

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

Puerto Colombia, 24 de Abril de 2020

Señores

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

Universidad del Atlántico

Asunto: Autorización Trabajo de Grado

Cordial saludo,

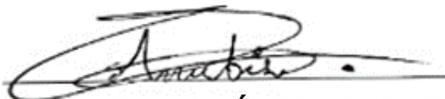
Yo, **ANUBIS JORGE LUIS VÉLEZ MENDOZA**, identificado(a) con **C.C. No. 1.143.147.191** de **BARRANQUILLA**, autor(a) del trabajo de grado titulado **MAGNITUDES Y FUENTES DE LAS BASURAS EN PLAYA A LO LARGO DE LA LÍNEA DE COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO** presentado y aprobado en el año **2019** como requisito para optar al título Profesional de **BIÓLOGO**; 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



ANUBIS JORGE LUIS VÉLEZ MENDOZA

C.C. No. 1.143.147.191 de BARRANQUILLA

DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO

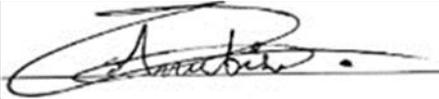
Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.

Puerto Colombia, **24 de Abril 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:	MAGNITUDES Y FUENTES DE LAS BASURAS EN PLAYA A LO LARGO DE LA LÍNEA DE COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO
Programa académico:	BIOLOGÍA

Firma de Autor 1:							
Nombres y Apellidos:	ANUBIS JORGE LUIS VÉLEZ MENDOZA						
Documento de Identificación:	CC	X	CE		PA	Número:	1.143.147.191
Nacionalidad:					Lugar de residencia:		
Dirección de residencia:							
Teléfono:					Celular:		



FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO	MAGNITUDES Y FUENTES DE LAS BASURAS EN PLAYA A LO LARGO DE LA LÍNEA DE COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO
AUTOR(A) (ES)	ANUBIS JORGE LUIS VÉLEZ MENDOZA
DIRECTOR (A)	MARÍA ADRIANA GRACIA CLAVIJO
CO-DIRECTOR (A)	NELSON GUILLERMO RANGEL BUITRAGO
JURADOS	IVÁN LEÓN LUNA OCTAVIO GALVIS
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE	BIÓLOGO
PROGRAMA	BIOLOGÍA
PREGRADO / POSTGRADO	PREGRADO
FACULTAD	CIENCIAS BÁSICAS
SEDE INSTITUCIONAL	SEDE NORTE
AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	2019
NÚMERO DE PÁGINAS	114
TIPO DE ILUSTRACIONES	LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS
MATERIAL ANEXO (VÍDEO, AUDIO, MULTIMEDIA O PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA)	PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA Y MEMORIAS CONGRESOS
PREMIO O RECONOCIMIENTO	23 – 25 DE MAYO DE 2018. PONENTE XV ENCUENTRO DEPARTAMENTAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN, FUNDACIÓN REDCOLSI – NODO ATLÁNTICO; UNIVERSIDAD METROPOLITANA. INVESTIGACIÓN EN CURSO: MAGNITUDES Y FUENTES DE LAS BASURAS PRESENTES A LO LARGO DE LA LÍNEA DE COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO. MENCIÓN HONORÍFICA: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SOBRESALIENTE TRABAJO DE GRADO: POSTULADO A MERITORIA

MAGNITUDES Y FUENTES DE LAS BASURAS EN PLAYA A LO LARGO DE LA
LÍNEA DE COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.



ANUBIS JORGE LUIS VÉLEZ MENDOZA
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGO

PROGRAMA DE BIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
PUERTO COLOMBIA
2020

MAGNITUDES Y FUENTES DE LAS BASURAS EN PLAYA A LO LARGO DE LA
LÍNEA DE COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO



ANUBIS JORGE LUIS VÉLEZ MENDOZA
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGO

MARÍA ADRIANA GRACIA CLAVIJO, Ph.D
DIRECTORA

NELSON GUILLERMO RANGEL BUITRAGO, Ph.D
CODIRECTOR

PROGRAMA DE BIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
PUERTO COLOMBIA

2020

Nota de aceptación

Presidente de jurado

Jurado

Jurado

Agradecimientos

El desarrollo del presente trabajo fue posible gracias a la colaboración de muchas personas que me ayudaron y acompañaron, agradeciendo por sus consejos, apoyo, ánimo y constante aporte de información.

Primero, quiero agradecer a los profesores María Adriana Gracia Clavijo y Nelson Rangel Buitrago de los programas de Biología y Física, Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad del Atlántico, directores del presente trabajo, por su gran dedicación y colaboración; además, por toda la ayuda prestada durante la toma de los datos, análisis y redacción.

Deseo agradecer también a mi compañera y colega del programa de Biología Lady Emelina Morelo por sus consejos y ayuda en la redacción del borrador del documento al iniciar la propuesta. Al profesor Rodian Fonseca del programa de Biología, por sus asesorías prestadas en cuanto al manejo y obtención de información a partir de los análisis a implementar.

Un agradecimiento especial a mis padres José Vélez y Elvira Mendoza, por su apoyo incondicional, moral y económico; hicieron posible poder culminar y alcanzar esta meta.

Por último, un agradecimiento a los compañeros del grupo de investigación de Geología, Geofísica y Procesos Marino–Costeros, Ciencias y Tecnología-CETIC y de Compuestos Heterocíclicos pertenecientes a la Universidad del Atlántico, por la toma de datos realizada en conjunto en las salidas de campo y por la ayuda brindada en los momentos que siempre los necesité.

“El tiempo es algo incierto y efímero, haz lo que aún tienes pendiente por realizar”

RESUMEN

Las playas del departamento del Atlántico han venido presentando un deterioro en su calidad paisajística y ambiental por la presencia de las basuras. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el estado de contaminación por basuras a lo largo de 22 playas que fueron analizadas entre julio – agosto del año 2017 y marzo del 2018. Estos análisis se llevaron a cabo mediante la utilización de cinco cuadrantes de 2m*2m ubicados en un segmento de 100 m que permitieron la cuantificación de basuras y restos de vegetación en cada una de las playas visitadas. En total se recolectaron 9.621 (1 salida) y 8.688 (2 salida) artículos de basura y restos de vegetación para una densidad promedio de 14,06 ítems*m⁻² y 37,01 ítems*m⁻², respectivamente. En toda el área de estudio, predominaron los artículos de plástico (63,2%) junto al icopor (24,7%). Estos ítems fueron seguidos por los residuos peligrosos (5,9%), caucho (3,9%) y otros artículos de basura (2,3%). Las basuras encontradas en las playas del departamento son transportadas a lo largo de las cuencas hidrográficas, principalmente del río Magdalena, y al mismo tiempo se asocia con las diversas actividades relacionadas con el uso de la playa (ej: el turismo). Un total de 15 playas en la primera salida y 17 playas en la segunda salida, presentaron bajos índices de limpieza clasificándose como “sucias”, lo anterior obtenido a partir del agrupamiento de las playas con el análisis de conglomerados (AC) y de componentes principales (ACP); análisis que corroboraron lo obtenido a partir del *Clean Coastal Index* (CCI). Dichas playas evidenciaron un aumento en la exposición a residuos peligrosos, afectando principalmente a las playas rurales y remotas. El manejo de la basura de playa a lo largo del área de estudio debe basarse en estrategias para reducir y eliminar las fuentes.

Palabras clave: Playas; Basura; Clase escénica; Tipología; Impacto ambiental.

ABSTRACT

The beaches of the Atlántico department have been showing a deterioration in their landscape quality and environmental due to the presence of garbage. This work was objective to evaluate the state of contamination by litter along 22 beaches that were analyzed between July - August of the year 2017 and March of 2018. These analyzes were carried out using five quadrants of 2m*2m located in a 100 m segment that allowed the quantification of litter and vegetation remains on each of the visited beaches. In total, 9621 (1 output) and 8688 (2 output) litter items and vegetation remains were collected for an average density of 14.06 items*m⁻² and 37.01 items*m⁻², respectively. In all the study area, plastic articles predominated (63.2%) together with styrofoam (24.7%). These items were followed by hazardous waste (5.9%), rubber (3.9%) and other litter items (2.3%). The litter was found on the beaches of the department is transported along the hydrographic basins, mainly of the Magdalena river, and at the same time it is associated with the various activities related to the use of the beach (eg, tourism). A total of 15 beaches in the first output and 17 beaches in the second output, presented low cleaning rates classifying as "dirty", the above obtained from the grouping of the beaches with the analysis of conglomerates (AC) and main components (ACP); analyzes that corroborated what was obtained from the Clean Coastal Index (CCI). These beaches evidenced an increase in exposure to hazardous waste, mainly affecting rural and remote beaches. Beach litter management throughout the study area should be based on strategies to reduce and eliminate sources.

Keywords: *Beaches; Litter; Class escenic; Tipology; Environmental impact*

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	4
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE ANEXOS	13
INTRODUCCIÓN	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	17
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 CONTAMINACIÓN DE LAS BASURAS EN LOS AMBIENTES MARINO- COSTEROS	19
2.1.1 ¿Qué son las basuras marinas?	19
2.1.2 Tipos y clasificación de basuras marinas	19
2.1.3 Efectos en el medio marino.	21
2.1.4 Efectos de las basuras en los organismos vivos	22
2.1.4.1 Basuras marinas: principales afectaciones a la biota y ecosistemas marino - costeros	23
2.1.5 Las playas como ecosistemas.....	24
2.1.5.1 Basuras marinas: alteradores de las condiciones naturales de las costas y playas	25
2.2 LEGISLACIÓN Y PROBLEMA DE GESTIÓN DE LAS BASURAS MARINAS.....	26

2.2.1	A nivel mundial	26
2.2.2	En Colombia	29
2.3	ANTECEDENTES	30
III.	OBJETIVOS.....	33
3.1	OBJETIVO GENERAL	33
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
IV.	METODOLOGÍA.....	34
4.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	34
4.1.1	Localización de las playas	36
4.2	FASE DE CAMPO	36
4.2.1	Tipología de las playas.....	37
4.2.2	Estado morfodinámico	38
4.2.3	Grado de exposición.....	39
4.2.4	Calidad paisajística de las playas	40
4.2.5	Muestreo de basuras	41
4.2.5.1	Colecta y cuantificación.....	41
4.2.5.2	Flotabilidad	42
4.3	FASE DE ANÁLISIS DE DATOS	43
4.3.1	Grado de basura por playa.....	43
4.3.2	Magnitudes, composición y flotabilidad de la basura	44
4.3.2.1	Variación en su transporte y acumulación.....	45
4.3.3	Indicadores ambientales de las playas	45
4.3.4	Similitudes y contrastes de las basuras en las playas.....	47
4.3.5	Estado ambiental y paisajístico en cada tipología de playa	48

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
5.1 TIPOLOGÍA, ESTADO MORFODINÁMICO, GRADO DE EXPOSICIÓN Y CALIDAD PAISAJÍSTICA DE LAS PLAYAS	49
5.2 MAGNITUDES Y COMPOSICIÓN DE LAS BASURAS.....	50
5.2.1 Basuras: estado de cada una de las playas estudiadas.....	56
5.2.2 Variación de las basuras en playa.....	61
5.3 FLOTABILIDAD Y PRINCIPALES FUENTES DE LAS BASURAS	63
5.3.1 Variación en su transporte y acumulación	66
5.4 BASURAS: AFECTACIONES EN LA CALIDAD AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA DE LAS PLAYAS	67
VI. CONCLUSIONES	79
VII. RECOMENDACIONES.....	81
VIII. BIBLIOGRAFÍA	82
IX. ANEXOS.....	99

