



Universidad
del Atlántico

CÓDIGO: FOR-DO-109

VERSIÓN: 0

FECHA: 03/06/2020

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TEXTO COMPLETO**

Puerto Colombia, 5 de mayo de 2020

Señores

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

Universidad del Atlántico

Cuidad

Asunto: Autorización Trabajo de Grado

Cordial saludo,

Yo, **EGNA YASMIN MANTILLA BARBOSA.**, identificado(a) con **C.C. No. 1.102.548.480** de **ZAPATOCA**, autor(a) del trabajo de grado titulado **CARACTERIZACIÓN DE BASURA MACROPLÁSTICA Y MESOPLÁSTICA EN LA LÍNEA COSTERA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO** presentado y aprobado en el año **2019** como requisito para optar al título Profesional de **MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma *EGNA Y. MANTILLA B.*

EGNA YASMIN MANTILLA BARBOSA.

C.C. No. 1.102.548.480 de ZAPATOCA

DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO

Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.

Puerto Colombia, **5 de mayo de 2020**

Una vez obtenido el visto bueno del director del trabajo y los evaluadores, presento al **Departamento de Bibliotecas** el resultado académico de mi formación profesional o posgradual. Asimismo, declaro y entiendo lo siguiente:

- El trabajo académico es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, en consecuencia, la obra es de mi exclusiva autoría y detento la titularidad sobre la misma.
- Asumo total responsabilidad por el contenido del trabajo académico.
- Eximo a la Universidad del Atlántico, quien actúa como un tercero de buena fe, contra cualquier daño o perjuicio originado en la reclamación de los derechos de este documento, por parte de terceros.
- Las fuentes citadas han sido debidamente referenciadas en el mismo.
- El (los) autor (es) declara (n) que conoce (n) lo consignado en el trabajo académico debido a que contribuyeron en su elaboración y aprobaron esta versión adjunta.

Título del trabajo académico:	CARACTERIZACIÓN DE BASURA MACROPLÁSTICA Y MESOPLÁSTICA EN LA LÍNEA COSTERA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO
Programa académico:	MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Firma de Autor 1:	EGNA Y. MANTILLA B.						
Nombres y Apellidos:	EGNA YASMIN MANTILLA BARBOSA.						
Documento de Identificación:	CC	X	CE		PA		Número: 1.102.548.480
Nacionalidad:	Colombiana				Lugar de residencia:		
Dirección de residencia:							
Teléfono:					Celular:	31274474029	



FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO	CARACTERIZACIÓN DE BASURA MACROPLÁSTICA Y MESOPLÁSTICA EN LA LÍNEA COSTERA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO
AUTOR(A) (ES)	EGNA YASMIN MANTILLA BARBOSA
DIRECTOR (A)	VICTORIA ANDREA ARANA RENGIFO, PhD
CO-DIRECTOR (A)	JORGE ENRIQUE TRILLERAS VÁSQUEZ, PhD
JURADOS	ANDRES GALINDO MONTERO YIN RODRÍGUEZ DIAZ
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE PROGRAMA	MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
PREGRADO / POSTGRADO	POSTGRADO
FACULTAD	CIENCIAS BÁSICAS
SEDE INSTITUCIONAL	SEDE NORTE.
AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	2019
NÚMERO DE PÁGINAS	NÚMERO DE PÁGINAS.
TIPO DE ILUSTRACIONES	Ilustraciones referentes a la tipología de la basura plástica encontrada, Mapa de la costa del departamento, Tablas con índices, gráficos de PCA y clúster
MATERIAL ANEXO (VÍDEO, AUDIO, MULTIMEDIA O PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA)	NO APLICA
PREMIO O RECONOCIMIENTO	NO APLICA



**CARACTERIZACIÓN DE BASURA MACROPLÁSTICA Y MESOPLÁSTICA EN LA
LÍNEA COSTERA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO**

EGNA YASMIN MANTILLA BARBOSA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS
AMBIENTALES**

CONVENIO SUE - CARIBE

PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO

PUERTO COLOMBIA

2019



**CARACTERIZACIÓN DE BASURA MACROPLÁSTICA Y MESOPLÁSTICA EN LA
LÍNEA COSTERA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO**

EGNA YASMIN MANTILLA BARBOSA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS
AMBIENTALES**

DIRECTORA: VICTORIA ANDREA ARANA RENGIFO, PhD

CODIRECTOR: JORGE ENRIQUE TRILLERAS VÁSQUEZ, PhD

ASESORES: NELSON RANGEL BUITRAGO, PhD; ADRIANA GRACIA C, PhD

CONVENIO SUE - CARIBE

PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO

PUERTO COLOMBIA

2019

NOTA DE ACEPTACION

DIRECTOR(A)

JURADO(A)S

*A mi familia:
mi motor, mi fuerza y mi espíritu.*

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es un aporte de la Universidad del Atlántico (Colombia), Grupos de Investigación: Ciencia, Educación y Tecnología - CETIC, Compuestos Heterocíclicos y Geología, Geofísica y Procesos Marino - Costeros. Agradecimientos especiales a la docente Victoria Andrea Arana Rengifo PhD, por su constante ayuda y guía en la realización de este trabajo y a el docente Nelson Rangel Buitrago PhD, por liderar las campañas de muestreo y ser la base de este documento.

RESUMEN

El uso y mal manejo del plástico ha traído consigo un aumento exponencial en las cantidades de este material sobre la costa generando impactos que van desde lo estético hasta la alteración de los procesos biológicos. En la literatura científica los primeros reportes de contaminación plástica sobre las costas datan desde la década de 1970 y casi 50 años después, no existen estimaciones rigurosas de las cantidades y origen de los residuos plásticos que entran en el medio marino. Lo anterior demanda evaluaciones ambientales precisas para conocer el grado de contaminación y las estrategias de manejo a seguir dentro de cualquier zona costera. En este trabajo 22 playas pertenecientes a la costa del departamento del Atlántico - Colombia fueron muestreadas con el fin de cuantificar los fragmentos de plástico de un tamaño mayor a 2.5 cm (macroplásticos) y de 0.5 cm a 2.5 cm (mesoplásticos). Teniendo en cuenta el área total de estudio se encontró una densidad de 8.73 partículas/m² para el primer muestreo (Agosto 2017) y de 9.94 partículas/m² en el segundo muestreo (Marzo 2018). Las tapas de botellas, palillos de chupetas, botellas plásticas, sandalias y cubiertos, dominaron las muestras. En cuanto a los mesoplásticos se reporta una densidad promedio de 3,57 partículas/m² (Agosto 2017) y de 4,05 partículas/m² (Marzo 2018) dominando las muestras residuos de forma laminar con tonalidad blanca. La tipología del plástico encontrado permitió identificar a los ríos (principalmente el río Magdalena), y a las actividades relacionadas con el uso de la playa como las dos fuentes de entrada principales de este contaminante. El manejo de los plásticos a lo largo del área de estudio debe basarse en estrategias para eliminar o al menos tratar de reducir las fuentes de entrada de este material.

Palabras claves: Contaminantes, Basura costera, Macroplásticos, Mesoplásticos, Atlántico, Colombia.

ABSTRACT

The use and poor handling of plastic have brought an exponential increase in the quantities of this material on the coast; it is generating negative impacts in the biological processes causing water contamination. In the scientific literature, the first reports of plastic pollution on the coast date back from 1970s. Now, almost 50 years later, there are no strict estimations on the quantities and origin of plastic waste enters the marine environment. It requires precise environmental assessments to know the degree of contamination and residues management strategies to follow in the coastal zones. In this work, 22 beaches belong to the coast of the department of the Atlántico - Colombia were sampled in order to quantify the plastic fragments. The plastics materials found were grouped with size greater than 2.5 cm as macroplastics, and those ones with a size from 0.5 cm to 2.5 cm as mesoplastics. Taking into account the total area of study, a density of 8.73 items/m² was found for the first sampling (August 2017) and 9.94 items /m² in the second sampling (March 2018) was found for macroplastic fragments. Bottle caps, pacifier sticks, plastic bottles, sandals and cutlery dominated the samples. As for mesoplastics fragments, an average density of 3.57 items /m² (August 2017) and 4.05 items /m² (March 2018) is reported, dominating the samples residues of laminar form with white tonality. The typology of the plastic found allowed to identify that the rivers (mainly the Magdalena River), and the activities related to the use of the beach are the two main entry routes of plastics to the sea. The handling of plastics should be based on strategies to eliminate or reduce the input sources of this material.

Keywords:

Contaminant, Beach litter, Macroplastic, Mesoplastic, Colombia, Atlántico.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	IX
LISTA DE TABLAS	XIII
LISTA DE FIGURAS	XIV
INTRODUCCIÓN	- 1 -
2. MARCO TEÓRICO.....	- 3 -
2.1 Antecedentes	- 4 -
2.2 Planteamiento del Problema	- 6 -
3. OBJETIVOS	- 11 -
3.1 Objetivo General.....	- 11 -
3.2 Objetivos Específicos	- 11 -
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 12 -
4.1 Área de Estudio	- 12 -
4.2 Tipología y características de las playas	- 12 -
4.3 Metodología de muestreo.....	- 14 -
4.4 Procesamiento de datos.....	- 16 -
4.5 Selección de las variables de entrada	- 17 -
4.6 Análisis estadístico	- 17 -
4.6.1 Distribución espacial y variación temporal.....	- 17 -
4.6.2 Relación de basura plástica con las características del Litoral.....	- 18 -
4.6.3 Análisis del tipo de fuente	- 19 -
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 20 -
5.1 Macroplástico.....	- 20 -
5.1.1 Características del estado de las playas.	- 20 -
5.1.2 Magnitudes y composición de los macroplásticos en las playas	- 20 -
5.1.3 Relación de Basura Plástica con las Características del Litoral	- 26 -
5.1.4 Tipos de fuentes de basura plástica	- 32 -

5.2 Mesoplástico	- 34 -
5.2.1 Magnitudes y composición de los mesoplásticos en las playas	- 34 -
5.2.2 Relación de Basura mesoplástica con las Características del Litoral-	39 -
6. CONCLUSIONES	- 42 -
7. RECOMENDACIONES	- 43 -
8. PRODUCTOS DE LA INVESTIGACIÓN	- 44 -
9. BIBLIOGRAFÍA	- 45 -
ANEXOS	LIII

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudios realizados sobre la basura plástica marina en Suramérica.....	- 5 -
Tabla 2. Localización y características generales de las playas estudiadas	- 13 -
Tabla 3. Identificación y descripción de tipos de fuentes de basura plástica.....	- 19 -
Tabla 4. Densidad promedio de partículas macroplásticos, las partículas encontrados por m ² con sus respectivas desviaciones estándar y el índice de limpieza costera (ILC) para para cada una de las 22 playas estudiadas en unidades de muestreo de 20 m ² distribuidos en transectos de 100 m. (ES=Extremadamente sucia; S=Sucia; M=Moderada; L=Limpia; EL=Extremadamente limpia)	- 30 -
Tabla 5. Partículas totales y densidad promedio encontrada en los dos muestreos realizados en las playas del departamento del Atlántico.	- 35 -

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dinámica de los residuos en el ambiente marino (UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter, 2009)..... - 7 -
- Figura 2.** Área de estudio con las localidades de estudio..... - 12 -
- Figura 3.** Cuadrantes para la toma de muestras de basura macroplástica y mesoplástica.
..... - 15 -
- Figura 4.** Partículas macroplásticos dominante en las playas del departamento del Atlántico. a. Botellas; b. Palitos de dulce; c. Tapas; d. Zapatos; e. Limpiadores; f. Zapatos
..... - 22 -
- Figura 5.** Densidad promedio (n/m^2) de la basura macroplástica (cuadro izquierdo) y frecuencia de los partículas (cuadro derecho) a lo largo de las playas de la línea costera del departamento del Atlántico en el muestreo de agosto del 2017. Abreviaturas: Tapas (Tap); Palitos de Dulce (Pal); Bebidas (Bot); Zapatos (Zap); Cubiertos /bandejas/ pajas (Mat_Des); Vasos (Va); Cuidado corporal (Cuid_corp); Paquete de dulces (Paq_dul); Paquetes plásticos (Paq); Encendedores (Enc); Otros (O). - 23 -
- Figura 6.** Densidad promedio (n/m^2) de la basura macroplástica (cuadro izquierdo) y frecuencia de los partículas (cuadro derecho) a lo largo de las playas de la línea costera del departamento del Atlántico en el muestreo de marzo del 2018. Abreviaturas: Tapas (Tap); Palitos de Dulce (Pal); Bebidas (Bot); Zapatos (Zap); Vasos (Va); Cubiertos /bandejas/ pajas (Mat_Des); Cuidado corporal (Cuid_corp); Paquetes plásticos (Paq); Limpiadores (Lim); Otros (O). - 24 -
- Figura 7.** Comparación del número de macroplásticos reportados para los dos muestreos realizados en las playas del departamento del Atlántico. - 26 -
- Figura 8.** Análisis de componentes principales desarrollados sobre los macroplásticos abundantes en las 22 playas muestreadas. Análisis de componentes principales tipo biplot (dimensiones y correlaciones) para los macroplásticos distribuidos en A y B. Playas muestreadas ubicadas en la línea costera del departamento del Atlántico (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18); C y D. Tipologías de playas (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18); E y F. Estados morfodinámicos (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18). - 28 -

Figura 9. Análisis de clúster jerárquico aglomerativo para las 22 playas presentes en el departamento del Atlántico	- 29 -
Figura 10. Descripción de tipos de fuentes de basura plástica para las playas de la línea costera del departamento del Atlántico.....	- 33 -
Figura 12. Partículas mesoplásticos dominantes en las playas del departamento del Atlántico.	- 34 -
Figura 13. Densidad promedio (n/m^2) de la basura mesoplástica a lo largo de las playas de la línea costera del departamento del Atlántico en el muestreo de agosto del 2017(A) y en el muestreo de marzo 2018 (B).....	- 37 -
Figura 14. Porcentajes de los colores de los partículas mesoplásticos.	- 38 -
Figura 15. Porcentaje relación (% total de partículas colectados) de cada tipo de ítem mesoplástico encontrado en la línea costera de acuerdo con su forma.	- 39 -
Figura 16. Análisis de componentes principales tipo biplot (dimensiones y correlaciones) de las formas de los mesoplásticos en las 22 playas muestreadas (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18)	- 40 -

INTRODUCCIÓN

La raza humana genera diariamente una cantidad considerable de residuos sólidos. Las cantidades globales de estos residuos están aumentando, aunque las cantidades varían entre los países. Los plásticos son un componente importante en la basura reportada en el medio marino. Ha habido una creciente evidencia sobre los efectos que la contaminación plástica puede tener en los ambientes. La basura plástica ahora contamina los hábitats marinos desde aguas poco profundas hasta las profundidades marinas, y la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y en la Declaración de Líderes del G7 2015 han identificado como un problema mundial importante (NOAA, 2017).

Los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos o semisintéticos que suelen ser ligeros, fuertes, baratos, duraderos y resistentes a la corrosión. La mayoría de los artículos de plástico están compuestos de hidrocarburos derivados de materias primas de petróleo o gas fósil. Durante la conversión de resina a producto, se puede agregar una amplia variedad de aditivos (como rellenos, plastificantes, retardantes de llama, estabilizadores térmicos, agentes antimicrobianos y colorantes) para mejorar el rendimiento y la apariencia. Estos materiales plásticos se pueden convertir en una amplia gama de productos que brindan numerosos beneficios para la sociedad, especialmente en salud, agricultura, transporte, construcción y embalaje (Biron, 2018).

A pesar de la durabilidad de los plásticos, el uso principal es en aplicaciones relativamente de corta duración y de un solo uso, como los pitillos y palitos de dulces. Estas aplicaciones representan alrededor del 40% de toda la producción de plástico (Loizidou, et al., 2018). Si bien el empaque puede ayudar a proteger alimentos, bebidas y otros artículos (reduciendo así el daño y el desperdicio de productos), también produce una rápida acumulación de residuos plásticos persistentes (Schwarz, et al., 2019) . Con frecuencia, estos artículos representan una proporción sustancial de los residuos gestionados a través de vertederos,

incineración y reciclaje. Esto ha llevado a que los tipos más abundantes de basura encontrados en el entorno marino sean artículos de un solo uso, junto con cuerdas y redes. El plástico representa una fracción sustancial de los residuos municipales en general y, posteriormente, puede ingresar al medio marino desde una variedad de fuentes diferentes (Xanthos & Walker, 2017).

