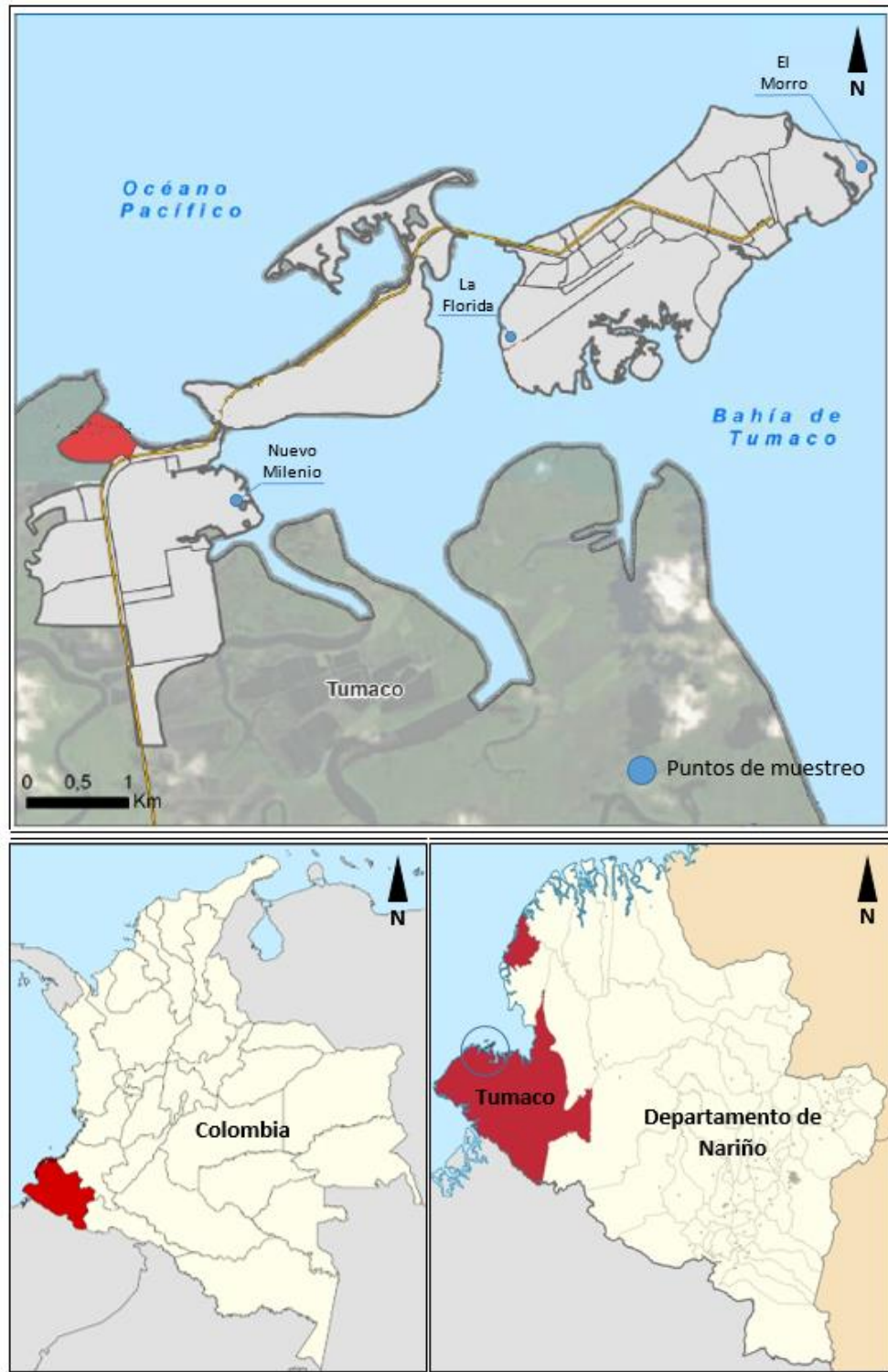
3.2.2. Visita a la zona de estudio

Para identificar la zona de estudio se realizaron tres visitas al municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño donde se identificaron los puntos de muestreos y se seleccionaron las zonas de estudio según lo observado y la revisión bibliográfica y se georreferenciaron con la aplicación GPS Test. Para esta selección se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación
- Proximidad a centros poblados
- Uso para pesca
- Uso recreativo
- Zona de protección
- Estado de perturbación.

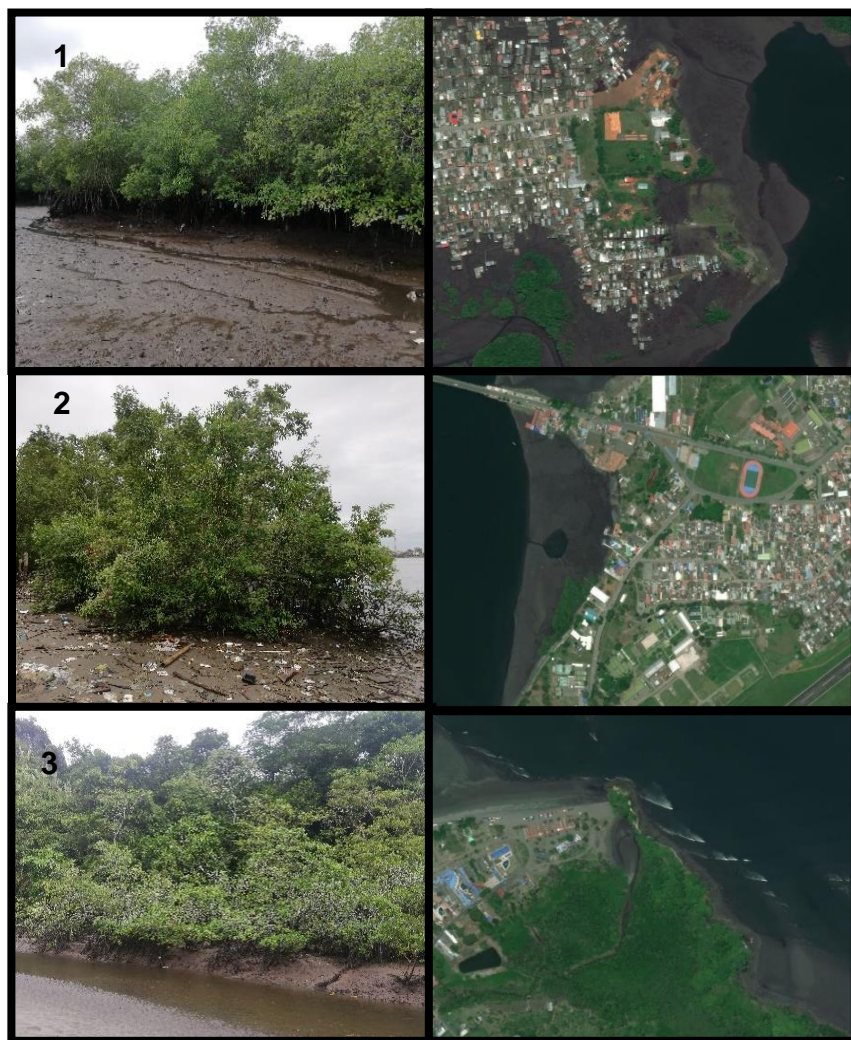
Para la descripción y análisis de la problemática ambiental generada por la basura marina en los manglares del municipio de San Andrés de Tumaco y de acuerdo a los criterios de selección, se tomaron tres estaciones de muestreo distribuidas en la zona continental y la isla el morro las cuales fueron estación 1 (barrio Nuevo Milenio), estación 2 (barrio La Florida) y la estación 3 (Zona Turística del Morro) ver Figura 7 y en la Fotografía 1.

Figura 7. Ubicación de las zonas de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 1. Estaciones de muestreo



1: Nuevo Milenio, 2: La Florida y 3: Isla el Morro

Fuente: Elaboración propia

3.3. Fase 2: Recolección de sedimentos en suelo de manglar

3.3.1. Actividad 3. Recolección de muestra de sedimento de manglar

Para la recolección de las muestras de sedimentos se establecieron en cada uno de los manglares, tres puntos de muestreo aleatorios dentro de cada una de las áreas de muestreo, realizando cuadrantes de un 1m x 1m como se muestra en la Fotografía 2 de acuerdo con OSPAR. En cada uno de estos, se recolectó aproximadamente 1000g de suelo (muestra compuesta), se depositaron en bolsas

herméticas debidamente rotuladas de acuerdo con la metodología propuesta por Ostin *et al* [84] para el análisis de microplástico y finalmente fueron llevadas al laboratorio de la Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca.

Fotografía 2. Actividades de campo para la recolección de sedimentos de suelo de manglar



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Cuantificación y clasificación de basura marina

3.3.3. Recolección de basura marina en suelos de manglar

Para la recolección de las muestras de la basura marina, se realizaron tres muestreos, en tiempo seco y durante marea baja, donde se estableció un área de muestreo de 1000 m² en cada una de las estaciones debidamente georreferenciadas. Se trazaron 10 líneas perpendiculares al borde del manglar desde la línea de marea y detrás de la franja de los árboles hacia el interior del bosque de manglar, separadas entre sí (2 m), de acuerdo con la metodología propuesta por OSPAR [85]. En cada uno de los transectos se recolectaron todos los desechos marinos con tamaño mayor a 2,5 cm que se encontraban en el suelo y enredados sobre el manglar. Una vez recolectados, se clasificaron de acuerdo con las categorías descritas por OSPAR [85] como plástico, metal vidrio, caucho, escombros, madera, textiles, desechos hospitalarios y sanitarios, después de ser clasificados los residuos fueron pesados en una báscula digital de cancho para poder determinar la cantidad de basura y el porcentaje de residuos encontrados en los puntos de muestreo.

Fotografía 3. Actividades de campo para el muestreo:



A: caracterización, B: medición, C: recolección de la basura y D: pesaje

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Clasificación de basura marina

Se realizó la clasificación de la basura marina de acuerdo con la metodología de OSPAR [85], se tuvo en cuenta un ID para la identificación de diferentes objetos de basura marina independientes de su tamaño, que están divididos en 8 grupos grandes según su composición y características, entre ellos Plástico (54 tipos de objetos), Metal (15 tipos de objetos), papel y cartón (9 tipos de objetos), madera (9 Tipos de objetos), Ropa (5 tipos de objetos), vidrio (3 tipos de objetos), Residuos Higiénicos (6 tipos de objetos) y Residuos sanitarios o Hospitalarios (3 tipos de objetos), Finalmente se realiza un pesaje de acuerdo a la metodología propuesta por Ostin Garcez et al [86] donde cada uno de los residuos encontrados se pesa de acuerdo a su composición y se realizó el respectivo análisis de acuerdo a la abundancia y porcentaje de la basura marina encontrada para los 8 grupos.

Fotografía 4. Clasificación de basura



Fuente: Elaboración propia

3.4. Fases 3: Análisis de microplástico encontrado en la zona de estudio

3.4.1. Identificación de muestras en laboratorio

➤ Análisis de microplástico en sedimentos de bosque de manglar

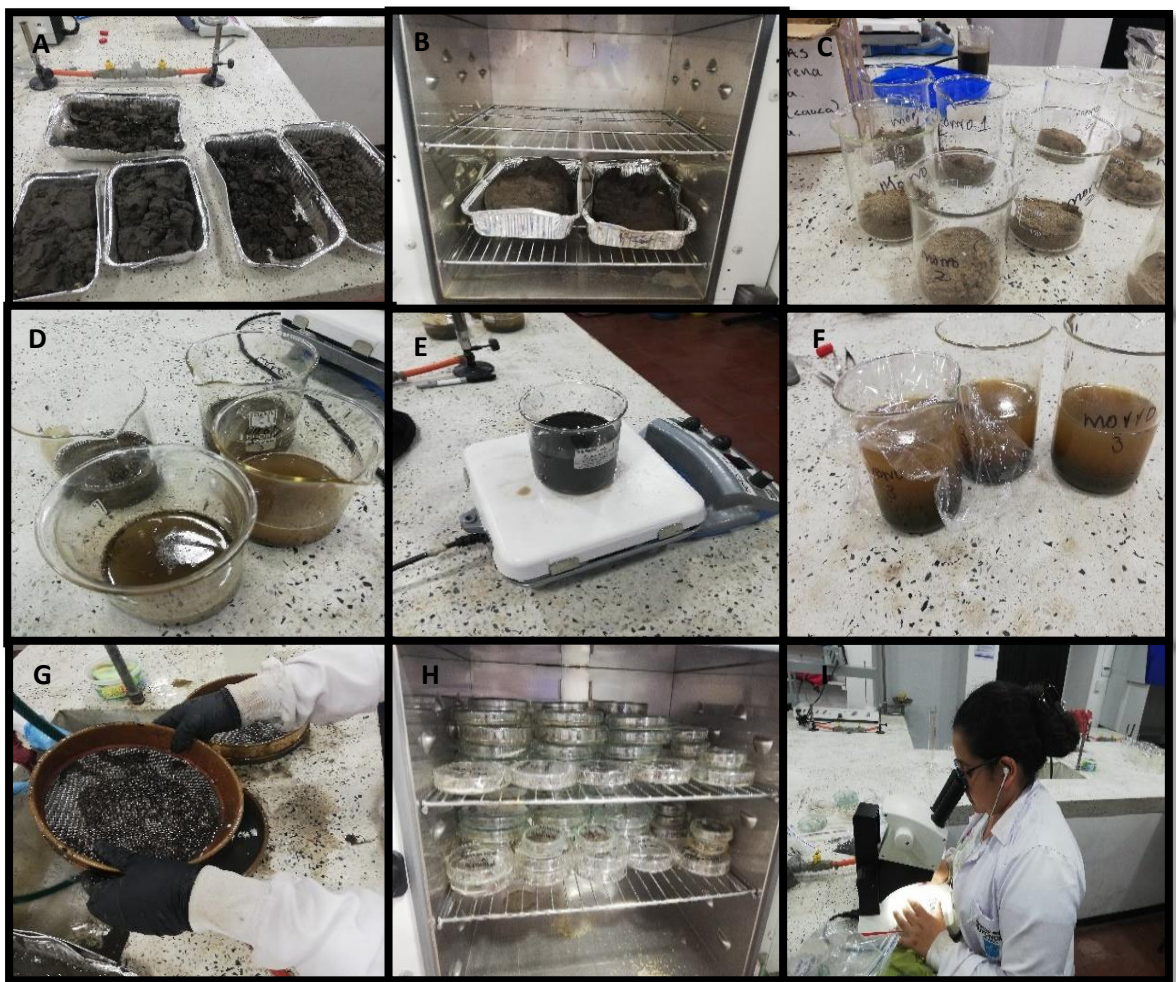
Una vez en el laboratorio, las muestras se secaron en el horno a una temperatura de 60 °C durante un periodo de 72 horas para eliminar la humedad, ya que para agregar el reactivo de hexametáfosfato de sodio se requería 1000gr de suelo seco de cada uno de los puntos de muestreo. Al término de las 72 horas, las muestras secas se depositaron en frascos de vidrios sellados, donde se le agregó 200ml de disolución de hexametáfosfato de sodio al 0,0025g/ml por cada 100g de muestras seca. La disolución de hexametáfosfato de sodio se utilizó para la dispersión de partículas de sedimentos (finos arcillosos, arena y limos) con una mínima alteración de la materia orgánica (MO) asociada [87]. Esta dispersión se pudo alcanzar a través de una agitación de 180 rpm durante 25 minutos para separar los lodos y arcillas.

Posteriormente, se realizó un tamizaje utilizando tres tamices diferentes de 2,36 mm, 1,18 mm y 600 μ , usando agua microfiltrada en un filtro al vacío (GE Healthcare

Whatman, tamaño del poro de la membrana de 0,7 μm – 47mm) retirando la mayor cantidad de lodos y arcillas y el materia retenido en los tamices se le realizó un secado al horno con una temperatura de 65 °C en un periodo de 48 horas.

Al cabo de las 48 horas, las muestras secas se examinaron en el estereoscopio (LEICA EZ4) donde se realizó su respectiva identificación visual, separación y clasificación según su forma, su color y tamaño de acuerdo con el procedimiento descrito por Kovač et al [88].

Fotografía 5. Procedimientos en laboratorio



A: muestras, B: secado de la muestra, C: muestras secas, D: muestra con hexametáfosfato, E: muestra en la plancha, F: muestras para tamizar, G: tamizar, H: secado I: observación estereoscopio

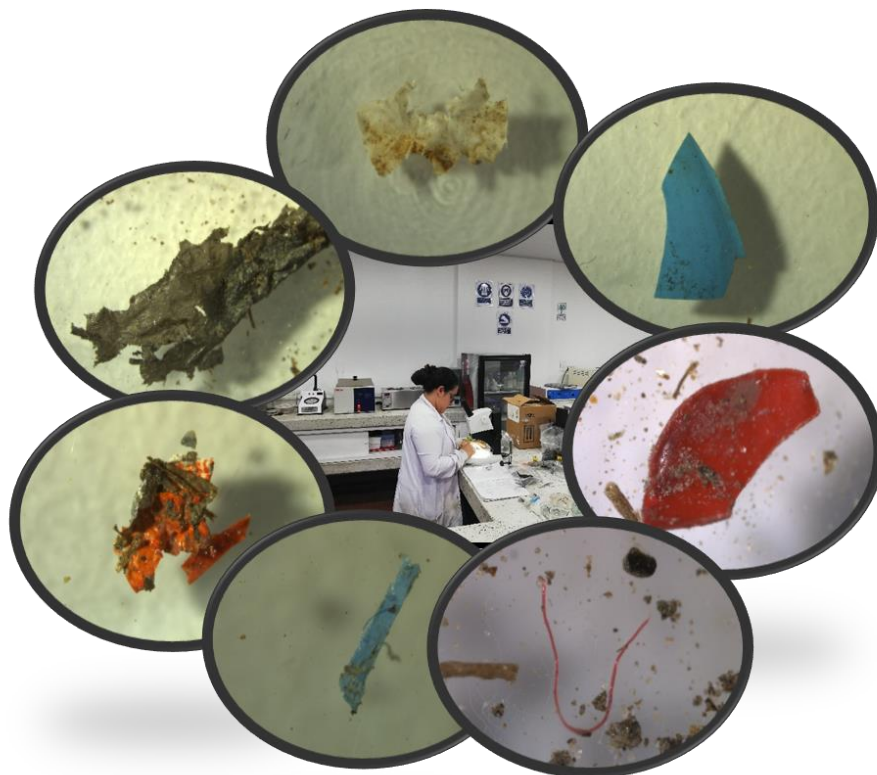
Fuente: Elaboración propia

➤ **Identificación del tipo de microplástico encontrado en cada una de las muestras.**

Se realizó la respectiva clasificación de acuerdo con el tamaño, origen, la forma y el color. La clasificación del tamaño del plástico se realizó mediante cinco clases; los macroplásticos (> 25 mm), mesoplásticos (5 a 25 mm) microplásticos grandes (1 a 5 mm), microplásticos pequeños (20 µm a 1 mm) y partículas menores a 20 µm como nanoplasticos propuesta por Kovac et al [89] y finalmente el microplástico encontrado se clasificó de acuerdo mediante los tamaños de los tamices de 2,36 mm, 1,18 mm y 600 µm existentes en el laboratorio de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca .

El origen se pudo categorizar como microplásticos secundarios; la forma se clasificó mediante fragmentos (redondeados, angulosos), gránulos (cilindros, discos, esférulas) filamentos (fibras) y el color se determinó según el color encontrado [90] A partir del microplásticos encontrado se estimó el porcentaje obtenido en cada una de las muestras estudiadas y se expresaron en microplásticos/kg.