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Lista de playas estudiadas en el departamento del Atlántico.	37
Tabla 2. Categorías para calificar la basura en playa (EA/NALG, 2000).	44
Tabla 3. Características generales de las playas estudiadas.	49
Tabla 4. Abundancia, densidad y porcentaje de las basuras y restos de vegetación cuantificados en los muestreos de junio de 2016 (16), julio – agosto de 2017 (17) y marzo de 2018 (18). Plástico [P], icopor [Pol], caucho [R], textil [T], papel [Pa], madera procesada [Pw], metal [M], vidrio/cerámica [G], riesgo biológico [Bh], aparejo de pesca [F], materia orgánica [O], mixto [Mx], otros [Ot] y restos de vegetación [Db]. El color rojo indica los artículos de basura considerados como peligrosos.	50
Tabla 5. Porcentaje de la basura según su tipo de flotabilidad y restos de vegetación presentes en cada una de las playas estudiadas del departamento con su tipología, grado de exposición y estado morfodinámico.	64
Tabla 6. Resultados obtenidos en la calidad y estado ambiental de las 22 playas estudiadas a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.	68

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Proporción de la basura en playas de Europa y América Latina: (A) Datos correspondientes a 51 playas europeas pertenecientes a Bélgica, Dinamarca, Alemania, Países Bajos (Holanda), Portugal, España y Suecia encuestadas entre el 2001 – 2006 (OSPAR, 2007). B) Un total de 186 playas analizadas de América Latina, ubicadas en Curazao, Brasil, Uruguay, Chile, Ecuador, Colombia, Panamá e Islas del Caribe entre los años 1991 y 2016 (Garrity y Levings 1993, Nagelkerken *et al.* 2001, Thiel *et al.* 2003, Cordeiro y Costa 2010, Law *et al.* 2010, Thiel *et al.* 2013, Debrot *et al.* 2013, 2014, Leite *et al.* 2014, Possatto *et al.* 2014, Rech *et al.* 2014, da Silva *et al.* 2015, de Carvalho y Baptista-Neto 2016, Lozoya *et al.* 2016, Figueroa-Pico *et al.* 2016, Rangel-Buitrago *et al.* 2017, Schmuck *et al.* 2017). **20**

Figura 2. Consecuencias del manejo de las basuras a nivel mundial: (A) ubicación de las seis grandes islas de basura del mundo en los giros oceánicos del Atlántico, Pacífico e Índico; Fuente: Jambeck *et al.* 2015, UNEP, NCEAS. (B) Panorama visual de la isla de basura del Pacífico Norte; Autor (a): Dan Kitwood (<http://www.gurbrevista.com/2015/06/bienvenidos-a-isla-basura/>). **21**

Figura 3. Gobernanza para el ordenamiento y la planificación de las zonas marinas y costeras de Colombia (CCO 2018). **30**

Figura 4. Área de estudio con la ubicación de cada una de las playas estudiadas. **34**

Figura 5. Clasificación de los estados morfodinámicos (Masselink y Short 1993). **39**

Figura 6. Unidad de muestreo utilizada para la cuantificación y clasificación de la basura de playa por cinco cuadrantes de 2m*2m a lo largo de 100 m de playa. **42**

Figura 7. Densidad total cuantificada a lo largo del área de estudio en cada uno de los muestreos realizados. Artículos de basura con moderadas a bajas densidades: caucho [Rb], textil [T], papel/cartón [Pa], madera procesada [Pw], metal [M], vidrio/cerámica [G], riesgo biológico [Bh], aparejo de pesca [F], materia orgánica [O], mixto [Mx] y otros [Ot] (A). Artículos de basura con la mayor densidad registrada: plástico [P] e icopor [Pol] junto con los restos de vegetación [Db] (B). **51**

Figura 8. Composición y variación de las basuras y restos de vegetación a lo largo del estudio. **53**

Figura 9. Composición y variación de las basuras a lo largo del estudio. **54**

Figura 10. Densidad total de basura colectada en cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 (A) y marzo de 2018 (B). **57**

Figura 11. Densidad total de residuos peligrosos en cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 (A) y marzo de 2018 (B). **58**

Figura 12. Composición y dominancia de las basuras en cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio - agosto de 2017 (A) y marzo de 2018 (B). Plástico; icopor; Residuos peligrosos: metal, vidrio/cerámica, madera procesada, riesgo biológico, aparejo de pesca y materia orgánica; caucho; y otras basuras: textil, papel/cartón, mixto (ej: colillas de cigarrillos) y otras basuras no identificadas. **60**

Figura 13. Variación de la basura en cada una de las playas encuestadas del departamento para los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018.

Basuras: artículos de plásticos (A), icopor (B), caucho (C), residuos peligrosos (metal, vidrio/cerámica, madera procesada, riesgo biológico, aparejo de pesca y materia orgánica) (D), otros tipos de artículos de basuras (textil, papel/cartón, mixto, entre otros) (E) y el total de basuras colectadas (F). **62**

Figura 14. Flotabilidad de las basuras presentes a lo largo del área de estudio. Fotos de las playas en los muestreos de julio – agosto de 2017 (17) y marzo de 2018 (18). **63**

Figura 15. Índice de limpieza obtenido para cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018. **69**

Figura 16. Análisis de conglomerados (AC) y Análisis de Componentes Principales (ACP) para las 22 playas encuestadas en el muestreo de julio – agosto de 2017. **71**

Figura 17. Análisis de conglomerados (AC) y Análisis de Componentes Principales (ACP) para las 21 playas encuestadas en el muestreo de marzo de 2018. **72**

Figura 18. Índice de peligrosidad obtenido para cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018. **75**

Figura 19. Análisis sectorial: Integración de la basura con la calidad escénica y tipología de cada una de las playas encuestadas en junio de 2016 por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017). **76**

Figura 20. Análisis sectorial: Integración de la basura con la calidad escénica y tipología de cada una de las playas encuestadas entre julio – agosto de 2017 y marzo de 2018. **77**

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Descripción de cada tipología de playa (Williams y Micallef 2009).	99
Anexo B. Lista de chequeo empleada para la categorización del paisaje costero. Tomado de Rangel-Buitrago y colaboradores (2017).	100
Anexo C. Ejemplo de la matriz de evaluación difusa en Little Haven, Reino Unido. Tomado de Ergin y colaboradores (2004).	102
Anexo D. Evidencias de mejoras en actividades de limpieza y gestión en determinadas playas del departamento del Atlántico.	104
Anexo E. Composición y variación en la magnitud de basuras y restos de vegetación (debris) presentes en cada una de las playas encuestadas a lo largo del área de estudio.	105
Anexo F. Abundancias de las basuras en las 22 playas del departamento en el muestreo de julio – agosto de 2017.	106
Anexo G. Abundancias de las basuras en las 22 playas del departamento en el muestreo de marzo de 2018.	107
Anexo H. Registro de las playas más limpias o con una moderada magnitud de basuras a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.	108

Anexo I. Registro de las playas con la mayor magnitud de basuras a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.	109
Anexo J. Porcentaje de los diferentes artículos de basura cuantificados para cada una de las playas encuestadas del departamento. Plástico [P], icopor [Pol], caucho [R], residuos peligrosos [Rp] y otros tipos de artículos de basura [Ot].	110
Anexo K. Proporción en el tipo de flotabilidad de la basura colectada en los muestreos de julio - agosto de 2017 (17) y marzo de 2018 (18).	111
Anexo L. Registro en artículos de basura generados principalmente por actividades ocio/recreativas en las playas del departamento.	112
Anexo M. Registro de diferentes objetos peligrosos entre la basura colectada en las playas del departamento.	113
Anexo N. Evidencias en aumento de basuras y restos de vegetación en determinadas playas del departamento.	114

INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras son entornos frágiles y fácilmente afectados por el desorden en la planificación de las infraestructuras, desarrollo de la industria, el turismo sin control, agricultura, pesca y mala gestión de los residuos sólidos (Hartley *et al.* 2015, Rangel-Buitrago *et al.* 2017). En la actualidad, cerca de 3.300 millones de personas viven en la costa o a menos de 200 km del litoral, estimándose que para el 2025 la población aumentará a 6.300 millones de habitantes, representando el 75% de la población mundial (Barragan *et al.* 2015).

Las zonas costeras incluyen un gran número de ecosistemas tales como estuarios, manglares, dunas, lagunas costeras, deltas, marismas, ciénagas y playas. Entre estos ecosistemas, las playas son quizás los de mayor importancia económica para el turismo costero, que es una de las industrias de mayor crecimiento en el mundo (Klein *et al.* 2004, Dayton *et al.* 2005, EEA 2006). El impacto positivo del turismo costero es tal que puede llegar a ser hasta el 2% del producto interno bruto (PIB) en países con turismo a pequeña escala, 10% para países en vía de desarrollo como Colombia e incluso mayor del 20% en países con un turismo costero bien desarrollado (Briguglio 1995, Becker 2013, Rangel-Buitrago *et al.* 2013, Williams *et al.* 2016a, UNWTO 2016, Rangel-Buitrago *et al.* 2018a).

Las playas permiten el asentamiento de poblaciones humanas, además, son un ecosistema ecológicamente importante, ya que comprende una amplia gama de hábitats y riqueza de especies asociadas, sirve para albergar nutrientes, y filtrar contaminantes provenientes de los sistemas continentales de agua dulce (Silva-Iñiquez 2002, Rangel-Buitrago *et al.* 2019a), entre otro sinnúmero de funciones.

El alto desarrollo urbanístico de las playas ha llevado a su degradación por problemas como la generación de residuos sólidos y su mal manejo, que son considerados como responsables directos de la alteración y afectación negativa de

los ecosistemas marino – costeros, entre otros impactos (Williams *et al.* 2013, Nadeeka *et al.* 2017). Solo para el año 2010, de los 275 millones de toneladas de basuras generadas por 192 países, se estimó una entrada de 4,8 a 12,7 millones de toneladas de basura en los océanos del mundo. Dentro de esta basura, el plástico fue el común denominador y estuvo principalmente representado por botellas de bebidas y bolsas de un solo uso. Para el año 2012, la organización de voluntarios *International Coastal Cleanup* (ICC) movilizó más de 560.000 voluntarios para limpiar la zona costera de playa e islas fluviales de 97 países y localizaciones, recolectando un total de 4,5 millones de kg de basura en 28.485 km de costa (Ocean Conservancy 2013, Jambeck *et al.* 2015).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presencia de basura es uno de los principales problemas en las costas y playas de todo el mundo. Las basuras causan severos problemas a los ecosistemas marinos, afectan negativamente la biota marino-costera, entornos cercanos a costas sensibles y/o protegidas, ecosistemas terrestres e islas oceánicas (Tudor y Williams 2001, Rojo-Nieto y Montoto 2017). Las basuras se acumulan de una forma incontrolable, ayudado por el transporte fluvial, viento, olas, mares, corrientes y giros oceánicos; teniendo como destino final de acumulación las costas y fondos oceánicos. Incluso han penetrado entornos remotos como Archipiélagos y mares polares a más de 4.500 km de distancia de las masas continentales más cercanas (Benton 1995, Thompson *et al.* 2004, Macías 2012, Eriksen *et al.* 2013, Bergmann *et al.* 2016).