Se estima que el 75% de toda la basura marina es plástica y que estos desechos han sido ampliamente reportados en el medio ambiente, aunque existe incertidumbre acerca de las cantidades absolutas de plástico, existe evidencia de un aumento de las cantidades a lo largo del tiempo (Strafella, et al., 2019). La fragmentación de artículos más grandes de basura ha resultado posteriormente en la acumulación de piezas de plástico más pequeñas, incluyendo mesoplásticos (Wang, et al., 2019). La acumulación de basura plástica presenta una serie de consecuencias económicas y ambientales negativas (Rangel-Buitrago, et al., 2013). Si bien el enfoque en este trabajo es sobre el plástico en el medio costero, los hábitats de agua dulce también están contaminados y los ríos proporcionan las principales vías de acceso de los plásticos al océano (Schwarz, et al., 2019).

2. MARCO TEÓRICO

Según el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, se define como basura marina a cualquier material sólido persistente, manufacturado o procesado que haya sido desechado, depositado o abandonado en ambientes marinos y costeros (UNEP, 2005). Aunque el tipo de basura que se encuentra en el ambiente marino es muy diverso, los plásticos son los más abundantes representando entre el 70 y 80 % de la basura encontrada en las playas y mares del mundo (Barnes et al., 2009; Maziane et al., 2018; Palatinus, et al., 2019).

A pesar del problema ambiental relacionado con el plástico su producción sigue en aumento estimándose que para el año 2050 alrededor de 12,000 toneladas métricas de basura plástica se encuentren en vertederos o en el entorno natural (Geyer, et al., 2017). Para el año 2014 se reportaron 250.000 toneladas de basura plástica dispersa en mares de todo el mundo (Eriksen et al., 2014; Jambeck, 2015).

Los plásticos abundan en el medio marino, pero inicialmente son abandonados al medio de diferentes maneras las cuales están relacionadas a diferentes actividades humanas, por ejemplo, depósito de basura en ríos o aguas de escorrentía, embarcaciones o por actividades turística (Ryan et al., 2009; Rangel-Buitrago et al., 2016; Williams et al., 2016). Después de encontrarse en el océano, los plásticos según sus características pueden seguir diferentes rutas, como, por ejemplo, precipitarse en los fondos marinos o acumularse en las zonas litorales (Barnes et al., 2009; Woodall et al., 2015).

Cuando los plásticos se encuentran en las playas se exponen a condiciones ambientales, tales como la radiación solar, la salinidad, la fuerza del oleaje lo que conlleva a la fragmentación y consecuente clasificación de los plásticos de acuerdo con su tamaño. Los macroplásticos son grandes fragmentos, mayores a 25 mm (NOAA, 2017), que tienen tanto incidencia negativa en el desarrollo turístico de las playas, como peligros en el transporte y pesca marítima (Barnes et al., 2009;

Rangel-Buitrago et al., 2017). Posteriormente, el deterioro de los macroplásticos genera que se fragmenten hasta convertirse en muchas partículas de menor tamaño que miden entre 5 a 25 mm (NOAA, 2017), las cuales se les conoce como mesoplásticos (Sivan, 2011). Cuando las partículas plásticas reducen su tamaño se convierten en importantes partículas biodisponibles, su abundancia y densidad, debida a los componentes del plástico, permite la permanencia en diferentes posiciones de la columna de agua, haciéndolos consumibles para diferentes tipos de organismos (Andrady, 2017). La abundancia de plásticos en el ambiente marino aumenta la probabilidad de que un organismo los encuentre, por lo tanto, la progresiva fragmentación de macroplásticos aumenta la disponibilidad de ingesta de estas partículas por los organismos (Thompson, et al., 2009). De la misma manera, el color de los mesoplásticos es un factor muy importante debido a que plásticos blancos y amarillos son muy semejantes a las partículas alimenticias consumidos por los peces (Shaw & Day, 1994). Además, la amenaza que representa para la vida marina la presencia de sustancias químicas, como compuestos orgánicos, metales, catalizadores, antioxidantes, flameo-retardantes y pigmentos, que son adicionadas durante la fabricación de los plásticos y que posteriormente son liberadas al medio marino cuando son expuestos a diferentes condiciones ambientales (Rani, et al., 2015; Suhrhoff & Scholz-Bottcher, 2016; Hermabessiere, et al., 2017; Compa, et al., 2019).

2.1 Antecedentes

Son diversas las consecuencias que la contaminación plástica está generando en el ambiente marino y sus impactos se vienen investigando desde los años 70 (Carpenter & Smith, 1972) generando a la fecha considerable interés por parte de la comunidad científica, en donde hoy día se conocen reportes sobre la presencia de diferentes fragmentos plásticos en el ambiente marino y costero (Carpenter & Smith, 1972; Lee et al., 2017; Willis et al., 2017). La mayoría de las playas europeas y asiáticas han sido caracterizadas en cuanto a su abundancia y composición de residuos plásticos teniendo en cuenta su tipología, relaciones sobre los diferentes

tamaños de los fragmentos, modelos sobre el transporte acuático de los fragmentos y análisis de las posibles fuentes de contaminación (Lee, et al., 2013; Hong, et al., 2014; García-Rivera , et al., 2017; Vlachogianni, et al., 2018). Adicionalmente, luego de conocer la línea base, las investigaciones se han enfocado en el conocimiento sobre los posibles perjuicios que tiene la contaminación plástica en el ambiente como, por ejemplo, la afectación sobre la biota marina e incluso la salud humana; además, de plantear posibles soluciones al problema ambiental (Xanthos & Walker, 2017; Ferreira, et al., 2019; Heidbreder, et al., 2019).

En cuanto a Suramérica, la contaminación en algunas zonas costeras se refleja a nivel general mostrando altos porcentajes de plástico, pero sin especificar su composición y abundancia (Tabla 1). A la fecha, los estudios realizados en zonas litorales no tienen una metodología estándar, ya que las costas analizadas y objetivos de cada estudio son muy diferentes entre sí, como se aprecia en la tabla 1. Adicionalmente, la mayoría de los métodos se basan en el conocimiento local del fenómeno y no se puede generalizar a otros lugares dado que las zonas costeras tienen diferentes características geomorfológicas. Así mismo, cabe destacar que los plásticos representan los mayores porcentajes dentro de la basura marina, no se detalla su tipología y abundancia siendo estos datos necesarios e importantes para el análisis y la implementación de estrategias de mitigación y gestión ambiental.

Tabla 1. Estudios realizados sobre la basura plástica marina en Suramérica

Ubicación	Clasificación de la basura	Tamaño	Año de muestreo	No. playas	Muestreo	Referencia
Brasil, Santos-São Vicente	Macro basura	> 25 mm	2006	8	Cuadrantes de 10x10. 1 muestra	Cordeiro et al., 2010
Chile, sistema costero de Coquimbo	Macro basura	> 25 mm	2002–2005	40-69	transecto lineal de 10 m. Cant: 12 y 10 muestras	Thiel et al., 2013
Mar de Plata, Argentina	Macro basura	> 25 mm	2009	4	Transectos de 1425 m ²	Seco-Pon et al., 2012
Noreste de Brazil, Bahia	Macro basura	> 25 mm	2014	9	Transectos de 300 m, subtransectos de 10m. Cant: 3 muestras	Leite et al., 2014

Punta del este Uruguay	Macro y Microplástico	25 mm y 5–25 mm	2013	10	Cuadrante de 2x2 m. Cant: 3 muestras	Lozoya et al., 2016
Antofagasta, Coquimbo, Chiloe, Rapa Nui. Chile	Macro basura	> 25 mm	2012-2016	24	transectos de 9 m2	Kiessling et al., 2017
Costa Norte de Argentina	Macro basura	> 25 mm	2015	4	Transectos de 10 m de ancho. Cant: 3 muestras	Becherucci et al., 2017
Costa Caribe Colombiana	Macro basura	> 25 mm	2016	35	Transecto lineal de 100 m. Cant: 1 muestra	Rangel-Buitrago et al., 2017
Islas del Caribe	Macro y microplástico	5 mm y 1-5 mm	2014-2016	42	Transecto en agua de 10x2 m; transecto en playa de 10x10 cm. Cant: 1 muestra	Schmuck et al., 2017
Islas Santa Catarina, Brasil	Macro basura	> 25 mm	2017	8	Transecto lineal de 100 m	Corraini et al., 2018
Islas Galápagos, Ecuador	Macro basura	> 25 mm	2018	59	Transecto lineal de 100 m	Mestanza et al., 2019

Para el caso particular de Colombia, diferentes estudios han proporcionado información sobre el estado en el que se encuentran las playas en el Caribe Colombiano en donde han sido catalogadas en calidad escénica inferior debido al alto grado de contaminación por basura a nivel general lo que produce problemas estéticos a lo largo de la costa caribe (Williams, et al., 2016a; Rangel-Buitrago, et al., 2018). Otros estudios han determinado las magnitudes, fuentes y manejo de la basura presente en la línea costera del departamento del Atlántico, donde predominan los restos de vegetación y se destaca un importante porcentaje de plástico entre la basura costera (Rangel-Buitrago et al., 2017). Se determinó que las playas que componen la línea costera del departamento del Atlántico presentan altas densidades de basura plástica y el 68 % se encuentran en una condición de limpieza inaceptable y sus patrones actuales de abundancia y acumulación de basura están relacionados con las fuentes, así como con las características de las playas, como el grado de exposición y el estado morfodinámico (Rangel-Buitrago, et al., 2018; 2019).

2.2 Planteamiento del Problema

Desde el año 1950 a la fecha ha aumentado significativamente la cantidad de basura presente en el ambiente marino lo cual se ha convertido en una

problemática a nivel global, debido a que el actual estilo de vida del hombre da lugar a un gran consumo de bienes y a la consecuente producción de enormes cantidades de basura (Lohr et al., 2017). La basura llega a los océanos a través de la disposición deliberada o la descarga no intencional, ya sea directamente en el mar originado por actividades como pesca, navegación y transporte marítimo o desde la tierra por medio de ríos, sistemas de drenaje y viento, provenientes de actividades principalmente agrícolas, industriales, domésticas y recreativas (Figura 1) (UNEP, 2009; UNEP/MAP, 2012; Williams et al., 2013). En el caso de las zonas costeras la distribución y acumulación de la basura está influenciada por la hidrografía, geomorfología, vientos y actividades antropogénicas (Barnes et al., 2009; Corcoran et al., 2009; Ramírez-Llodra et al., 2013; Woodall et al., 2015). En el caso de la basura costera, la composición de los plásticos generalmente representa entre el 70 y 80 % de la basura total (Rangel-Buitrago et al., 2017; Maziane et al., 2018).

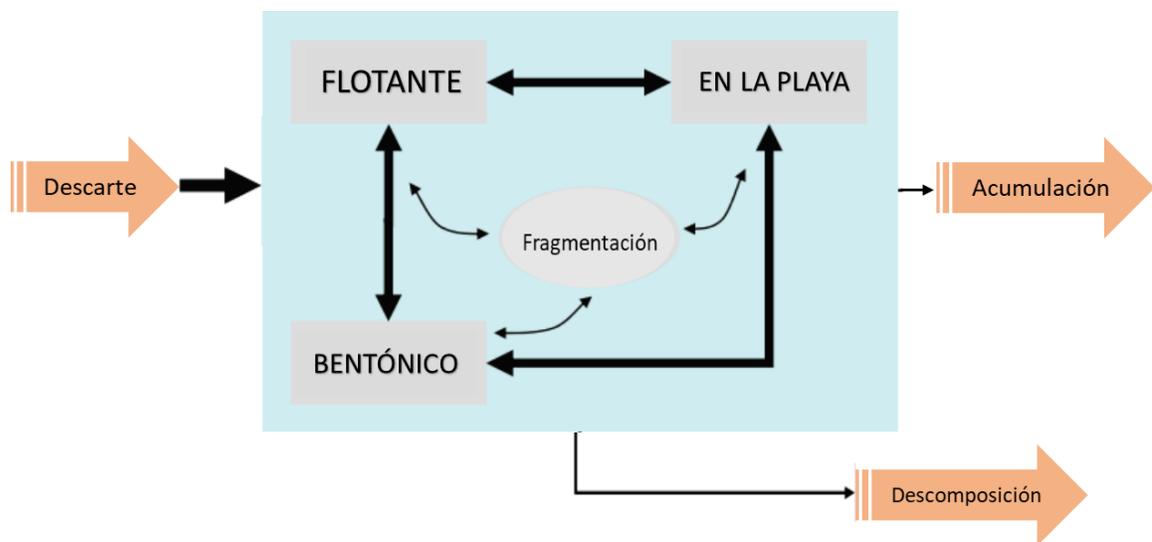


Figura 1. Dinámica de los residuos en el ambiente marino (UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter, 2009)

En Colombia se ha señalado que la costa del departamento del Atlántico tiene un problema ambiental crítico relacionado con la abundancia de basura, la cual por una parte viene siendo transportada por el río Magdalena, debido a que el 46 % de los municipios adyacentes no tienen un sistema eficiente de eliminación de desechos sólidos, en su mayoría residuos sólidos municipales, agrícolas e industriales, mezclados con desechos peligrosos, los cuales se vierten en lugares cercanos a la cuenca del río. El problema se acentúa en época de lluvias ya que estos residuos son arrastrados hacia la desembocadura del río llegando directamente al mar Caribe (Williams et al., 2016; Rangel-Buitrago et al., 2017; Rangel-Buitrago, et al., 2018).

Por otra parte, la acumulación de basura también se debe al componente turístico, a pesar de que estas playas presentan bajo valor escénico, mala calidad del agua, abundancia de restos de vegetación, déficit en el servicio, poca infraestructura e inseguridad, son frecuentemente visitadas por personas que viven en lugares muy cercanos a estas, que frente a la ausencia de gestión de desechos y falta de educación ambiental abandonan la basura “*in situ*” (Rangel-Buitrago et al., 2013).

A partir de estudios realizados en el área de estudio se considera significativa la cantidad de basura presente en la línea costera del departamento del Atlántico (Rangel-Buitrago, et al., 2018 y 2019). Sin embargo, se desconocen las características, abundancia y tipología de los fragmentos plásticos presentes en la zona. Solo a partir de esta información se logrará afianzar la problemática que aborda el departamento en cuanto a la basura plástica costera para poder plantear estrategias sobre la manera en que están siendo tratados este tipo de residuos a nivel regional y nacional.

2.3 Justificación

El impacto de los plásticos en los ecosistemas marinos y costeros es motivo de gran preocupación, ya que sus características físicas los hacen muy resistentes a la degradación a pesar de las situaciones ambientales a las que están expuestos (radiación, salinidad, oxidación) (Moore, 2008). En estas condiciones se produce la fragmentación de los plásticos lo que genera partículas de menor tamaño que tienen un gran impacto negativo dentro del sistema marino y costero (Andrady, 2011; Engler, 2012; Farrell & Nelson, 2013). Además, la basura presente en la zona costera se asocia con los aspectos socioeconómicos como menores ingresos por turismo y actividades recreativas, y las operaciones de limpieza generan altas inversiones económicas (Araujo & Costa, 2006; Jang et al., 2014).

El macroplástico (plástico de más de 5 mm) puede percibirse como una de las formas más importantes de contaminación plástica debido a su alta visibilidad. Sin embargo, también es un importante contribuyente a mesoplástico debido a su fragmentación. La mayoría de estos residuos plásticos se originan en la tierra y, una vez liberados en el medio marino, tienen el potencial de dispersarse a través del viento y las corrientes. A continuación, plantea amenazas para el medio ambiente, la economía y el bienestar humano a escala global. Estas amenazas potenciales presentadas por los residuos plásticos se han identificado como un importante problema de conservación global y una prioridad clave para la investigación. Es necesario comprender las fuentes e implementar políticas para reducir la cantidad de residuos plásticos producidos para un cambio efectivo a largo plazo.