Fotografía 6. Identificación del microplástico en el estereoscopio



Fuente: Elaboración propia

3.5. Fases 4: Identificación de los impactos ambientales del microplástico y basura marina encontrado en la zona de estudio

Se identificó los impactos ambientales ocasionado por la presencia, acumulación de la basura marina y microplásticos mediante observación directa y también lo que se ha reportado en la literatura. En la fase de identificación se tuvo en cuenta la metodología propuestas por concesa [91]. Que define los siguientes criterios:

- ✓ **Intensidad:** Grado de incidencia de la presencia y acumulación de residuos sólidos sobre el ambiente. Se tomó como referencia la cantidad de basura encontrada y pesada y las concentraciones de microplásticos encontradas en cada matriz. En otros impactos, la intensidad se determinó a partir de la información que se recopilara en campo, en consenso con los investigadores y la literatura.
- ✓ **Extensión:** Presencia del impacto en cada una de las estaciones de muestreo, a partir de la información en campo.
- ✓ **Momento:** Se refirió al tiempo que transcurre entre la disposición de los residuos sólidos en el manglar y la aparición del impacto.
- ✓ **Reversibilidad:** Se refirió a las posibilidades del aspecto ambiental a retornar a su condición inicial sin implementar ninguna medida de manejo.
- ✓ **Recuperabilidad:** se entendió como el tiempo necesario para el aspecto ambiental de retornar a su condición inicial implementando medidas de manejo.
- ✓ **Sinergia:** Posibilidad de que en combinación con otros eventos el impacto sobre el aspecto ambiental pueda aumentarse de manera significativa. El impacto se calificó como sinérgico o no sinérgico.
- ✓ **Acumulación:** Se refirió al incremento progresivo del impacto sobre el aspecto ambiental, considerando una continua disposición de residuos sólidos en el ecosistema.

Además, se definió una escala de valoración según la condición del impacto que se define en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Escala de valoración de los criterios propuesto por Conesa y adaptados al presente estudio

Criterio	Clasificación	Valor
INTENSIDAD (IN)	Afectación baja o mínima del aspecto ambiental	1
	Afectación media del aspecto ambiental	4
	Afectación alta del aspecto ambiental	8
EXTENSIÓN (EX)	Puntual (1 punto de muestreo)	1
	Parcial (2 -3 puntos de muestreo)	4
	Amplio o extenso (4 - 5 puntos de muestreo)	8
	Total (todos los puntos de muestreo)	12
MOMENTO (MO)	Largo plazo (> 3 años)	1
	Mediano plazo (1 - 3 años)	2
	Corto plazo (< 1 año)	4
	Inmediato (tiempo mínimo o nulo)	8
REVERSIBILIDAD (RV)	Corto plazo (< 1 año)	1
	Mediano plazo (1 - 5 años)	4
	Largo plazo (> 5 años)	8
	Irreversible	12
RECUPERABILIDAD (RV)	De manera inmediata	1
	A corto plazo (< 1 año)	2
	A mediano plazo (1 - 3 años)	3
	A largo plazo (>3 - 14 años)	4
	Mitigable, sustituible y compensable (Solo se recupera parcialmente)	8
	Irrecuperable (No se puede recupera por medidas correctivas ni acciones humanas)	12
SINERGIA (SI)	Sin sinergismo	1
	Sinérgico	8
ACUMULACIÓN (AC)	Simple	1
	Acumulativo	8

Fuente: Elaboración [45]

Y para establecer la importancia ambiental de cada impacto, se adaptó la fórmula de Conesa:

$$Importancia (I) = (3IN + 2EX + MO + RV + RP + SI + AC)$$

Finalmente se realizó la calificación cualitativa según la importancia y se estableció de acuerdo a la siguiente Tabla 4.

Tabla 4.Importancia ambiental

Tabla 4. Importancia ambiental	
Valor	Calificación del impacto
10 a 24	Irrelevante
25 a 49	Moderado
50 a 74	severo
75 a 100	crítico

Fuente: Elaboración [45]

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación de la zona de estudio

El Municipio de San Andrés de Tumaco, está ubicado al sur occidente del departamento de Nariño, costa pacífica colombiana. Tiene un área aproximada de 3.778 Km² que representa el 12,3% del área del departamento y profundidades entre 2 y 35m, está conformado por la cabecera municipal, 50 corregimientos. Esta bahía se localiza en la planicie deltáica de Nariño (Patía y Mira). Recibe el aporte de los ríos Alcabí, Curay, Chagüí, Güiza, Mataje, Mejicano, Mira, Nulpe, Patía, Pulgandé, Rosario, San Juan y Tablones, además de varias corrientes menores. La región se identifica por tener un clima tropical húmedo con altos niveles de precipitación, temperatura y humedad relativa [58],[65]. Esta zona se encuentra con elevaciones que varían entre los 0 m.s.n.m. hasta los 400 m.s.n.m. y cuenta con algunos accidentes costeros importantes como son Cabo Manglares, la Ensenada de Tumaco, las islas del Gallo, La Barra, El Morro, Tumaco, San Juan de la Costa [58].

Actualmente el departamento de Nariño cuenta con dos áreas protegidas la primera es el Parque Nacional Natural Sanquianga, el cual posee gran cantidad de ecosistema manglar que equivale al 53% de los manglares del departamento el 20% del pacífico colombiano. Este ecosistema por su alta productividad es la base de alimentación y reproducción de diversidad de especies marinas y de estuarios; además es el lugar de nidación de diferentes especies de aves. Posee abundantes esteros y deltas influidos por los ríos Sanquianga, Patía, La Tola, Aguacatal y Tapaje; donde cuenta con numerosas islas pobladas por diversos árboles, típicos del manglar y del bosque húmedo tropical; también cuenta con aves residentes y migratorias, igualmente con gran extensión de playas donde anidan tortugas marinas [92].

Y la segunda es el Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares Bajo Mira y Frontera que se encuentra ubicado en el municipio de San Andrés de Tumaco y es un área protegida del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), que está avalada por la resolución N° 2299 de 2017 la cual se reserva, delimita, alindera y se declara como Distrito Nacional. Esta zona cuenta con área total de 190.282 hectáreas, de las cuales el 2,57% corresponde a ecosistemas de manglar, el 5,3% es área continental y en mayor proporción área marina que ocupa el 92,1%, convirtiéndola en un área protegida marino costera del orden nacional [81].

San Andrés de Tumaco – Nariño se caracteriza por ser un municipio de carácter pesquero, en el 2011 se reportó un total de 2.049 toneladas de desembarco procedentes de la pesca artesanal que corresponde al 36% de la pesca del litoral pacífico colombiano. Actualmente existen 149 asociaciones de pescadores en el

municipio, siendo este es el segundo puerto de mayor importancia en la costa Pacífica colombiana [93].

En cuanto al sistema de saneamiento básico en el municipio de Tumaco, este cuenta con acueducto en una cobertura de 45% con una alta vulnerabilidad ante fenómenos naturales y eventos antrópico. Actualmente la recolección de los residuos sólidos es deficiente en sectores como la comuna 1, 3 y 5 debido a lo observado la población que habita en estas zonas palafíticas vierten sus desechos al mar, además, la empresa prestadora de servicio no realiza la adecuada recolección de estos residuos.

En cuanto alcantarillado el municipio solo cuenta con un sistema de evacuación de aguas residuales sin tratamiento en algunos sectores como lo son Pradomar, La Florida, El Morro y el Batallón donde el bombeo es directo al mar y otros sectores como los barrios ciudadela y nuevo milenio cuentan con tanques sépticos y pozos de absorción los cuales son construidos por la misma comunidad, se estima que el 40% de las viviendas realizan la disposición final de excretas a campo abierto o directamente a la ensenada de Tumaco [94].

Tumaco por ser una zona costera cuenta con viviendas palafíticas las cuales necesitan una vía de accesos que normalmente son puentes, algunos construidos en concreto como son los puentes del centro de Tumaco (ver fotografía 7) y otros puentes que son construidos por la comunidad y que normalmente son rellenos de basura, madera y aserrín como se puede observar en la siguiente fotografía (ver fotografía 7).

Fotografía 7. Puentes en zonas palafíticas.



A: construcción en concreto y B: construcción en madera, basura y aserrín
Fuente: Elaboración propia

Debido a lo anterior, las áreas costeras de la región del Pacífico presentan un alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos, industriales, oleosos, descargas de los ríos y basuras. Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y son vertidos directamente en las aguas costeras o a través de los ríos. Las zonas más afectadas resultan ser las adyacentes a las ciudades o centros urbanos más poblados y con un nivel de desarrollo mayor como lo son Buenaventura y Tumaco [23].

A continuación, la descripción y las características ambientales de las estaciones de muestreo:

- **Barrio Nuevo Milenio:** Cuenta con una población de 700 habitantes según informe de la ACNUR, la gran parte de la población se considerada desplazada por la violencia y sus viviendas se encuentra en zonas palafíticas las cuales no cuenta con un sistema de saneamiento básico. En esta zona se observó que la degradación del mangle se debe a la expansión de la zona urbana, explotación de madera y generación residuos domésticos (sólidos y líquidos). La zonificación del Nuevo Milenio es mangle de borde y la especie predominante de esta zona es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y menor cantidad el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) informado por la población conchera (ver fotografía 8) [58], [95].
- **Barrio La Florida:** En este punto se encuentra el Aeropuerto del Municipio, la Fuerza de Tarea de Conjunto Hércules, una Base Antinarcótico, la Diócesis de Tumaco, Escuela de Música y una Bodega de gaseosa. En esta estación la degradación se debe a la deforestación de la zona, la generación de los residuos sólidos como madera, neveras, colchones, plásticos entre otros, además se pudo observar la llegada de los residuos sólidos con el aumento de la marea. la zonificación del barrio La Florida es un mangle de borde y la especie que predomina es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y otras especies minoritarias (ver fotografía 8) [58],[95].

- **Zona Turística Isla El Morro:** La estación de muestreo final, es la zona turística del municipio donde se encuentran restaurantes, bohíos, hoteles y cabañas, el aseo de la playa les corresponde a los comerciantes de la zona, pero normalmente se encuentra residuos sólidos abandonados por los turistas por esta razón la degradación de la Isla del Morro se debe a la presencia de residuos sólidos como envases de alimentos, botellas plásticas y de vidrio. La zonificación del morro es manglar de islote y la especie que se encuentra es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) (ver fotografía 8) [58],[95].

Fotografía 8. Estaciones de muestreo Nuevo milenio, La Florida y la Isla el Morro



Fuente: Elaboración propia

4.2. Clasificación y Cuantificación de basura marina

4.2.1. Clasificación de la basura marina

La clasificación de la basura marina se realizó según la guía de monitoreo para basura marina propuesta por OSPAR con su respectiva identificación (ID) y dividida en 8 grandes grupos de los cuales se encontraron **plásticos** un total 291 unidades

en el primer punto, 408 unidades en el segundo punto y 226 unidades en el tercer punto de muestreo, para la **ropa y textil** 32, 48 y 19 unidades en los puntos muestreados, para el **vidrio** 25,86 y 56 unidades, **metal** con 15, 27 y 9 unidades muestreadas, para los residuos de **papel y cartón** fueron un total 4 unidades, **caucho** 3 unidades en total, **Residuos higiénicos** 25 unidades, **residuos sanitarios o hospitalarios** 7 unidades y **madera** se encontraron 72 unidades para el punto 2 de muestreo como se puede observar en la siguiente tabla (ver Tabla 5) y finalmente se tabulo de acuerdo a la abundancia y porcentaje propuesto por Ostin Garcés et al [86].

Tabla 5. Clasificación de basura marina según OSPAR

N° Ospar	Tipo de articulo	Punto de muestreo		
		Nuevo Milenio	La Florida	El Morro
Plástico - Poliestireno				
2	Bolsas Plásticas	136	143	125
4	Botellas plásticas	29	96	43
6	Envases de alimentos	46	9	6
7	Cosméticos (botellas y envases, por ejemplo, crema solar, champú, gel de ducha, desodorante)	-	2	-
15	Tapas plásticas	-	3	-
20	Juguetes	-	4	-
21	Vasos de plásticos	9	57	29
24	Costales	6	15	8
116	Redes de pesca > 50 cm	1	5	2
117	Piezas de plásticos 0 -2,5 cm	3	4	3
32	Otras piezas de plásticos (cuerdas)	-	2	-
38	Baldes Plásticos	3	4	-
39	Cintas de embalaje	1	-	-
46	Piezas de plásticos 2,5 – 50 cm	1	2	3
47	Piezas de plásticos > 50 cm	1	21	2
48	Otras piezas de plásticos	10	5	4
Caucho				
49	Balón	1	5	4
52	Llanta	-	1	-

Tabla 5. (Continuación)

Ropa –Textil				
54	Ropa	14	9	11
55	Almohadas y muebles	1	3	-
57	Zapatos	5	18	7
59	Otras Piezas textiles (Bolsos, Colchón, moña para el cabello)	1	18	1
Papel y Cartón				
61	Cartón	1	1	1
66	Periódicos y revistas	1	-	-
Metal				
78	Latas de bebida	3	10	3
79	Aparatos electrónicos	1	4	-
82	Latas de conservas	2	12	5
87	Ollas y Tapas	2	-	1
90	Otras piezas de metal > 50 cm (láminas de metal)	9	1	-
Vidrio				
91	Botellas de vidrio	11	86	56
Residuos higiénicos				
97	Condomes	-	4	-
99	Toallas Higiénicas	3	-	-
102	Otros residuos Sanitarios (Pañales)	5	8	9
Residuos Médicos				
103	Envases de medicinas	6	-	-
102	Otros Residuos médicos (Bolsa de Suero – medicamentos)	1	-	-

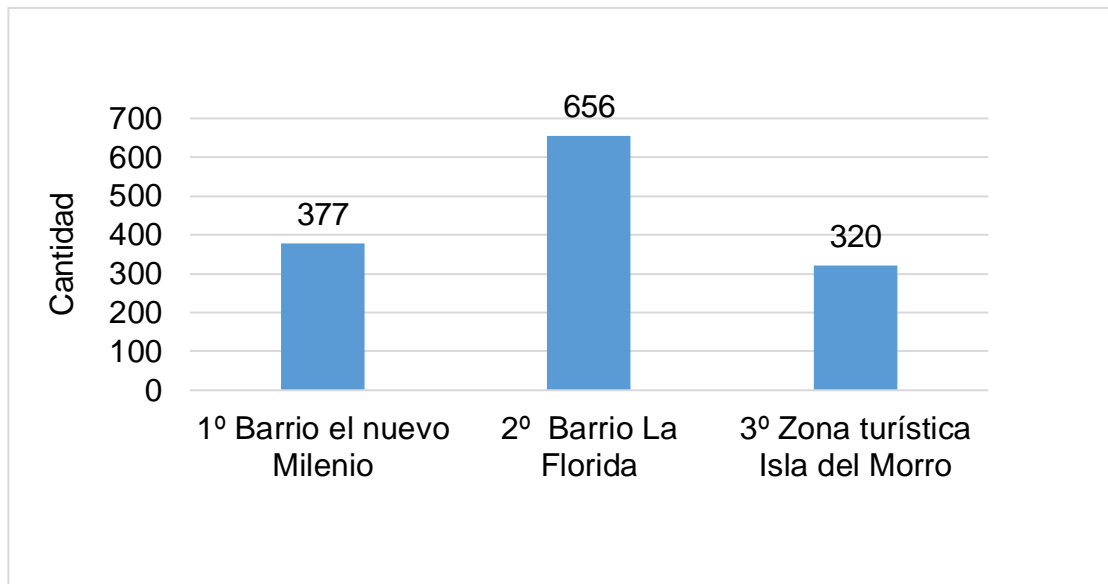
Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Cuantificación de basura marina

A partir de la selección de los puntos de muestreos se determinó la cantidad de artículos de basura marina en 1000 m² desde la línea de marea hacia el interior del

bosque de manglar de acuerdo con la metodología propuesta por OSPAR [85], en el siguiente gráfico se evidencia la cantidad de artículos de cada punto de muestreo.

Gráfica 1. Cantidad de artículos/1000 m² de basura marina



Fuente: Elaboración propia

La cantidad de la basura marina encontrada en el estudio fue de 377, 656 y 320 artículos en 1000 m² por estación de muestreo, en donde se encontró mayor cantidad de artículos fue en el punto 2 (barrio La Florida), seguidamente del punto 1 (barrio Nuevo Milenio) y finalmente en el punto 3 (Zona Turística Del Morro).

En el barrio La Florida (punto 2), la presencia de residuos sólidos fue mayor con un total de 656 artículos/1000m², debido a que esta zona se encuentra cerca de la línea de marea y por medio de las corrientes marinas llega la basura de la zona de los puentes (puente las Flores, la Punta, Humberto Manzi, puente el Márquez, el Venecia, el Progreso y el puente Primavera); la cual es arrojada por la población que vive en esta zona palafítica.

Esto se debe a diferentes factores como es la falta de un sistema de saneamiento básico ya que el servicio cuenta con algunas falencias como son los horarios de la ruta de recolección y el tipo de transporte, por ejemplo, si el vehículo de recolección debe pasar el sábado a las 7 de la mañana y este no realiza la ruta de recolección en el día establecido, si no que pasa el sábado siguientes o se demora 8 días o más para realizar la recolección, por tal motivo la población se ve obligada a depositar los residuos directamente a la ensenada.

Además, se resalta que la población del municipio de San Andrés de Tumaco no cuenta con una educación ambiental y se caracteriza por ser una población con un alto índice de pobreza; por ultimo las zonas costeras del pacifico generalmente tiene una cultura de arrojar los residuos sólidos al mar sin tener en cuenta las consecuencias que esta acción puede generar en el ecosistema manglar. El manglar observado en este punto se encuentra disperso y procesos de crecimiento por su alta degradación que se debe a la presencia de la basura marina en el suelo del manglar y enredados en las plantas afectando la germinación de los propágulos y el crecimiento de las plantas (ver fotografía 9).

Fotografía 9. Degradación del manglar



Fuente: Elaboración propia

En el manglar de El Nuevo Milenio (punto 1) la cantidad de basura marina fue de 377 artículos/1000m². Entre los factores a los que se pueden deberse la presencia de basura marina están la expansión de la frontera urbana, las viviendas de esta zona se caracterizan por ubicarse en zonas de bajamar o viviendas palafíticas las cuales no cuentan con un sistema de saneamiento básico y todos sus residuos son dispuestos directamente sobre la ensenada de Tumaco. El manglar que se encuentra ubicado en las inmediaciones del barrio es denso y con alturas entre 10 a 50 metros, normalmente los residuos quedan enredados en sus raíces (Fotografía 10). Además, se evidenció residuos en mayor proporción, cerca de la línea de marea, disminuyendo hacia el interior del bosque y encontrándose enterrada debido a la fluctuación de la marea en el océano pacífico.

Fotografía 10. Residuos en el manglar



Fuente: Elaboración propia

Por último, en la zona turística Isla El Morro, la cantidad de basura marina fue de 320 artículos/1000m². Esta situación está condicionada por la presencia de turistas que disponen sus residuos sólidos en la playa, aunque los comerciantes tratan de mantener las playas limpias, la basura marina llega también a la zona por las mareas altas o bajas que se presenta en el municipio de Tumaco y con ellas traen los residuos de los barrios cercanos o de las veredas cercanas al municipio como se puede evidenciar en la siguiente fotografía (ver Fotografía 11)

Fotografía 11. Residuos enredados en las raíces



Fuente: Elaboración propia

En total se contabilizaron 1353 unidades de basura marina con un peso total de 611 kg, es importante resaltar según el informe final del Plan todos Somos Pazcífico en el Proyecto Agua y Saneamiento Básico el Municipio de San Andrés de Tumaco genera 71,95 Ton /día de residuos sólidos [96], de las cuales el 60 % no es recolectada y queda dispuesta a cielo abierto y el 10 % de los residuos sólidos llegan al mar de acuerdo con los datos obtenido por la Comisión Colombiana del Océano en el informe final de los efectos Adversos generados por la basura marina [97].