Para el departamento del Atlántico, Colombia, la constante acumulación de basuras provenientes principalmente del río Magdalena y por actividades humanas relacionadas al uso de la playa (ej: turismo), junto con su ineficiente gestión y control de sus fuentes a lo largo de su línea de costa, han venido deteriorando la

calidad paisajística y ambiental de sus playas (Rangel-Buitrago *et al.* 2017). Así mismo, la mayoría de las playas del departamento presentan una elevada densidad de basuras en sus costas; superando lo registrado en otros destinos nacionales.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Colombia es un país donde se genera diariamente un total de 16.000 toneladas de basura que en su mayoría son procesadas inadecuadamente (Rangel-Buitrago *et al.* 2017). Lo anterior, sin tener en cuenta la basura que mueven las masas de agua en el océano y finalmente se depositan en sus costas.

En un primer estudio realizado por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017) a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico en junio de 2016, fue analizado el estado ambiental de las playas en función de la problemática de las basuras y restos de vegetación. Dicho estudio resaltó los serios problemas de contaminación a lo largo de 26 playas del departamento, cuantificando un total de 412 kg de basuras y restos de vegetación correspondientes a 7.597 ítems. Los resultados de Rangel-Buitrago y colaboradores (2017) mostraron una densidad promedio de 2,9 ítems*m⁻¹ y un predominio en restos de vegetación y plásticos, con el 59% (promedio: 1,72 ítems m⁻¹) y 27% (0,82 ítems*m⁻¹), respectivamente; seguido de otros grupos de basura como el poliestireno (icopor) 3%, caucho 3% y vidrio 2%.

Las basuras de playa han generado que a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico se presenten bajos valores en calidad paisajística en comparación con otros destinos nacionales, como el Parque Natural Tayrona (Rangel-Buitrago *et al.* 2013, Williams *et al.* 2016b). Como lo comenta Ryan y colaboradores (2015): *“la presencia de contaminación es una razón para no visitar las playas”*, por lo tanto, es necesario tomar las medidas necesarias para tratar la

problemática de las basuras facilitando su gestión, con el fin de mejorar la calidad paisajística, ambiental, turística y económica de la zona costera del departamento del Atlántico, Colombia.

Aún faltan estudios que permitan tener una idea mucho más clara de la problemática de las basuras en el Caribe colombiano y por ende en el departamento del Atlántico. Hasta el momento solo se dispone de un conocimiento preliminar sobre los patrones de distribución, variación y magnitud de las basuras; por lo tanto, se busca esclarecer como su temporalidad influye dentro de esta problemática. Así mismo, conocer los impactos negativos que generan las basuras sobre el ecosistema de playa del departamento del Atlántico.

Dentro de este marco de referencia, el presente estudio busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la composición, distribución y afectación de las basuras sobre las playas a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico desde un punto de vista multitemporal?

II. MARCO TEÓRICO

2.1 CONTAMINACIÓN DE LAS BASURAS EN LOS AMBIENTES MARINO-COSTEROS

2.1.1 ¿Qué son las basuras marinas?

De acuerdo con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA), la basura marina es todo material manufacturado o procesado sólido y persistente, eliminado o abandonado en el medio marino y costero que es llevado indirectamente al mar por los ríos, aguas residuales, aguas pluviales, vientos, actividades derivadas de la pesca o deliberadamente dejada por la gente en el mar, playas y costas.

2.1.2 Tipos y clasificación de basuras marinas

Existen diversos tipos de basuras marinas como vidrios, papel, cartón, metal, tela, colillas de cigarrillos, residuos sanitarios provenientes de aguas residuales, cuerdas, juguetes, comida manufacturada, plásticos, entre otros (UNEP 2011). Los plásticos son el tipo de basura marina más abundante a nivel mundial, ya que pueden representar junto con el icopor más del 80% de toda la basura presente en los océanos del mundo. Los plásticos son seguidos por los residuos sanitarios (Fig. 1a), colillas de cigarrillos y artículos de metal (Fig. 1b). Por ejemplo, a lo largo de las playas de Europa y América Latina, el plástico representa más del 75% de la basura marina (Fig. 1); lo mismo ocurre fondos marinos, donde se ha reportado que entre las basuras marinas recuperadas por los pescadores, el plástico representa más del 58% y para el metal el 21% del total cuantificado (PNUMA 2005, OSPAR

2007, KIMO 2008, PNUMA 2009, Thompson *et al.* 2009, Sutherland *et al.* 2010, Deudero y Alomar 2015).

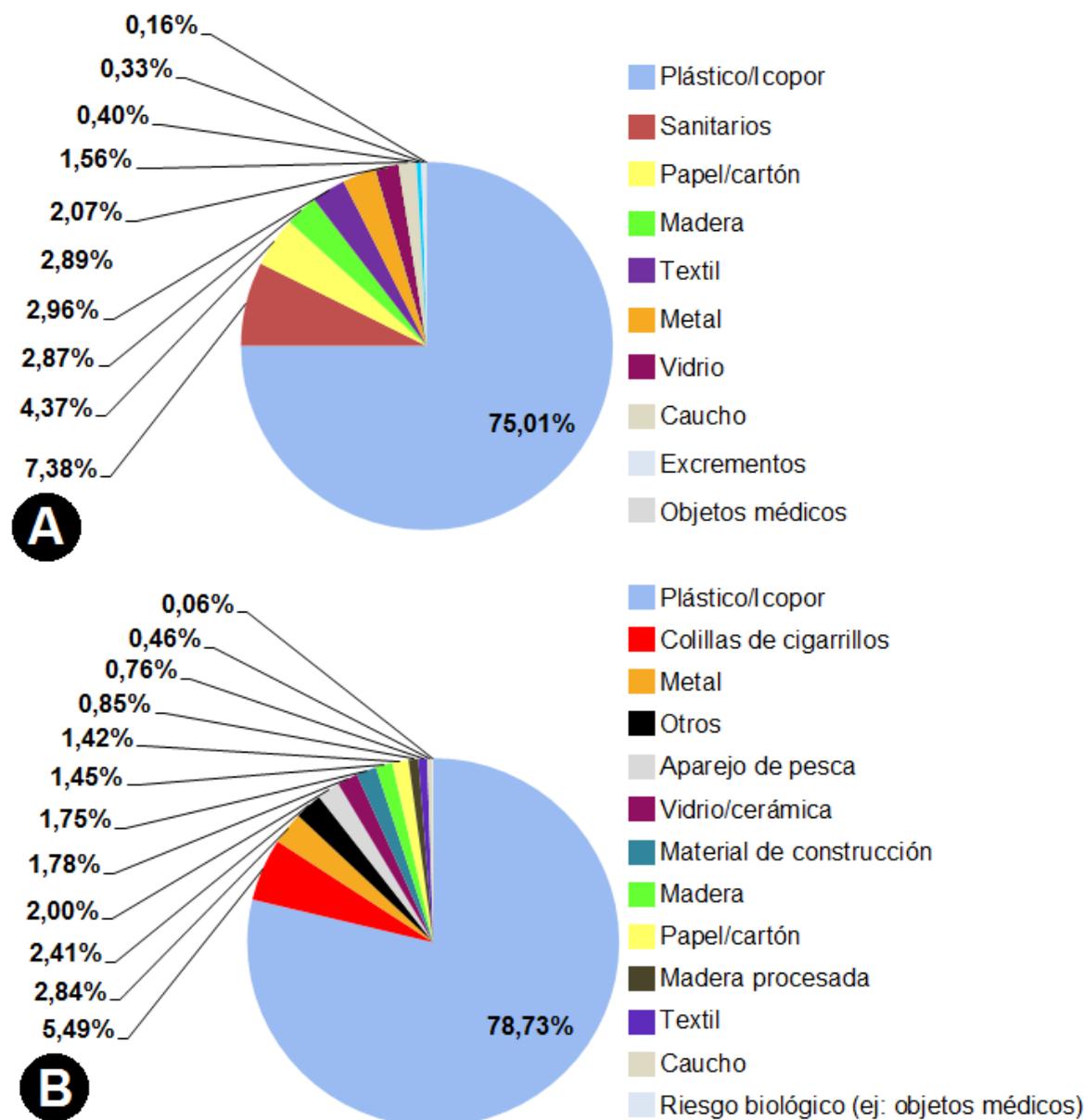


Figura 1. Proporción de la basura en playas de Europa y América Latina: (A) Datos correspondientes a 51 playas europeas pertenecientes a Bélgica, Dinamarca, Alemania, Países Bajos (Holanda), Portugal, España y Suecia encuestadas entre el 2001 – 2006 (OSPAR 2007). B) Un total de 186 playas analizadas de América Latina, ubicadas en Curazao, Brasil, Uruguay, Chile, Ecuador, Colombia, Panamá e Islas del Caribe entre los

años 1991 y 2016 (Garrity y Levings 1993, Nagelkerken *et al.* 2001, Thiel *et al.* 2003, Cordeiro y Costa 2010, Law *et al.* 2010, Thiel *et al.* 2013, Debrot *et al.* 2013, 2014, Leite *et al.* 2014, Possatto *et al.* 2014, Rech *et al.* 2014, da Silva *et al.* 2015, de Carvalho y Baptista-Neto 2016, Lozoya *et al.* 2016, Figueroa-Pico *et al.* 2016, Rangel-Buitrago *et al.* 2017, Schmuck *et al.* 2017).

2.1.3 Efectos en el medio marino.

Hoy en día es común observar basuras marinas en los diversos mares y océanos de todo el mundo, siendo una amenaza para los ecosistemas marinos y costeros (Fig. 2) (Ryan 2015, Bouwman *et al.* 2016).



Figura 2. Consecuencias del manejo de las basuras a nivel mundial: (A) ubicación de las seis grandes islas de basura del mundo en los giros oceánicos del Atlántico, Pacífico e Índico; *Fuente:* Jambeck *et al.* 2015, UNEP, NCEAS. (B) Panorama visual de la isla de basura del Pacífico Norte; *Autor (a):* Dan Kitwood (<http://www.gurbrevista.com/2015/06/bienvenidos-a-isla-basura/>).

La basura transportada a partir de las corrientes y giros oceánicos se acumula principalmente en seis grandes islas de basura, que se encuentran ubicadas entre los giros oceánicos del Atlántico, Pacífico e Índico (Fig. 2). Entre ellas, la mayor isla de basura conocida como “*El parche de basura del Pacífico Norte*” que presenta una extensión aproximada de 3,4 millones de km², se encuentra ubicada a solo 1.000 km de Hawái y a 1.600 km de Estado Unidos en el Océano Pacífico (Fig. 2b). Por otro lado, la primera isla de basura conocida por el hombre ubicada en el mar de los Sargazos, al norte del Océano Atlántico, representa el 10% del total de plástico presente en los océanos del mundo (Law *et al.* 2010, Meléndez-Valencia y Meléndez-Torres 2013, Elias 2015).

2.1.4 Efectos de las basuras en los organismos vivos

La entrada constante de basura se ha convertido en un problema ambiental de índole mundial. Se ha registrado que la basura presente en playas, costas y océanos de todo el mundo ha llegado a interactuar de forma negativa con aproximadamente 1.339 especies de animales incluyendo tortugas, aves, mamíferos marinos, peces e invertebrados, entre otros (Lazar y Gracan 2011, Tekman *et al.* 2017). Las afectaciones causadas por las basuras en los organismos marinos y costeros se asocian generalmente con animales muertos, debilitados o varados por consecuencias relacionadas con el enredamiento y/o atrapamientos (trampa fantasma), concentración y transporte de toxinas, ingesta accidental y sofocación del fondo (Oehlmann *et al.* 2009, Rios *et al.* 2010, Rochman *et al.* 2013).

Además, la constante acumulación de basuras en los mares y océanos de todo el mundo, principalmente el plástico, provisionan nuevos hábitats para la dispersión de muchas especies invasoras y oportunistas, por ejemplo: el briozoo *Arbopercula angulata* descrito por primera vez en la costa de Tailandia por Stevens y colaboradores (1992), presenta nuevos registros en Nueva Zelanda, Malasia, en el Mar Mediterráneo y para el departamento del Atlántico, Colombia (Stevens *et al.*

1996, Winston *et al.* 1997, Thessalou-Legaki *et al.* 2012, Gordon 2016, Gracia *et al.* 2018).