Siendo la basura plástica marina un problema mundial creciente y persistente con impactos económicos, ecológicos y estéticos, es necesario implementar estrategias de mitigación enfocadas a gestionar de manera local y regional alternativas que aminoren la acumulación de basura costera, para lo cual se requiere inicialmente conocer específicamente la problemática de basura plástica

teniendo en cuenta la tipología del plástico, densidad, tamaño y fuente considerando su variabilidad temporal y espacial. Por lo tanto, debido a la contaminación y deterioro que genera la presencia de plásticos en los ecosistemas y en ausencia de información para la zona costera del departamento del Atlántico, el presente estudio se enfocará en el diagnóstico de la presencia de basura macroplástica y mesoplástica en la zona costera del departamento del Atlántico, respondiendo al siguiente interrogante:

¿Existe en la zona costera del departamento del Atlántico la presencia de basura macroplástica y mesoplástica?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

El objetivo de este trabajo de investigación es catalogar y cuantificar los tipos de fragmentos macroplásticos y mesoplásticos a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico - Colombia y establecer las relaciones existentes entre diferentes playas en función de las categorías de los residuos encontrados en cada una de ellas.

3.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar y clasificar los macroplásticos y mesoplásticos a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.
- Determinar la distribución espacial de los macroplásticos y mesoplásticos a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.
- Establecer las relaciones existentes entre la presencia de los macroplásticos y mesoplásticos con las características intrínsecas del litoral en cuanto a la geomorfología, uso y tipología.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de Estudio

El área de estudio incluye 22 playas distribuidas en la línea costera del departamento del Atlántico, como se aprecia en la Figura 2. La respectiva designación de los sitios de muestreo se presenta en la Tabla 2. Se realizaron dos campañas de muestreo para el presente estudio, la primera en el mes de agosto de 2017 (Ago 17) y la segunda en el mes de marzo de 2018 (Mar 18).

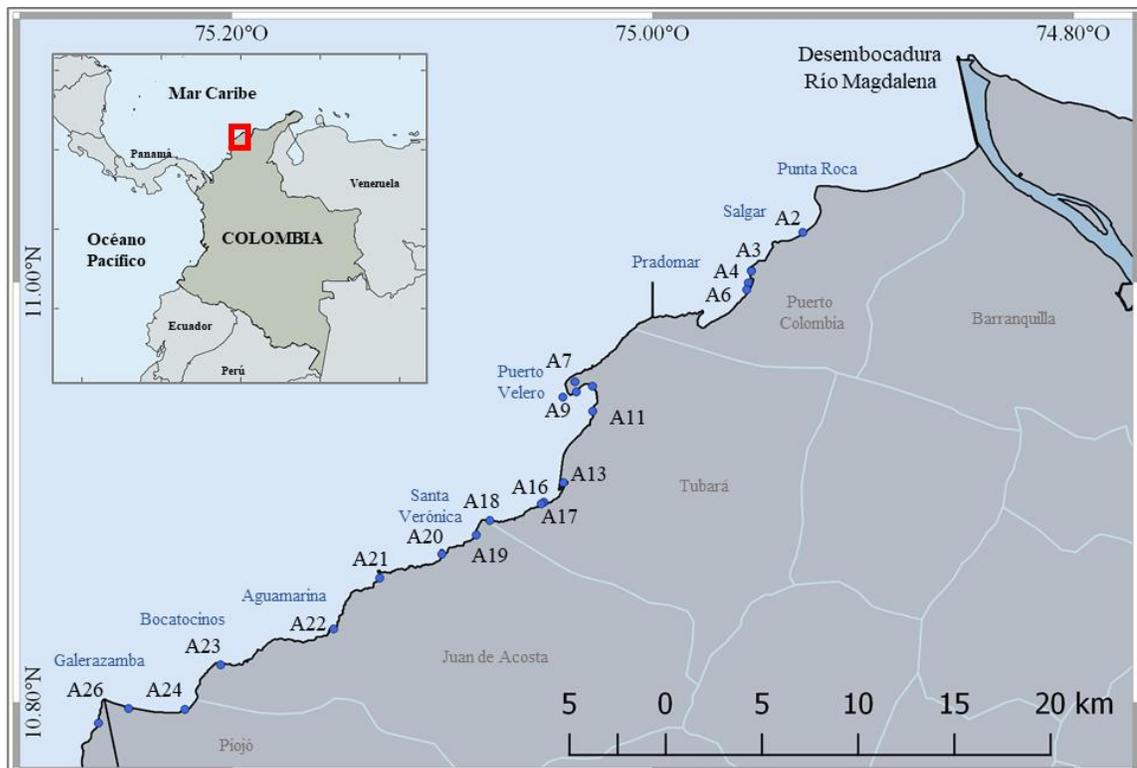


Figura 2. Área de estudio con las localidades de estudio.

4.2 Tipología y características de las playas

Las playas del departamento han sido categorizadas en cinco clases (remota, villa, rural, urbana y resort) teniendo en cuenta su acceso, ambiente, instalaciones, grado de alojamiento, y equipo de seguridad. Esta clasificación fue realizada

anteriormente por Rangel-Buitrago et al., (2017). Adicionalmente, el estado morfodinámico fue evaluado de acuerdo a la clasificación realizada por Wright & Short (1984), que divide las playas en tres tipos; por condiciones disipativas (playas planas compuestas de arena fina), condiciones intermedias (playas con valores de pendiente intermedios y compuesto por arena media gruesa) y condiciones reflectivas (playas con terrazas de bajamar y relativamente escarpada parte superior de la playa compuesta de arena gruesa).

Por otro lado, es importante mencionar sobre las operaciones de limpieza que son realizadas por las autoridades locales y habitantes en 17 de las 22 playas estudiadas. Estas playas se limpian manualmente (urbana y villa) y mecánicamente (resort) al menos tres veces por semana. Por el contrario, debido a su localización y acceso, las siguientes seis playas nunca han sido sometidas a operaciones de limpieza: A7 Puerto Velero - Expuesto, A17 Playa Linda, A20 Salinas del Rey, A21 Loma de Piedra, A23 Bocatocinos, y A25 Salinas de Galerazamba (Tabla 2).

Tabla 2. Localización y características generales de las playas estudiadas

Código Playa	Nombre	Tipología	Exposición	Estado Morfodinámico	Sujeto a operación de limpieza
A2	Salgar	Villa	Expuestas	Reflectivo	si
A3	Pradomar - Resort	Resort	Expuestas	Disipativo	si
A4	Pradomar - Urbana	Urbana	Expuestas	Disipativo	si
A5	Puerto Colombia - Norte	Urbana	Expuestas	Intermedio	si
A6	Puerto Colombia - Urbana	Urbana	Expuestas	Intermedio	si
A7	Puerto Velero - Expuesto	Remota	Expuestas	Intermedio	no
A8	Puerto Velero -Resort	Resort	Protegidas	Disipativo	si
A9	Puerto Velero -Punta Velero	Villa	Protegidas	Disipativo	si
A10	Puerto Velero - Mirador	Villa	Protegidas	Disipativo	si
A11	Caño Dulce	Villa	Protegidas	Disipativo	si
A13	Playa Mendoza	Resort	Protegidas	Disipativo	si
A16	Palmarito	Villa	Protegidas	Intermedio	si
A17	Playa Linda	Villa	Protegidas	Intermedio	no

A18	Santa Verónica Caja copi	Resort	Expuestas	Reflectivo	si
A19	Santa Verónica	Urbana	Protegidas	Intermedio	si
A20	Salinas Del Rey	Villa	Protegidas	Reflectivo	no
A21	Loma De Piedra	Remota	Protegidas	Intermedio	no
A22	Aguamarina	Resort	Protegidas	Reflectivo	si
A23	Bocatocinos	Rural	Expuestas	Reflectivo	no
A24	Punta Astilleros	Rural	Protegidas	Disipativo	si
A25	Salinas De Galerazamba	Remota	Expuestas	Reflectivo	no
A26	Galerazamba	Villa	Protegidas	Intermedio	si

4.3 Metodología de muestreo

El estudio de las partículas macroplásticos (mayores a 25 mm) en cada sitio de muestreo se realizó considerando un transecto de 100 metros lineales, en donde, perpendicularmente al oleaje y con distribución aleatoria sobre la línea estría (marca que deja sobre la arena el golpe del oleaje) se ubicaron 5 cuadrantes, los cuales se consideraron individualmente como unidad de réplica. Cada cuadrante tenía 2 m x 2 m y se consideraron para el presente estudio las partículas macroplásticos que en éstos se encontraron (Figura 3). Este es un método rápido de toma de muestras y no está influenciado por la ubicación de la basura, por lo tanto, es estadísticamente válido (EA/NALG, 2000).

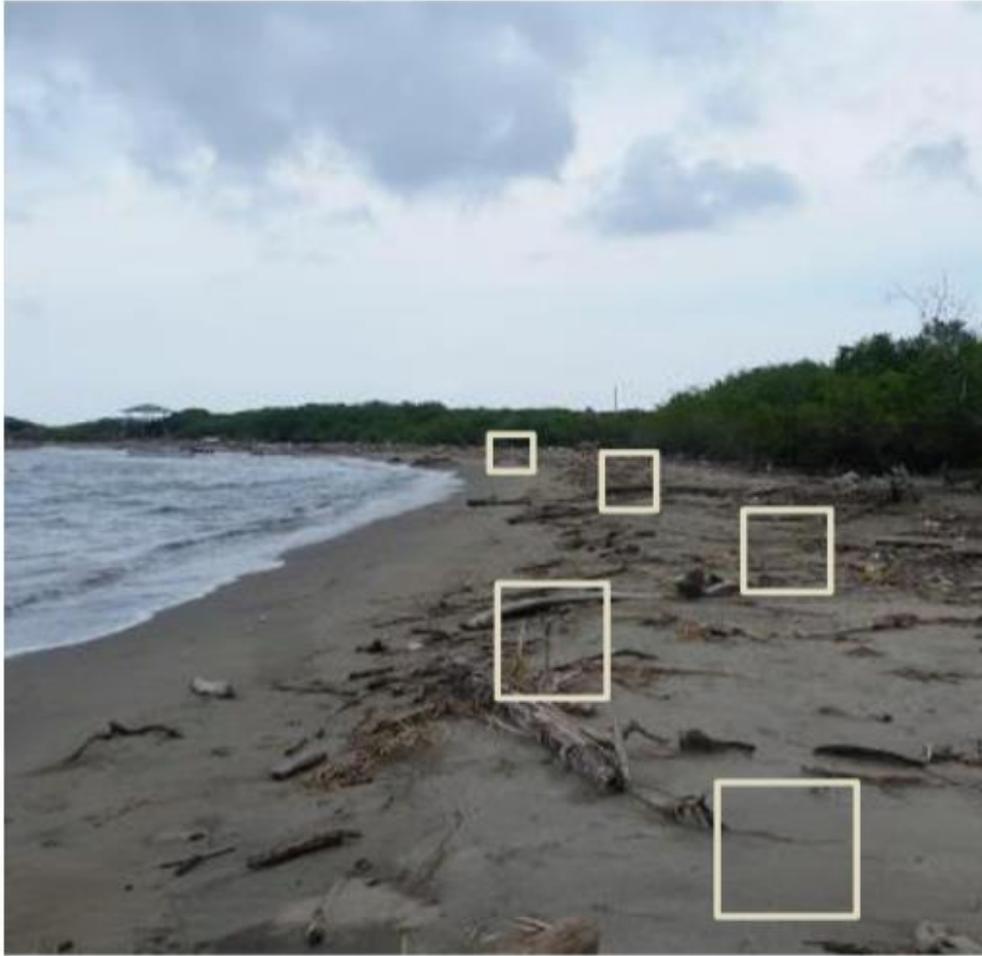


Figura 3. Cuadrantes para la toma de muestras de basura macroplástica y mesoplástica.

Para cada ítem plástico colectado se utilizó una guía para la recolección de datos elaborada por la Convención para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste (Convención OSPAR) en el año 2010 (OSPAR., 2010), en la cual se registró la cantidad de macroplásticos encontrados en cada uno de los cuadrantes (Anexo 1). También se anotaron consideraciones sobre el estado de la marea, estado de limpieza general y demás aspectos observables para cada playa.

Para el estudio de la basura mesoplástica (partículas que miden entre 5 mm y 25 mm) se analizaron las partículas localizados dentro de los cinco cuadrantes utilizados para la recolección de fragmentos macroplásticos (Figura 3), en este caso se almacenaron las partículas en bolsas ziploc debidamente rotuladas.

Posteriormente, se trasladaron las muestras colectadas al laboratorio para proceder a separar la arena de los fragmentos plásticos utilizando un tamiz de 4.69 mm (McDermid & McMullen, 2004).

4.4 Procesamiento de datos

La clasificación de la basura macroplástica encontrada en los transectos se realizó teniendo en cuenta las consideraciones de la OSPAR (2010), ya que proporciona un número considerable de tipologías plásticas, tal como se observa en el Anexo 1. Posteriormente, se creó una base de datos en Microsoft Excel para realizar análisis estadísticos y calcular las abundancias (Ecuación 1), promedios y desviaciones estándar de las partículas plásticas recolectados para cada playa.

$$A = N/l \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde, A es la abundancia de las partículas plásticas, N es el número de partículas y l es el área del cuadrante en m^2 .

Adicionalmente, se determinó para cada playa el índice de limpieza costera, el cual es una herramienta utilizada para la evaluación de la limpieza de las costas marinas midiendo la basura macroplástica como un indicador de limpieza en la playa. El índice de limpieza costera (ILC) se calculó empleando la ecuación 2 (Alkalay et al., 2007).

$$ILC = \frac{\text{Items plástico totales contados en } X \text{ transecto}}{X \text{ transecto} \times 2 \text{ m} \times \text{ancho de la playa}} \quad \text{Ecuación 2}$$

De acuerdo al valor del ILC, se realizó la siguiente clasificación de las playas:

0 – 0,1 partículas/ m^2 : Muy limpia; 0.1-0.25 partículas/ m^2 : Limpia; 0.25-0.5 partículas/ m^2 : Moderada; 0.5-1 partículas/ m^2 : Sucia; mayor a 1 partículas/ m^2 : Extremadamente sucia.

En cuanto a los mesoplásticos, se contaron y se clasificaron de acuerdo con la abundancia de partículas encontrados y color (blanco arena, gris, ámbar, amarillo, pigmentado y marrón). Para este procesamiento se tuvo en cuenta el grado de fragmentación que presentaron denominándolos según su forma: laminar, tubular o fibra.

4.5 Selección de las variables de entrada

Para los análisis estadísticos, una reducción de los datos de entrada fue necesaria, porque la mayoría de las partículas presentaban abundancias cercanas a cero y mostraron poca variación temporal. Las variables de entrada estadística se seleccionaron de acuerdo con los siguientes criterios:

- Tendencias temporales de acuerdo con los valores de abundancias.
- Importancia de las partículas dentro de su uso en la población.

Se seleccionaron un total de 19 variables de entrada para los análisis estadísticos (Ver Anexo 1).

4.6 Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico XLSTAT. Para los análisis se tomaron todos los datos correspondientes a las dos salidas de campo y se aplicaron para las dos clasificaciones plásticas: macroplásticos y mesoplásticos.

4.6.1 Distribución espacial y variación temporal

Inicialmente se realizó un análisis de distribución de los datos. Posteriormente, se utilizó un análisis de Kruskal-Wallis para evaluar las diferencias significativas en las

abundancias de los macroplásticos entre las playas y entre las temporalidades de los muestreos. Por otro lado, se aplicó el estadístico de prueba de Wilcoxon para comparar el rango medio de los datos mesoplásticos en los muestreos realizados.