El 99 % de estos residuos fueron de tipo no peligroso, de los cuales son clasificados como bolsas plásticas, empaques de alimentos, botellas plásticas y vidrios, cartón y papel, elementos metálicos (latas de conservas y piezas de metal) y madera. Dentro del 1 % se encontraron artículos de tipo peligroso como elementos médicos, medicamentos y toallas higiénicas (ver Fotografía 12).

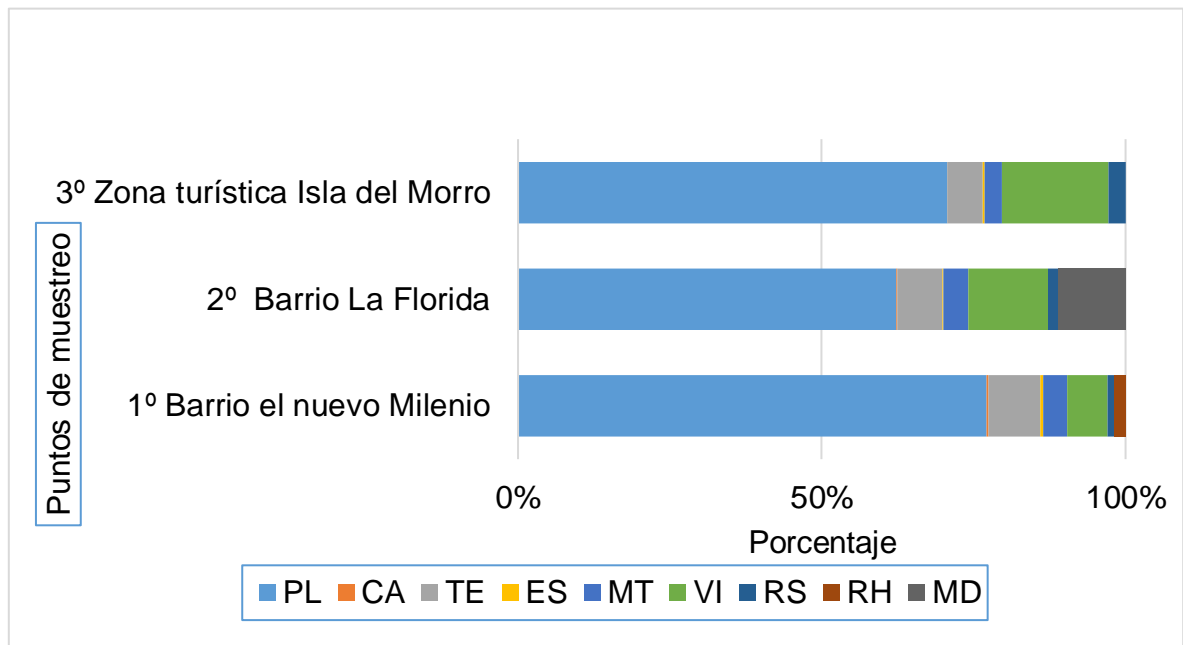
Fotografía 12. Residuos peligrosos



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la clasificación propuesta en la metodología de Ostin Garcez [84], se tuvo en cuenta un número de identificación (Ver Tablas de clasificación de la basura marina) para cada uno de los tipos de basura marina encontrada en cada uno de los puntos de muestreo. Teniendo en cuenta esta clasificación, se determinó cada uno de los porcentajes de los residuos clasificándolos como, plásticos (PL), Caucho (CA), Ropa y textil (TE), Papel y Cartón (ES), Metal (MT), Vidrio (VI), Residuos Sanitarios (RS), Residuos Hospitalarios (RH) y Madera (MD) como se puede observar en el siguiente grafico (ver gráfico 2).

Gráfica 2. Tipos de basura marina según la abundancia



Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos del grafico 2, el residuo más representativo en cada uno de los puntos de muestreo fue el plástico (PL) correspondiendo a 77,19 % en el barrio Nuevo Milenio, 62,20 % en el barrio La Florida y 70,63 % en la zona turística Isla del Morro del total de las unidades contabilizadas, seguido del vidrio (VI) con un porcentaje en el punto 1 de 6,63%, en el punto 2 de 13,11% y en el último punto 3 17,50% y por último Ropa y textiles (TE) con un 8,49% en el barrio Nuevo Milenio, un 7,32% en el barrio La Florida y 5,94% en la zona turística del morro.

En cuanto al porcentaje de Madera (MD) representativo es de 10,98% en el barrio La Florida (punto 2), esta situación posiblemente esté influenciada por actividades

como la demolición de viviendas o cambio de pilotes de las construcciones palafíticas. Las bolsas y envases plásticos fueron los elementos más abundantes con un total de 700 unidades en los tres puntos de muestreo, con proporciones más pequeñas se encontraron redes de pesca, costales sintéticos y otras piezas como sillas y trozos de plásticos superiores a 50 cm.

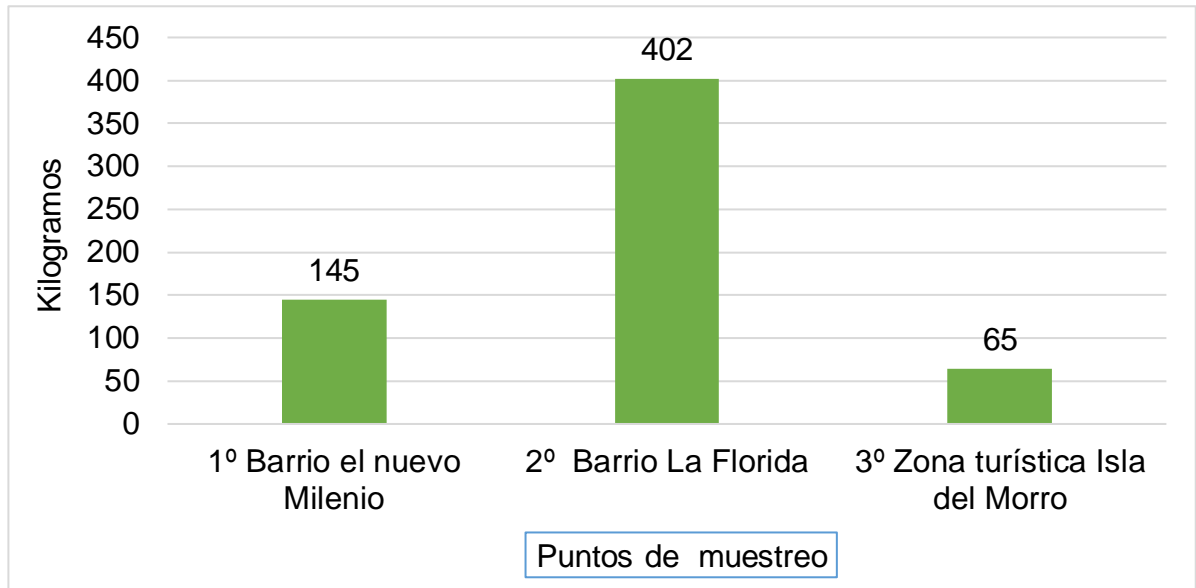
Fotografía 13. Residuos plásticos encontrados en las zonas de estudios



Fuente: Elaboración propia

En todas las zonas de muestreo evaluadas se determinó el peso de la basura marina como se observa en el grafico (ver gráfico 3), siendo el mayor porcentaje el Plástico (PL) y la Madera (MD).

Gráfica 3. Peso según el tipo de basura marina

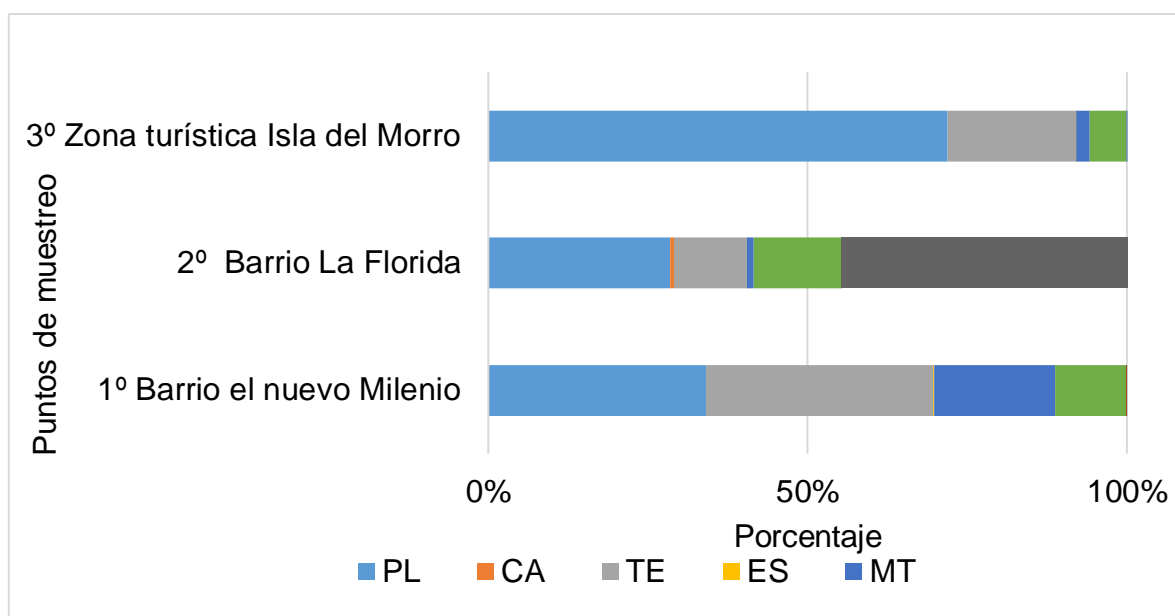


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estos datos se obtuvo un total en de 611,46 kg de basura marina en los tres puntos de muestreo. El Nuevo Milenio (punto 1) con un peso de 144,94 kg/artículo con una representación del 34, 17% en residuos Plástico (PL); seguido del barrio La Florida (punto 2) con un peso 401,99 kg/artículo siendo este el peso mayor debido a la cantidad de Madera que fue de 72 unidades y un porcentaje de 44,78% como se puede ver en la siguiente gráfica (ver gráfica 4), aquí en este punto se encontró basura marina como sofá grande y uno pequeño, colchón y nevera, artículos claves para un aumento significativo del peso total de la basura marina del punto 2; por último la Zona Turística Isla del Morro con un peso de 64, 53 kg/artículo representado en un porcentaje de 72% en Plástico (PL) y 35,55% en Ropa y Textiles (TE) como se puede observar en la gráfica siguiente (ver grafica 4).

Además, se realizó un estimado del nivel de afectación que estos residuos pueden causar al ecosistema a partir del 611,46 kg de basura marina en los tres puntos de muestreo, se determinó que posiblemente puede existir 101.191.000 kg de basura marina en 50.000 hectáreas de manglar existente en la zona del municipio de San Andrés de Tumaco.

Gráfica 4. Peso de la basura marina (Kg / Artículo)



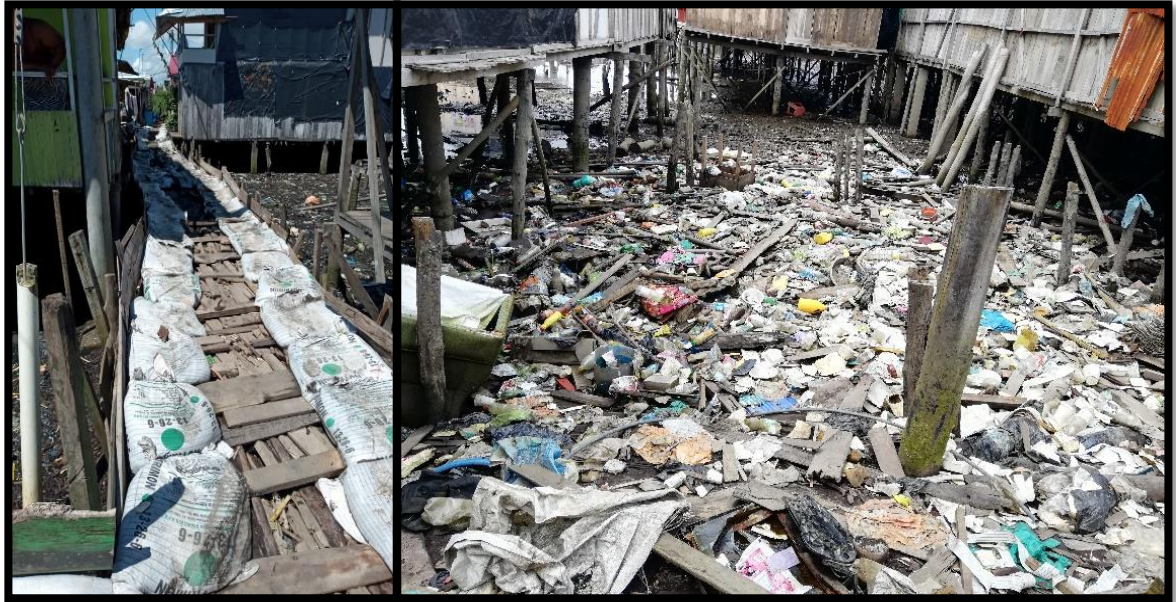
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con todos estos datos recolectados y como se muestran en los gráficos, se observó gran cantidad de basura marina acumulados en la línea de marea y arrastrados hacia el interior del bosque, resaltando los puntos de muestreo 1 y 2 por la inadecuada disposición final de los desechos sólidos domésticos, la pesca y actividades turísticas que ayuda a la degradación del ecosistema presente en las zonas de estudio. Además, la expansión de la frontera urbana por las viviendas palafíticas y los puentes que se encuentra en el Nuevo Milenio permite que los residuos domésticos vayan directamente a la ensenada con una cantidad de desechos que se acumulados en el suelo y otra cantidad es arrastrada por el agua hacia los bosques de manglar en donde finalmente terminan en los sedimentos de arena o lodo y en el manglar.

Se observó que los puentes del Nuevo Milenio por su forma de construcción que es como un relleno a sus lados tiene una infraestructura de madera y en el medio es relleno por aserrín y palos de madera, lo cual afectan el flujo hídrico natural y permite la retención de la basura marina como se ve en la fotografía (ver fotografía 14). Otra de las actividades que deterioran el ecosistema manglar es la tala de bosque de mangle que se utiliza como madera y puntales para las viviendas palafíticas y en otras ocasiones como carbón para consumo de los mismos habitantes siendo una de las actividades fundamentales en el punto 2 de muestreo

por el aumento significativo de número de artículos de madera y asimismo el peso total correspondiente con los otros puntos de muestreo.

Fotografía 14. Basura marina acumulada por el impedimento de los puentes



Fuente: Elaboración propia

El barrio La Florida (punto 2) la basura marina está representada en gran cantidad por artículos de madera (MD), plástico (PL) como botellas, recipientes de diferente tipo, bolsas entre otros, ropa y textiles y metales esto se debe a la cercanía del punto de muestreo con la línea de marea. Se observó que, con las corrientes marinas, los residuos marinos de la zona de los puentes (puente las Flores, la Punta, Humberto Manzi, puente el Márquez, el Venecia, el Progreso y el puente Primavera) llegan al barrio la Florida en y también están ubicados el Aeropuerto del Municipio, la Fuerza de Tarea de Conjunto Hércules, una Base Antinarcótico, la Diócesis de Tumaco, la Escuela de Música y una Bodega de gaseosa de una empresa privada.

En el tercer punto de muestreo en la isla de El Morro, la mayor cantidad de basura marina encontrada corresponde a bolsas plásticas, botellas de plástico PET y botellas de vidrio asociadas al consumo de bebidas alcohólicas y algunos tipos de alimentos consumidos por los turistas como se puede observar en la siguiente Fotografía 15.

Fotografía 15. Plásticos y vidrios en la isla el Morro



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, todos los residuos sólidos de los productos utilizados en las actividades de turismo, como envolturas de alimentos, botellas PET, botellas de vidrio, redes de pescas, bolsas plásticas, textiles y residuos sanitarios (pañales) entre otros, desechados en el bosque de manglar, son cubiertos en parte por sedimentos y hojarasca ayudando a su degradación, algunos de estos, se encuentran expuestos a la radiación solar, a tal punto que al momento de recolectarlos, se fragmentaban y formaban piezas más pequeñas como se puede observar en las siguientes fotografías (ver fotografía 16). Y es importante resaltar que otro factor que puede influir en la presencia de basura marina es la falta de sensibilización y educación ambiental por parte de la población autóctona que vive cerca de la zona turística y la falta de control y vigilancia por parte de las autoridades ambientales del municipio.

Fotografía 16. Basura Marina encontrada en el tercer punto de muestreo



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos obtenidos se observó que existe gran cantidad de basura desechada y depositada en cada uno de los puntos de muestreos, situación que favorece el deterioro de cada una de las zonas de estudio. Los resultados encontrados son consistentes con los reportados en otros países en ecosistema de manglar. De acuerdo con el trabajo realizado por Lorena Morán en Guatemala, se realizó un estudio para conocer el impacto de la presencia de desechos sólidos en un ecosistema de manglar del pacifico del país donde se evidencio 14 vertederos de desechos sólidos con un tamaño aproximado de 440 m² cada uno, afectando un área total de 4.180 m² del bosque de manglar por la disposición inadecuada de los residuos sólidos perturbando la flora y fauna de este ecosistema [98], Por lo tanto en el estudio realizado en el municipio de San Andrés de Tumaco con la cuantificación y la clasificación de la basura marina se obtuvo 1357 unidades en 1000 m² y en comparación con la literatura la disposición de desechos directamente al ecosistema ayuda al incremento del deterioro del mangle presente en la zona de estudio ya que afecta la dinámica del mismo.

En un estudio realizado por Renato Mendoza *et al* en el sur de California, se evaluó la calidad ambiental de diferentes manglares, para ello se analizaron algunos tipos de estrés físico y antrópico al que estaban sometidos, encontrándose que el principal factor de alteración en todos los puntos de muestreo es la basura acumulada en el bosque de manglar ayudando al incremento del deterioro de la calidad del ecosistema, para los autores es importante y necesario establecer acciones que permitan el buen uso y que formen parte de los planes globales de desarrollo del estado ya que el mangle presta servicios fundamentales como

protección de la zona costera, ayuda a la amortiguación de los efectos del cambio climático, presta un servicio de hábitat, alimentación, refugio y crianza de especies con importancia ecológica y económica, además son sumideros de CO₂ y fuente de producción de oxígeno [99].

Es importante que a partir de los datos generados y la cuantificación en cada uno de los puntos muestreados en el municipio de San Andrés de Tumaco y la cantidad existente de residuos sólidos contribuyen a medida del tiempo a la contaminación y degradación del mangle y las entidades gubernamentales puedan generar estrategias para la conservación y protección de los ecosistemas de manglar en la zona ya que estos brindan una cantidad de beneficios para la comunidad y para el ecosistema con los datos generados en el estudio presente.