2.1.4.1 Basuras marinas: principales afectaciones a la biota y ecosistemas marino - costeros

El enredamiento es una de las principales causas de muerte en las especies marinas y costeras por el atrapamiento en redes de pesca abandonadas a la deriva (trampas fantasmas) o de otros tipos de artículos de basura. Lo anterior puede causar la muerte del organismo por inanición de alimento, por ejemplo: por el impedimento de una adecuada apertura de la boca y por dificultades al depredar una potencial presa, causándole problemas de movilidad. De igual forma el enredamiento puede causar en otras especies no poder escapar de sus depredadores, causa problemas de respiración y malformaciones en el desarrollo corporal en etapas juveniles de los organismos vivos que afectan gravemente su flotabilidad y maniobrabilidad (Sazima *et al.* 2002, NAS 2008, Moore *et al.* 2009, Wegner y Cartamil 2012).

La ingesta accidental de basura puede llegar a generar en las especies marinas y costeras la acumulación de toxinas dentro de su tracto digestivo, con disrupciones y disfunciones estomacales que alteran otras funciones vitales como la reproducción. La ingesta accidental de basura también puede causar una muerte directa por obstrucción física del estómago y/o indirecta por la sensación de saciedad causante de la anulación de búsqueda de alimento, por ende, genera una falta de nutrientes necesarios para la supervivencia del organismo (Auman *et al.* 1997, Ryan 2008, Rochman *et al.* 2013, Gall y Thompson 2015, Koelmans 2015, Nelms 2016).

Las tortugas, aves y mamíferos marinos son los principales afectados por la ingesta accidental y trampas fantasmas, afectando al 100% de las tortugas marinas (7 de 7

especies), al 67% de las focas (22 de 33 especies), 31% de las ballenas (25 de 80 especies) y al 49% de las aves marinas (186 de 406 especies) registradas (Deudero y Alomar 2015, Wilcox *et al.* 2015, Rojo-Nieto y Montoto 2017). En Australia, se estimaron que mueren un total de 1.478 focas al año debido por el abandono de redes de pesca (Page *et al.* 2004); además, otro estudio más reciente estimó que un total de 5.000 a 15.000 tortugas se enredan al norte de Australia al año por la misma causa (Wilcox *et al.* 2014).

Otros impactos negativos sobre los ecosistemas marino-costeros y por ende a su biota es la sofocación de los fondos marinos, causado por la acumulación de basuras de gran tamaño en determinadas superficies oceánicas o fondos marinos. La sofocación genera una reducción en la penetración de la luz, afectando a la vegetación debajo del agua e incluso puede llegar a generar zonas de sedimentos anóxicas (zonas de concentraciones bajas o nulas de oxígeno), sofocando algas, fanerógamas y otras especies marinas (Viehman *et al.* 2011, Green *et al.* 2015).

2.1.5 Las playas como ecosistemas

El ecosistema playa se define como una franja de material no consolidado (arenas o gravas) en la interfase mar-continente que presenta un límite desde la línea de la marea baja hasta donde se presenta un cambio marcado en su fisiografía debajo de la línea de costa (Molina *et al.* 1998, INVEMAR 2004). El ecosistema de playa es una zona de interacción entre la interfase continente, océano y atmosfera de gran importancia para el ser humano dado los diferentes servicios que presta como el asentamiento de las poblaciones humanas y actividades ocio/recreativas fundamentadas en el turismo costero (Rangel-Buitrago *et al.* 2017).

Las playas son ecosistemas ecológicamente importantes que abarcan una amplia gama de hábitats y riqueza de especies asociadas, del mismo modo, las playas

albergan nutrientes, filtran contaminantes provenientes de los sistemas continentales de agua dulce y ayudan a proteger la línea de costa de la erosión y las tormentas. La principal fauna que conforma las playas son los cangrejos, tortugas, aves y mamíferos marinos (Silva-Iñiguez 2002, Lara-Lara *et al.* 2008).

2.1.5.1 Basuras marinas: alteradores de las condiciones naturales de las costas y playas

La constante entrada de basuras a los mares y océanos de todo el mundo por transporte fluvial, corrientes, giros oceánicos, vientos y olas permiten que estos sean transportados durante largos periodos de tiempo lejos de sus fuentes originales. Entre estas, las basuras que se acumulan constantemente en las costas y playas del planeta pueden llegar a alterar y transformar sus condiciones naturales a problemáticos vertederos de basuras (Barnes *et al.* 2009, Reisser *et al.* 2013, Jambeck *et al.* 2015).

Entre las basuras en playas, existen artículos que suponen un riesgo a la salud de los diferentes usuarios (ej: residentes y turistas que visitan las playas) y biota del ecosistema. De este modo, las redes son un potencial riesgo para las embarcaciones debido que pueden enredarse en los sistemas de propulsión, navegación o enfriamiento de los barcos (Ballance *et al.* 2000, EA/NALG 2000, di Giacomo 2014, Wilcox *et al.* 2014). Por último, existen basuras que son un potencial riesgo sanitario para los humanos y que además empobrecen la calidad paisajística de las playas; generando desinterés a ser visitadas con pérdidas económicas equivalentes a miles de millones de dólares. La creciente acumulación de las basuras marinas ha elevado el costo de limpieza de las playas a cifras de cientos de millones de dólares, por ejemplo: el costo de limpieza de las playas europeas asciende a US\$735 millones cada año (Valle-Levinson y Swanson 1991, UN Environment 2017, 2019).

La acumulación de basura no solo genera impactos negativos sobre la biota del ecosistema o al ser humano, adicionalmente tienen la capacidad de actuar como vector de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's), de metales pesados y bacterias. Estudios recientes han mostrado evidencias de formación de biofilms de bacterias *Escherichia coli* y la persistencia de patógenos potencialmente dañinos (ej: en ecosistemas coralinos) de cepas *Vibrio* spp. alrededor de desechos de plásticos presentes en el océano Atlántico Norte (Zarfl y Matthies 2010, Schernewski *et al.* 2012, Zettler *et al.* 2013, McCormick *et al.* 2014, Caruso 2015, Keswani *et al.* 2016).

2.2 LEGISLACIÓN Y PROBLEMA DE GESTIÓN DE LAS BASURAS MARINAS

2.2.1 A nivel mundial

Existen diversos convenios, protocolos y leyes que cuidan y regulan las playas y al medio marino a partir del uso de instrumentos internacionales, regionales y nacionales. Desde el punto de vista legal, el problema de las basuras marinas se ha abordado desde cuatro tipos de enfoques: preventivo, mitigador, eliminador y cambiantes del comportamiento humano (Chen 2015); estos son algunos ejemplos de la legislación existente:

- El Protocolo Londres: regula e intenta detener los vertidos de desechos y otras materias en el mar. Reemplazó el antiguo Convenio de Londres para la Prevención de la Contaminación del mar por vertimientos de desechos y otros asuntos de 1972, el cuál únicamente regulaba la contaminación por vertidos (Louka 2006).

- Convenio de Oslo de 1972: un total de 12 Estados miembros de los países ribereños del Mar del Norte están comprometidos a no realizar vertidos desde cualquier tipo de buques y aeronaves.
- Directiva sobre aguas de baño -76/160/CEE (CEE 1976): tratado constitutivo de la Comunidad Económica Europea para tomar medidas en reducir la contaminación en zonas de agua de baño con el fin de proteger al medio ambiente y salud de los usuarios.
- Ley de protección del medio ambiente (EPA) – 1990 (HMSO 1990): es una Ley del Parlamento del Reino Unido con el fin de controlar la contaminación que surge de procesos industriales, entre otros. En la sesión 87 se define un conjunto de delitos penales relacionados con el abandono de basura.
- Ley sobre los perros (incrustaciones de tierras) – 1996 (HMSO 1996): es una Ley del Parlamento del Reino Unido para sancionar y concientizar a los dueños que no recogen las heces de sus mascotas inmediatamente (ej: en las playas). Perdió vigencia ante la Ley de Vecindarios Limpios y Medio Ambiente de 2005, reemplazándola por una legislación similar de la misma acta (Wells 2006).
- Comisión para la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste – Convención OSPAR: proponen una serie de guías con metodologías estandarizadas y guías fotográficas para el monitoreo de las basuras marinas dispuestas por la OSPAR para la región del Atlántico Nordeste (2007, 2010).
- PNUMA/COI Lineamientos de Levantamiento y Monitoreo de la Basura Marina: PNUMA con la cooperación de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), crearon unas series de directrices para el estudio y monitoreo de las basuras marinas con el objetivo de proporcionar una plataforma a largo plazo para un monitoreo científico integral (Cheshire *et al.* 2009).
- Anexo V del Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL 1973/1978): es el principal instrumento internacional con vigencia desde el año 2013 que aborda la contaminación de desechos en los océanos por embarcaciones, el cual fue desarrollado bajo la guía de la Organización Marítima Internacional (OMI).

Por otra parte, la Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM), ha establecido un marco de trabajo para que cada Estado Miembro Europeo ponga en marcha las acciones necesarias para alcanzar el Buen Estado Ambiental (BEA) en el medio marino para el año 2020.

La DMEM establece 11 descriptores enfocados en la diversidad biológica (I), introducción de especies no endémicas (II), poblaciones de especies marinas explotadas comercialmente (III y IV), eutrofización de cuerpos de agua inducida por el hombre (V), integridad ambiental de los ecosistemas marinos (VI y VII), contaminantes en el medio marino (VIII), control de contaminantes en productos de mar por debajo de los límites establecidos para el consumo humano (IX), control de las basuras marinas en el medio ambiente (X) y niveles de energía y ruidos subacuáticos adecuados para no afectar al medio ambiente marino (XI). Entre ellos, el Descriptor 10 está dedicado exclusivamente al tema de basuras marinas, centrado en los temas de cantidades, tendencias, fuentes y composición, para determinar su efecto sobre el medio ambiente marino desde el punto de vista ecológico, económico y/o social (Council Directive 2008, Borja *et al.* 2010, Serrano *et al.* 2012, Rojo-Nieto y Montoto 2017).

La Comisión Europea identifica cuatro tipos de indicadores diferentes para el Descriptor 10: I) cantidad de basura arrastrada por las olas y/o depositada en las costas; II) tendencias de cantidad de basura en la columna de agua; III) tendencias en la cantidad, composición y distribución de los microplásticos y IV) tendencias en la cantidad y composición de los desechos ingeridos por los animales marinos (European Commission 2013).