4.6.2 Relación de basura plástica con las características del Litoral

Para este caso, se consideraron los análisis de tipo multivariado que tiene en cuenta las posibles relaciones entre las diferentes partículas de basura plástica encontrada. El análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) permite identificar la distribución de un conjunto de datos, resaltando las similitudes y las diferencias entre los datos y de acuerdo con la información obtenida de la clasificación y cuantificación de las partículas macroplásticos y mesoplásticos. Se analizaron comparaciones con respecto a la geomorfología de la playa muestreada, y tipología de los plásticos. Los análisis se realizaron con las abundancias de las partículas macroplásticas y mesoplásticos los cuales se utilizaron como datos de entrada. Los datos de abundancia macroplástica se agruparon de la siguiente manera: Por localidad (A1, A2, A3...A26); por tipología (villa, resort, urbana, remota, rural); por estado morfodinámico (reflectivo, disipativo, intermedio). Adicionalmente, los datos de abundancia mesoplástica se agruparon por coloración y forma.

Para analizar el mantenimiento y operaciones de limpieza realizadas a las playas se planteó el análisis multivariante tipo clúster: esta metodología permite identificar un número menor de grupos tales que los elementos que pertenecen a un grupo son más similares entre sí que a los elementos pertenecientes a otros grupos. Para este caso, se tomaron distancias euclidianas como medidas de proximidad y las categorías se ponderan en el análisis por sus valores numéricos individuales. Por lo tanto, aquellos con alta abundancia en los sitios tienen una fuerte influencia en los grupos derivados en relación con aquellos con baja ocurrencia. Los dendrogramas se utilizaron para ilustrar las relaciones jerárquicas entre los grupos de sitios y categorías macroplásticas frente al mantenimiento y a las operaciones

de limpieza ejecutadas en las playas de acuerdo con la clasificación mostrada en la Tabla 2.

4.6.3 Análisis del tipo de fuente

Inicialmente, se clasificaron los partículas plásticos encontrados en la zona costera del departamento con indicadores establecidos en otros estudios (Silva-Iñiguez & Fischer, 2003; Pieper, et al., 2019), en donde tuvieron en cuenta la frecuencia de observación, accesibilidad física a la basura plástica, distancia a cada fuente y facilidad de identificación. A partir de esta relación se consideró para el presente estudio tres posibles fuentes de residuos plásticos (Marina, terrestre y mixto).

El término “Mixto” utilizado por Silva-Iñiguez & Fischer (2003) indica objetos que provienen de actividades terrestres o marinas. En la Tabla 3 se presenta una explicación de los tipos de fuentes. La respectiva catalogación de cada ítem plástico se encuentra en el Anexo 1.

Tabla 3. Identificación y descripción de tipos de fuentes de basura plástica.

Fuentes de basura plástica	Descripción
Terrestre	Actividades que ocurren dentro del área de la playa o en sus alrededores. Actividad turística o recreacional. Residuos que se arrojan a propósito o por accidente.
Marina	Desechos altamente fragmentados que indican otras fuentes desconocidas de larga distancia. Pérdidas accidentales de equipos de pesca Residuos de galeras. Las aguas residuales de los hogares y las empresas, incluidos los inodoros desechados. Las tuberías que transportan aguas residuales y aguas pluviales se definen como alcantarillas combinadas.
Mixta	indica objetos que provienen de actividades terrestres o marinas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Macroplástico

5.1.1 Características del estado de las playas.

El estado intermedio (playas compuestas de arena medianamente gruesa) y disipativo (playas planas compuestas de arena fina) fue observado en 9 y 7 sitios, respectivamente, mientras que las condiciones reflectivas (playa superior relativamente empinada compuesta de arena gruesa) se encontraron en 6 sitios. En cuanto a la exposición al oleaje la mayoría de los sitios se encuentran protegidos ya que sus playas se encuentran ubicadas en bahías.

5.1.2 Magnitudes y composición de los macroplásticos en las playas

Desde hace varios años el plástico se ha constituido como el tipo de basura más relevante en las playas en términos de abundancia y las densidades de basura plástica encontrada en las playas del departamento Atlántico no son la excepción. Al igual que otros estudios se considera al plástico como el elemento más abundante encontrado en las playas del mundo (Bergmann & Gutow, 2015; Pasquini, et al., 2016; García-Rivera , et al., 2017; Schmuck, et al., 2017; Lozoya, et al., 2016).

Por medio de los monitoreos realizados a las playas pertenecientes al departamento se logra observar gran cantidad de basura macroplástica en la mayoría de ellas, siendo ésta de diferente tipología (Figura 4) y con una densidad promedio para toda el área de estudio de 8,73 partículas/m² y de 9,94 partículas/m² para el primer y segundo muestreo, respectivamente. De esta manera, se catalogaron 43 categorías macroplásticas en el muestreo realizado en agosto de 2017 y 45 tipologías macroplásticas para el muestreo correspondiente a marzo 2018.

En cuanto a la composición de la basura plástica expresada en términos de porcentaje el total de partículas macroplásticos se presentan en la Figura 5 (muestreo Agosto-17) y Figura 6 (Muestreo Mar-18). En el primer muestreo (Ago-17) se reporta que las tapas aportan el mayor porcentaje 32,2 % (d=53,3 partículas/m²), los palitos de dulces 8,54 % (d= 14,1 partículas/m²), las botellas de bebidas 6,99% (d= 11,55 partículas/m²), los zapatos 6,75 % (d= 11,15 partículas/m²), el material desechable como los cubiertos-bandejas-pajas 5,33 % (d= 8,8 partículas/m²) y los plásticos a los cuales no fue posible clasificarlos representan el 23,92 % (d= 39,5 partículas/m²).

Para el caso del muestreo de marzo de 2018 (Figura 6), los partículas macroplásticos que dominaron los sitios muestreados fueron de igual manera, las tapas con 27,22% (d=50 partículas/m²), los palitos de dulces 12% (d= 22,12 partículas/m²), las botellas de bebidas 11,49% (d= 21,1 partículas/m²), los zapatos 7,67% (d= 14,1 partículas/m²), los vasos con 5,79% (d= 10,65 partículas/m²) y los plásticos a los cuales no fue posible clasificarlos representaron el 14,7 % (d= 22,12 partículas/m²).



Figura 4. Partículas macroplásticos dominante en las playas del departamento del Atlántico. a. Botellas; b. Palitos de dulce; c. Tapas; d. Zapatos; e. Limpiadores; f. Zapatos

Los artículos con mayor porcentaje de abundancia en las playas muestreadas fueron plásticos de un solo uso, la mayoría de ellos son de tamaño relativamente pequeño y se usan frecuentemente en actividades relacionadas con la recreación. Los artículos recreativos consisten en tapas de plástico, palillos de dulces, pajitas, tenedores, cuchillos y cucharas, botellas de plástico para bebidas también fueron los que dominaron en presencia en las playas de Chipre en el Mediterráneo (Loizidou, et al., 2018). Igualmente, otros estudios mencionan sobre cómo los plásticos de un solo uso constituyen las porciones más grandes de basura marina recolectada en las playas (Society, 2017; Conservancy, 2017; Pettipas, et al., 2016).

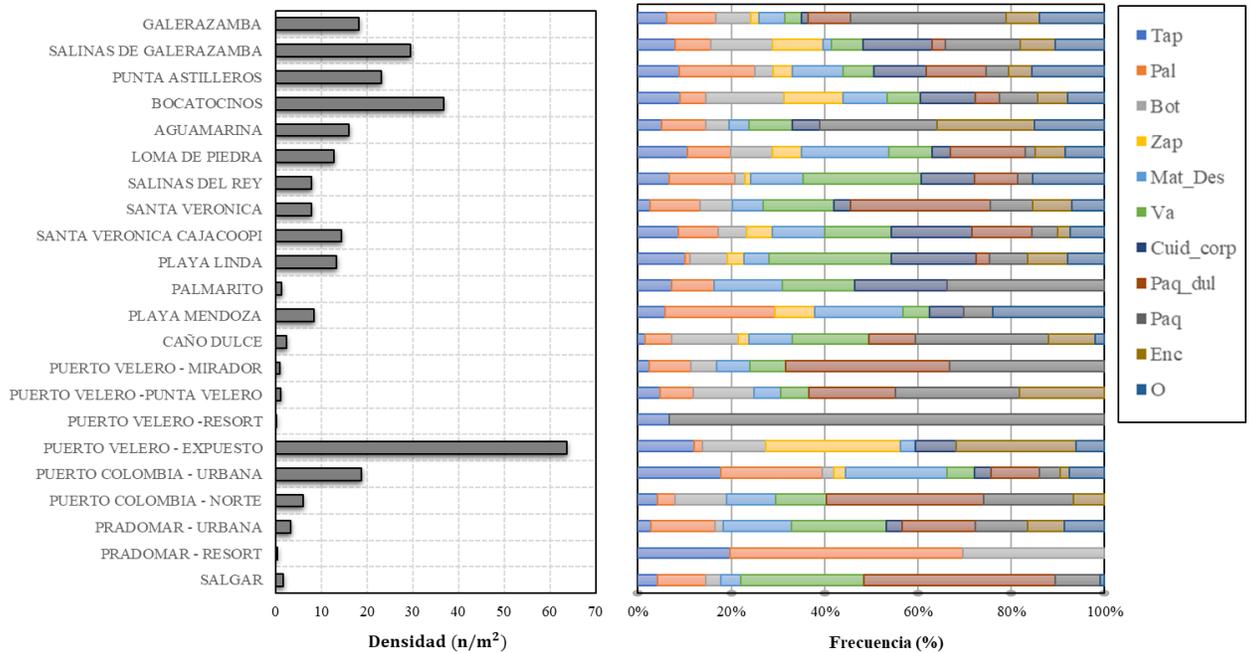


Figura 5. Densidad promedio (n/m^2) de la basura macroplástica (cuadro izquierdo) y frecuencia de los partículas (cuadro derecho) a lo largo de las playas de la línea costera del departamento del Atlántico en el muestreo de agosto del 2017. Abreviaturas: Tapas (Tap); Palitos de Dulce (Pal); Bebidas (Bot); Zapatos (Zap); Cubiertos /bandejas/ pajas (Mat_Des); Vasos (Va); Cuidado corporal (Cuid_corp); Paquete de dulces (Paq_dul); Paquetes plásticos (Paq); Encendedores (Enc); Otros (O).

Para el primer muestreo se reporta un total de 3826 partículas macroplásticas en toda la línea costera. La abundancia total en basura macroplástica se encontró extremadamente alta en la playa de Puerto Velero-Expuesto (

Figura 5) con densidades promedio de 33,5 partículas/ m^2 . Con densidades altas se resaltan también los sitios de Bocatocinos con 24,5 partículas/ m^2 , Punta Astilleros con 21,1 partículas/ m^2 y Puerto Colombia-Urbana presentando 18,75 partículas/ m^2 , entre otros. Las bajas abundancias se encontraron en las playas de Puerto Velero-Resort y Pradomar-Resort con densidades promedios de 0,15 partículas/ m^2 y 0,35 partículas/ m^2 , respectivamente.

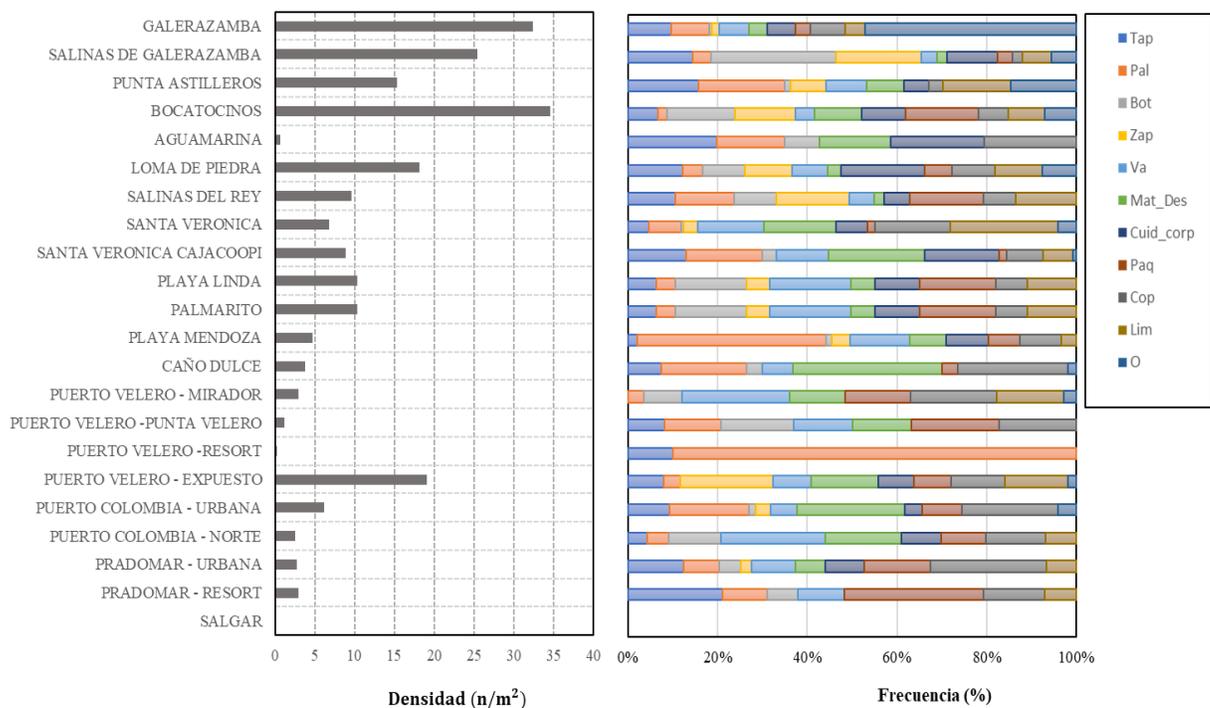


Figura 6. Densidad promedio (n/m^2) de la basura macroplástica (cuadro izquierdo) y frecuencia de los partículas (cuadro derecho) a lo largo de las playas de la línea costera del departamento del Atlántico en el muestreo de marzo del 2018. Abreviaturas: Tapas (Tap); Palitos de Dulce (Pal); Bebidas (Bot); Zapatos (Zap); Vasos (Va); Cubiertos /bandejas/ pajas (Mat_Des); Cuidado corporal (Cuid_corp); Paquetes plásticos (Paq); Limpiadores (Lim); Otros (O).

Para el segundo muestreo realizado en marzo del 2018 (Figura 6) fueron estudiadas 22 playas en las cuales se reporta un total de 4187 partículas macroplásticas. La densidad total en basura macroplástica se encontró extremadamente alta para las playas localizadas en la parte suroccidental de la línea costera del departamento del Atlántico. Siendo así, en la playa de Bocatocinos se encontró basura macroplástica con densidades promedio de 34,5 partículas/ m^2 . Con densidades altas se resaltan también los sitios de Galerazamba con 32,4 partículas/ m^2 , Salinas de Galerazamba con 25,4 partículas/ m^2 y Puerto Velero-Expuesto presentando 19 partículas/ m^2 . En Puerto Salgar no se encontraron partículas macroplásticas y además se registraron bajas abundancias en Puerto Velero- Resort y Aguamarina con densidades promedios de 0,25 partículas/ m^2 y 0,65 partículas/ m^2 , respectivamente.

En cuanto a la estadística de los datos, los valores de las partículas macroplásticas al no seguir una distribución normal fueron analizados por medio de la prueba Kruskal-Wallis, siendo un método no paramétrico e incluyendo en los análisis los 43 tipos de partículas macroplásticas encontrados en el muestreo de Ago-17. Se encontró que existen diferencias significativas entre las densidades de basura macroplástica en cada una de las playas muestreadas ($H=415,31$ $p<0,0001$) entre las tipologías de las playas ($H=167,42$ $p<0,0001$), estado morfológico de cada una de las playas ($H=102,86$ $p<0,0001$) así como el tipo de exposición ($H=77,31$ $p<0,0001$). De la misma manera, para el muestreo Mar-18 existen diferencias significativas entre las partículas macroplásticas en cada sitio muestreado ($H=384,71$ $p<0,0001$) entre las tipologías de las playas ($H=161,27$ $p<0,0001$), estado morfológico de cada una de las playas ($H=111,73$ $p<0,0001$) y exposición ($H=85,14$ $p<0,0001$).