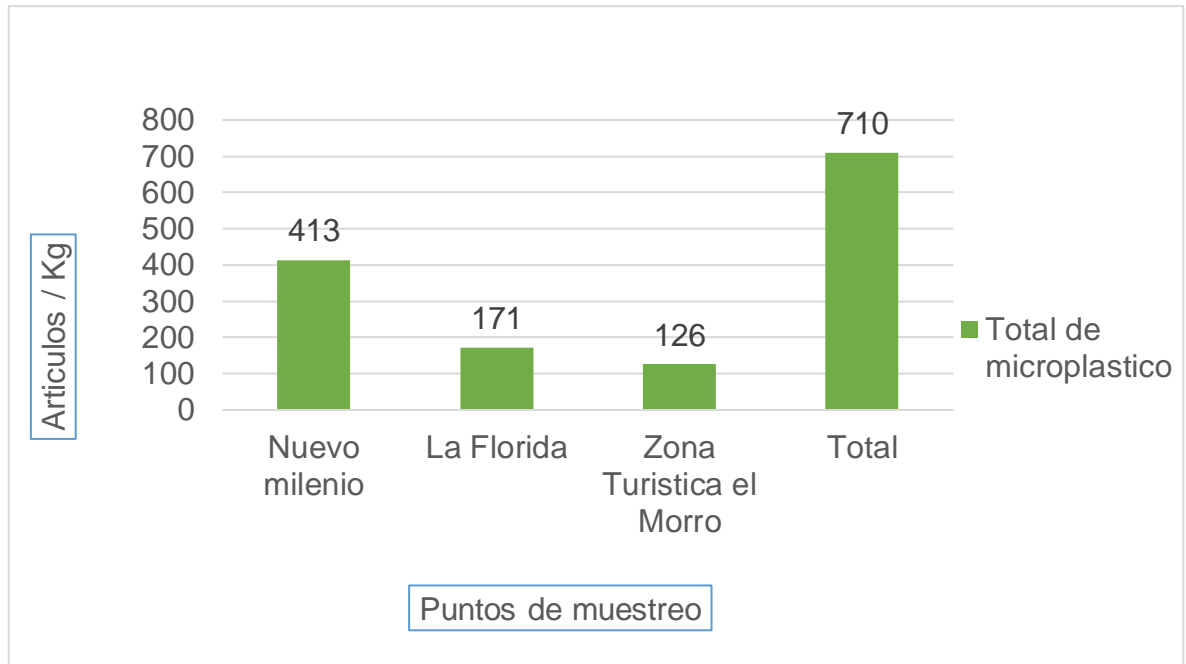
4.3. Análisis de microplástico encontrado en la zona de estudio

4.3.1. Identificación de microplástico en sedimentos de manglar

Los microplásticos evaluados corresponden a partículas de plástico menores de 5mm, presentes en las muestras de suelo de manglar, de acuerdo con la metodología propuesta por Ostin Garcés [100] y el protocolo realizado Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR) [101]. El análisis del contenido de microplástico se realizó en 1000 gramos de sedimentos de suelo de manglar por cada punto, en donde se encontró un total de 710 artículos de microplástico. En cuanto a los puntos de muestreo se encontró en Nuevo Milenio un total de 413 artículos/kg, en La Florida de 171 artículos/Kg y en la El Morro 126 artículos/kg como se muestra a continuación en el gráfico (ver gráfica 5).

La abundancia de los microplásticos en la zona de estudio del barrio Nuevo Milenio fue la más representativa con un total de 413 artículos/ kg con respecto a los otros puntos de muestreo. De acuerdo con el análisis, el incremento de artículos de microplásticos en este punto se ve influenciado por la presencia de plásticos más grandes que se encontraban enterrados y expuestos directamente a la radiación solar que es uno de las principales fuentes de degradación del plástico más grande, de acuerdo con el trabajo de Ostin Garcés *et al*, en donde determinaron entre 31 y 2863 artículos / kg encontrado las concentraciones más altas en manglares cercanos a centros poblados, resultado de la basura acumulada en el ecosistema de manglar [86], información que guarda similitud con los resultados de la abundancia del microplástico debido a la acumulación de basura marina en los puntos de muestreo.

Gráfica 5. Total, de microplásticos en 1 kg de muestra



Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Clasificación de microplástico

A partir de la identificación de los datos de microplástico se clasifico de acuerdo la forma, el tamaño y finalmente se determinó el color correspondiente según las muestras analizadas. A continuación, se muestra la forma del microplástico donde se obtuvo los siguientes datos.

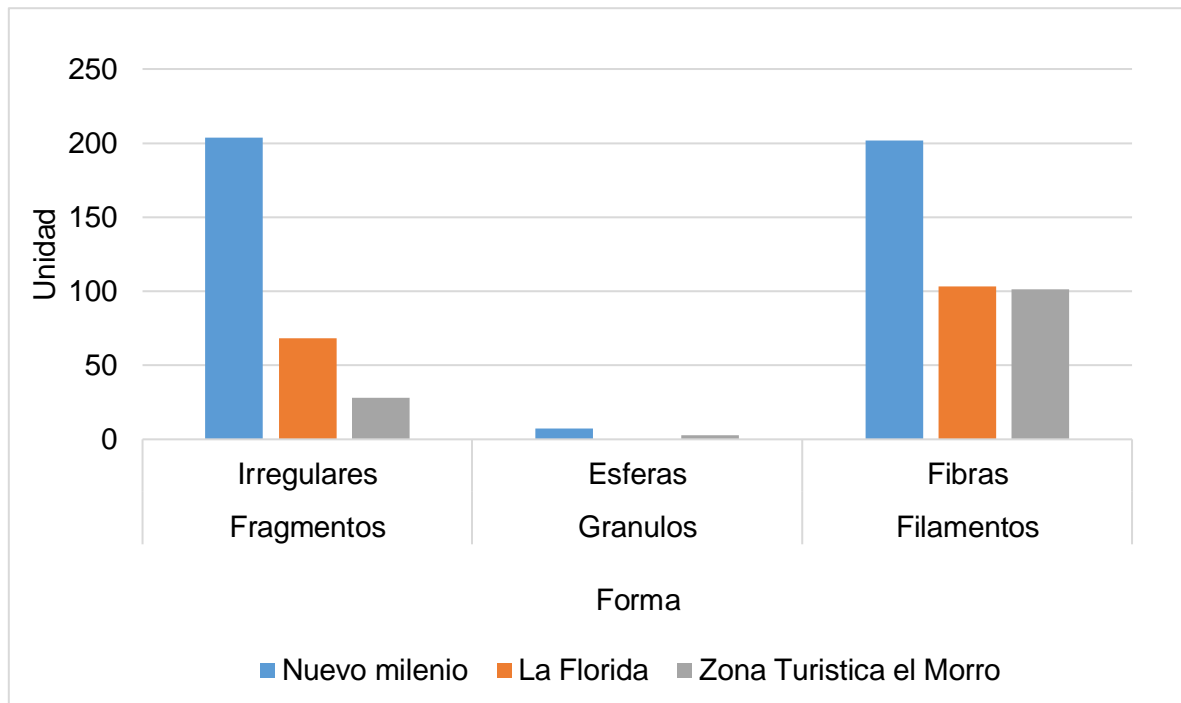
4.3.2.1. Forma del microplástico

En la gráfica 6, se muestra la forma del microplástico donde se obtuvo los siguientes datos.

En cada uno de los puntos de muestreo se determinó tres formas que son irregulares, esferas y fibras, En el punto 1 Nuevo Milenio se encontró un porcentaje mayor de formas irregulares y fibras con un total de 204 artículos/kg y 202 artículos/kg respectivamente. En el punto 2 los valores fueron inferiores donde se encontró un promedio de 68 artículos/kg de forma irregular y fibras un total de 103 artículos/kg y el punto 3 los valores son de 28 artículos/kg de forma irregular y 101 artículos/kg que son fibras. La cantidad de esferas corresponde a 7 artículos/kg en el punto 1, 0 artículos/kg en el punto 2 y 3 artículos/kg en el punto 3. De acuerdo al

estudio de Mohamed y Obbard, en donde se cuantificó la abundancia del microplástico y se clasificó de acuerdo con la forma, la mayoría de artículos fueron fibrosos y menores de 20 μm y se concluye que la presencia de microplásticos se debe a la degradación de los desechos plásticos marinos que se acumularon en los manglares [38].

Gráfica 6. Clasificación por forma

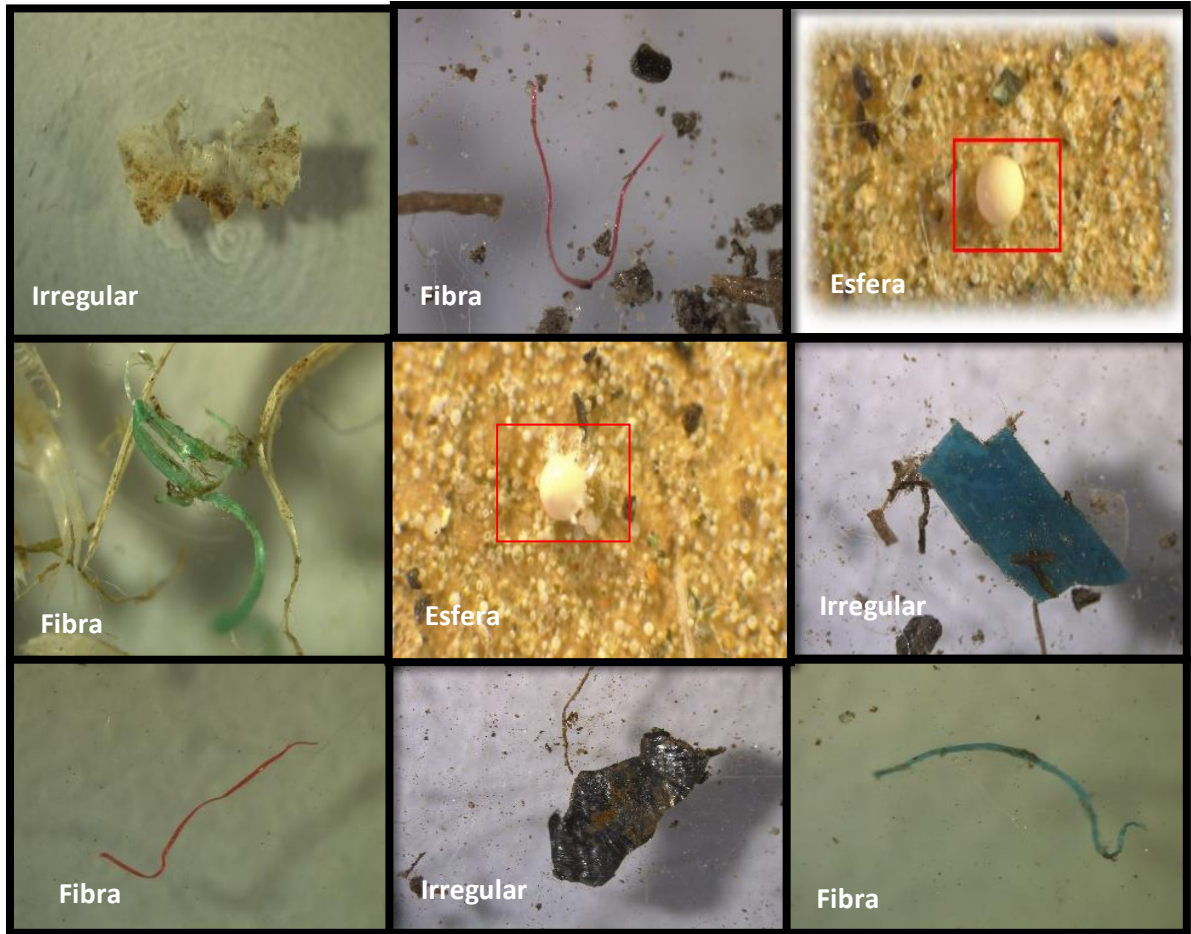


Fuente: Elaboración propia

En el Golfo Pérsico en Irán, evaluaron la ocurrencia de contaminación por microplástico en sedimentos de manglar, donde cuantificaron e identificaron la morfología del microplástico para evaluar su abundancia, distribución y tipos de polímeros en los sedimentos de la superficie, encontrando microplásticos en el 80 % de las muestras donde predominaban las fibras con aproximadamente 42.7 ± 5.5 a 125 ± 25 microplásticos / kg [102], concentraciones inferiores en el presente estudio. En el presente estudio se encontraron dos tipos de forma, irregulares y fibras, posiblemente se debe a la degradación de las bolsas plásticas, redes de pesca y costales como se puede evidenciar en la siguiente fotografía (ver fotografía 17), es importante resaltar que según Sara Purcan et al confirman que la fibras presente en el estudio realizado en Perú hace parte del análisis del tipo de plástico

en los que están elaborados las bolsas plásticas, redes de pesca, costales y ropa [103].

Fotografía 17. Forma del microplástico



Fuente: Elaboración propia

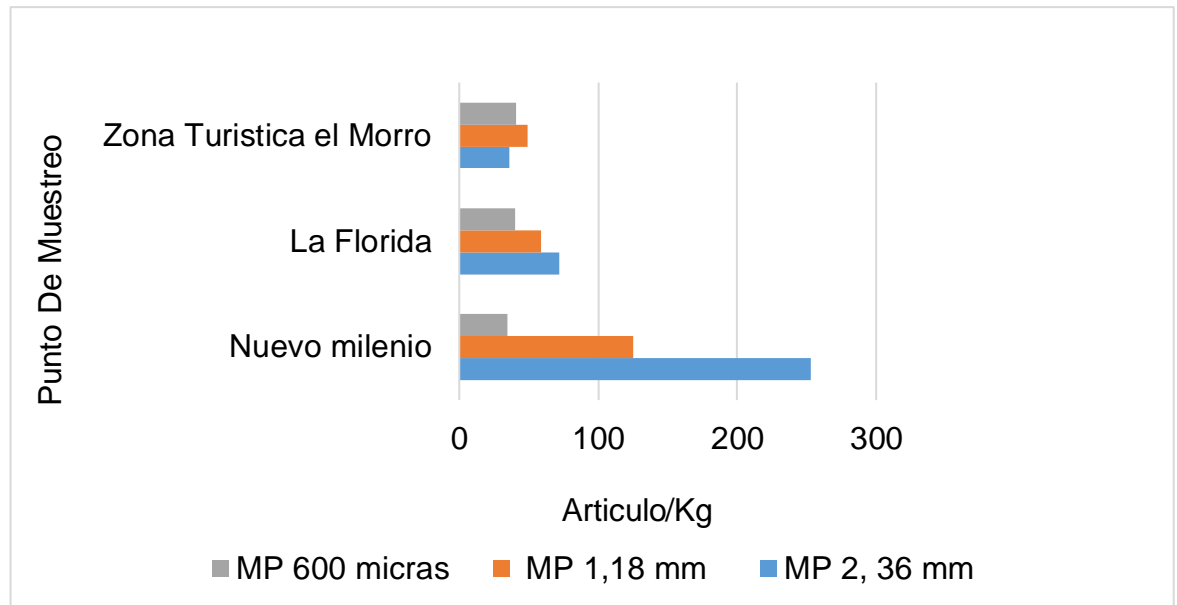
4.3.2.2. Tamaño del microplástico

Para la segunda clasificación del microplástico se determinó el tamaño correspondiente de acuerdo con los tamices utilizados ya que los plásticos se clasifican en 4 categorías de acuerdo con el procedimiento de Cheshire *et al* [104]. Los plásticos se pueden clasificar en macroplásticos (> 25 mm), mesoplásticos (5 mm a 25 mm), microplásticos (1 μ m a 5 mm) y los nanoplásticos (1 nm a 1 μ m).

En las muestras analizadas se encontraron artículos en un rango de 1 μ m a 5 mm que corresponden a microplásticos. Para la clasificación del tamaño de las muestras se tuvieron en cuenta tres tamices de rango de 600 micras, 1,18 mm y 2,36 mm de

porosidad encontrando los siguientes valores como se observa en el siguiente grafico (ver gráfico 7).

Gráfica 7. Clasificación por tamaño



Fuente: Elaboración propia

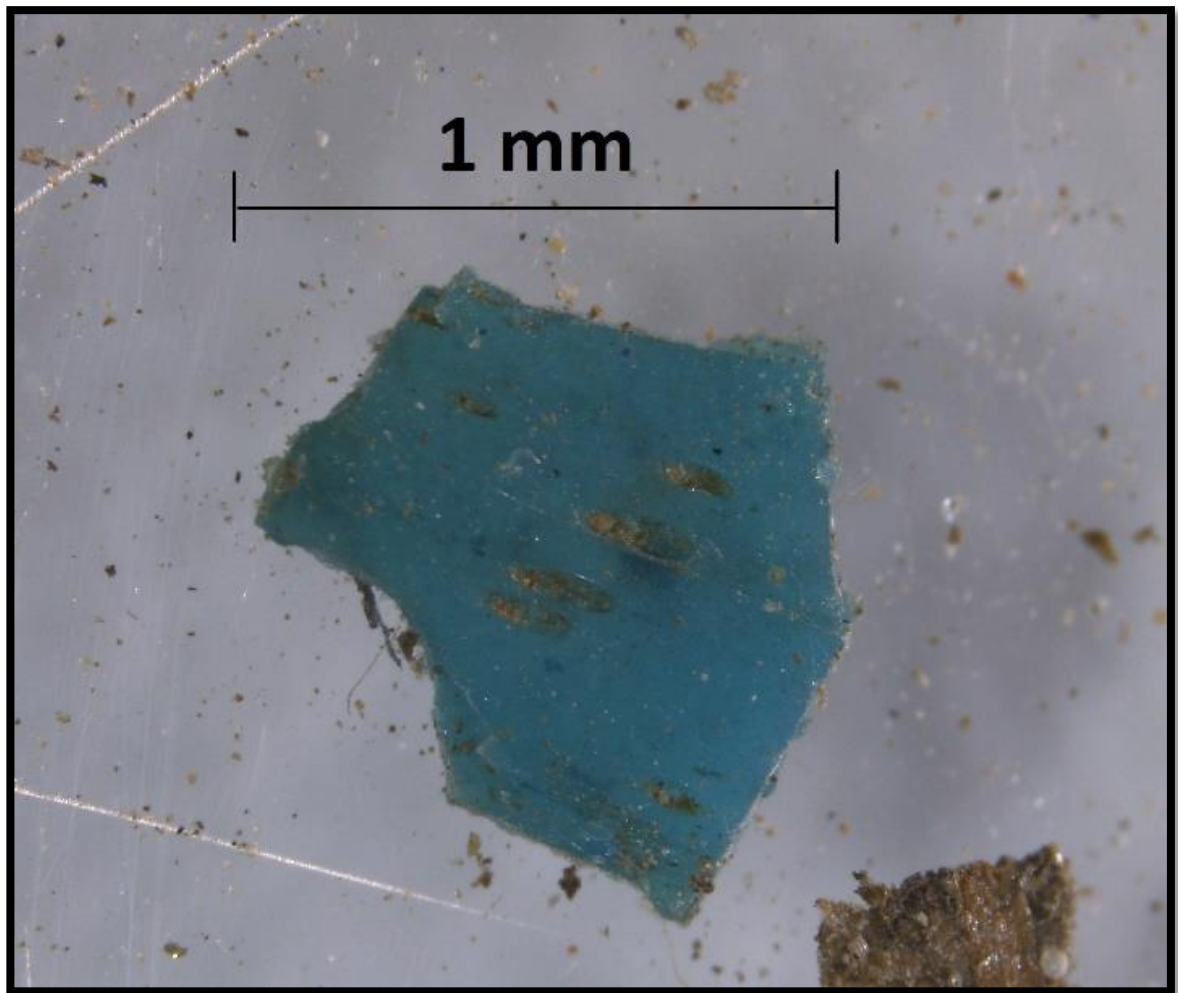
Se determinó el tamaño de cada partícula que para el tamaño de 600 micras se retienen partículas entre 600 micras y menores que 1,18 mm, así mismo el tamaño correspondiente para cada uno de los otros dos tamaños utilizados.

En el barrio Nuevo Milenio se encontraron 253 artículos/kg que corresponde al tamaño de 2,36 mm, 125 artículos/kg del tamaño de 1.18 mm y 35 artículos/kg en un tamiz de 600 micras, asimismo para el barrio la Florida para el tamaño de 2,36 mm se encontraron 72 artículos/kg de 2,36mm que corresponde al porcentaje mayor de microplástico en las muestras. Y en cambio en la zona turística del morro el porcentaje mayor corresponde a 49 artículos/kg en un tamaño de 1,18 mm y para el punto 2 corresponde a 59 artículos/ kg como se puede observar en la siguiente fotografía (ver fotografía 18).