2.2.2 En Colombia

Entre las diferentes leyes, planes, decretos y resoluciones que ha venido adoptando el país para mejorar la gestión de las basuras a nivel nacional y/o local en los últimos años, se destacan: el Decreto 1017 de 2015 (regulación de agua potable y saneamiento básico de la Ley 142 de 1994, artículo 73), la Resolución 668 de 2016 (uso racional de bolsas plásticas), la reciente Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos – CONPES 3874 de 2016, la Resolución 1017 de 2018 (prohibición de las bolsas plásticas de un solo uso en Santa Marta) y el Decreto 0383 de 2019 (se prohíbe el plástico de un solo uso en Boyacá) (MADS 2016, DADSA, 2018). Los diferentes instrumentos de planificación y ordenamiento que debe hacer cumplir y/o ejecutar a lo largo y ancho de la jurisdicción marítima colombiana instituciones como la Dirección General Marítima (DIMAR) como lo propone el Decreto Ley 2324 de 1984 (CCO 2018) (Fig. 3), son:

- Decreto 3930 de 2010 del Ministerio de Vivienda: menciona en los artículos 3 y 4 los planes de ordenamiento y control de vertimientos en recursos hídricos continentales, costeros y marinos; con el objetivo que no se conviertan en focos de contaminación y generen un riesgo en la calidad del agua de consumo humano y afecten los ciclos biológicos en los cuerpos de agua.
- Decreto 2981 de 2013 del Ministerio de Vivienda: ordena la limpieza de las playas en todos los municipios costeros del país.
- Decreto 1766 de 2013 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo: menciona en los artículos 4 y 9 los aspectos generales que se deben de analizar para la organización, medidas ambientales y/o sanitarias para la sustentabilidad de las playas. El artículo 4 en materia de seguridad, higiene y aseo, establece los mecanismos de vigilancia y las actividades permitidas y no permitidas en las playas. El artículo 9 se encarga de observar las recomendaciones y acatar las medidas dispuestas por las autoridades sanitarias y/o ambientales.



Figura 3. Gobernanza para el ordenamiento y la planificación de las zonas marinas y costeras de Colombia (CCO 2018).

2.3 ANTECEDENTES

Desde finales del siglo XX, el hombre ha estado preocupado por el efecto negativo generado por las basuras marinas en los ecosistemas marino-costeros de todo el mundo. Los primeros trabajos se realizaron en función de saber la composición y distribución de las basuras en el medio marino, indicando inicialmente que los pellets (o esferas) de plástico eran uno de los elementos más abundantes del material flotante en los mares y océanos, y a la vez eran mayormente ingeridos por los organismos marinos y costeros (Carpenter y Smith 1972, Carpenter *et al.* 1972, Kartar *et al.* 1973, Morris y Hamilton 1974).

Hoy en día la basura marina es una de las amenazas más graves del medio marino y costero. Diversos estudios en Asia, Europa, América Latina y en el Caribe han resaltado al plástico como el tipo de basura dominante con mayor presencia en las playas, seguido de residuos sanitarios, colillas de cigarrillos, metal, madera procesada, redes de pesca, entre otros (Fig. 1, Kusui y Noda 2003, Foster-Smith *et al.* 2007, Zhou *et al.* 2011, Kammann *et al.* 2018). Esta problemática no es distinta en un país como Colombia donde el 11% de sus municipios vierten sus desechos

directamente a cuerpos de agua como los ríos (Superservicios 2014, Garcés-Ordóñez 2016).

La problemática de las basuras es tan grave que por ejemplo durante la década de los 90's se estimaba un total 116.800 toneladas de basuras producidas al año en el Pacífico colombiano. Una ciudad como Buenaventura presentaba una producción de 250 toneladas de basuras por día con una colecta que alcanzaba solo el 70% del total producido. Para el casco urbano de Tumaco el panorama era igual o más preocupante, donde el 52,7% de 57,8 ton/día de basuras producidas tenían como destino final el mar, principalmente desechos orgánicos (88%). A pesar de que se han venido presentando mejoras en el manejo de las basuras, para Tumaco aún se estimaba un potencial de basura marina de 806 a 2.418 ton/año (CCCP 1996, Calero y Casanova 1997, Escobar 2000, Tejada *et al.* 2003, Escobar 2006, CPPS 2007, CCO 2008).

El Caribe colombiano ha venido presentando la misma problemática asociada con la acumulación de basuras marinas en sus playas. Esta problemática es facilitada por las propias características del Caribe y por una mayor producción de basura si se compara con la costa Pacífica debido a su notable diferencia en el crecimiento poblacional (para el año 2016 se estimaba que vivían en la costa Caribe un total de 4'845.000 habitantes) e industrial. Además, la región Caribe cuenta con la desembocadura del río Magdalena, que es la principal arteria fluvial del país y la que recoge basuras de las principales ciudades y centros de producción económica de la zona Andina. Según el Programa Ambiental del Caribe del PNUMA, esta cuenca arrastra la mayor carga de basuras procedentes de fuentes domésticas para el Caribe (PNUMA 1999, INVEMAR 2004, INVEMAR 2017).

El aumento de la población junto con la industrialización y actividades productoras en la región Caribe, se considera una de las causas directas del aumento en la producción de basura con el paso de los años. Durante los años 90's se estimaba

un total de 1.203 ton/día de basuras, aumentando a generar aproximadamente un total de 3.092 y 3.106 ton/día de basuras durante los años 2013 y 2014, respectivamente (PNUMA 1999, Superservicios 2014, 2016).

Diferentes estudios en el Caribe colombiano han venido analizando la magnitud y composición de las basuras marinas en sus playas. En el estudio de Aya (2011) en Isla Fuerte, Cartagena, se determinó que la isla produce un total de 21,75 toneladas de basuras mensualmente, donde el 28% son desechos plásticos (tratada dentro del sistema de aseo) y el 46% es materia orgánica que en muchos casos era arrojada directamente a lotes abandonados y a mar abierto. Márquez-Guloso y Rosada-Vega (2011) en 4,1 km de playa en Riohacha, La Guajira, recolectaron en dos muestreos la cifra total de 205,78 Kg de basura marina con una dominancia en materia orgánica del 62%. Rodríguez-Gómez (2012) en dos playas de la isla de San Andrés, cuantificó un total de 328 artículos de basura marina con una dominancia en desechos plásticos del 45%. Rangel-Buitrago y colaboradores (2013, 2018a) y Williams y colaboradores (2016b) discuten que la basura marina es una de las principales causas en la pérdida de la calidad paisajística en las playas de la costa Caribe, tema discutido y analizado también por Rangel-Buitrago y colaboradores. (2017, 2018b) de forma específica para las playas del departamento del Atlántico.

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el estado de contaminación multitemporal por basuras a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico, Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición, variación, distribución multitemporal y afectación de la basura a lo largo del área de estudio.
- Analizar las relaciones existentes entre la composición de la basura y su distribución espacial con la tipología, grado de exposición, estado morfodinámico, usos y/o actividades de las playas.

IV. METODOLOGÍA

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

La línea de costa del departamento del Atlántico, Caribe colombiano, es una región estratégica de Colombia que se divide en cinco municipios con 1'463.600 habitantes (Barranquilla, Puerto Colombia, Tubará, Juan de Acosta y Piojó). Esta población se encuentra mayormente localizada en la ciudad de Barranquilla, la mayor afluencia urbana de toda la costa Caribe colombiana. Costa que se extiende desde el SW del municipio costero de Piojó, hasta el NE por la desembocadura del río Magdalena (en Boca de Cenizas, Barranquilla) y al W del mar Caribe, con una longitud de 72 km de línea de costa (Fig. 4) (Angiolillo 2019, Rangel-Buitrago *et al.* 2017, 2019a).



Figura 4. Área de estudio con la ubicación de cada una de las playas estudiadas.

La evolución de la línea de costa del departamento del Atlántico se ha visto fuertemente influenciada y vinculada por las modificaciones del delta del río Magdalena y al impacto de los procesos neotectónicos (Anfuso *et al.* 2015). Es un área compleja donde su clima tropical, los procesos oceanográficos y tectónicos han definido la geomorfología actual que incluyen playas arenosas, espigas litorales, zonas acantiladas, llanuras costeras, lagunas costeras, campos de dunas y bosques de manglar (Rangel-Buitrago *et al.* 2018a).

Los sedimentos de arena gruesos son el principal componente de las playas, y la disponibilidad de sedimentos está regulada por las lluvias y los regímenes estacionales de olas. El principal suministro de sedimentos a las playas en el área de estudio es el río Magdalena (principal cuenca hidrográfica del país con una descarga anual aproximada de 281,1 km³ de agua) y los 26 pequeños afluentes que desembocan en la línea de costa del departamento del Atlántico (Restrepo y Kjerfve 2000, Gracia *et al.* 2018). Un menor porcentaje de sedimentos provienen de la erosión de segmentos de arenisca terciaria que afloran a lo largo de toda la costa. A su vez, durante el periodo de lluvia (Abril – Mayo y Octubre – Noviembre), los huracanes, que tienen origen en depresiones tropicales, pueden ocasionalmente impactar a la región Caribe y por ende a la línea de costa del departamento del Atlántico, produciendo un transporte de sedimentos con dirección NE (Rangel-Buitrago *et al.* 2016, 2018a).

La línea de costa del departamento del Atlántico presenta un ambiente semiárido tropical con temperaturas medias menores a 28°C y valores máximos de precipitación de 2.500 mm*año⁻¹, lo que hace a su clima costero atractivo para el desarrollo turístico (Rangel-Buitrago *et al.* 2013). En lo que respecta a su clima marítimo debido a la oscilación de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ), el régimen de precipitaciones en el área de estudio muestra un comportamiento bimodal con dos periodos de sequía (Diciembre – Marzo y Julio – Septiembre) y dos periodos de lluvia (Abril – Mayo y Octubre – Noviembre). Los vientos presentan

valores de velocidad media inferiores a 13 m/s. Sin embargo, los valores de velocidad más altos están asociados con los vientos que soplan desde el NE durante el periodo seco. Los valores más bajos se observan entre septiembre y noviembre en relación con los vientos que soplan desde el E (Anfuso *et al.* 2015).

Las mareas semi-diurnas presentan amplitudes máximas de 65 cm, típicas de una costa con régimen micromareal (amplitud de marea menor a dos metros. La altura promedio de la ola significativa es de 1,5 m y el promedio del periodo pico es de 7,5 s. De noviembre a julio, el sistema de olas a lo largo del área está dominado por el oleaje del NE; durante el resto del tiempo se generan olas al NW, WSW e incluso al SW (Rangel-Buitrago *et al.* 2017, García *et al.* 2018).

4.1.1 Localización de las playas

Se analizaron un total de 22 playas pertenecientes a cuatro municipios costeros del departamento: Puerto Colombia, Tubará, Juan de Acosta y Piojó. Las playas enmarcadas a este trabajo de investigación van desde Salgar (A2) en Puerto Colombia hasta Galerazamba (A26), límites con el Bolívar (Fig. 4; Tabla 1).

4.2 FASE DE CAMPO

Este trabajo de investigación se realizó entre julio – agosto de 2017 y marzo de 2018 con un total de dos muestreos, contando con un muestreo previo de junio de 2016 realizado por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017) como referente teórico. Inicialmente se determinó la tipología, estado morfodinámico, el grado de exposición y la calidad paisajística en cada una de las playas encuestadas; seguido a esto fueron establecidas las magnitudes, composición, variación, distribución y afectaciones de las basuras a lo largo del área de estudio.

Tabla 1. Lista de playas estudiadas en el departamento del Atlántico.

ID	INFORMACIÓN GENERAL	
	NOMBRE	LOCALIZACIÓN
A2	Salgar	Puerto Colombia
A3	Pradomar – Resort	Puerto Colombia
A4	Pradomar – Urbana	Puerto Colombia
A5	Puerto Colombia – Norte	Puerto Colombia
A6	Puerto Colombia – Malecón	Puerto Colombia
A7	Puerto Velero – Expuesto	Tubará
A8	Puerto Velero – Resort	Tubará
A9	Puerto Velero - Punta Velero	Tubará
A10	Puerto Velero - Mirador de Velero	Tubará
A11	Caño Dulce	Tubará
A13	Playa Mendoza	Tubará
A16	Palmarito	Tubará
A17	Playa Linda	Tubará
A18	Santa Verónica – Cajacopi	Juan De Acosta
A19	Santa Verónica	Juan De Acosta
A20	Salinas del Rey	Juan De Acosta
A21	Loma de Piedra	Juan De Acosta
A22	Aguamarina	Juan De Acosta
A23	Bocatocinos	Juan De Acosta
A24	Punta Astilleros	Juan De Acosta
A25	Salinas de Galerazamba	Santa Catalina
A26	Galerazamba	Santa Catalina

4.2.1 Tipología de las playas

La tipología de playa se evaluó a partir de la metodología de registro y evaluación del área de baño (BARE) propuesta por Williams y Micallef (2009). Estos autores definen las distintas tipologías de playas en función a su localización, accesibilidad, alojamiento / facilidades de servicios y equipo de seguridad; clasificándose las playas de acuerdo a su uso, ubicación y los servicios que esta ofrece en cinco categorías: resort, villa, urbana, rural y remota (Anexo A).