En cuanto al análisis correspondiente a la posible variación de la densidad de macroplásticos durante los dos muestreos realizados se encontró que no existen diferencias significativas entre el número de partículas monitoreados en el primer muestreo realizado en Agosto de 2017 y el segundo muestreo en Marzo 2018 ($H=0,571$ $p<0,450$) por lo tanto, se asume que las muestras vienen de la misma población muestral y nos sugiere que la basura macroplástica fue abundante durante los meses muestreados (

Figura 7).

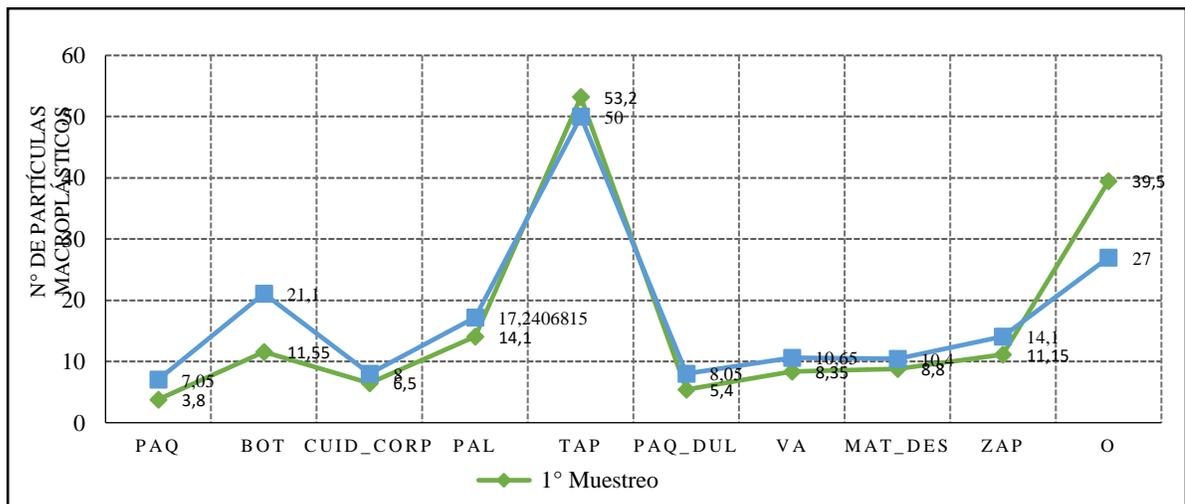


Figura 7. Comparación del número de macroplásticos reportados para los dos muestreos realizados en las playas del departamento del Atlántico.

Otros estudios demuestran alta variabilidad temporal concluyendo que se debe a la acumulación de los residuos plásticos, lo cual los lleva a encontrar mayores densidades de basura plástica en el transcurso del tiempo (Ríos, et al., 2018). Así mismo han encontrado correlaciones entre la exposición al oleaje con la abundancia de basura marina (Walker, et al., 2006), mientras que otros no logran identificar alguna relación (Prevenios, et al., 2017) y, por otro lado, las campañas de limpieza realizada sobre una playa constantemente ayuda a reducir la presencia de residuos plásticos (Alkalay *et al.*, 2007). En este estudio, es importante resaltar que al no encontrar variaciones en la presencia de basura plástica en los sitios muestreados se deba a una serie de factores ambientales y antropogénicos que no son fácilmente distinguibles con el número de muestreos realizados.

5.1.3 Relación de Basura Plástica con las Características del Litoral

Los análisis se realizaron con las abundancias de las partículas macroplásticos y mesoplásticos con mayores proporciones, posteriormente se agruparon de acuerdo a su localidad, tipología y estado morfodinámico. Para estos análisis los gráficos de PCA mostraron que los factores, F1 y F2, son responsables de los mayores porcentajes de varianza. En la Figura 8 se observan diferentes relaciones de la basura macroplástica encontrada en la línea costera. En las Figuras 8A y 8B se muestran los sitios con la mayor densidad de partículas macroplásticos, siendo la playa A7 la dominante en el muestreo Ago-17 mientras que la playa A23 es una de las que en mayor medida acumula plástico. En los dos casos, las partículas que mayor influencia tienen en el Factor 1 son las tapas, los elementos de cuidado corporal, zapatos, entre los más destacados. A la izquierda se encuentran los sitios que presentan menor número de partículas y además sus categorías macroplásticas son similares.

Adicionalmente, el análisis realizado para las diferentes características del litoral costero frente a su distribución macroplástica se observa que la tipología de las

playas remotas son las que presentaron la mayor densidad de partículas plásticas siendo las tapas, zapatos, elementos de cuidado corporal los que dominan en este tipo de playas (Figura 8C). En cuanto a la composición de macroplásticos que componen las playas de villa y resort se encuentra que los vasos y paquetes son los que caracterizan su tipología. En caso contrario, la tipología de villa fue la mostró la mayor densidad para el muestreo mar-18 (Figura 8D), y, además, se observa que las playas tipo resort y urbanas son las que menor proporción tuvieron de basura macroplástica.

En cuanto a la distribución macroplástica en los diferentes estados morfodinámicos (Figura 8 E, F) es en la forma intermedia donde se observa la mayor densidad plástica y en la disipativa en la que menos se observa basura plástica.

Las playas urbanas, rurales y las de tipo villa se caracterizan por concentraciones medias y altas de actividades antropogénicas, y estas playas tienen una gran cantidad de elementos de basura traídos por los bañistas. Se observa que los artículos plásticos de único uso se descartan en la misma playa después de actividades relacionadas con la recreación. Un comportamiento similar ha sido reportado en las Islas Baleares y Playas de Irlanda del Norte y Cádiz en España (Martinez, et al., 2007; Williams, et al., 2016a; Williams, et al., 2017). Adicionalmente, también es posible que una parte de la basura plástica generada en la playa derive a sitios remotos y rurales como resultados de la interacción del plástico y su propiedad de flotabilidad persistente lo que le confiere la capacidad de desplazarse a causa de procesos hidrodinámicos como las olas y las corrientes (Rangel-Buitrago, et al., 2018).

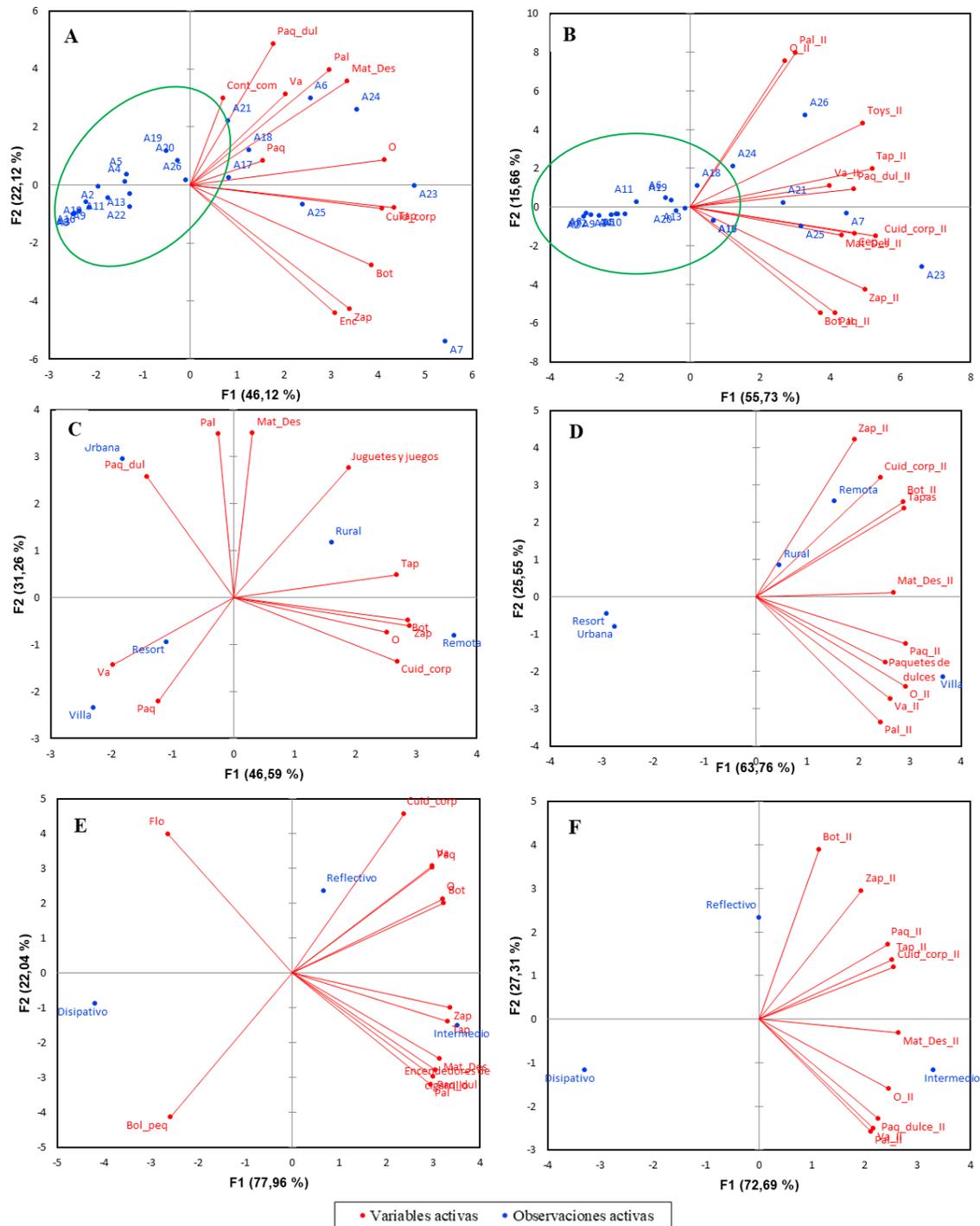


Figura 8. Análisis de componentes principales desarrollados sobre los macroplásticos abundantes en las 22 playas muestreadas. Análisis de componentes principales tipo biplot (dimensiones y correlaciones) para los macroplásticos distribuidos en A y B. Playas muestreadas ubicadas en la línea costera del departamento del Atlántico (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18); C y D. Tipologías de playas (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18); E y F. Estados morfodinámicos (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18).

Por otro lado, el estado morfodinámico de una playa se considera importante en la capacidad de un sitio en retener o perder basura (Williams, et al., 2017). Las playas expuestas y reflectivas reciben y acumulan más cantidades de basura porque están bajo la influencia directa de las ondas NE-W entrantes, mientras que las playas protegidas y disipativas pueden acumular menos cantidades de basura porque reciben las mismas olas, pero se reflejan y desaparecen. En estudios realizados por Rangel-Buitrago, et al. (2018), realizado en el departamento del Atlántico observaron que para los casos de A7 Puerto Velero - Expuesto y A8 Puerto Velero - Resort presentaron diferentes densidades de basura debido a el nivel de exposición y estado morfodinámico. Observaciones que también se comparten para el caso de los macroplásticos

En cuanto, a el análisis de clúster jerárquico se observa que se realizan aglomeraciones en base a las operaciones de limpieza que se le ejecuta a algunas de las playas. En tanto que, las playas (color azul) A3, A4, A8, A9, A22, entre otras, son lugares que se caracterizan por ser de tipo resort o villa en donde tienen presente estrategias de recolección de basuras a lo largo del año. En el otro grupo se encuentran incluidas playas en donde no tienen incorporados planes de manejo de basuras (Figura 9).

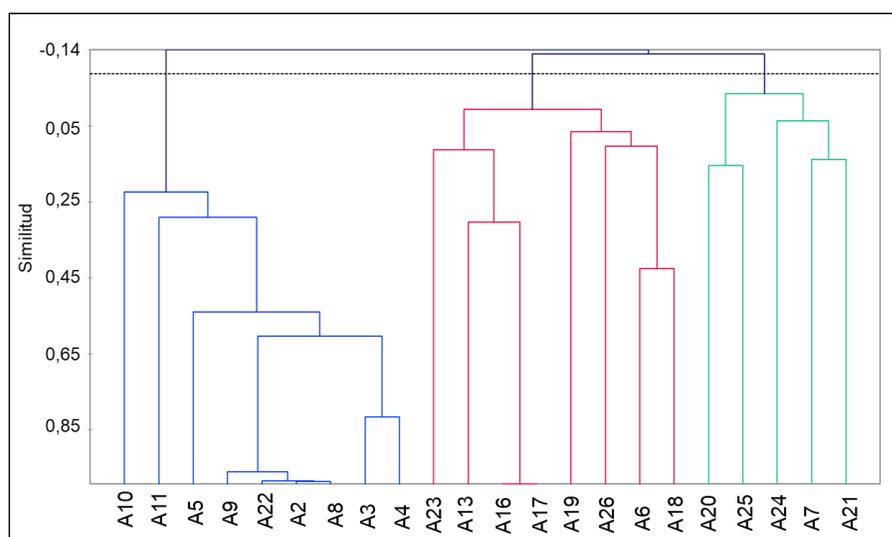


Figura 9. Análisis de clúster jerárquico aglomerativo para las 22 playas presentes en el departamento del Atlántico

La información anterior se puede complementar con el índice de limpieza costera (ILC) en el cual, se comprueba el grado de contaminación por basura macroplástica ya que más del 80 % de las playas analizadas se encuentran clasificadas como extremadamente sucias (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad promedio de partículas macroplásticas, las partículas encontrados por m² con sus respectivas desviaciones estándar y el índice de limpieza costera (ILC) para para cada una de las 22 playas estudiadas en unidades de muestreo de 20 m² distribuidos en transectos de 100 m. (ES=Extremadamente sucia; S=Sucia; M=Moderada; L=Limpia; EL=Extremadamente limpia)

CODIGO	Muestreo Ago-2017				Muestreo Mar-2018			
	Partículas Totales	Densidad (n/m ²)	Valor ILC (partículas /m ²)	Tipo ILC	Partículas Totales	Densidad (n/m ²)	Valor ILC (partículas /m ²)	Tipo ILC
A2	30,00±4,64	1,50±1,16	1,5	ES	0	0	0	EL
A3	7,00±0,89	0,35±0,22	0,35	M	59,00±4,38	2,95±1,09	2,95	ES
A4	57,00±5,86	2,85±1,46	2,85	ES	54,00±3,56	2,70±0,89	2,7	ES
A5	59,00±7,22	2,95±1,80	2,95	ES	50,00±3,16	2,50±0,79	2,5	ES
A6	375,00±33,32	18,75±8,3 3	18,75	ES	124,00±7,56	6,20±1,89	6,2	ES
A7	655,00±8,28	33,50±2,0 7	32,75	ES	381,00±4,97	19,05±1,24	19,05	ES
A8	3,00±0,55	0,15±0,14	0,15	L	3,00±0,55	0,25±0,18	0,15	L
A9	18,00±2,07	0,90±0,52	0,9	EL	22,00±2,07	1,20±0,62	1,1	ES
A10	13,00±1,34	0,65±0,34	0,65	S	62,00±4,39	3,00±1,27	3,1	ES
A11	35,00±2,55	1,75±0,64	1,75	ES	78,00±11,37	3,80±2,26	3,9	ES
A13	104,00±5,54	5,20±1,39	5,2	ES	113,00±10,7 3	4,70±3,05	5,65	ES
A16	25,00±1,87	1,25±0,47	1,25	ES	207,00±13,7 6	10,35±3,44	0	EL
A17	221,00±5,02	11,05±1,2 5	11,05	ES	207,00±13,7 6	10,35±3,44	10,35	ES
A18	237,00±10,69	11,85±2,6 7	11,85	ES	177,00±10,1 8	8,85±2,55	8,85	ES
A19	114,00±14,90	5,70±3,73	5,7	ES	136,00±7,36	6,80±1,84	6,8	ES
A20	155,00±3,54	7,75±0,88	7,75	ES	192,00±13,1 0	9,60±3,27	9,6	ES
A21	220,00±14,32	11,00±3,5 8	11	ES	362,00±41,2 4	18,10±10,31	18,1	ES
A22	80,00±5,15	4,00±1,28	4	ES	13,00±1,51	0,65±0,38	0,65	L
A23	490,00±24,67	24,50±6,1 6	24,5	ES	691,00±33,3 3	34,55±8,33	34,55	ES

A24	422,00±27,55	21,10±6,8 8	21,1	ES	306,00±18,3 2	15,30±4,58	15,3	ES
A25	339,00±16,48	16,95±4,1 2	16,95	ES	509,00±18,7 5	25,45±4,68	25,45	ES
A26	167,00±11,61	8,35±2,90	8,35	ES	648,00±46,4 3	32,40±11,6	32,4	ES

Para el análisis de las abundancias de los datos se tuvo en cuenta la clasificación elaborada por Rangel-Buitrago, et al. (2017) la cual fue realizada sobre el área de estudio. De esta manera, Las playas urbanas sirven a grandes poblaciones que cuentan con servicios públicos bien establecidos y estuvo sujeta a actividades de limpieza, sin embargo fue común encontrar paquetes de dulces principalmente lo que nos infiere que se debe a las actividades recreativas desarrolladas por los habitantes clasificandola como en sitios "extremadamente sucios" de acuerdo con el ILC. Las playas del resort incluyen sitios relacionados con un complejo de alojamiento, todas las playas están sujetas a actividades de limpieza diaria, sin embargo los sitios A13 y A18 se destacaron como extremadamente sucios lo que demuestra que los elementos plásticos de menor tamaño no son fácilmente acogidos por los planes de limpieza, situaciones parecidas se han presentado en la isla Cyprus del mediterraneo en donde despues de labores estrictas de limpieza se podia monitorear basura plastica de unico uso (Loizidou, et al., 2018). Las playas tipo villa están ubicadas fuera de los entornos urbanos centrales, tienen una población pequeña y estable que refleja una estructura de servicios organizada pero a pequeña escala, de las playas que pertenecen a esta categoria todas estan sujetes a actividades de limpieza y aún así dos sitios (A24 y A25) son clasificados como extremadamente sucios y estan ubicados en la parte sur del área de estudio su basura plastica puede estar vinculada a actividades humanas ya que la playa A24 es una playa disipativa protegida.