En el estudio de Mohamed y Obbard donde realizaron una cuantificación de la abundancia del microplástico y se clasificó de acuerdo con la forma, el tamaño de las partículas, donde la mayoría fueron fibrosos y menores de 20 μm donde concluyen que la presencia de microplásticos se debe a la degradación de los desechos plásticos marinos que se acumularon en los manglares [38]. De acuerdo con los datos del presente estudio, en suelos de manglar del municipio de Tumaco,

se encontraron diferentes tamaños que posiblemente corresponden a la degradación y acumulación de residuos plásticos más grandes, cabe resaltar que, en el momento de recolección de la basura marina, la mayor parte de los desechos se fragmentaban fácilmente, quedando en tamaños diferentes algunos en microplásticos como reflejan los datos.

Fotografía 18. Tamaño del microplástico

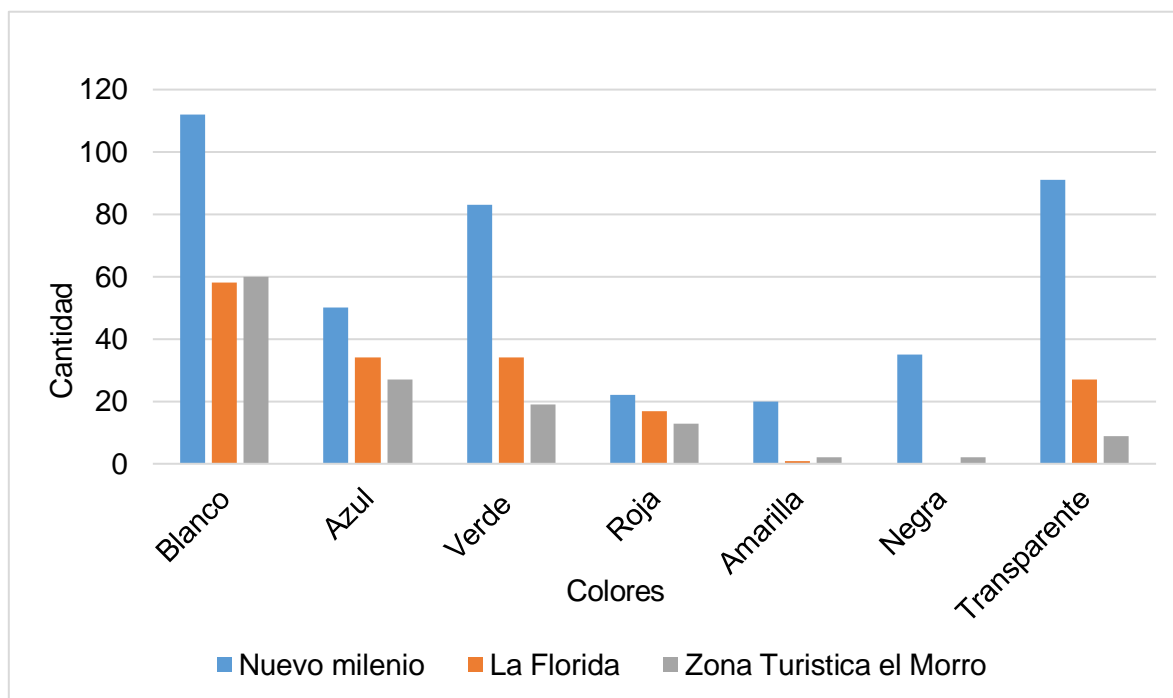


Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3. Color del microplástico

Finalmente, se realizó la clasificación de acuerdo al color de los microplásticos encontrados en cada una de las muestras procesadas como se puede observar en el siguiente gráfico (ver gráfico 8).

Gráfica 8. Clasificación por color

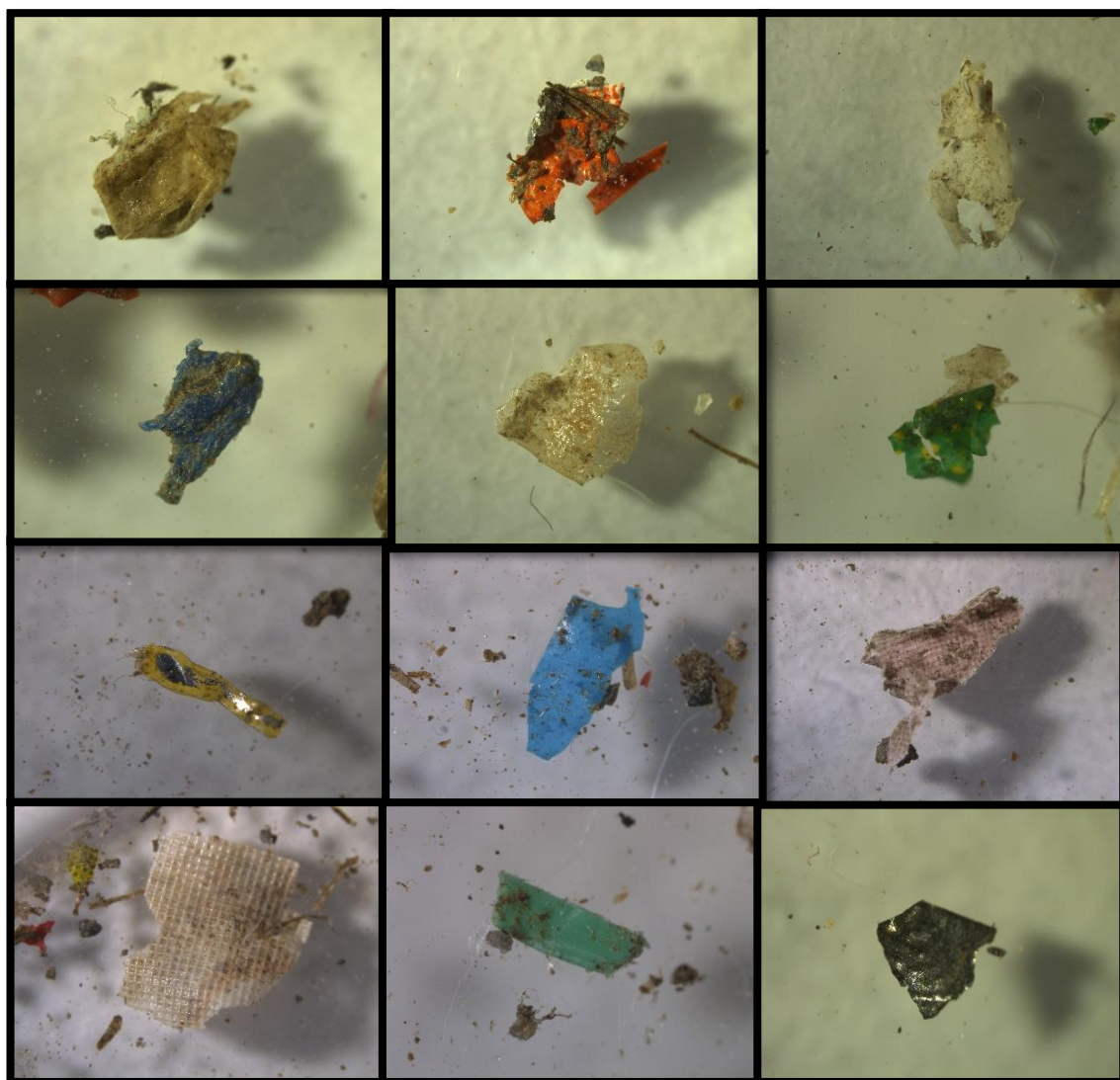


Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje de microplástico es de color blanco, que corresponde a 112 artículos/kg del barrio Nuevo Milenio, 58 artículos/kg del barrio La Florida y 60 artículos/kg en la Zona Turística Isla del Morro es importante resaltar que gran cantidad de los desechos marinos corresponden a bolsas plásticas en cada uno de los puntos de muestreo que se le atribuye a la degradación del plástico más grande que se convirtió en microplástico. También el barrio Nuevo Milenio se encontró un total de 91 artículos/kg de color transparente y seguido del color verde, azul y negro. En el punto 2, el porcentaje mayor seguido del color blanco es azul y verde con 34 artículos/kg en ambos colores y finalmente tiene 27 artículos/kg de color transparente y en el punto 3 los colores azul y verde son los colores más representativos con valores de 27 y 19 artículos/kg respectivamente como se puede observar en la siguiente fotografía (ver fotografía 19).

Finalmente, los colores correspondientes reflejan la degradación de bolsas plásticas, mallas de pesca de diferentes colores y otros artículos de uso en la comunidad como costales que se pueden degradar en forma de fibras.

Fotografía 19. Color del microplástico



Fuente: Elaboración propia

Acorde con la revisión literaria, son escasos los estudios donde se han cuantificado la abundancia de microplásticos en sedimentos de manglar, donde solo se encontraron tres publicaciones científicas para realizar una comparación con este estudio como se mencionaron anteriormente que fueron realizados en Singapur [38], Iran [102] y Colombia [86]. En cada estudio hay una alta concentración de microplásticos en los manglares procedente de la acumulación de la basura marina de las comunidades cercanas al ecosistema considerándose un factor importante

para encontrar mayor porcentaje de artículos de microplásticos en los sedimentos de suelo de manglar.

Además, la zona de muestreo del barrio Nuevo Milenio es más fangosa donde se puede encontrar plásticos más grandes y enterrados. Según el informe realizado por Elisa Rojo y Tania Montoto del área de medio marino de ecologistas en acción, expresan que los factores determinantes para la degradación del plástico por efecto físico son las siguientes, mecanización de las olas, efectos de la radiación ultravioleta y reacciones de oxidación e hidrólisis[25].

De acuerdo con Anthony Andrady con el estudio en el medio marino, los plásticos ampliamente degradados se vuelven lo suficientes frágiles como para desmoronarse en fragmentos en polvo durante el manejo, también se refieren a que cuando el plástico está directamente expuesto a la radiación solar sin contacto con el agua la degradación es mucho más rápida, siendo uno de los factores más importantes en la degradación [105], esto conlleva a que la degradación sea mucho más rápido, como se vio reflejado en los puntos de muestreo, ya que el plástico principalmente las bolsas plásticas, llevaban un tiempo enterrada en los sedimentos o enredada en el mangle y al ser recogidas se fragmentaba en partículas más pequeñas que se convierten en microplástico comprobando así que existe la fragmentación por los factores antes mencionados.

Los resultados del estudio muestran que hay presencia de microplástico en sedimentos de manglar en los tres puntos de muestreo procedentes de la degradación de los desechos marinos, acumulados por la forma inadecuada de la disposición de los residuos sólidos provenientes de las actividades cotidianas de la población y turismo de la zona. Finalmente, en el estudio realizado Tamara Galloway sobre el micro y nanoplásticos y la salud humana resaltan que este agente contaminante se encuentra en el medio marino y es ingerido por una amplia gama de organismos acuáticos y por lo tanto se pueden acumular a través de la cadena alimentaria que consigo traen riesgos asociados con los plásticos y los aditivos causando alteración el sistema endocrino en seres humanos, en la biota marina puede causar infertilidad, alteración genética y aumento de la mortalidad en los organismos marinos por las concentraciones altas de microplásticos [106].

4.4. Identificación de los impactos ambientales del microplástico y basura marina encontrado en la zona de estudio.

En total, se determinaron 21 impactos ambientales causados por la basura marina y los microplásticos en los ecosistemas de manglar de San Andrés de Tumaco, de los cuales 12 fueron observados en campo y 9 a partir de la revisión de literatura.

Los impactos están resumidos en 7 aspectos ambientales (calidad de agua, calidad de aire, calidad del suelo, alteración del hábitat, calidad del hábitat de las especies, calidad visual y de vida) y 7 componentes que se relacionan con el ecosistema (agua superficial marina, aire, suelo, flora, fauna, paisaje y socioeconómico).

La Importancia ambiental se realizó de acuerdo a la metodología de conesa, donde se definieron 7 criterios que corresponden a la **Intensidad** que se refiere al grado de incidencia, **la extensión** representa la presencia del impacto en las zonas de estudio, **el momento** es el tiempo que transcurre en la aparición del impacto, **la reversibilidad** es la posibilidad del aspecto a retomar su condición inicial, **la Recuperabilidad** es el tiempo necesario para que el aspecto ambiental a retomar su condición inicial, **la sinergia** es la posibilidad de que en combinación con otros eventos el impactos y aspectos puedan aumentar de manera significativa y finalmente **la acumulación** es el incremento progresivo del impacto sobre el aspecto ambiental.

Cada uno de estos criterios tienen unas calificaciones con su respectivo valor que hace referencia al porcentaje al que se manifiesta cada impacto en la zona de estudio, siendo importante ya que dependiendo el valor se determina el grado de importancia de acuerdo a la calificación del impacto y la clasificación dada a cada criterio en impactos observado e identificados por revisión de literatura y el resultado de su importancia ambiental se muestra en la siguiente tabla (ver Tabla 6).

Agua: En el componente agua superficial cercanas del ecosistema manglar, se identificaron cuatro impactos ambientales, el primero es **la Contaminación de aguas superficiales por basura marina**, el cual se presentó en los tres puntos de muestreo con gran representación en ellos y en especial los barrios Nuevo Milenio y La Florida donde los residuos sólidos flotaban en las aguas de la zona y se enredaban las ramas y raíces de los mangles, la basura marina según el libro Basuras marinas, plásticos y microplásticos orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global dice que la radiación solar aumenta la degradación de esta en microplástico [25], asimismo la basura marina genera una reducción u obstrucción del intercambio de aguas entre los esteros del ecosistema.

Este impacto se puede notar en un plazo corto es considerado un impacto crítico e irreversible porque no se cuenta con medidas de manejo; este impacto es recuperable y es sinérgico porque la basura marina deteriora la calidad del agua, además es acumulativo y tiene implicaciones sobre la fauna acuática.

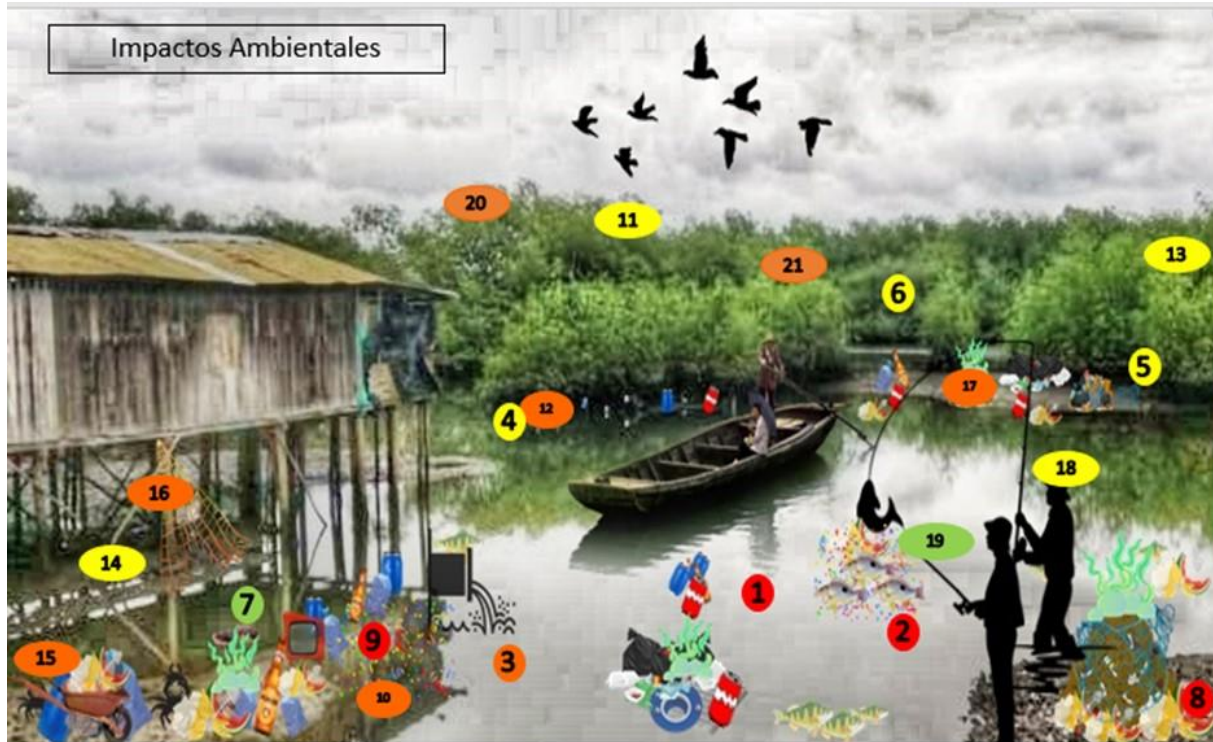
Tabla 6. Calificación dada a los impactos observados en los manglares de San Andrés de Tumaco

Componente del ecosistema	Aspecto Ambiental	Impactos	Criterios							
			IN	EX	MO	RV	RP	AC	SI	I
Agua superficial	Calidad del agua	Contaminación de agua superficial marina por residuos sólidos.	8	12	4	12	4	8	8	84
		Acumulación de microplástico en aguas superficiales marinas.	8	12	4	12	4	8	8	84
		Contaminación del agua por vertimientos de aguas residuales.	8	1	1	12	2	8	1	50
		Aumento de sustancias de contaminantes en el agua.	1	4	1	8	3	1	1	25
Aire	Calidad del aire	Malos olores.	4	1	8	8	4	1	1	36
		Interrupción de los flujos de intercambio gaseoso y la atmosfera con el ecosistema.	1	12	2	4	2	1	8	44
		Aumento de contaminación de material particulado.	1	4	1	1	3	1	1	18
Suelo	Calidad de suelo	Contaminación del suelo por basura marina.	8	12	4	12	4	8	8	84
		Contaminación del suelo por microplásticos.	8	12	4	12	4	8	8	84
		Cambios físicos en las capas del suelo.	4	12	2	8	8	8	1	63
Flora	Alteración del hábitat	Disminución de la regeneración natural y supervivencia de las plántulas de manglar.	4	4	4	8	3	1	1	37
		Enredos de la basura marina en las raíces de los mangles.	4	12	4	1	2	8	1	52
		Alteración de las características físicas del árbol del mangle.	4	12	4	1	2	1	1	45
Fauna	Calidad del hábitat de las especies	Alteración en la composición de la comunidad faunística.	8	1	4	8	3	1	1	43
		Aumento de la mortalidad de especies por daños de órganos internos.	8	1	8	4	4	8	8	58
		Cambio en la calidad del hábitat de las especies.	8	1	4	8	3	8	1	50
Paisaje	Calidad visual	Deterioro paisaje por el aumento de los residuos sólidos en la zona.	8	12	4	4	2	8	8	74
Socio - económico	Calidad de vida	Afectación de la Salud.	4	4	1	4	2	1	1	29
		Incremento en las desigualdades económicas.	1	4	1	4	3	1	1	21
		Afectación a la seguridad alimentaria.	4	8	2	8	2	8	8	56
		Afectación del potencial ecoturísticas.	8	4	2	4	3	1	8	50

Intensidad (I), extensión (EX), momento (MO), reversibilidad (RV), recuperabilidad (RP), sinergia (SI) y acumulación (AC) e importancia (I) Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Análisis de los impactos observados e identificados por revisión de literatura.