- **Resort:** playa de índole recreativo que presenta un complejo de alojamiento (hoteles/ condominios), donde un importante porcentaje de usuarios son residentes y la administración es la responsable de la limpieza de la playa.
- **Urbana:** playa abierta para todo el público en general en donde existe un amplio asentamiento de poblaciones humanas. Cuenta con servicios básicos establecidos como escuelas, bancos, hospedaje, entre otros.
- **Villa:** playa ubicada fuera del entorno urbano central. Presenta una población pequeña y permanente que refleja una estructura organizada, pero de pequeña escala, con prestación de servicios como escuelas, iglesias, tienda y presencia de transporte público y/o privado.
- **Rural:** playa por fuera del entorno urbano, con difícil accesibilidad por transporte público, prácticamente sin instalaciones, con una u otra tienda, aparcamiento o aseo. No existe un asentamiento notable de población humana o prestación de servicios.
- **Remota:** playa apartada con difícil acceso, donde no existe un asentamiento humano, prestación de servicios y/o actividades turísticas.

4.2.2 Estado morfodinámico

La pendiente o estado morfodinámico de las playas se clasificó a partir de la metodología propuesta por Masselink y Short (1993), quienes dividen la playa en seis tipos de categorías, éstas son: 1) reflectiva, 2) con barra, 3) disipativa, 4) terraza con bajamar + surco, 5) barra/surco en bajamar y 6) ultradisipativa; las disipativas se dividen con barras o sin barras, y las terrazas en bajamar y bajamar + surco. Utilizando para el presente estudio las categorías generales: disipativas, intermedias y reflectivas (Fig. 5).

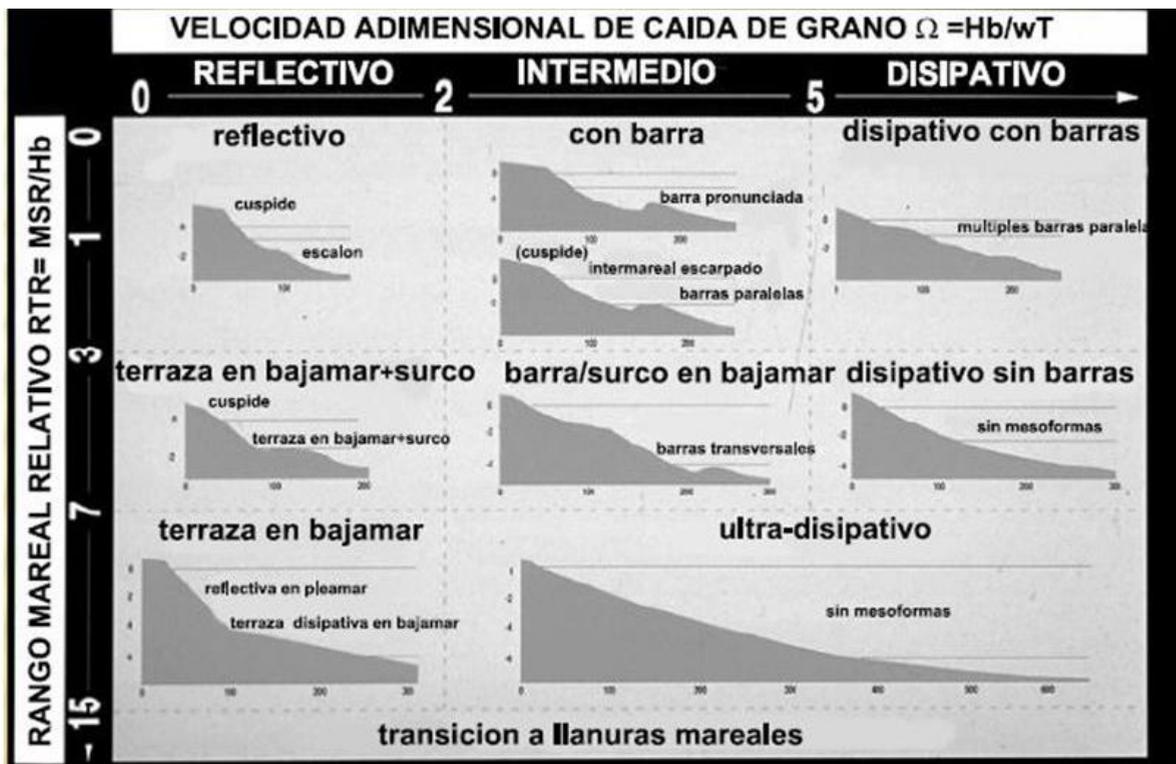


Figura 5. Clasificación de los estados morfodinámicos (Masselink y Short 1993).

4.2.3 Grado de exposición

El grado de exposición de las playas se clasificó teniendo en cuenta la dirección de la ola dominante y su grado de susceptibilidad a eventos extremos de oleaje, parámetro utilizado por autores como McLaughlin y Cooper (2010). Para definir el grado de exposición, se relaciona el ángulo entre la línea de costa y el frente de la llegada de las olas que supone un mayor riesgo a frentes de oleaje paralelos a la línea de costa con dirección oblicua (Komar 1998, Tarbuck y Lutgens 2005). Las playas se definieron en:

- **expuestas:** no presentan unidad geomorfológica que las resguarde de la incidencia directa del oleaje.
- **protegidas:** presentan alguna unidad geomorfológica que las resguarde (ej: una playa en el interior de una bahía protegida por una espiga litoral).

4.2.4 Calidad paisajística de las playas

La evaluación de la calidad paisajística de las playas se realizó a partir de la metodología de *Coastal Scenery Evaluation System* (CSES) desarrollada por Ergin y colaboradores (2004). Esta metodología consiste en una lista de chequeo conformada por 26 parámetros (18 parámetros físicos y 8 antrópicos) que evalúan el impacto sobre el paisaje de las actividades realizadas por el ser humano (Anexo B). Cada parámetro empleado presenta un peso de evaluación “W” cuantificado a partir de la evaluación ponderada del grado de importancia en una escala de atributos (D_i) de cinco puntos (donde 1 denota ausencia o mala calidad paisajística y 5 excelencia), con una normalización del peso final “W” que podrán ver con mayor detalle en Ergin y colaboradores (2004, Anexo C).

En cada parámetro evaluado el atributo seleccionado toma un valor de 1 mientras que los atributos restantes toman el valor de 0. Seguido a esto, con el fin de cuantificar la incertidumbre y excesos derivados de la subjetividad posible en la clasificación de los atributos de cada parámetro, se empleó la lógica matemática (Fuzzy Logic) (Ergin *et al.* 2004). Cada atributo del parámetro evaluado (A_i) presenta un grado de posibilidad de 0 a 1, donde 0 implica ninguna posibilidad y 1 implica la mayor posibilidad (Anexo C).

Una vez obtenida la matriz de evaluación de lógica difusa, seguido del cálculo de las matrices de evaluación de los parámetros físicos (P) y antrópicos (H), se empleó un sistema de matrices de evaluación final o “grado de afiliación” (R) para el cálculo final del índice de evaluación escénica “D”, véase Anexo C. índice que permite asignar el valor de peso de acuerdo a las preferencias y prioridades de los usuarios (Ergin *et al.* 2004, 2010, Rangel-Buitrago *et al.* 2016). El índice clasifica el paisaje costero en cinco clases distintas:

- **Clase I:** áreas con valores D mayores de 0,85; sitios naturales extremadamente atractivos con valores muy altos de paisaje, actividades antrópicas bajas-aceptables que no afectan la belleza natural del sitio.
- **Clase II:** áreas con valores D entre 0,65 y 0,85; sitios naturales o semi-naturales con valores altos de paisaje y actividades antrópicas aceptables.
- **Clase III:** áreas con valores D entre 0,40 y 0,65; principalmente áreas urbanas con valores bajos de paisaje, afectados en algún grado por actividades antrópicas.
- **Clase IV:** áreas con valores D entre 0 y 0,40; principalmente zonas urbanas con valores bajos de paisaje y altamente dañadas por actividades antrópicas.
- **Clase V:** áreas urbanas poco o nada atractivas con un desarrollo intensivo asociado a un uso muy alto, bajos valores paisajísticos y valores D inferiores a 0.

4.2.5 Muestreo de basuras

La contaminación asociada a las basuras a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico se estudió a partir de la adaptación de las metodologías y guías internacionales para el monitoreo de las basuras desarrolladas por la PNUMA (2009) y OSPAR (2010).

4.2.5.1 Colecta y cuantificación

La colecta de basura se realizó a partir de cinco cuadrantes de 2 m de largo X 2 m de ancho ubicados a lo largo de 100 m lineales representativos de cada playa. Estos cuadrantes abarcaron un área de muestreo de 20 m² para la basura y 4 m² para los restos de vegetación (solo se usaron dos cuadrantes) (Fig. 6). A partir de este diseño de muestro se obtuvo valores de densidad en ítems*m⁻², siendo una de las unidades de medida más utilizada para este tipo de estudios.



Figura 6. Unidad de muestreo utilizada para la cuantificación y clasificación de la basura de playa por cinco cuadrantes de 2m*2m a lo largo de 100 m de playa.

Al momento de la colecta *in situ*, se procedió a la separación y conteo de cada uno de los artículos de basura existentes. Para su clasificación se utilizó la guía de la OSPAR (2010), la cual clasifica la basura de playa según sus propiedades, procedencias y usos en categorías generales, por ejemplo: plástico, icopor, caucho, papel/cartón, textil, vidrio, metal, aparejo de pesca, materia orgánica, entre otros.

4.2.5.2 Flotabilidad

La basura cuantificada en las playas se clasificó de acuerdo a su flotabilidad, siguiendo la metodología propuesta por Rech y colaboradores (2014). Esta metodología permite clasificar la basura en:

- 1) Objetos de flotabilidad persistente: son todos los desechos que pueden flotar potencialmente sin hundirse o descomponerse (ej: plástico, icopor y madera procesada).
- 2) Objetos flotantes a corto plazo que son transportados por las corrientes, pero se hunden o se descomponen en un tiempo relativamente corto (ej: caucho, textil, papel/cartón, aparejos de pesca, materia orgánica y mixto como los calzados).
- 3) Objetos no flotantes que por ser demasiados densos o pesados no son transportados a largas distancias de sus fuentes de origen (ej: metal y vidrio/cerámica).

4.3 FASE DE ANÁLISIS DE DATOS

Para cada uno de los muestreos realizados, la basura cuantificada se tabuló a partir de matrices elaboradas en Excel. Su análisis permitió determinar las magnitudes, composición, variación, distribución y afectaciones de las basuras en cada una de las playas encuestadas y al mismo tiempo analizar dicha información con el estado morfodinámico, grado de exposición y calidad paisajística. Teniendo en cuenta las diferentes variables estudiadas, se llevaron a cabo los siguientes análisis:

4.3.1 Grado de basura por playa

Con el fin de determinar el grado de basura teniendo en cuenta el tipo de basura y la magnitud que presentan en cada una de las playas encuestadas, se utilizó la metodología propuesta por EA/NALG (2000). Esta metodología clasifica la basura en siete categorías principales (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías para calificar la basura en playa (EA/NALG 2000).