Las playas rurales se encuentran fuera del entorno urbano y no son fácilmente accesibles en transporte público y por lo tanto, no estan acopladas a ningun protocolo de limpieza. Todos los sitios que hacen parte de esta clasificación se

catalogaron como extremadamente sucios y la densidad más baja se encontró en A20 Salinas del Rey, una playa reflectante y protegida.

Las playas remotas se definen por la dificultad de acceso, no están soportadas por el transporte público y tienen viviendas temporales muy limitadas en estos sitios se destaca la basura plástica encontrada en A7 Puerto Velero, una playa intermedia expuesta. Las playas remotas y rurales son los sitios con más artículos de basura plástica encontrada en toda el área de estudio. Lo cual debe su abundancia en parte a que son playas que no presentan un plan de manejo y esto conlleva a que se acumule la basura. Adicionalmente, se ve reflejado que para el departamento del Atlántico actualmente se encuentra en un estado de limpieza crítico. De hecho, al igual que lo concluido por Rangel-Buitrago, et al. (2018), el análisis desarrollado permite ser mucho más específico, definiendo dos grupos claros de playas: sucias y limpias. El grupo de playas sucias presenta altas densidades de basura con el manejo deficiente de basura. Dentro de estos sitios, la basura proviene principalmente de áreas distantes y sus fuentes principales son los sistemas de drenaje (en sitios remotos y rurales), así como las actividades directas sobre el sistema de playas (en zonas urbanas, sitios de resort y villa). Por otro lado, el grupo de playas limpias son sitios que están sujetos a operaciones regulares de limpieza, y dentro de ellos, la basura está relacionada principalmente con actividades directas sobre el sistema de playas.

5.1.4 Tipos de fuentes de basura plástica

A partir de los datos de abundancia de macroplásticos y mesoplásticos reportados para la zona costera del departamento del Atlántico y dando a cada uno de las partículas la catalogación respectiva sobre su posible fuente de contaminación (Anexo 1) es posible observar que la mayoría de los artículos plásticos provienen de una fuente tipo mixta, esto quiere decir que podrían proceder de causas terrestres o marinas. Por otro lado, cabe resaltar que la fuente de tipo terrestre tiene aportes importantes en la cantidad de plásticos que se reportan para una playa,

entendiéndose como una falla a nivel operacional tanto de la ciudadanía como de los directivos regionales (Figura 10).

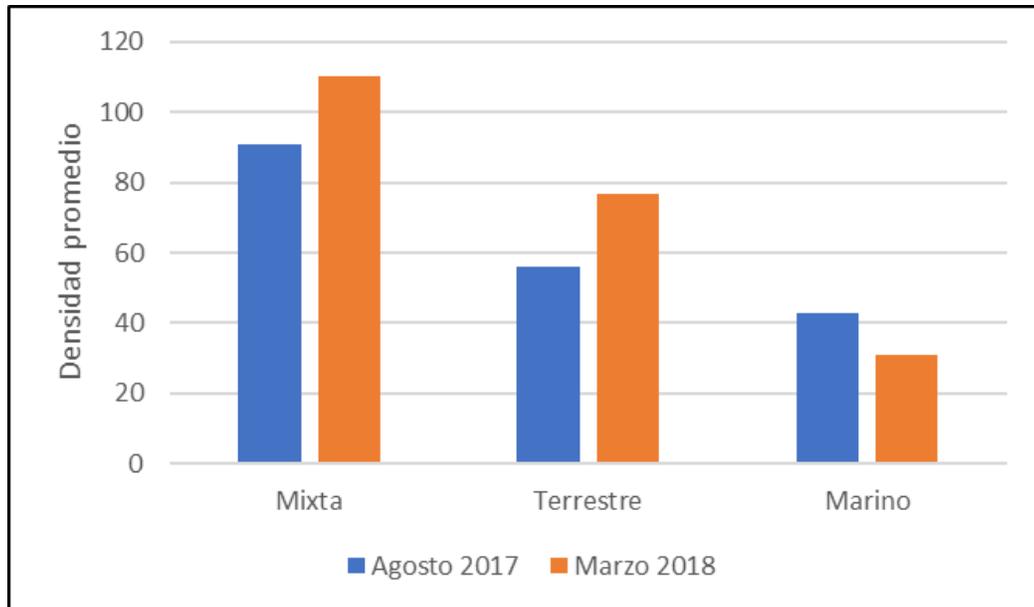


Figura 10. Descripción de tipos de fuentes de basura plástica para las playas de la línea costera del departamento del Atlántico.

Las características que conforman la basura plástica encontrada en una playa son importantes para reconocer el tipo de información sobre su uso y actividades (Prevenios, et al., 2017). Al igual que estudios previos realizados sobre el área de estudio (Rangel-Buitrago, et al., 2018) se comprueban que las fuentes específicas de basura macroplástica y mesoplástica son los plásticos transportados por los sistemas de drenaje tales como los ríos y arroyos y la basura relacionada a las actividades y usos de las playas.

La basura macroplástica y mesoplástica que se puede relacionar de una fuente fluvial son la cuenca del río Magdalena, la cuenca del Caribe y Mallorquín. Siendo la más importante la del río Magdalena, ya que es el sistema fluvial más extenso de Colombia y ocupa el 65 % del área total del país, por lo tanto, hace parte de la dinámica social y económica del 80 % de la población total colombiana. Las otras dos cuencas costeras concentran 26 arroyos que fluyen directamente hacia el mar,

y donde viven actualmente 1,463,600 habitantes (58 % del total del departamento). Un problema común a lo largo de estas tres cuencas es que la mayoría de los desechos sólidos municipales, agrícolas e industriales, mezclados con desechos peligrosos, son arrojados dentro de las cuencas, acumulándose finalmente a lo largo de las playas del departamento del Atlántico (Rangel-Buitrago, et al., 2018).

5.2 Mesoplástico

5.2.1 Magnitudes y composición de los mesoplásticos en las playas

En los muestreos realizados a las playas del departamento del Atlántico se observan en algunas playas basura mesoplástica con densidades considerables, en donde se puede destacar que presentan formas de tipo laminar y tubular. Adicionalmente, diferentes colores y tonalidades se observan, en su mayoría predomina el color blanco (Figura 11)



Figura 11. Partículas mesoplásticas dominantes en las playas del departamento del Atlántico.

Para el primer muestreo realizado en agosto de 2017 se encontró un total de 1570 partículas mesoplásticas con densidad promedio de 3,57 partículas/m² y para el segundo muestreo realizado en marzo de 2018 se reporta un total de 1377

partículas mesoplásticas con densidad promedio de 4,05 partículas/m², en ambos casos se observan playas con altas densidades de basura mesoplástica y por otra parte, se reportan algunas playas con ausencia de información (Tabla 5).

Tabla 5. Partículas totales y densidad promedio encontrada en los dos muestreos realizados en las playas del departamento del Atlántico.

CODIGO	NOMBRE PLAYA	Muestreo Ago-2017		Muestreo Mar-2018	
		Partículas Totales	Densidad (n/m ²)	Partículas Totales	Densidad (n/m ²)
A2	SALGAR	30,00±4,64	1,50±1,16	0	0
A3	PRADOMAR - RESORT	7,00±0,89	0,35±0,22	59,00±4,38	2,95±1,09
A4	PRADOMAR - URBANA	57,00±5,86	2,85±1,46	54,00±3,56	2,70±0,89
A5	PUERTO COLOMBIA - NORTE	59,00±7,22	2,95±1,80	50,00±3,16	2,50±0,79
A6	PUERTO COLOMBIA - URBANA	375,00±33,32	18,75±8,33	124,00±7,56	6,20±1,89
A7	PUERTO VELERO - EXPUESTO	655,00±8,28	33,50±2,07	381,00±4,97	19,05±1,24
A8	PUERTO VELERO - RESORT	3,00±0,55	0,15±0,14	3,00±0,55	0,25±0,18
A9	PUERTO VELERO - PUNTA VELERO	18,00±2,07	0,90±0,52	22,00±2,07	1,20±0,62
A10	PUERTO VELERO - MIRADOR	13,00±1,34	0,65±0,34	62,00±4,39	3,00±1,27
A11	CAÑO DULCE	35,00±2,55	1,75±0,64	78,00±11,37	3,80±2,26
A13	PLAYA MENDOZA	104,00±5,54	5,20±1,39	113,00±10,73	4,70±3,05
A16	PALMARITO	25,00±1,87	1,25±0,47	207,00±13,76	10,35±3,44
A17	PLAYA LINDA	221,00±5,02	11,05±1,25	207,00±13,76	10,35±3,44
A18	SANTA VERONICA CAJACOPI	237,00±10,69	11,85±2,67	177,00±10,18	8,85±2,55
A19	SANTA VERONICA	114,00±14,90	5,70±3,73	136,00±7,36	6,80±1,84
A20	SALINAS DEL REY	155,00±3,54	7,75±0,88	192,00±13,1	9,60±3,27
A21	LOMA DE PIEDRA	220,00±14,32	11,00±3,58	362,00±41,24	18,10±10,31
A22	AGUAMARINA	80,00±5,15	4,00±1,28	13,00±1,51	0,65±0,38
A23	BOCATOCINOS	490,00±24,67	24,50±6,16	691,00±33,33	34,55±8,33
A24	PUNTA ASTILLEROS	422,00±27,55	21,10±6,88	306,00±18,32	15,30±4,58
A25	SALINAS DE GALERAZAMBA	339,00±16,48	16,95±4,12	509,00±18,75	25,45±4,68
A26	GALERAZAMBA	167,00±11,61	8,35±2,90	648,00±46,43	32,40±11,60

La abundancia total en basura mesoplástica se encontró alta en las playas de Salinas de Galerazamba con densidades promedio de 12,55 partículas/m², Bocatocinos y Aguamarina con densidades de 12,35 partículas/m² y 12,05

partículas/m², respectivamente. De igual manera, para el segundo muestreo la abundancia total en basura mesoplástica se encontró alta para las playas de Salinas de Galerazamba y Bocatocinos con densidades de 19,5 partículas/m² y 12,45 partículas/m² además la playa Puerto Velero Expuesto presento densidades mesoplásticas importantes 17,25 partículas/m² (Figura 12).

En comparación con otros estudios enfocados en pequeños fragmentos plásticos encontrados en playas y con metodologías comparables, se observa que las concentraciones en la línea costera del departamento del Atlántico tienden a ser relativamente bajas. En playas de la India informaron de 69 partículas/m² (Jayasiri, et al., 2013), en playas de Alaska 52 partículas/m² (Davis & Murphy, 2015), considerando fragmentos mayores a 1 mm. En playas Koreanas (Lee et al., 2017) fue de 13,2 partículas/m² y la densidad en Punta del Este (Lozoya, et al., 2016), fue de 10,6 partículas/m² siendo el único estudio relacionado con mesoplástico en Suramérica, resaltando el vacío de información sobre este tamaño de fragmentos plásticos.

Los factores que pueden afectar la abundancia de desechos mesoplásticos en las playas incluyen características físicas, dinámica de las playas, proximidad a centros urbanos y limpieza (Lee et al., 2017). De igual manera también es probable que las bajas densidades de residuos mesoplásticos en el presente estudio, se hayan derivado de la selección de las ubicaciones de los transectos en la línea de marea lo cual pudo llegar a mostrar menos información ya que otros autores sugieren que el muestreo para mesoplástico debe realizarse en la parte superior de la línea de marea donde se acumula en mayor medida el material en las playas (Hidalgo-Ruz, et al., 2012; Lee, et al., 2015).

Otro estudio mostró que los desechos marinos plásticos, especialmente la espuma de poliestireno, que representa una alta proporción de los desechos marinos en Corea, queda atrapada en otros materiales, como algas marinas, que permanecen en la línea de la hebra y en la costa. Por lo tanto, no es sorprendente que los

desechos marinos estén mucho más concentrados en la línea de marea (Lee et al., 2017).

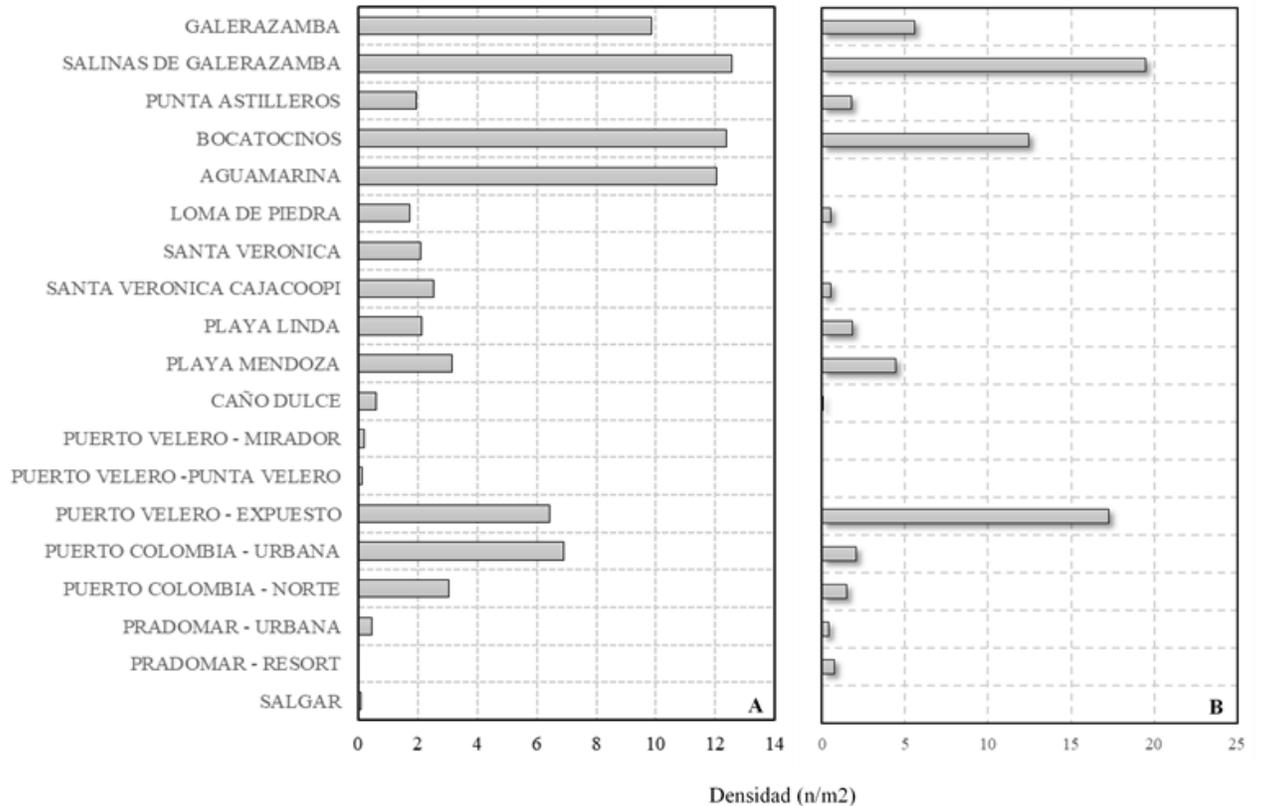


Figura 12. Densidad promedio (n/m²) de la basura mesoplástica a lo largo de las playas de la línea costera del departamento del Atlántico en el muestreo de agosto del 2017(A) y en el muestreo de marzo 2018 (B).