Figura 8. Impactos ambientales



1. Contaminación de Agua superficial marina por residuos solidos.
2. Acumulación de MP en aguas superficiales marinas.
3. Contaminación del agua por vertimientos de aguas residuales.
4. Aumento de sustancias de contaminantes en el agua.
5. Malos Olores.
6. Interrupción de los flujos de intercambio gaseoso y las atmosfera con el ecosistema.
7. Aumento de contaminación de material particulado.
8. Contaminación del suelo por basura marina.
9. Contaminación del suelo por MP.
10. Cambios físicos en las capas del suelo.
11. Disminución de la regeneración natural y supervivencia de las plántulas de manglar.
12. Enredos de la basura marina en las raíces de los manglares.
13. Alteración de las características del mangle.
14. Alteración en la composición faunística.
15. Aumento de la mortalidad de especies
16. Cambios en la calidad del hábitat
17. Deterioro del paisaje
18. Afectación de la salud
19. Incremento de las desigualdades económicas
20. Afectación a la seguridad Alimentaria.
21. Afectación al ecoturismo

Irrelevante Moderado Severo Crítico

Fuente: Elaboración propia

El segundo impacto es la **Acumulación de microplástico en aguas superficiales marinas** de acuerdo con información de la DIMAR no publicada por el momento, se han encontrado microplástico en la columna de agua cerca del ecosistema de manglar. En un estudio de China sobre Microplásticos suspendidos en las aguas superficiales del sistema del estuario de Yangtze, China, donde MP encontrados fueron contados y clasificados según su forma y tamaño. Las densidades de MP fueron 4137.3 ± 2461.5 y 0.167 ± 0.138 n / m³, respectivamente, en las muestras de estuario y mar con una abundancia significativa [107]. El impacto es considerado crítico y comienza a observarse a un corto plazo, es irreversibles sin implementación de manejo y es recuperable parcialmente por el tamaño del MP. Es sinérgico debido a la contaminación que estos pueden generar en la columna de agua y es acumulativo con el tiempo.

El tercer impacto observado es la **Contaminación del agua por vertimientos de aguas residuales**, el cual se presentó en el punto 2 (Nuevo Milenio) debido a que la mayoría de la población vive en viviendas palafíticas y descargan sus aguas directamente a la ensenada esto puede afectar las aguas marinas y con esto el ecosistema manglar. Este impacto se puede mirar a largo plazo y es irreversible ya que no cuenta con un sistema de saneamiento básico y residuos como biosanitarios, empaques plásticos entre otros que va directo al mar, puede ser recuperable a corto plazo si se cuenta con un sistema de alcantarillado para esta zona. El impacto no es sinérgico, acumulativo y es considerado un impacto severo.

El cuarto impacto es **Aumento de sustancias contaminantes en el agua**, se pueden percibir en los tres puntos de muestreo donde se encontraron envases de pintura, de aceite entre otros donde con el lavado de los envases salen con residuos de agua con pintura. Además, los plásticos son capaces de lixiviar sustancias tóxicas que pueden alterar la calidad del agua con ellos el ecosistema manglar. Este impacto es considerado reversible a largo a plazo y recuperable, su acumulación simple y sin sinergismo ya que las actividades de navegación con motor a bordo son minoritarias, por lo cual se considera moderado.

Aire: En el elemento aire, se identificaron tres impactos ambientales el primer impacto observado es la **Generación de malos olores**, este impacto se presentó en el barrio Nuevo Milenio (punto 1) y La Florida (punto 2) debido a que la disposición de los residuos se hace directamente a la ensenada y algunos llegan por las corrientes marinas. Los malos olores se generan principalmente por la disposición de material orgánico, heces de humanos, pañales, empaques de alimentos, entre otros; los pueden ser intensos, esto depende de la densidad de la basura acumulada en el ecosistema manglar. El impacto es puntual y reversible a largo plazo si se cuenta con sistemas de manejo de residuos sólidos adecuados, este impacto cuenta con acumulación simple y sin sinergismo debido al depósito de

basura en el manglar trae implicaciones en la fauna típica del ecosistema, el impacto se calificó moderado.

La Interrupción de los flujos de intercambio gaseoso y la atmosfera con el ecosistema manglar es el segundo impacto el cual fue identificado por revisión bibliográfica, la acumulación de sedimento y basura marina sobre las raíces del mangle pueden tapar los poros de intercambio de gases o los tubos respiratorios (neumatóforos), bloqueando así el normal intercambio de gases entre el mangle y la atmosfera [108].

Los bosques de manglares son de gran interés, debido a su capacidad que tiene para mitigar el cambio climático a partir del intercambio de CO₂. A pesar de su importancia y de la capacidad que tienen los manglares, para ayudar a minimizar los impactos del cambio climático global, han sido poco estudiados y valorados, en lo que concierne a su función como captador y almacenador de carbono en su biomasa aérea y en el intercambio CO₂ atmosférico [109]. Este impacto es considerado un impacto potencial y presente en todos los puntos de muestreo. Esta condición puede tener sinergia con condiciones de alta inundación, magnificar el impacto y provocar alteraciones fisiológicas en los mangles.

El tercer impacto es el **Aumento de contaminación de material particulado**, esto se debe al desprendimiento de microplástico o partículas de polvo, fibras de tela, entre otros, que proviene de la degradación física de la basura marina que quedan suspendidos en un determinado tiempo y caen de nuevo al ecosistema, según la temporada del año estos pueden ser llevados a otros sitios por acción de los vientos alisos presentes todo el año [110]. Este impacto puede ser observado a largo plazo y es reversible que se debe a la precipitación de las partículas suspendidas, es recuperable y sin sinergismo. Es un impacto irrelevante y en combinación con otras actividades humanas como son la pesca, conchar, tala de bosque entre otras y las condiciones del ecosistema puede generar una mayor contaminación

Suelo: En el suelo, se identificaron tres impactos ambientales en todos los puntos de muestreo donde se observaron grandes cantidades de basura marina en los suelos del ecosistema manglar. El primer y segundo impacto es **la Contaminación del suelo por basura marina y la acumulación de microplásticos**, el primero se debe a la disposición de los residuos sólidos en la ensenada por la población que vive en zonas palafíticas y el segundo es producto de la degradación de bolsas, sogas, redes, entre otros artículos de plástico que son depositados directamente en el manglar o que son transportados por las corrientes de agua, puede ser retenidos por las raíces e ingresar al interior del manglar con las inundaciones y se depositan en el suelo o quedan adherido al manglar.

La extensión y la intensidad de estos impactos se puede evidenciar en las concentraciones de microplástico y la clasificación de la basura marina que están

registradas en los tres puntos de muestreo (ver graficas 1, 5), las cuales son valores significativos comparados con otros estudios a nivel mundial. Debido a las bajas tasas de degradación del plástico en condiciones naturales [105] y a la disposición de los residuos en el ecosistema manglar por parte de las comunidades. Los impactos son irreversibles y acumulativo dado que, el tamaño del microplástico es menor de 5 mm, lo cual pueden mezclarse en el suelo fácilmente alterando la recuperación del ecosistema. Cabe resaltar que los impactos de la contaminación de basura y microplástico en el suelo pueden desencadenar impactos potenciales como el deterioro del hábitat, cambios en la estructura de la comunidad faunística e ingestión de microplásticos por especies detritívoras y omnívoras presentes en los manglares del municipio de San Andes de Tumaco.

El tercer impacto es el **Cambios físicos en las capas del suelo** que se presentaron en las tres zonas de estudio, lo cual se debe a la acumulación de botellas de vidrio, envases metálicos, textiles, plásticos, bolsas y envolturas de plásticos, entre otros, que se incorporan en los suelos semiblandos los cuales pueden generar cambios físicos en las capas ya que se incorporan en los primeros horizontes y pueden incidir en la aireación, movimiento del agua y en la regeneración natural [111]. Este impacto puede observarse a mediano plazo y es reversible debido a la persistencia de la basura marina y a la baja resiliencia del ecosistema frente a estos contaminantes, se considera un impacto severo.

Flora: En el componente flora (mangle) se observaron tres impactos ambientales significativos que se pudieron identificar en los puntos de muestreo (Nuevo Milenio, La Florida y Zona Turística Isla del Morro), la **Disminución de la regeneración natural y supervivencia de las plántulas de manglar** es el primer impacto el cual se considera moderado y se puede mirar a corto plazo. Las basuras marinas en el suelo del manglar enredan a las plantas que limita la implantación de los propágulos y el crecimiento normal de las plantas, lo cual puede tener implicaciones serias para los ecosistemas manglar del municipio de Tumaco. Este impacto es sin sinergismo y acumulativo simple debido a la continuidad de la disposición de basura; sin embargo, puede ser recuperable en el mediano plazo con medidas de limpieza eficientes y de prevención.

El segundo impacto es el **Enredado de la basura marina en las raíces de los mangles** el cual se encuentra presente en los tres puntos de muestreo y es reversible a corto plazo, este impacto puede traer daños físicos a la flora y alteración a la fauna como estrangulamiento, deformaciones, amputación de partes del cuerpo, ahogamiento, reducción de la supervivencia y la muerte[106]. Este impacto es acumulativo debido a la presencia de basura marina enredada en las plantas de manglar encontradas en el ecosistema manglar del municipio de San Andrés de Tumaco y es considerado como un impacto severo.

La **Alteración de las características físicas del árbol del mangle** es el último impacto presente en los puntos de muestreo en especial el segundo punto (barrio La Florida) se evidenciaron artículos de tamaño grande como muebles, neveras, televisores, entre otros, que generan una gran presión y destruyen los neumatóforos del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y de otras especies minoritarias. Este impacto es reversible a corto plazo y sin sinergismo clasificado como moderado.

Fauna: En la fauna cerca del ecosistema manglar se pudieron observar tres impactos ambientales la **Alteración en la composición de la comunidad faunística** del manglar de Tumaco como el resultado del deterioro de la calidad del hábitat, debido de que las especies más sensibles a la contaminación podrían desplazarse hacia otros manglares quedando posiblemente las especies más resistentes o indiferentes a la contaminación por la basura marina. El caso de los invertebrados como los cangrejos en otros estudios se han reportado que la acumulación de basura inhibe las actividades normales que los invertebrados realizan y limita el suelo físico requerido para la realización de sus madrigueras [112], debido a la cantidad de residuos sólidos, y en especial en áreas cercanas de centro poblados como es el caso de los tres puntos de muestreo (Nuevo Milenio, La Florida y Zona Turísticas de la Isla del Morro) y este impacto es considerado moderado.

El segundo impacto es la **Aumento de la mortalidad de especies por daños de órganos internos** es considerado moderado y reversible a mediano plazo. El aumento de la mortalidad de especies es por la obstrucción en los órganos internos por respiración de microplástico o por la ingestión de la basura marina como alimento [113],[32]. Los moluscos, crustáceos y peces de Tumaco pueden ser la mayor incidencia en la ingestión y respiración de estos contaminantes, sin embargo, se requiere comprobar con investigaciones sobre este tema. Este impacto puede presentar daños en órganos internos, reducir el crecimiento y desarrollo de los mismos, alterar las funciones fisiológicas y del sistema inmunológico, reducción de la supervivencia y por último la mortalidad de las especies[114]. En la ingestión de basura marina, los animales pueden adsorber hidrocarburos aromáticos policíclicos, plaguicidas organoclorados, aditivos del plástico como el nonilfenol, bisfenol A, ftalatos, polibromodifenil éteres, metales pesados, entre otros, que también son introducidos en la cadena trófica, causar efectos adversos en los organismos y posiblemente afectar la salud de la comunidad local por ingerir alimentos contaminados [12],[114].

El **Cambio en la calidad del hábitat de las especies** es el último impacto sobre la fauna cerca al ecosistema manglar se califica como severo y reversible a largo plazo debido a la alta cantidad de basura observada en las zonas de estudio, es acumulativo debido a las alteraciones sobre los invertebrados (cangrejos, caracoles, pianguas, entre otras) y el suelo del manglar por incremento de residuos con el

tiempo. Los invertebrados son la base fundamental en la red trófica del manglar [114], por lo tanto es necesario que se realicen más estudio que permitan establecer los efectos de la basura sobre estas poblaciones.

Paisaje: En cuanto al componente paisajista se observó un impacto que es el **Deterioro paisaje por el aumento de los residuos sólidos en la zona**, impacto presente en los puntos de muestreo (Nuevo Milenio, La Florida y Zona Turísticas de la Isla del Morro) lo cual se evidencio una gran cantidad de basura marina la cual le daba un mal aspecto a las zonas de estudio en especial a los barrios el Nuevo milenio (punto 1) y La Florida (punto 2) ya que, el morro por ser una zona turística los comerciantes se encargan de realizar un determinado aseo en sus playa, pero se observó basura marina en las ramas, raíces y aguas del ecosistema manglar. Este impacto es reversible a mediano plazo y es recuperable, debido a que la apariencia de la zona de estudio se puede decir que el ecosistema manglar tiene una salud pobre sometida frecuentemente a los diferentes factores de degradación [110]. Este impacto puede tener repercusiones no solo sobre la calidad ambiental del manglar, sino también sobre la posibilidad de generar actividades económicas alternativas a la pesca, como el ecoturismo en Tumaco, por estas razones se consideró como un impacto negativo severo.

Socioeconómico: Y por último tenemos el componente socioeconómico que se encuentra cerca del manglar donde se identificaron cuatro impactos ambientales de los cuales el primero es la **Afectación de la salud** presente en dos puntos de estudio (Nuevo Milenio y La Florida) donde se pudo observar la presencia de vectores y roedores por la acumulación de los residuos sólidos y que la degradación de la basura puede traer malos olores y esto generar problemas para la salud de la población, este impacto es considerado moderado y reversible a mediano plazo. Cabe resaltar que en estudios anteriores sobre microplástico en molusco y peces que se realizó en el laboratorio de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca con el fin de identificar el área en la cual se podría realizar la tesis de grado, se pudo observar microplástico (fibras) en molusco como la Pianguas (*Anadara tuberculosa*) como se pude mirar en la siguiente fotografía (ver Fotografía 20) y por medio de la cadena trófica pueda llegar a los humanos. Según el informe Elizabeth Royte para National Geographic España estudiar el impacto de los microplásticos marinos sobre la salud humana es difícil, debido que no se puede investigar personas que ingiera plástico a modo de experimento, porque los plásticos y sus aditivos actúan de forma distinta según las circunstancias físicas y químicas, y porque sus características pueden variar conforme los seres a lo largo de la cadena trófica después de ingerirlo, lo metabolizan o excretan [115].

Según la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) la contaminación de los mares amenaza con convertirse en un problema de salud pública, especialmente por la presencia de microplásticos y nanoplásticos en los alimentos de origen

marino[116]; debido a la toxicidad de sus componentes químicos como son los ftalatos, el Bisfenol A, los retardantes de llama, los antimicrobianos entre otros que pueden afectar a la salud humana [117]. Además, el microplástico es considerado como un contaminante emergente debido a los pocos estudios sobre el tema y por la falta de normatividad que lo prohíba o controle.

Fotografía 20. Microplástico en molusco (*Anadara tuberculosa*)



Fuente: Elaboración propia

El segundo impacto es el **Incremento en las desigualdades económicas** presente en el Nuevo Milenio y La Florida, en especial en el Milenio donde la población es desplazada por la violencia y su economía se basa en la extracción de moluscos (pianguas), la pesca, la explotación de madera, entre otras actividades que se encuentran relacionadas con el ecosistema manglar. Este impacto es considerado irrelevante y reversible a mediano plazo, con la acumulación de la basura marina se presenta la degradación del ecosistema.

La **Afectación a la seguridad alimentaria** es el tercer impacto ambiental presente en los puntos de muestro, el ecosistema manglar soporta altos niveles de biodiversidad como crustáceos (cangrejos), moluscos (pianguas), peces y otras especies que se encuentran presente en el ecosistema y son la base de la subsistencia de comunidades costera como es el caso de Tumaco que gran parte de su población depende de estos alimentos. Teniendo en cuenta que los ecosistemas de manglar se reconocen como zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos, moluscos y peces, la degradación de los ecosistemas costeros (EC) redunda en la pérdida de servicios ambientales, como la biodiversidad, la seguridad alimentaria entre otras. Si las características

estructurales y funcionales de los ecosistemas costeros se encuentran en buenas condiciones proporcionan beneficios al hombre, pero cuando se degradan por basura marina u otro tipo de contaminación, la posibilidad de obtener beneficios de éstos se reduce considerablemente [118]. Por eso es importante resaltar que debe implementar estrategias y políticas que aseguren la conservación y restauración de los ecosistemas manglar.

El ultimo impacto es la **Afectación del potencial ecoturísticos**, según el acto legislativo N°2 del 17 de julio del 2018 por medio del cual se modifican los artículos 328 y 356 de la constitución política de Colombia y se declara al municipio de San Andrés de Tumaco como Distritos Especiales, Industriales, Portuarios, Biodiversos y Ecoturísticos [119]. La Zona Turísticas de la Isla del Morro es un lugar donde se realizan actividades turísticas las cuales pueden ser afectadas por la basura marina y el microplástico. Este impacto es reversible a mediano plazo y es considerado moderado. Además, en Tumaco ya se tiene en marcha el Proyecto Wow de Turismo de naturaleza que es un Plan Piloto de Turismo Comunitario de Bocagrande [120].

4.4.2. Impactos Potenciales.

Los impactos negativos potenciales identificados para el ecosistema manglar de San Andrés de Tumaco, se observan en la siguiente figura (ver Figura 9).

Figura 9. Impactos Potenciales



Fuente: Elaboración propia

En total, se identificaron 13 impactos negativos potenciales de acuerdo a la importancia y magnitud que tiene en el ecosistema; los impactos potenciales son los siguientes: la Contaminación del agua por microplástico y basura marina, la Contaminación del suelo por microplástico y basura marina, Enredos de la basura marina en las raíces y alteración de las características del manglar, Disminución de la regeneración natural y supervivencia de las plántulas, Cambio en la calidad del hábitat de las especies aumento de la mortalidad, Alteración de la composición de la comunidad faunística, Afectación a la salud y por último la Afectación a la seguridad alimentaria. Estos impactos descritos anteriormente debido a su persistencia en el ecosistema pueden afectar o degradar la calidad del ecosistema y con esto la calidad de vida de la población. Cabe resaltar la importancia que tiene los ecosistemas manglar por ser un ecosistema estratégico que alberga diversas especies y por ser captadores de dióxido de carbono (CO₂) y almacenador de grandes cantidades carbono (C), denominado carbono azul lo cual es fundamentales para la adaptación y resiliencia antes el Cambio Climático [109]. Por tal razón es importante la implementación de planes de control, mitigación, manejo y conservación de los ecosistemas manglar presentes en San Andrés de Tumaco.

4.4.3. Importancia del ecosistema manglar de San Andrés de Tumaco

De acuerdo el plan de manejo de ecosistema del departamento de Nariño [55], Los ecosistemas de manglar fueron zonificados para uso sostenible, recuperación y preservación, cada zona son de importancia ambiental ya que presentan diversas funciones ecológicas al medio ambiente. La zona de uso sostenible se caracteriza por mantener la base de los recursos, servicios ambientales y que suplan sus necesidades, sin que se disminuya la posibilidad de que estas comunidades y sus generaciones posteriores se beneficien de ellos, en el municipio de Tumaco en la cabecera municipal existe un total de 2881 hectáreas, las zonas de recuperación son destinadas en restablecer la base de los recursos, los servicios ambientales y relaciones del ecosistemas causados por daños antropológicos o naturales para que puedan ser cambiados de categorías a uso sostenible o preservación y tienen un tamaño de 1474 hectáreas.