Categoría	Tipo	A	B	C	D
Relacionado con las aguas residuales	General, ej: Condomes Pañales	0	1 – 5	6 – 14	15+
Escombros	Brotos de algodón (puntas Q)	0 – 9	10 – 49	50 – 99	100+
Basura Bruta	ej: Carritos, piezas de automóvil	0	1 – 5	6 – 14	15+
Basura General	ej: latas, envolturas de dulces	0 – 49	50 – 499	500 – 999	1000+
Basura potencialmente perjudicial	Cristales rotos	0	1 – 5	6 – 24	25+
	Otros	0	1 – 4	5 – 9	10+
Acumulaciones Petróleo	Número	0 Ausente	1 – 4 Rastro	5 - 9 Presencia	10+ Objetable
Excrementos		0	1 – 5	6 – 24	

Cada playa se clasificó en las siguientes escalas: A, B, C y D; donde “A” es una playa con una baja presencia de basura, “B” y “C” con una moderada presencia de basura y “D” como una playa con un alto grado en basuras. El valor final siempre correspondió al peor valor registrado, es decir, si una playa obtiene seis clasificaciones “A” y una “B”, se clasifica como “B” (Tabla 2).

4.3.2 Magnitudes, composición y flotabilidad de la basura

A partir de la tabulación de los datos colectados en julio-agosto de 2017 y marzo de 2018; fueron analizadas las magnitudes, composición y flotabilidad de las basuras para cada una de las playas encuestadas. Estos análisis se desarrollaron a partir

de las tablas de información tabuladas en Excel e información visual de los datos a través de los softwares Grapher versión 11.7.825, ArcGIS versión 10.1.3035, Global Mapper versión 16.00.0010 y Surfer versión 13.3.493.

4.3.2.1 Variación en su transporte y acumulación

Para determinar las diferencias significativas en la acumulación total de basuras en cada una de las playas encuestadas, se realizó la prueba ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis. Esta prueba no paramétrica, que no asume normalidad entre los datos, consiste en analizar si K muestras independientes (para este caso cada muestreo) proceden o no de poblaciones de datos idénticas con la misma mediana. A partir de la ejecución del presente análisis, se buscó saber si la distribución de las basuras es la misma (hipótesis nula: $p > 0,05$) o no (hipótesis alternativa: $p < 0,05$) entre los dos muestreos. La ANOVA se obtuvo a partir de la utilización del software IBM SPSS Statistic versión 22.0.0.0 (SPSS, Chicago, Illinois, EE. UU).

Teniendo en cuenta la acumulación constante de restos de vegetación que se da en las playas del departamento y con el fin de encontrar o no diferencias significativas entre el promedio de los restos de vegetación registrados a lo largo del área de estudio, entre los diferentes grados de exposición y estados morfodinámicos en cada una de las playas encuestadas, a los datos colectados se le aplicó la prueba ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis.

4.3.3 Indicadores ambientales de las playas

A partir de la cuantificación de la basura para cada una de las playas encuestadas, se evaluó el estado de limpieza a partir del índice de limpieza (adaptado) propuesto por Alkalay y colaboradores (2007). Este índice se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$CCI = \frac{\text{Total basura cuantificada en el transecto}}{\text{Línea de transecto (100 m)}} * K \quad [1]$$

El índice de limpieza consiste en obtener una escala de valor que va 0 a >20 a partir del total de basura cuantificada en cada playa, dividido por los 100 m lineales del transecto y multiplicado por el coeficiente K igual a 20, obteniendo los siguientes valores de escala:

- **0 – 2** = muy limpias (Clase I).
- **2,1 – 5** = limpias (Clase II).
- **5,1 – 10** = moderadamente limpias (Clase III)
- **10,1 – 20** = sucias (Clase IV)
- **>20** = extremadamente sucias (Clase V).

También fue calculado el *Hazardous Items Index* (HII) (adaptado) propuesto por Rangel-Buitrago y colaboradores (2019b), considerando como peligroso cualquier artículo de basura que pueda afectar la salud de un usuario y residente que frecuenta la playa. Esto es, la madera procesada, metal, vidrio/cerámica, de riesgo biológico (ej: residuos hospitalarios, medicamentos, pañales, condones, entre otros), aparejo de pesca y materia orgánica (EA/NALG 2000, di Giacomo *et al.* 2014). Este índice consiste en evaluar la cantidad de residuos potencialmente peligrosos presente en cada una de las playas, definiendo el nivel de peligrosidad a partir de la siguiente ecuación:

$$HII = \frac{\frac{\Sigma \text{total residuos peligrosos}}{\text{Log}_{10}(\Sigma \text{total basura})}}{\text{Total área de transecto (20m}^2\text{)}} * K \quad [2]$$

El total de basura colectada se transformó a partir del \log_{10} con el fin de no subvalorar o sobrevalorar los datos dada su gran magnitud presente en la mayoría

de las playas del departamento como lo registra Rangel-Buitrago y colaboradores (2017, 2018b, 2019a). K es un coeficiente igual a 8, utilizado con el fin de generar una mejor interpretación de los datos, obteniendo los siguientes valores de escala:

- **0** = no objetos peligrosos (Clase I).
- **0,1 - 1** = objetos peligrosos observables (Clase II).
- **1,1 - 4** = cantidad considerable de objetos peligrosos (Clase III).
- **4,1 - 8** = muchos objetos peligrosos / no se recomienda visitarla (Clase IV).
- **> 8** = playa cubierta por objetos peligrosos (Clase V).

4.3.4 Similitudes y contrastes de las basuras en las playas

Para determinar las similitudes y diferencias entre las playas encuestadas a partir de las categorías de basuras y sus magnitudes (total Items), los datos recopilados en los muestreos de julio - agosto de 2017 y marzo de 2018, se sometieron a un agrupamiento jerárquico aglomerado o análisis de conglomerados (AC) y al análisis de componentes principales (ACP). Estos análisis fueron realizados mediante el software Past versión 3.20 (Harper y Ryan 2011).

El análisis de conglomerados (AC), es una técnica multivariante aplicada para construir dendrogramas o árboles de similitud a partir de la clasificación de las playas en función de las magnitudes de la basura y sus características. Este análisis se aplicó siguiendo las metodologías propuestas por Tudor y colaboradores (2002), Tudor y Williams (2004) y, Rangel-Buitrago y colaboradores (2018b) a partir de la distancia Euclidiana al cuadrado con el enlace de Ward, con el fin de minimizar la variabilidad dentro del grupo y producir distintos grupos de tamaño uniforme. Se utilizaron dendrogramas de similitud para ilustrar las relaciones jerárquicas entre los grupos de sitios (playas).

El análisis de componentes principales (ACP) se realizó con las playas como "casos" y la composición de las basuras como "variables" siguiendo la metodología propuesta por Rangel-Buitrago y colaboradores (2018b). El objetivo fue analizar las correlaciones entre las categorías de la basura y averiguar si los cambios en la composición de basura en algunas playas son muy diferentes a los de otras playas. F1 y F2 (que representan la mayor parte de la variación en los datos), se presentaron como gráficos de dispersión (sitios) y gráficos de vectores (categorías). Los patrones de distribución de los sitios en los ejes de componentes principales (CP), se interpretaron con respecto a la orientación de los vectores de categoría correspondientes, e información adicional como la ubicación y gestión del sitio.

4.3.5 Estado ambiental y paisajístico en cada tipología de playa

Se comparó lo obtenido en los muestreos de julio - agosto de 2017 y marzo de 2018 con lo obtenido en el estudio de Rangel-Buitrago y colaboradores (2017) en junio de 2016; para esto se determinó la relación existente entre la caracterización de las basuras, tipología y calidad paisajística de las playas empleando el "Análisis Sectorial" (SA) propuesto por Williams y colaboradores (2016a). Este análisis consiste en una matriz cuadrada para cada tipo de playa con los grados de basuras en las columnas (4 grados: Clase A – Clase D) y las clases escénicas en las filas (Calidad paisajística: Clase I – Clase V); dividida en tres sectores por medio de la técnica de percentil (Langford 2006). El cuadrante superior izquierdo (sector verde) se compone de cuatro celdas, representando las playas con el menor grado de basuras y mayor calidad escénica. El cuadrante inferior derecho (sector rojo) de cuatro celdas, comprende playas con altos grados de basuras y valores bajos de calidad paisajística. Las otras celdas (12 en total) conforman las otras dos esquinas y celdas del centro (sector amarillo), siendo las playas con resultados contradictorios con altos valores de basuras y clase escénica, o viceversa, con bajos valores de basuras y clase escénica.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 TIPOLOGÍA, ESTADO MORFODINÁMICO, GRADO DE EXPOSICIÓN Y CALIDAD PAISAJÍSTICA DE LAS PLAYAS

Las 22 playas estudiadas del departamento se clasifican en siete playas tipo villas, cinco playas resort, cuatro playas urbanas, cuatro playas remotas y dos playas rurales. Referente al estado morfodinámico, la mayoría de las playas presentaron un estado intermedio (nueve sitios), siete playas fueron disipativas y seis pueden ser consideradas como reflectivas. Con respecto al nivel de exposición a las olas, 13 playas pueden considerarse protegidas del oleaje, mientras que nueve playas están expuestas. Por último, las playas estudiadas presentaron una baja calidad paisajística, clasificándose 13 playas Clase V y nueve Clase IV (Tabla 3).

Tabla 3. Características generales de las playas estudiadas.

ID	Tipología	Grado de exposición	Estado morfodinámico	Calidad paisajística	
				Valor "D"	Clase
A2	Villa	Expuesta	Reflectiva	-0,6	V
A3	Resort	Expuesta	Disipativa	-1,01	V
A4	Urbana	Expuesta	Disipativa	-1,23	V
A5	Urbana	Expuesta	Intermedia	-1,25	V
A6	Urbana	Expuesta	Intermedia	-1,22	V
A7	Remota	Expuesta	Intermedia	-0,23	V
A8	Resort	Protegida	Disipativa	0,06	IV
A9	Villa	Protegida	Disipativa	-0,22	V
A10	Villa	Protegida	Disipativa	0,2	IV
A11	Villa	Protegida	Disipativa	-0,32	V
A13	Resort	Protegida	Intermedia	0,19	IV
A16	Villa	Protegida	Intermedia	0,29	IV
A17	Remota	Protegida	Intermedia	0,05	IV
A18	Resort	Expuesta	Reflectiva	-0,51	IV
A19	Urbana	Protegida	Intermedia	-0,93	V
A20	Villa	Protegida	Reflectiva	0,05	IV
A21	Remota	Protegida	Intermedia	-0,08	V
A22	Resort	Protegida	Reflectiva	0,1	IV
A23	Rural	Expuesta	Reflectiva	0,05	IV
A24	Rural	Protegida	Disipativa	-0,08	V
A25	Remota	Expuesta	Reflectiva	-0,53	V
A26	Villa	Protegida	Intermedia	-0,65	V

5.2 MAGNITUDES Y COMPOSICIÓN DE LAS BASURAS

Se presentaron altos valores de basuras y restos de vegetación en cada uno de los muestreos realizados a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico. En el muestreo de junio de 2016 realizado por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017), se cuantificó un total de 2.699 artículos de basura y 3.814 restos de vegetación, con un aumento considerablemente alto en lo que respecta a los artículos de basura durante los muestreos realizados de julio - agosto de 2017 y marzo de 2018. Específicamente durante el 2017, se cuantificaron en un total 5.227 artículos de basura y 4.040 restos de vegetación, mientras que el año 2018 se colectaron 6.387 artículos de basura y 2.361 restos de vegetación (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia, densidad y porcentaje de las basuras y restos de vegetación cuantificados en los muestreos de junio de 2016 (16), julio – agosto de 2017 (17) y marzo de 2018 (18). Plástico [P], icopor [Pol], caucho [R], textil [T], papel [Pa], madera procesada [Pw], metal [M], vidrio/cerámica [G], riesgo biológico [Bh], aparejo de pesca [F], materia orgánica [O], mixto [Mx], otros [Ot] y restos de vegetación [Db]. El color rojo indica los artículos de basura considerados como peligrosos.