Para los muestreos de mesoplásticos en la línea costera del departamento del Atlántico se encontró que alrededor del 50 % de los tipos de coloraciones encontradas hacen referencia a los tonos blancos, beis o celeste (Figura 13). Los demás colores importantes de mencionar son el rojo, verde y gris. Se aplicó la prueba de Wilcoxon para comparar el rango medio de los datos mesoplásticos en los muestreos correspondientes y se encontró que las abundancias de los mesoplásticos presentan variaciones significativas en cuanto a su distribución en las playas del departamento del Atlántico ($Z=3.902$, $p<0.0001$ y $Z= 3.491$, $p=0.000$)

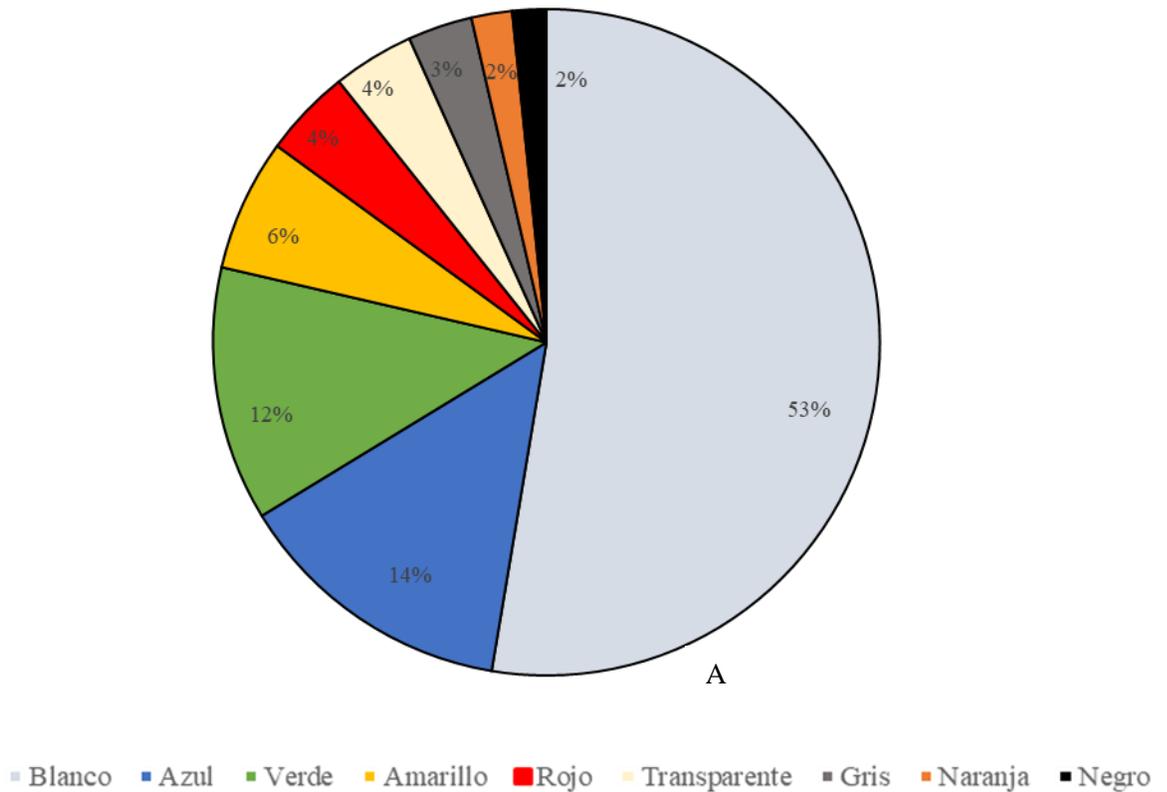


Figura 13. Porcentajes de los colores de los partículas mesoplásticas.

Por otro parte, en cuanto a la forma de los mesoplásticos es importante mencionar que para las playas que componen el litoral marino del departamento del Atlántico son de forma laminar regular (>70%). El icopor (Poliestireno expandido) también se encontró en las playas del departamento, pero con predominancia en los sitios frecuentados turísticamente. Las fibras se observaron principalmente en playas con incidencia pesquera (Figura 14).

Los mesoplásticos pueden tener varias formas, debido a la fragmentación, la rotura y el desgaste de los plásticos, lo cual es causado por múltiples factores (Andrady, 2011). Los hallazgos con respecto a las formas encontradas en los mesoplásticos para el presente estudio (Figura 14) son apoyadas por otros estudios en donde predominan las formas laminares e irregulares (Hidalgo-Ruz, et al., 2012; Gündogdu & Cevik, 2017). De la misma manera, Hidalgo-Ruz et al. (2012)

reportaron que los colores más dominantes fueron el blanco y transparentes. Adicionalmente, otros estudios, han encontrado que las principales formas de los mesoplásticos fueron la fibra, fragmento y película, con color negro y transparente (Liu, et al., 2018).

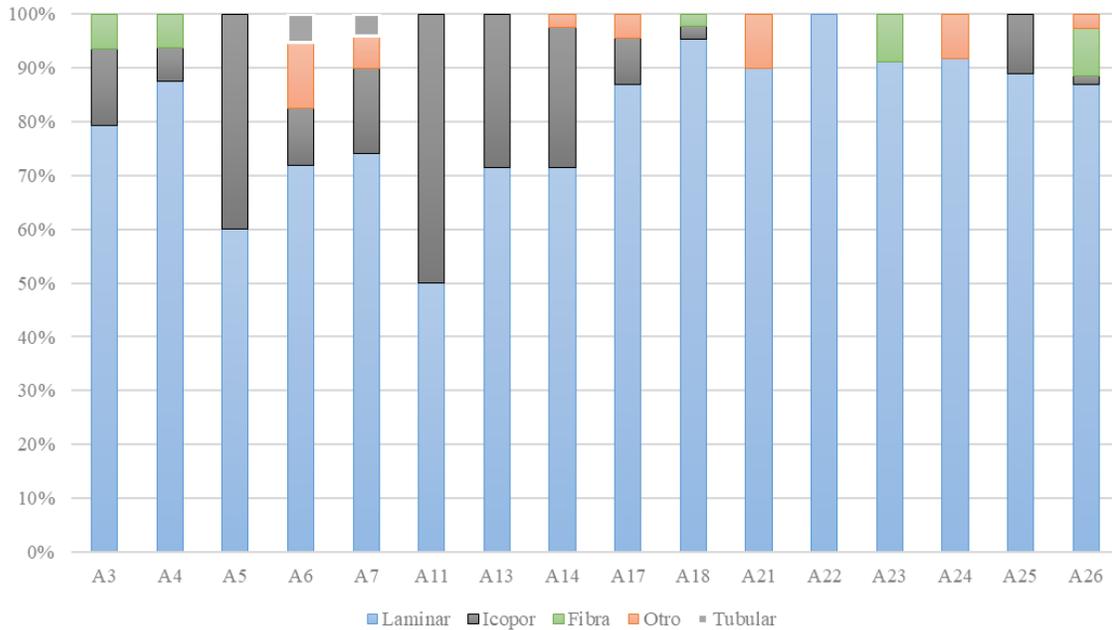


Figura 14. Porcentaje relación (% total de partículas colectados) de cada tipo de ítem mesoplástico encontrado en la línea costera de acuerdo con su forma.

5.2.2 Relación de Basura mesoplástica con las Características del Litoral

Para estos análisis los gráficos de PCA mostraron que los factores, F1 y F2, son responsables de los mayores porcentajes de varianza. En la Figura 15 se observa la relación de las partículas mesoplásticas encontradas en la línea costera. Las Figuras 16A y 16B muestran las playas con mayor número de partículas encontrados y su relación con la forma (laminar, tubular o fibra). Los círculos de color verde muestran los sitios con ausencia de mesoplásticos o no fueron abundantes. La forma laminar se correlaciona con los sitios A26, A25, la forma

tubular tiene mayor incidencia en la playa A23 para el primer muestreo y en el A7 para el segundo muestreo. Para el primer muestreo las variables que más correlacionadas estuvieron fueron la laminar y tubular; mientras que para el segundo muestreo se correlacionaron la laminar con el icopor (Poliestireno expandido).

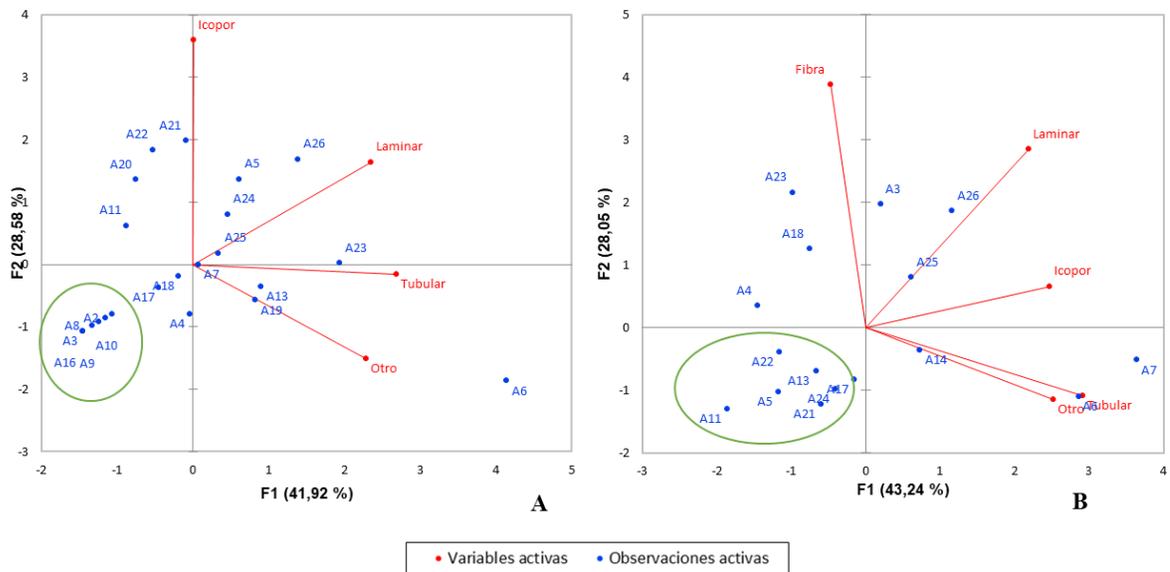


Figura 15. Análisis de componentes principales tipo biplot (dimensiones y correlaciones) de las formas de los mesoplásticos en las 22 playas muestreadas (A: Muestreo Ago-17 B: Muestreo Mar-18)

Se puede reconocer a partir de los datos, que la tipología de los mesoplásticos está estrechamente relacionada con el tipo de uso que se ejerce sobre la playa. Por lo tanto, al ser el icopor un material muy utilizado en el sector de envasado y embalaje debido principalmente a su excelente calidad para la protección contra impactos y sus propiedades de aislamiento térmico. Este producto es utilizado ampliamente en la alimentación. La problemática de este producto radica en su ciclo de vida corto y que al ser ampliamente utilizado en el almacenamiento de comidas se convierte rápidamente en residuo, generado en grandes cantidades (Shin, 2005). En parte, por las cualidades que presenta este material es utilizado por personas cuando van de paseo a diferentes playas del departamento y estos espacios al carecer de políticas claras en el manejo de los residuos son fácilmente

abandonados en el lugar. Teniendo en cuenta la fácil fragmentación que presenta el icopor su presencia en las zonas costeras es bastante delicada.

Por otro lado, en los sitios donde se realizan diferentes labores de pesca se relaciona con la presencia de fibras, aunque se necesitaría de análisis químicos profundos para conocer la procedencia exacta de los materiales plásticos encontrados.

6. CONCLUSIONES

Este estudio ha revelado la contaminación macroplástica y mesoplástica en las playas del departamento del Atlántico y sus posibles relaciones con las diferentes características del litoral costero.

La abundancia promedio de basura macropástica a lo largo del área de estudio fue de 8,73 a 9,94 partículas por metro cuadrado. Los principales macroplásticos encontrados son elementos plásticos de un solo uso tales como las tapas, los palitos de dulces, las botellas de bebidas, diferentes tipos de sandalias y implementos desechables como vasos y cubiertos. En cuanto a la basura mesoplástica, los fragmentos de forma laminar y de color blanco fueron los más abundantes reflejando que la fragmentación plástica es un tipo de contaminación presente en las playas del departamento, lo cual es preocupante debido a la disposición que presentan estos elementos al perjudicar la biota y el ambiente marino costero.

Las playas con mayor índice de contaminación por basura plástica son las clasificadas como remotas y rurales, mientras que las abundancias más bajas se observaron en playas protegidas y disipativas ubicadas en la parte central del área de estudio.

Las actividades turísticas y la influencia del río Magdalena son las principales fuentes de basura macroplástica y mesoplástica, convirtiendo en un problema regional y local la contaminación de las playas del departamento del Atlántico.

Según el Índice de limpieza costero, la mayoría de las playas a lo largo de la costa Atlántica se encuentran en condiciones inaceptables y encontrando que a lo largo del área de estudio, el manejo de la basura es débil o en algunos casos no existe.

Se pueden obtener algunas mejoras con el desarrollo de planes de gestión de basura a nivel local y regional.

7. RECOMENDACIONES

Debido a los impactos negativos de artículos plásticos que se han analizado anteriormente, los datos presentados en este documento sugieren que es particularmente importante implementar medidas que reduzcan la abundancia de los plásticos. La educación y la sensibilización del público en general sobre el problema de la basura plástica costera es una de esas medidas, ya que son los principales culpables. El público en general debe tomar conciencia del hecho de que los artículos que quedan en las playas son el resultado directo de sus actividades y son peligrosos para el medio ambiente y la salud pública. La conciencia ciudadana y las acciones coordinadas son pilares importantes para abordar el problema de la basura plástica a nivel regional y nacional.

Para futuros estudios relacionados a la basura plástica marina, se recomienda utilizar esta información para enfocar análisis químicos que permitan explicar con mayor veracidad y peso la procedencia y composición los residuos plásticos encontrados.

8. PRODUCTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Rangel-Buitrago N., Velez Mendoza, A., Gracia C A., **Mantilla-Barbosa E.**, Arana V A., Trilleras J., Arroyo-Olarte H. 2019. Litter impacts on cleanliness and environmental status of Atlantico department beaches, Colombian Caribbean coast. *Ocean and Coastal Management journal*. 179, 104835.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104835>

Rangel-Buitrago N., Gracia C A., Velez Mendoza, A., **Mantilla-Barbosa E.**, Arana V A., Trilleras J., Arroyo-Olarte H. 2018. Abundance and distribution of beach litter along the Atlantico Department, Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollution Bulletin journal*. 136, 435–447.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.040>

Ponencia oral: “CONTAMINACIÓN POR MACROPLÁSTICOS EN LAS PLAYAS DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO, CARIBE COLOMBIANO”. I Seminario de Asociación Colombiana de Investigadores en Ciencias del Mar. Biodiversidad marina, manejo y conservación. Santa Marta, Colombia, Agosto 10 de 2018.