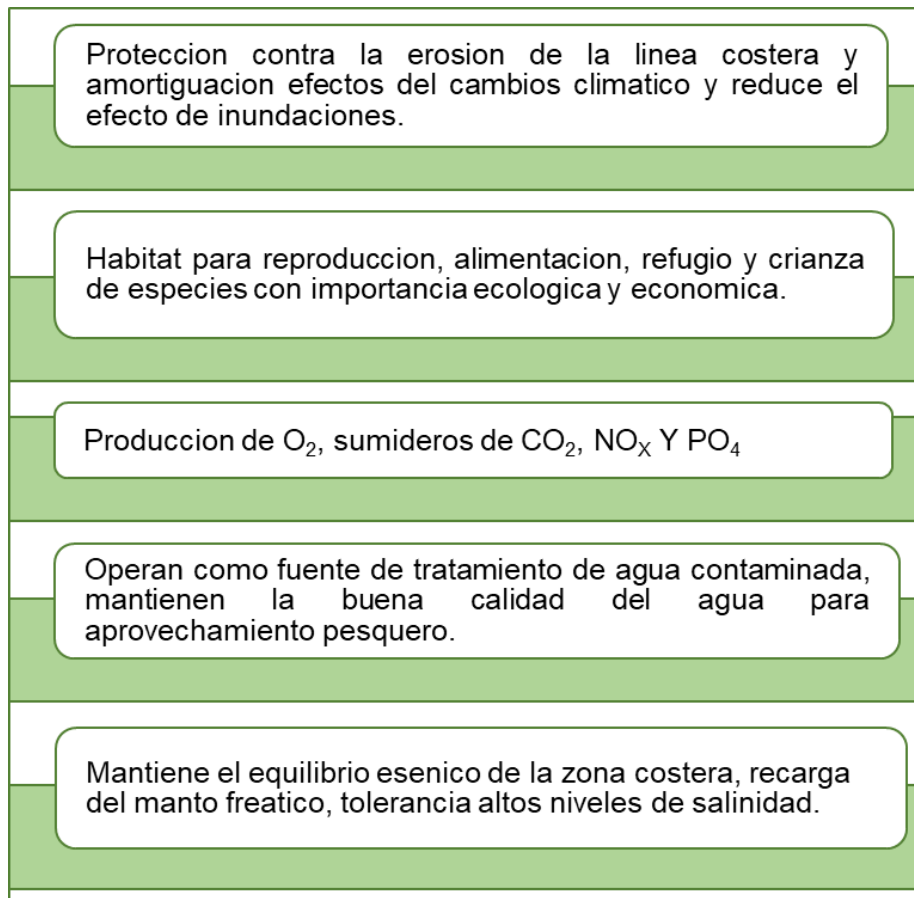
Finalmente, las zonas de preservación son destinadas para proteger los servicios ecosistémicos del mangle para beneficios común de las comunidades y el ecosistema, esta zona cuenta con un total de 238 hectáreas ubicadas en las islas del morro, el bajito y las dos emplazadas al sur y al occidente de Tumaco, los bosques que se encuentran al oriente del puente del Pindo, en esta zonificación se encuentra los puntos de muestreo.

De acuerdo con el documento, en cada una de las zonas existe diferentes fuentes de presión o actividades, los cuales están involucradas con la pesca, expansión de la frontera urbana, la recolección de moluscos y crustáceos, explotación de madera, la camaronicultura, actividades agrícolas y principalmente la disposición de basura

y aguas servidas al mar, cada una generando un impacto negativo al ecosistema, donde se resalta su función de acuerdo a la zonificación ya que cumplen un papel fundamental en la preservación del ecosistema en el municipio de Tumaco.

Tal caso, los manglares ubicados en la zona de las islas del morro y la zona continental del casco urbano de Tumaco, son considerados como frágiles por las diferentes fuentes de presión incluyendo cada uno de los impactos observados por la presencia de basura marina y microplásticos que fueron encontrados en la zona de estudio, tal forma que este ecosistema representa el 9,36 % del ecosistema del departamento de Nariño [53], donde es primordial su conservación y establecer lineamientos ya que este tipo de ecosistema aporta grandes beneficios ambientales al ecosistema y la población.

Figura 10. Beneficios y servicios del ecosistema de manglar



Fuente: Elaboración propia

Para la preservación y conservación existen diversos lineamientos como prohibición de las actividades de extracción de los recursos naturales como la madera para fines económicos de acuerdo a la resolución 1263 del 2018 [83], realizar actividades de restauración de los mangles, en la zona de preservación utilizarla como fuentes de semillas para programas de restauración comunitarias, incentivar las actividades de investigación para la comunidad científica y propiciar las actividades de ecoturismo en las zonas, además existe estrategias como la resolución 2259 de 2016, el cual establece los tiempos de veda para el camarón de aguas someras con el fin dar un aprovechamiento sostenible de la especie [121] y finalmente programas de educación ambiental propuesto en el plan de manejo de ecosistemas de manglar por Corponariño.

Es importante resaltar que de acuerdo con la resolución 2299 del 2017 [81], se declara como Distrito Nacional de manejo integrado Cabo Manglares Bajo mira y Frontera como reserva natural con un área de 190282 hectáreas, debido a que el ecosistema brinda diversos beneficios y se encuentra en la zona de preservación siendo fundamental en la protección de los ecosistemas de manglar para el municipio de Tumaco, siendo importante ya que puede brindar diferentes servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas de manglar como se muestra en el siguiente figura (Ver Figura 10).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se cuantificó la basura marina encontrando un total de 1353 unidades en la zona de estudio y se obtuvo un peso final de 612 kg de basura marina siendo un componente importante en la comprensión e identificación del aumento del deterioro ocasionado en la zona de estudio debido que entre más unidad de basura marina en el ecosistema el deterioro es irrecuperable e irreversible.
- Se clasificó según la metodología de OSPAR de las cuales eran Plásticos, Madera, Cartón y Papel, Vidrios, Caucho, Ropa y Textil, Metal, Residuos Sanitarios y Residuos Hospitalarios y de acuerdo con la clasificación realizada se encontró que los Plásticos equivalen entre un 62 % y 78 % del porcentaje de los desechos marinos y estos valores presentan en la zona de estudio un factor principal que ayuda el deterioro del ecosistema manglar.
- La contaminación por basura marina se presentó en un mayor porcentaje en las zonas palafíticas (barrio La Florida y Nuevo Milenio) donde hay carencia de un Sistema de Saneamiento Básico y por tanto vertimientos de residuos al mar.
- Se evidenció que las actividades de pesca, turismo, la expansión de la frontera urbana (invasiones palafíticas), explotación de madera, desplazamiento de la población, además el consumo basado en productos o envases de un solo uso, genera un alto volumen de residuos plásticos generando riesgo para la biodiversidad, el medio natural y la salud de las personas ya que no existen políticas y sistemas de gestión de los residuos sólidos eficiente para la disminución de la basura marina en el ecosistema manglar.
- Se encontraron microplásticos en los tres puntos muestreados de San Andrés de Tumaco, con una variación entre 126 y 413 artículos/Kg de concentración de sedimentos de suelo de manglar, producto de la degradación por factores biofísicos, como la exposición directa al sol, el golpe de las olas y efectos químicos que ayudan la fragmentación del plástico más grande convirtiéndose en partículas más pequeñas como el microplásticos.

- Se encontraron microplásticos con forma irregular, esférica y en fibras, estas últimas siendo las más significativas en los tres puntos muestreados con valores que comprenden desde 101 y 202 artículos.
- Se encontraron microplásticos de diferentes colores, donde los más representativos fueron el blanco, azul y verde con más del 50 % del total de las muestras, producto de la descomposición de plásticos mas grande como bolsas plásticas, redes de pesca y lona verde. El tamaño más representativo fue de 2,36 mm.
- Se identificó los impactos generados mediante la observación y lo descrito en los referentes bibliográficos causados por la presencia, acumulación y degradación de la basura marina y microplásticos, el cual genera contaminación del suelo por acumulación de desechos marinos y MP, daños físicos y la regeneración natural de las plántulas del mangle, alteración en la calidad del hábitat de fauna del ecosistema, afectación a la salud y seguridad alimentaria.
- Los impactos identificados fueron valorados según la importancia de acuerdo con la metodología de conesa los cuales se obtuvieron impactos irrelevantes, moderados, críticos y severos y considerados como impactos potenciales ya que representan un riesgo sobre el medio físico, la fauna, la flora y la población y deben seguir siendo estudiados ya que son muy persistentes y ayudan al deterioro del ecosistema manglar.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es importante la implementación de políticas más eficiente que contribuyan a la reducción de consumo de plásticos de primer uso, retorno en origen y eliminación progresiva de plásticos, así mismo su seguimiento y evaluación.
- Sensibilizar e involucrar a la población sobre iniciativas del consumo, generación y gestión responsable de los residuos plásticos, como un promotor de consumo sostenible basado en la reducción y el retorno en origen para fomentar la economía circular en la población.
- Identificar y desarrollar indicadores medio ambientales que sirvan para obtener más información sobre la problemática de la basura marina y los microplásticos en los ecosistemas de manglar, ya que la información es aún

muy limitada y no se conoce de forma muy precisa de la posibilidad de que los microplásticos y basura marina transporten contaminantes a la fauna y los seres humanos.

- Dar un seguimiento e implementación más eficiente y en su totalidad al plan de gestión de residuos sólidos del municipio de San Andrés de Tumaco acorde a las necesidades de la comunidad.
- Desarrollar iniciativas de sensibilización ambiental sobre la recolección, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos generados en los hogares y además incentivar a la población sobre la importancia que tiene el ecosistema de manglar en las zonas costeras como el municipio de San Andrés de Tumaco.
- Seguir con futuras investigaciones sobre los efectos que pueden causar los microplásticos en la fauna marina y los seres humanos, ya que existe documentos donde se evidencia presencia de microplásticos y posibles contaminantes orgánicos persistentes, pero la información es limitada contribuye a las investigaciones existentes.
- Implementación del turismo ecológico en la zona, para que la población conozca la importancia de los ecosistemas de manglar para su preservación y conservación en la zona y puedan implementar más zonas de reservas naturales de ecosistemas de manglar en el municipio de San Andrés de Tumaco.
- Implementación de planes de manejo y protección para los manglares del municipio de san Andrés de Tumaco con el fin de conservar y proteger el ecosistema manglar ya que son prestadores de servicio ambiental y albergadores de diversas especies.
- Es importante continuar con estos estudios ya que los ecosistemas manglar representan una fuente de solución, que ayuda a mitigar los efectos del cambio climático, además este trabajo contribuye al objetivo de desarrollo sostenible Numero 14, conservar y utilizar de forma sostenible los recursos marinos, relacionado con el objetivo 14.1. que relaciona con la prevención y la reducción significativa de este tipo de contaminación en los ambientes marinos.

REFERENCIAS

- [1] Rosero Ronbison, Ortiz Monica, Vinasco Eliana, Cuitiva Diana, y Olaya German, *PANORAMA DE LA CONTAMINACIÓN MARINA DEL PACÍFICO COLOMBIANO 2005 - 2010*, DIMAR., vol. 7. San Andres de Tumaco, Colombia: DIMAR, 2010.
- [2] PNUMA y GRID, *Marine Litter, Vital Graphics*, 1.ª ed., vol. 1. Nairobi and Arendal, 2016.
- [3] INVERMAR, «INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y COSTEROS DE COLOMBIA», p. 200, 2016.
- [4] W. C. Li, H. F. Tse, y L. Fok, «Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects», *Science of The Total Environment*, vol. 566-567, pp. 333-349, oct. 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.084.
- [5] I. C. Acosta Coley y J. (Director) Olivero Verbel, «Caracterización de microplásticos primarios en el ambiente marino de una playa urbana en Cartagena de Indias», Thesis, Universidad de Cartagena, 2014.
- [6] S. L. Wright, R. C. Thompson, y T. S. Galloway, «The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review», *Environmental Pollution*, vol. 178, pp. 483-492, jul. 2013, doi: 10.1016/j.envpol.2013.02.031.
- [7] L. G. A. Barboza, A. Dick Vethaak, B. R. B. O. Lavorante, A.-K. Lundebye, y L. Guilhermino, «Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 133, pp. 336-348, ago. 2018, doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.05.047.
- [8] J. G. B. Derraik, «The pollution of the marine environment by plastic debris: a review», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 44, n.º 9, pp. 842-852, sep. 2002, doi: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5.
- [9] A. L. Andrady, «Microplastics in the marine environment», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, n.º 8, pp. 1596-1605, ago. 2011, doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.
- [10] J. A. Ivar do Sul y M. F. Costa, «The present and future of microplastic pollution in the marine environment», *Environmental Pollution*, vol. 185, pp. 352-364, feb. 2014, doi: 10.1016/j.envpol.2013.10.036.
- [11] X. Sun, Q. Li, M. Zhu, J. Liang, S. Zheng, y Y. Zhao, «Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 115, n.º 1, pp. 217-224, feb. 2017, doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.12.004.
- [12] J. Wang, Z. Tan, J. Peng, Q. Qiu, y M. Li, «The behaviors of microplastics in the marine environment», *Marine Environmental Research*, vol. 113, pp. 7-17, feb. 2016, doi: 10.1016/j.marenvres.2015.10.014.
- [13] H. S. Auta, C. U. Emenike, y S. H. Fauziah, «Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions», *Environment International*, vol. 102, pp. 165-176, may 2017, doi: 10.1016/j.envint.2017.02.013.
- [14] J. A. Rodríguez-Rodríguez, P. C. Sierra-Correa, M. C. Gómez-Cubillos, y L. V. L. Villanueva, «Mangroves of Colombia», en *The Wetland Book: II: Distribution, Description and Conservation*, C. M. Finlayson, G. R. Milton, R. C. Prentice, y N. C. Davidson, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2016, pp. 1-10.
- [15] J. U. Pérez y L. E. U. Giraldo, «Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar. Aproximación al caso Colombiano», *Gestión y Ambiente*, vol. 12, n.º 2, pp. 57-71, 2009.

- [16] J. M. Riascos, N. Valencia, E. J. Peña, y J. R. Cantera, «Inhabiting the technosphere: The encroachment of anthropogenic marine litter in Neotropical mangrove forests and its use as habitat by macrobenthic biota», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 142, pp. 559-568, may 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.04.010.
- [17] K. V. Gaitán, «Buscan proteger los manglares de Tumaco», *Periódico El Campesino – La voz del campo colombiano*, oct. 11, 2015. <https://www.elcampesino.co/buscan-proteger-los-manglares-de-tumaco/> (accedido oct. 17, 2019).
- [18] United Nations, «Sustainable Development Knowledge Platform», 2019. <https://sustainabledevelopment.un.org/> (accedido oct. 17, 2019).
- [19] United Nations Environment, *Marine litter: a global challenge*. 2009.
- [20] W. C. Li, H. F. Tse, y L. Fok, «Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects», *Science of The Total Environment*, vol. 566-567, pp. 333-349, oct. 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.084.
- [21] P. Europe, «Home :: PlasticsEurope», *Home :: PlasticsEurope*, 2016. <https://www.plasticseurope.org/es> (accedido abr. 11, 2019).
- [22] Direccion General Maritima-centro de investigaciones Oceanograficas e Hidrograficas del Pacifico, *PANORAMA DE LA CONTAMINACIÓN MARINA DEL PACÍFICO COLOMBIANO 2005 - 2010*, vol. 7. San Andres de Tumaco: Editorial DIMAR, 2012.
- [23] J. Garay, M. Bienvenido, y A. M. Velez, «Contaminacion Marino - Costera en Colombia», INVEMAR ORG, Bogotá, 2011. Accedido: may 16, 2019. [En línea]. Disponible en: http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/EAMC_2001/IEAMCC017ACAM.pdf
- [24] C. R. Armendáriz *et al.*, «Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre la presencia y la seguridad de los plásticos como contaminantes en los alimentos», *Revista del Comité Científico de la AESAN*, n.º 30, pp. 49-84, 2019.
- [25] R. N. Elisa y M. M. Tania, *Basuras marinas, plásticos y microplásticos orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*, Ecologistas en Accion. España, 2017.
- [26] S. Acuña, «Basuras en playas: tendencias e influencias en la acumulación de residuos en zonas costeras a través de experiencias en ciencia ciudadana.», *Ecologistas en accion*, España, 2017. Accedido: may 01, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://spip.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-basuras-playas.pdf>.
- [27] Retorna ONG, «Basuras En los oceanos, un reto internacional». Retornar para el futuro, 2011, Accedido: may 02, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.retorna.org/mm/file/Documentacion/Basuraoceanos.pdf>.
- [28] N. A. Welden y A. L. Lusher, «Impacts of changing ocean circulation on the distribution of marine microplastic litter», *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 13, n.º 3, pp. 483-487, may 2017, doi: 10.1002/ieam.1911.
- [29] D. S. Green, «Effects of microplastics on European flat oysters, *Ostrea edulis* and their associated benthic communities», *Environ. Pollut.*, vol. 216, pp. 95-103, sep. 2016, doi: 10.1016/j.envpol.2016.05.043.
- [30] R. Lohmann, «Microplastics are not important for the cycling and bioaccumulation of organic pollutants in the oceans—but should microplastics be considered POPs themselves?», *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 13, n.º 3, pp. 460-465, may 2017, doi: 10.1002/ieam.1914.

- [31] S. L. Wright, R. C. Thompson, y T. S. Galloway, «The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review», *Environmental Pollution*, vol. 178, pp. 483-492, jul. 2013, doi: 10.1016/j.envpol.2013.02.031.
- [32] X. Sun, Q. Li, M. Zhu, J. Liang, S. Zheng, y Y. Zhao, «Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea», *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 115, n.º 1-2, pp. 217-224, feb. 2017, doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.12.004.
- [33] H. S. Auta, C. U. Emenike, y S. H. Fauziah, «Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions», *Environment International*, vol. 102, pp. 165-176, may 2017, doi: 10.1016/j.envint.2017.02.013.
- [34] G. Vandermeersch *et al.*, «A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms», *Environmental Research*, vol. 143, pp. 46-55, nov. 2015, doi: 10.1016/j.envres.2015.07.016.
- [35] J. M. Riascos, N. Valencia, E. J. Peña, y J. R. Cantera, «Inhabiting the technosphere: The encroachment of anthropogenic marine litter in Neotropical mangrove forests and its use as habitat by macrobenthic biota», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 142, pp. 559-568, may 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.04.010.
- [36] Naciones Unidas, «objetivos de desarrollo sostenible», *Sustainable development Knowledge Platform*, 2019. <https://sustainabledevelopment.un.org/> (accedido jul. 26, 2019).
- [37] C. Martin, H. Almahasheer, y C. M. Duarte, «Mangrove forests as traps for marine litter», *Environmental Pollution*, vol. 247, pp. 499-508, abr. 2019, doi: 10.1016/j.envpol.2019.01.067.
- [38] N. H. Mohamed Nor y J. P. Obbard, «Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 79, n.º 1, pp. 278-283, feb. 2014, doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.11.025.
- [39] J. Barasarathi, A. Periathamby, S. H. Fauziah, y C. Emenike, «Microplastic Abundance In Selected Mangrove Forest In Malaysia». 2018, Accedido: may 11, 2020. [En línea].
- [40] «Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China - ScienceDirect». <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18306647?via%3Dihub> (accedido feb. 15, 2020).
- [41] R. Li, L. Zhang, B. Xue, y Y. Wang, «Abundance and characteristics of microplastics in the mangrove sediment of the semi-enclosed Maowei Sea of the south China sea: New implications for location, rhizosphere, and sediment compositions», *Environmental Pollution*, vol. 244, pp. 685-692, ene. 2019, doi: 10.1016/j.envpol.2018.10.089.
- [42] «Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries - ScienceDirect». <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718337264> (accedido feb. 15, 2020).
- [43] M. A. Browne *et al.*, «Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks», *Environ. Sci. Technol.*, vol. 45, n.º 21, pp. 9175-9179, nov. 2011, doi: 10.1021/es201811s.
- [44] T. Correa-Herrera, M. Barletta, A. R. A. Lima, L. F. Jiménez-Segura, y L. B. Arango-Sánchez, «Spatial distribution and seasonality of ichthyoplankton and anthropogenic debris in a river