9. BIBLIOGRAFÍA

Bergmann, M. & Gutow, L., 2015. Marine Anthropogenic Litter. *Springer International Publishing*, p. 447.

Biron, M., 2018. Chapter 2 - The Plastics Industry: Economic Overview. En: *Thermoplastics and Thermoplastic Composites (Third Edition)*. s.l.:3 Edicion, pp. 31-132.

Compa, M. y otros, 2019. Risk assessment of plastic pollution on marine diversity in the Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment*, pp. 678, 188-196.

Conservancy, O., 2017. *ogether for our ocean – International Coastal Cleanup 2017 report*, Washington: Ocean Conservancy..

Corbin C. J & Singh J. G, 1993. Marine debris contamination of beaches in St. Lucia and Dominica. *Marine Pollution Bulletin.*, pp. 26 (6) 325-328.

Corbin, C. J. & Singh, J. G., 1993. Marine debris contamination of beaches in St. Lucia and Dominica. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 26, 325-328.

Corraini, N. R., Souza de Lima, A., Bonetti, J. & Rangel-Buitrago, N., 2018. Troubles in the paradise: Litter and its scenic impact on the North Santa Catarina island beaches, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 131,572-579.

Davis, I. W. & Murphy, A. G., 2015. Plastic in surface waters of the inside passage and beaches of the Salish sea in Washington state. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 97, 169-177.

EA/NALG, 2000. *Assessment of aesthetic quality of coastal and bathing beaches, monitoring protocol and classification scheme*, London: Environmental Agency.

ELOHA, 2016. *Case study- Colombia-Magdalena River. The nature Conservancy, Bogota (35 pp)*, s.l.: s.n.

EQ/NALG, 2000. *Assessment of aesthetic quality of coastal and bathing beaches, monitoring protocol and classification scheme*, London: Environmental Agency.

Eriksen, M., Lebreton L C M., Carson H S., Thiel M., Moore C J., Borerro J C. 2014. Plastic pollution in the World's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS ONE* 9,12.

Ferreira, I., Venancio, C., Lopes, I. & Oliveira, M., 2019. Nanoplastics and marine organisms: What has been studied?. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, pp. 67, 1-7.

García-Rivera , S., Sánchez-Lizaso , J. L. & Bellido- Millán, J. M., 2017. Composition, spatial distribution and sources of macro-marine litter on the Gulf of Alicante seafloor (Spanish Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin.*, pp. 121, 249-259.

Geyer, R., Jambeck, J. R. & Law, K. L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, pp. 3, 7.

Gündođdu, S. & Cevik, C., 2017. Micro- and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 118, 341-347.

Heidbreder, L. M., Bablok, I., Drews, S. & Menzei, C., 2019. Tackling the plastic problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. *Science of The Total Environment*, pp. 668, 1077-1093.

Hermabessiere, L. y otros, 2017. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. *Chemosphere*, pp. 182, 781-793.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C. & Thiel, M., 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science Technology* pp. 46, 3060-3075.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C. & Thiel, M., 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science Technology.*, pp. 46, 3060-3075.

- Hong, S. y otros, 2014. Quantities, composition, and sources of beach debris in Korea from the results of nationwide monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 84, 27-34.
- Jambeck, J. R., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, pp. 768-771.
- Jayasiri, H. B., Purushothaman, C. S. & Vennila , A., 2013. Plastic litter accumulation on high-water strandline of urban beaches in Mumbai, India. *Environmental Monitoring and Assessment.*, pp. 185, 7709-7719.
- Kiessling, T., Salas, S., Mutafoglu, K. & Thiel, M., 2017. Who cares about dirty beaches? Evaluating environmental awareness and action on coastal litter in Chile. *Ocean & Coastal Management*, pp. 137, 82-95.
- Kusui, T. & Noda, M., 2003. International survey on the distribution of stranded and buried litter on beaches along the Sea of Japan. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 47, 175-179.
- Lee, J. Hong, S., Song Y K., Hong S H., Jang Y C., Jang M., Heo NW., Lee M J., Kang D., Shim W J. 2013. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 77, 349-354.
- Lee, J., Lee, JS., Jang, Y C., Hong, S Y, Shim, WJ., Song, Y K., Hong, S H., Jang, M., Han, G M., Kang, D., Hong, S. 2015. Distribution and size relationships of plastic marine debris on beaches in South Korea. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology.*, pp. 69, 288-298.
- Liu, M., Lu, S., Son, Y., Lei, L., Hu, J., Wiewei, L., Zhou, W., Cao, C., Shi, H Yang, X., He, D. 2018. Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *Environmental Pollution*, pp. 242, 855-862.
- Loizidou, X. L., Loizides, M. I. & Orthodoxou, D. L., 2018. Persistent marine litter: small plastics and cigarette butts remain on beaches after organized beach

cleanups. *Environmental Monitoring and Assessment*, pp. 190:414. <https://doi-org.ezproxy.unal.edu.co/10.1007/s10661-018-6798-9> .

Lozoya, J. P., Teixeira de Mello, F., Carrizo, D., Weinstein, F., Olivera, Y., Cedrés, F., Pereira, M., Fossati, M. 2016. Plastics and microplastics on recreational beaches in Punta del Este (Uruguay): unseen critical residents?. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 218, 931-941.

Martinez, L., Basterretxea, G., Palmer, G. & Tintore, J., 2007. Origin and abundance of beach debris in the Balearic Islands.. *Sci. Mar*, pp. 71, 305-314.

Maziane, F., Nachite, D. & Anfuso, G., 2018. Artificial polymer materials debris characteristics along the Moroccan Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 128, 1-7.

Mestanza, C., Botero, C., Anfuso, G., Chica-Ruiz, A., Pranzi, E., Mooser A. 2019. Beach litter in Ecuador and the Galapagos islands: A baseline to enhance environmental conservation and sustainable beach tourism. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 140, 573-578.

OSPAR, 2010. *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*. London, United Kingdom: OSPAR Commission. 84 p.

Palatinus, A., Kovac Virsek, M., Robic, U., Grego, M. 2019. Marine litter in the Croatian part of the middle Adriatic Sea: Simultaneous assessment of floating and seabed macro and micro litter abundance and composition. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 139, 427-439..

Pasquini, G., Ronchi, F., Strafella, P., Scarcella, G. 2016. Seabed litter composition, distribution and sources in the northern and central Adriatic Sea (Mediterranean). *Waste Management.*, pp. 58, 41-51.

Pettipas, S., Bernier, M. & Walker, T. R., 2016. A Canadian policy framework to mitigate plastic marine pollution. *Marine Policy*, pp. 68, 117-122.

Pieper, C. Amaral-Zettler, L., Kara Lavender Law., Clara Magalhaes L., Ana Martins. 2019. Application of Matrix Scoring Techniques to evaluate marine debris

sources in the remote islands of the Azores Archipelago. *Pollution Environmental*, pp. 249, 666-675.

Poeta, G., Battisti, C. & Acosta, T. R., 2014. Marine litter in Mediterranean sandy littorals: spatial distribution patterns along central Italy coastal dunes. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 89, 168-173.

Poeta, G. Conti, L., Malavasi, M., Battisti, C. 2016. Beach litter occurrence in sandy littorals: the potential role of urban areas, rivers and beach users in central Italy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* , pp. 181, 231-237.

Prevenios, M. Zeri, C., Tsangaris, C., Liubartseva, S., Fakiris, E. 2017. Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: distinguishing sources and pathways. *Marine Pollution Bulletin* . , pp. 17, 30830-30835.

Rangel-Buitrago, N. Correa, I D., Anfuso, G., Ergin, A. & Williams, A T. 2013. Assessing and managing scenery of the caribbean coast of Colombia. *Tourist Management*, pp. 35, 41-58.

Rangel-Buitrago, N., Anfuso, G. & Williams, A. T., 2015. Coastal erosion along the Caribbean coast of Colombia: magnitudes, causes and management.. *Ocean and coastal Management*, pp. 114, 129-144.

Rangel-Buitrago, N., Anfuso, G., Ergin, A. & Williams A T, 2016. Evaluación de las características paisajistas mediante la lógica matemática en la zona central de la costa Caribe Colombiana. *Études Caribéennes*, pp. 138, 142-157.

Rangel-Buitrago, N., Williams, A., Anfuso, G. & Arias, M., 2017. Magnitudes, sources, and management of beach litter along the Atlantico department coastline, Caribbean coast of Colombia. *Ocean & Coastal Management*, pp. 138, 142-157.

Rangel-Buitrago, N., Gracia C A., Velez Mendoza, A., Mantilla-Barbosa E., Arana V A., Trilleras J., Arroyo-Olarte H. 2018. Abundance and distribution of beach litter along the Atlantico Department, Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollutin Bulletin*, pp. 136, 435-447.

Rangel-Buitrago, N., Williams, A. & Anfuso, G., 2018. Killing the goose with the golden eggs: Litter effects on scenic quality of the Caribbean coast of Colombia Nelson. *Marine Pollution Bulletin journal*, pp. 127, 22-38.

Rangel-Buitrago N., Velez Mendoza, A., Gracia C A., Mantilla-Barbosa E., Arana V A., Trilleras J., Arroyo-Olarte H. 2019. Litter impacts on cleanliness and environmental status of Atlantico department beaches, Colombian Caribbean coast. *Ocean and Coastal Managementl.* 179, 104835.

Rani, M., Shim, W J & Hong, S H. 2015. Qualitative Analysis of Additives in Plastic Marine Debris and Its New Products. *Archives Environmental Contamination Toxicology*, pp. 69, 352-366.

Rech, S., Macaya V., Pantoja, J F., Thiel, M. 2014. Rivers as a source of marine litter – a study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 82, 66-75.

Ríos, N., Frias, J P G L., Carrico R., Pham, C. 2018. Spatio-temporal variability of beached macro-litter on remote islands of the North Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 133, 304-311.

Schmuck, A. M., Lavers, J., Sharp, P B., Bond, L. 2017. Geophysical features influence the accumulation of beach debris on Caribbean islands. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 121, 45-51.

Schwarz, A. E., Lighart, T. N., Boukris, E. & Harmelen, T. V., 2019. Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 143, 92-100.

Seco-Pon, J. P. & Becherucci, M. E., 2012. Spatial and temporal variations of urban litter in Mar del Plata, the major coastal city of Argentina. *Waste Management journal*, pp. 32, 343-348.

Shin, C., 2005. A New Recycling Method for Expanded Polystyrene. *Packaging technology and science*, pp. 18, 331-335.

Silva-Iñíguez, L. & Fischer, D. W., 2003. Quantification and classification of marine litter on the municipal beach of Ensenada, Baja California, Mexico. *Mar. Bulletin Marine Pollution*, pp. 46, 132-138.

Society, M. C., 2017. *Great British beach clean 2017 report*, s.l.: Ross-on-Wye.

Strafella, P., Fabi, G., Despalatovic, M., Spagnolo, A., Scarcella G. 2019. Assessment of seabed litter in the Northern and Central Adriatic Sea (Mediterranean) over six years. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 141, 24-35.

Suhrhoff, T. J. & Scholz-Bottcher, M., 2016. Qualitative impact of salinity, UV radiation and turbulence on leaching of organic plastic additives from four common plastics — A lab experiment Tim. *Marine Pollution Bulletin journal*, pp. 102, 84-94.

Thiel, M., Hinojosa, I. A., Pantoja J F., Rivadeneria, M M., Vasques, N. 2013. Anthropogenic marine debris in the coastal environment: a multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 71, 307-316.

Thushari, N., Chavanice, S. & Yakupitiyage, A., 2017. Coastal debris analysis in beaches of Chonburi Province, eastern of Thailand as implications for coastal conservation. *Mar. Pollut. Bull*, pp. 116, 121-129.

Topcu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A. & Öztürk, B., 2013. Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish western Black sea coast. *Marine Environmental Research* , pp. 85, 21-28.

Tourinho P. S & Fillmann G, 2011. Temporal trend of litter contamination at Cassino Beach, Southern Brazil. *J. Integr. Coast. Zone Manag.*, pp. 11, 97-102.

UNWTO, 2008. (*United Nations World Tourism Organization*) *Tourism highlights*, s.l.: edition.

Vlachogianni, T., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Zeri, C., Fusco, M., Scullo, M. 2018. Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 131, 745-756.

Walker, B. H., Anderies, J. M., Kinzing, A. P. & Ryan, P., 2006. Exploring resilience in social- ecological systems through comparative studies and theory development: introduction to the special issue.. *Ecol. Soc.*, pp. 1, 11-12.

Wang, M. H., He, Y. & Sen, B., 2019. Research and management of plastic pollution in coastal environments of China. *Environmental Pollution*, pp. 248, 898-905.

Williams, A. T., Randerson, P., Allen, C. & Cooper, J. A. G., 2017. Beach litter sourcing: a trawl along the Northern Ireland coastline. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 122, 1-2.

Williams, A. T., Rangel-Buitrago, N G., Anfuso, G., Cervantes, O., Botero, C. 2016a. Litter impacts on scenery and tourism on the Colombian north Caribbean coast. *Tourism Management*, pp. 55, 209-224.

Wright, L. D. & Short, A. D., 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Mar. Geol.*, pp. 56, 93-118.

Xanthos, D. & Walker, T. R., 2017. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 118, 17-26.

Zhou, P., Liu, X., Wang, Z., Yang, J. 2011. The abundance, composition and sources of marine debris in coastal seawaters or beaches around the northern South China Sea (China). *Marine Pollution Bulletin*, pp. 62, 1998-2007.

ANEXOS

Anexo 1. Guía para la recolección de datos de la basura macroplástica

Tipo de Residuo Plástico	Fuente Pieper et al. (2019)	Partículas/C 1	Partículas/C2 ...	Partículas/C 5
Six packs	Mixta			
Paquetes plásticos*	Mixta			
Bolsas plásticas de compras*	Mixta			
Bolsas de plástico pequeñas*	Mixta			
Extremos de bolsa plásticos*	Mixta			
Bebidas (botellas, contenedores)*	Mixta			
Limpiadores	Terrestres			
Contenedores de alimentos incluido de comida rápida	Terrestre			
Cosméticos (botellas y recipientes: Loción solar, champo, desodorante)*	Terrestre			
Contenedores de aceite de motor < 50 cm	Terrestre			
Contenedores de aceite de motor > 50 cm	Terrestre			

Garrafa cuadrada con manga	Terrestre			
Otras botellas, recipientes y tambores	Mixta			
Piezas de automóvil	Terrestre			
Tapas*	Mixta			
Encendedores de cigarrillo	Mixta			
Lapiceros*	Terrestre			
Cepillos para el cabello*	Terrestre			
Paquetes de dulces*	Terrestre			
Juguetes y juegos	Terrestre			
Copas*	Terrestre			
Cubiertos /bandejas/ pajas*	Terrestre			
Láminas de plástico de cultivo de mejillones	Terrestre			
Cuerda diámetro > 1 cm	Mixta			
Redes de < 50 cm	Mixta			
Redes y piezas de red > 50 cm	Marino			
Redes enredadas/ cuerda	Mixta			
Tubos para fluidos	Mixta			
Flotadores	Mixta			
Cucharones	Terrestre			
Cintas de fleje	Mixta			

Embalaje industrial, láminas de plástico	Mixta			
Cascos duros	Terrestres			
Zapatos/sandalias*	Mixta			
Esponja de espuma	Mixta			
Pieza de plástico/poliestireno 5 mm a 2,5 cm*	Marino			
Pieza de plástico/poliestireno 2,5 a 50 cm*	Marino			
Pieza de plástico/poliestireno > 50 cm*	Marino			
Otros artículos de plástico*	Marino			
Neumáticos y cinturones	Mixta			
Otras piezas de goma*	Mixta			
Otros tipos de plástico (fragmentos)	Marino			
Palitos de dulces*	Terrestre			

C: Cuadrante; Fuente: OSPAR, 2010.*Variables de entrada para los análisis estadísticos