- delta in the Caribbean Sea», *Journal of Fish Biology*, vol. 90, n.º 4, pp. 1356-1387, 2017, doi: 10.1111/jfb.13243.
- [45] O. Garcés-Ordóñez, V. A. Castillo-Olaya, A. F. Granados-Briceño, L. M. Blandón García, y L. F. Espinosa Díaz, «Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 455-462, ago. 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.06.058.
- [46] robinson rosero, M. ortiz, eliana vinasco, diana rodriguez, y german olaya, *panorama de la contaminacion marina del pacifico colombia 2005-2010*, Francisco quintero., vol. 7. colombia: DIMAR.
- [47] PNUMA, «Ministros de medio ambiente acuerdan acelerar la acción ambiental en un momento crucial para la protección del planeta», *UNEP - UN Environment Programme*. <http://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/ministros-de-medio-ambiente-acuerdan-acelerar-la-accion> (accedido dic. 11, 2019).
- [48] Benjamin Schmidt Koch y Michelle Manley Barber, «Basuras marinas; impacto, actualidad y las acciones para mitigar sus consecuencias – Revista de Marina», pp. 30-39, feb. 2019.
- [49] M. J. Gil, A. M. Soto, J. I. Usma, y O. D. Gutiérrez, «Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos», *Producción + Limpia*, vol. 7, n.º 2, may 2013, Accedido: jul. 17, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/265>.
- [50] T. Bayona y J. Luis, «Los microplásticos como transportadores de metales pesados en agua : estudio cinético», *Microplastics as sorptive carriers of heavy metals in water : kinetic study*, 2016, Accedido: feb. 21, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/5693>.
- [51] F. Eccardi y O. Aburto, «El valor de los manglares», *CONABIO*, vol. 82, n.º 1, p. 6, 2009.
- [52] L. M. Niño Martínez, «Ecosistema de Manglar», *Observatorio Ambiental de Cartagena de India*, 2016. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/09/ECOSISTEMA-DE-MANGLAR-septiembre-1-de-2016-2-.pdf> (accedido may 16, 2020).
- [53] H. Sánchez Páez, R. Alvarez-León, O. A. Guevara-Mancera, y G. Ulloa-Delgado, *Lineamientos estratégicos para la conservación y uso sostenible de los manglares de Colombia: propuesta técnica para análisis*. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente, 2000.
- [54] H. A. Tavera Escobar, «Caracterización, Diagnóstico y Zonificación de los manglares en el departamento de Nariño | WWF». 2010, Accedido: feb. 26, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.wwf.org.co/?uNewsID=201159>.
- [55] H. A. Tavera Escobar, *Plan general de manejo integral de los ecosistemas de manglares en el departamento de nariño*, 1.ª ed., vol. 1. Cali: el bando creativo, 2014.
- [56] «Ficha técnica del mangle rojo». http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/58-rhizo1m.pdf (accedido feb. 26, 2020).
- [57] W. Klinger Braham y Z. Valoyes Cardozo, «Valoración Integral del ecosistema de manglar del Municipio de San Andres de Tumaco - Nariño», 2012. Accedido: feb. 18, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://siatpc.iiap.org.co/docs/avances/vinarino.pdf>.
- [58] Alcaldía Municipal de Tumaco Nariño, «Plan de Ordenamiento Territorial Tumaco Nariño 2008 - 2019», Alcaldía Municipal, Tumaco Nariño, B. Documentos Municipales Diagnostico Territorial, Escenario ConcerTadó, Estructuras Básicas, Marco Conceptual, Planes Programas y Proyectos, Programa de Ejecución, Prospectiva Territorial, Proyecto de

- Acuerdo, 2019 2008. Accedido: abr. 06, 2020. [En línea]. Disponible en: http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/T/tumaco_-_narino_-_pot_-_2008_-_2019/tumaco_-_narino_-_pot_-_2008_-_2019.asp.
- [59] S. González y M. de los Ángeles, «Contaminación por residuos: islas de plástico», 2018, Accedido: feb. 19, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/13438>.
- [60] M. A. Meléndez Valencia y P. I. Meléndez Torres, «Influencia de la circulación eólica y marítima en la formación de las islas de basura en el mundo», *Ciencia y Sociedad*, vol. 38, n.º 4, pp. 743-792, dic. 2013, doi: 10.22206/cys.2013.v38i4.pp743-792.
- [61] M. Eriksen *et al.*, «Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea», *PLOS ONE*, vol. 9, n.º 12, p. e111913, dic. 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0111913.
- [62] G. Portillo, «Qué son, qué importancia tienen y cómo se forman las corrientes marinas», *Meteorología en Red*, ago. 08, 2017. <https://www.meteorologiaenred.com/corrientes-marinas.html> (accedido feb. 19, 2020).
- [63] editor, «Estas son las islas de plástico que contaminan mares y océanos - EcuadorToday %», *EcuadorToday*, ene. 31, 2019. <https://ecuadortoday.media/2019/01/31/estas-son-las-islas-de-plastico-que-contaminan-mares-y-oceanos/> (accedido feb. 19, 2020).
- [64] R. F. Casanova Rosero, M. M. Zambrano Ortiz, S. A. Latandret Solana, N. P. Suárez Vargas, y C. B. Albán Illera, «Variabilidad de parámetros fisicoquímicos en una estación oceánica frente a la Bahía de Tumaco», *Boletín Científico CIOH*, n.º 30, Art. n.º 30, 2012.
- [65] G. D. Bastidas Pantoja, R. F. Casanova Rosero, y C. N. Celis Melo, «Correlación de parámetros fisicoquímicos con la dinámica en la Bahía de Tumaco», *Boletín Científico CCCP*, n.º 15, Art. n.º 15, dic. 2008.
- [66] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, «BOE.es - Documento BOE-A-2010-20050», *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*, 2010. <https://www.boe.es/eli/es/l/2010/12/29/41> (accedido may 25, 2019).
- [67] generico, «Estados Unidos, Canadá, el Reino Unido, Francia, Suecia: países que prohíben los microplásticos en los cosméticos. Por (*) Alexandra Farbiarz Mas», *EFE Verde*. <https://www.efeverde.com/blog/creadoresdeopinion/prohiben-microplasticos-cosmeticos/> (accedido may 25, 2019).
- [68] «The Environmental Protection (Microbeads) (England) Regulations 2017». <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2017/1312/contents/made> (accedido mar. 08, 2020).
- [69] *Décret n° 2017-291 du 6 mars 2017 relatif aux conditions de mise en œuvre de l'interdiction de mise sur le marché des produits cosmétiques rincés à usage d'exfoliation ou de nettoyage comportant des particules plastiques solides et des bâtonnets ouatés à usage domestique dont la tige est en plastique*. 2017.
- [70] «Constitución Política de Colombia». https://www.procuraduria.gov.co/guiamp/media/file/Macroproceso%20Disciplinario/Constitucion_Politica_de_Colombia.htm (accedido oct. 30, 2018).
- [71] C. A. Cepeda y M. S. B. Navarro, «Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente - Anotado», p. 122.
- [72] «Ley 99 de 1993 | Ministerio del Interior». <https://www.mininterior.gov.co/la-institucion/normatividad/ley-99-de-1993> (accedido nov. 04, 2018).
- [73] «LEY 1377 DE 2010». <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1696158> (accedido mar. 16, 2020).

- [74] «Decretos | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible», *decretos*.
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/decretos> (accedido may 25, 2019).
- [75] «Decreto 1784 de 2017 Nivel Nacional».
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=72625> (accedido may 25, 2019).
- [76] «Manglares | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible».
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=412:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-14#enlaces> (accedido mar. 16, 2020).
- [77] «MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE». <http://carsucre.gov.co/wp-content/uploads/2015/09/RL025797.htm> (accedido mar. 16, 2020).
- [78] «RESOLUCIÓN 694 DE 2000 -». <http://legal.legis.com.co/> (accedido mar. 16, 2020).
- [79] «RESOLUCION 0721 DE 2002».
http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2004/45475/r_mma_0721_2002.html (accedido mar. 16, 2020).
- [80] R. J. SAS, «Resolución 619 de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Colombia», *www.redjurista.com*.
https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_619_de_2010_ministerio_de_ambiente_vivienda_y_desarrollo_territorial.aspx (accedido mar. 16, 2020).
- [81] «Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible».
http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/documentos_item/busqueda (accedido mar. 16, 2020).
- [82] «Resoluciones | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible», *resoluciones*.
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones> (accedido may 25, 2019).
- [83] «Resolución 1263 de 2018 “Por medio de la cual se actualizan las medidas para garantizar la sostenibilidad y la gestión integral de los ecosistemas de manglar”», *Derecho del Medio Ambiente*, ene. 21, 2019. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/resolucion-1263-de-2018-por-medio-de-la-cual-se-actualizan-las-medidas-para-garantizar-la-sostenibilidad-y-la-gestion-integral-de-los-ecosistemas-de-manglar/> (accedido mar. 16, 2020).
- [84] O. Garcés-Ordóñez, V. A. Castillo-Olaya, A. F. Granados-Briceño, L. M. Blandón García, y L. F. Espinosa Díaz, «Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 455-462, ago. 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.06.058.
- [85] OSPAR, «Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area», OSPAR Commission, 2010. Accedido: oct. 17, 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf.
- [86] O. Garcés-Ordóñez, V. A. Castillo-Olaya, A. F. Granados-Briceño, L. M. Blandón García, y L. F. Espinosa Díaz, «Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 455-462, ago. 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.06.058.
- [87] M. Paucar y A. David, «Evaluación de diferentes dosis de hexametáfosfato de sodio (NaPO₃)₆, en la determinación de tres tipos texturales de suelo, mediante el método de bouyoucos.», 2016, Accedido: may 19, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8135>.

- [88] M. Kovač Viršek, A. Palatinus, Š. Koren, M. Peterlin, P. Horvat, y A. Kržan, «Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis», *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, n.º 118, p. e55161, dic. 2016, doi: 10.3791/55161.
- [89] V. Hidalgo-Ruz, L. Gutow, R. C. Thompson, y M. Thiel, «Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification», *Environ. Sci. Technol.*, vol. 46, n.º 6, pp. 3060-3075, mar. 2012, doi: 10.1021/es2031505.
- [90] M. K. Viršek, A. Palatinus, Š. Koren, M. Peterlin, P. Horvat, y A. Kržan, «Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis», *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, n.º 118, p. e55161, dic. 2016, doi: 10.3791/55161.
- [91] V. C. Fernández-Vítora, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Segunda. España: Mundi Prensa Libros S.A., 1993.
- [92] «Parque Nacional Natural Sanquianga | Parques Nacionales Naturales de Colombia». <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-sanquianga/> (accedido abr. 03, 2020).
- [93] DIRENA, «PLAN ESTRATÉGICO Y OPERATIVO DEL SECTOR DE LA PESCA ARTESANAL DEL PACÍFICO NARIÑENSE», Tumaco Nariño, Plan estrategico, 2016. Accedido: mar. 09, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.direna.org/wp-content/uploads/2016/08/repo-2-1.pdf>.
- [94] U. Unidad Nacional para la Gestion del Riesgo de desastres, «Marco De Gestion ambiental: Proyecto agua y saneamiento basico para para el pacifico sur (Tumaco y Guapi)», Unidad Nacional para la Gestion del Riesgo de desastres, gubernamental, 2016. Accedido: abr. 05, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/MARCO-GESTION%20AMBIENTAL%20PROYECTO%20AGUA%20Y%20SANEAMIENTO%20BASICO.pdf>.
- [95] J. Garay Tinoco, D. I. Gomez Lopez, y J. R. Ortiz Galvis, *Diagnostico integral biofisico y economico relativo al impacto de las fuentes de contaminacion terrestre en la bahia de tumaco*, 1.ª ed., vol. 1, 1 vols. Santa Marta: Grey Ltda, 2006.
- [96] UNGRD, «Marco de Gestion Ambiental -Plan Somos Pazcifico Proyecto Agua y Saneamiento Basico Para el pacifico Sur (Guapi y Tumaco)», Unidad Nacional para la Gestion del Riesgo de desastres, Bogotá, gubernamental 1, 2016. Accedido: may 16, 2020. [En línea]. Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Plan_Pazcifico/INFORME%20FINAL-PLAN%20PAZCIFICO%20V1.pdf.
- [97] C. COLOMBIANA, C. PERMANENTE, y D. OCEANO, «Efectos adversos generados por la basura marina y conformación del grupo de trabajo para reducir su ingreso al mediomarino de la bahía de San Andrés De Tumaco», Comision Colombiana del Océano, Bogotá, gubernamental 1, 2008. Accedido: may 16, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/014.Informe%20Final%20%20-%20Proyecto%20Basura%20Marina.pdf>.
- [98] L. B. Morán, «Impacto de la presencia de desechos sólidos en las zonas de manglar», *Revista Vinculando*, jul. 04, 2012. <http://vinculando.org/ecologia/impacto-de-la-presencia-de-desechos-solidos-en-las-zonas-de-manglar.html> (accedido abr. 01, 2020).
- [99] R. A. Mendoza Salgado, C. H. Lechuga Deveze, E. S. Amador Silva, y S. Pedrin Aviles, «La Calidad Ambiental De Manglares De Bajo California Sur», *Repositorio del gobierno de Mexico*, 2011. <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/899> (accedido abr. 01, 2020).

- [100] V. A. Castillo-Olaya y O. Garcés-Ordóñez, «Metodología Para El Muestreo Y Análisis De Microplásticos En Aguas Superficiales Y Sedimentos De Manglar», Instituto de investigaciones Marinas y Costeras « Jose Benito Vives», Santa Marta, Colombia, 2018. Accedido: jul. 16, 2019. [En línea]. Disponible en: http://cinto.invemar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/79a97d38-0b96-4b70-bbaa-0aa4216d4afb/Protocolo%20microplasticos%20manglar.pdf?ticket=TICKET_5cce4f65eca6a90c3c6315d3dde62cc4adaeb70f.
- [101] INVEMAR, «Protocolo de muestreo y análisis de microplásticos en aguas marinas superficiales, sedimentos de playas y tracto digestivo de peces.», Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, 2017. Accedido: may 12, 2019. [En línea]. Disponible en: http://cinto.invemar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/bcc4b7ca-b63a-4e0a-8945-e68a26ee27ed/Protocolo%20Muestreo%20de%20micropl%C3%A1sticos%20en%20agua%20marina.pdf?ticket=TICKET_215dc1531a10a39f8baed032ae5e8569cf06128a.
- [102] A. Naji, Z. Esmaili, S. A. Mason, y A. Dick Vethaak, «The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran», *Environ Sci Pollut Res Int*, vol. 24, n.º 25, pp. 20459-20468, sep. 2017, doi: 10.1007/s11356-017-9587-z.
- [103] S. Purca y A. Henostroza, «Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú», *Revista Peruana de Biología*, vol. 24, n.º 1, pp. 101-106, ene. 2017, doi: 10.15381/rpb.v24i1.12724.
- [104] A. Cheshire, E. Adler, J. Barbiere, y Y. Cohen, «Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter», España, 2013. Accedido: mar. 29, 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/256186638_UNEPIOC_Guidelines_on_Survey_and_Monitoring_of_Marine_Litter.
- [105] A. L. Andrady, «Microplastics in the marine environment», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, n.º 8, pp. 1596-1605, ago. 2011, doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.
- [106] L. Peng, D. Fu, H. Qi, C. Q. Lan, H. Yu, y C. Ge, «Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats — A review», *Science of The Total Environment*, vol. 698, p. 134254, ene. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134254.
- [107] S. Zhao, L. Zhu, T. Wang, y D. Li, «Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 86, n.º 1, pp. 562-568, sep. 2014, doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.06.032.
- [108] «El Manglar bajo tensión», capítulo del libro *Manglares*. .
- [109] R. Aldaco y Y. Marily'n, «RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA AEREA DEL BOSQUE DE MANGLAR», jul. 2015, Accedido: abr. 16, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1234>.
- [110] L. J. Vivas-Aguas, L. F. Espinosa, y L. G. Parra Henríquez, «LAND-BASED POLLUTION SOURCE IDENTIFICATION AND POLLUTANT LOAD QUANTIFICATION IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, COLOMBIAN CARIBBEAN», *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, vol. 42, n.º 1, pp. 7-30, jun. 2013.
- [111] J. M. T. Rueda, «Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos», *Apthapi*, vol. 5, n.º 1, Art. n.º 1, may 2019.

- [112] D. Santillo, K. Miller, y P. Johnston, «Microplastics as contaminants in commercially important seafood species», *Integr Environ Assess Manag*, vol. 13, n.º 3, pp. 516-521, may 2017, doi: 10.1002/ieam.1909.
- [113] N. C. Ory, P. Sobral, J. L. Ferreira, y M. Thiel, «Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre», *Science of The Total Environment*, vol. 586, pp. 430-437, may 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.175.
- [114] S. Kühn, E. L. Bravo Rebolledo, y J. A. van Franeker, «Deleterious Effects of Litter on Marine Life», en *Marine Anthropogenic Litter*, M. Bergmann, L. Gutow, y M. Klages, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 75-116.
- [115] Elizabeth Royte, «El plástico es una amenaza para la salud de los humanos», *national geographic - España*, jun. 21, 2018. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/es-plastico-amenaza-para-nuestra-salud_12739 (accedido abr. 19, 2019).
- [116] OCU, «Día del Medio Ambiente: no queremos un mundo de plástico», *www.ocu.org*, jun. 05, 2018. <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/noticias/contaminacion-plasticos> (accedido mar. 07, 2019).
- [117] Greenteach, «Los Microplásticos y sus Consecuencias en el Medio Ambiente», *Greenteach*, nov. 28, 2018. <https://www.greenteach.es/microplasticos-consecuencias/> (accedido feb. 24, 2019).
- [118] J. A. H. Silveira y C. T. Hernández, «CARBONO AZUL, MANGLARES Y POLITICA PÚBLICA», p. 10, 2017.
- [119] «Acto Legislativo 02 de 2018 Congreso de la República - EVA - Función Pública». <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87481> (accedido abr. 20, 2020).
- [120] VIDEO TURISMO NATURALEZA NARIÑO ESPAÑOL. .
- [121] AUNAP, «resolucion 2259 del 2016», *Guía de campo para el Seguimiento, Control y Vigilancia – Actividad Pesquera Marina en Colombia*, 2016. <https://www.guiarecursospesqueros.org/> (accedido abr. 21, 2020).

ANEXOS

- **NUEVO MILENIO**

Fotografía 21. Nuevo Milenio (punto 1)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 22. Basura del Nuevo Milenio



Fuente: Elaboración propia

- **BARRIO LA FLORIDA**

Fotografía 23. Ingreso al manglar del punto 2



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 24. Barrio La Florida (punto 2)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 25. Basura de la Florida



Fuente: Elaboración propia

- **ZONA TURÍSTICA ISLA DEL MORRO**

Fotografía 26. Zona turística isla del morro (punto 3).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 27. Medición



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 28. Recolección de sedimento de manglar



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 29. Recolección de Basura Marina



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 30. Basura Marina de la zona del morro



Fuente: Elaboración propia

- **BASURA MARINA**

Plásticos

Fotografía 31. Plásticos (botellas plásticas y bolsas plásticas)



Fuente: Elaboración propia

Plásticos

Fotografía 32. Plástico (empaques de alimentos y costales)



Fuente: Elaboración propia

Ropa y textil

Fotografía 33. Ropa y textiles (ropa, zapatos y almohada)



Fuente: Elaboración propia

Papel y Cartón

Fotografía 34. Cartón y papel (revistas)



Fuente: Elaboración propia

Metal

Fotografía 35. Metal (ollas y latas)



Fuente: Elaboración propia

Vidrio

Fotografía 36. Vidrio (botellas de vidrio)



Fuente: Elaboración propia

Residuos Higiénicos y Sanitarios

Fotografía 37. Residuos higiénicos y sanitarios (medicamentos y pañales)



Microplástico

Fotografía 38. Microplástico encontrado



Fuente: Elaboración propia