		[P]	[Pol]	[R]	[T]	[Pa]	[Pw]	[M]	[G]	[Bh]	[F]	[O]	[Mx]	[Ot]	Total	[Db]
Abundancia	2016*	1885	212	196	21	41	61	57	92	55	1	78	0	0	2699	3814
	2017	2960	1702	219	23	41	72	54	64	19	4	22	20	27	5223	4040
	2018	4452	1079	230	39	31	92	131	113	73	22	26	40	59	6387	2361
Densidad	2017	6,98	4,01	0,52	0,05	0,1	0,17	0,13	0,15	0,04	0,01	0,05	0,05	0,06	12,32	45,91
	2018	11	2,67	0,57	0,1	0,08	0,23	0,32	0,28	0,18	0,05	0,06	0,1	0,15	15,81	28,11
	**	8,99	3,34	0,54	0,08	0,9	0,2	0,23	0,22	0,11	0,03	0,06	0,07	0,1	14,06	37,01
Porcentaje (%)	2016*	69,8%	7,9%	7,3%	0,8%	1,5%	2,3%	2,1%	3,4%	2,0%	0,0%	2,9%	0,0%	0,0%	100%	-
	2017	56,7%	32,6%	4,2%	0,4%	0,8%	1,4%	1,0%	1,2%	0,4%	0,1%	0,4%	0,4%	0,5%	100%	-
	2018	69,7%	16,9%	3,6%	0,6%	0,5%	1,4%	2,1%	1,8%	1,1%	0,3%	0,4%	0,6%	0,9%	100%	-
	**	63,2%	24,8%	3,9%	0,5%	0,7%	1,4%	1,6%	1,5%	0,8%	0,2%	0,4%	0,5%	0,7%	100%	-

* Datos obtenidos en el muestreo de junio de 2016 por Rangel-Buitrago y colaboradores 2017.

** Promedio de los datos cuantificados entre los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018.

La densidad promedio de basura en playa obtenida a lo largo del área de estudio fue de 14,06 ítems*m⁻² y en restos de vegetación (troncos, taruya y propágulos) fue de 37,01 ítems*m⁻². Se generó un aumento considerablemente alto en la densidad de basuras pasando de 12,32 ítems*m⁻² (julio – agosto de 2017) a 15,81 ítems*m⁻² (marzo de 2018). A su vez, se presentó una disminución en los restos de vegetación pasando de 45,91 ítems*m⁻² a 28,11 ítems*m⁻² (Tabla 4; Fig. 7). Esta disminución podría estar evidenciando las actividades de limpieza que se llevan a cabo actualmente en ciertas playas del departamento (ej: A6-Puerto Colombia - Malecón, A8-Puerto Velero – Resort y A18-Santa Verónica - Cajacopi) (Anexo D y E).

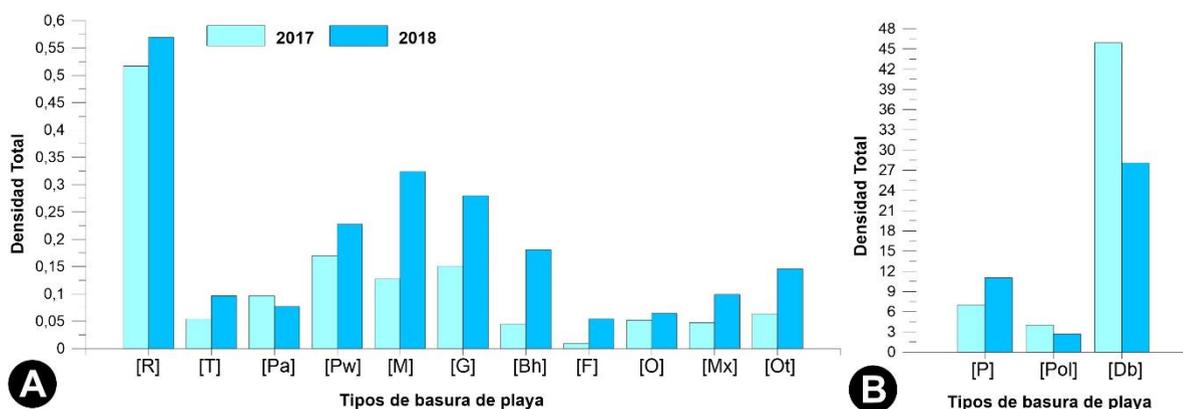


Figura 7. Densidad total cuantificada a lo largo del área de estudio en cada uno de los muestreos realizados. Artículos de basura con moderadas a bajas densidades: caucho [Rb], textil [T], papel/cartón [Pa], madera procesada [Pw], metal [M], vidrio/cerámica [G], riesgo biológico [Bh], aparejo de pesca [F], materia orgánica [O], mixto [Mx] y otros [Ot] (A). Artículos de basura con la mayor densidad registrada: plástico [P] e icopor [Pol] junto con los restos de vegetación [Db] (B).

Entre los artículos de basura en playa, el plástico presentó la mayor densidad promedio a lo largo del área de estudio con 8,99 ítems*m⁻², seguido del icopor (3,34

ítems*m⁻²) y caucho (0,54 ítems*m⁻²). Los demás artículos de basura colectados presentaron una menor densidad entre 0,23 ítems*m⁻² (metal) y 0,03 ítems*m⁻² (aparejos de pesca) (Tabla 4).

La gran magnitud de basuras presente en las playas del departamento, claramente han generado una mayor problemática en su acumulación y manejo en comparación a otros destinos nacionales (Williams *et al.* 2016b, Rangel-Buitrago *et al.* 2017, 2018a). El problema es tal que los valores observados superan con creces a los que se encuentran en el gran Caribe. Para un total de 42 playas en islas del Caribe se ha registrado una densidad de 6,34 ítems*m⁻² de basura de playa para un área de estudio de 1.124 m² (Schmuck *et al.* 2017); densidad que resultó ser menor a la encontrada en los 424 m² de playa para los 22 sitios encuestados del departamento, los cuales tuvieron una densidad promedio de 14,06 ítems*m⁻².

Igualmente, valores medios a moderados se han registrado en las playas de Panamá con una densidad promedio de 3,6 ítems*m⁻² (Garrity y Levings 1993), Indonesia 4,6 ítems*m⁻² (Evans *et al.* 1995), Curazao 2,0 ítems*m⁻² (Nagelkerken *et al.* 2001), Japón 3,4 ítems*m⁻² (Kusui y Noda 2003), Jordania 4,0 ítems*m⁻² (Abu-Hilal y Al-Najjar 2004), Rio de Janeiro, Brasil 0,14 ítems*m⁻² (Oigman-Pszczol y Creed 2007), Australia 0,5 ítems*m⁻² (Foster-Smith *et al.* 2007), Escocia 0,99 ítems*m⁻² (Storrier *et al.* 2007), Chile 1,8 ítems*m⁻² (Bravo *et al.* 2009), Portugal 0,08 ítems*m⁻² (Neves *et al.* 2015), Bahía, Brasil 0,8 ítems/m² (Leite *et al.* 2014), y en Isla Santa Catarina, Brasil 0,29 ítems*m⁻² (Corraini *et al.* 2018).

Pocos estudios en otras partes del mundo han registrado altas densidades de basuras tan preocupantes en sus costas como el del presente estudio realizado en las playas del departamento del Atlántico. Tal es el caso de un estudio realizado en Punta del Este, Uruguay por Lozoya y colaboradores (2016), quienes registraron una densidad promedio a lo largo de su área de estudio de 25 ítems*m⁻².

Los artículos de plásticos y restos de vegetación predominaron en cada uno de los muestreos realizados, convirtiéndose en los mayores factores de contaminación y modificadores del paisaje en las playas del departamento. Estos ítems registraron un aumento del 29% al 51% (plásticos) y una disminución del 59% al 27% (restos de vegetación) entre los muestreos de 2016 y 2018. El icopor registró una variación entre el 3% y 18%, y otros artículos de basura (ej: textil, papel/cartón, madera procesada, metal, aparejo de pesca, materia orgánica, entre otros) registraron fluctuaciones entre el 6% al 10% entre los muestreos de junio de 2016 y marzo de 2018 (Rangel-Buitrago *et al.* 2017) (Fig. 8).

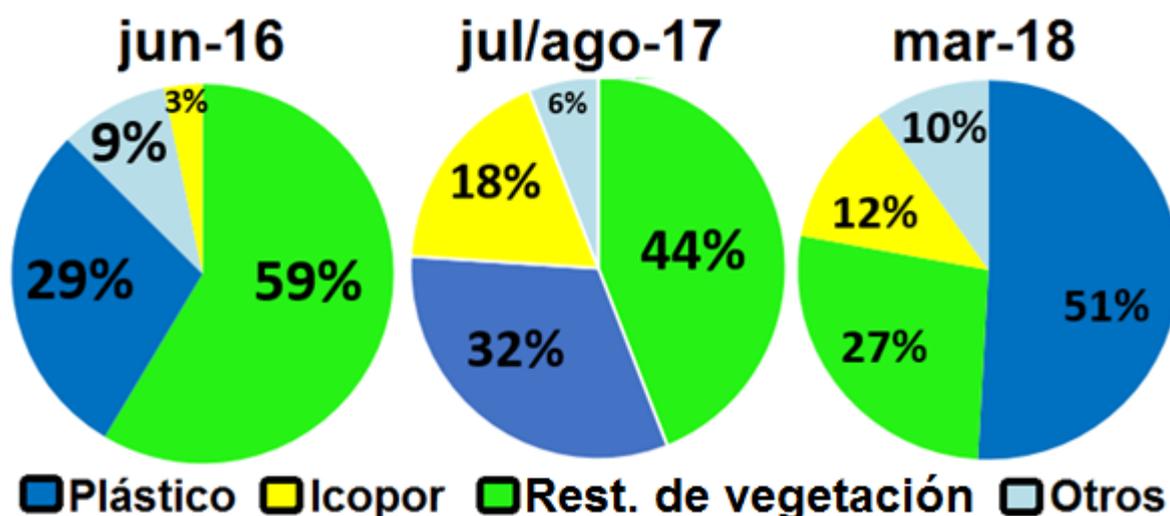


Figura 8. Composición y variación de las basuras y restos de vegetación a lo largo del estudio.

Los restos de vegetación presentaron una disminución significativa en el área de estudio entre los muestreos de julio – agosto de 2017 (4.040 ítems) y marzo de 2018 (2.361 ítems) (Tabla 4; Fig. 7). A pesar de esto, la densidad registrada para el muestreo de marzo de 2018 fue de 28,11 ítems*m⁻²; esta alta densidad registrada puede generar una serie de impactos negativos sobre los ecosistemas marino-costeros del departamento. Por ejemplo, su constante transporte a las playas empobrece la calidad paisajística de las mismas, permite la acumulación de

basuras e incluso sirven como sustrato a especies colonizadoras oportunistas para ampliar su área de invasión y dispersión (Willoughby 1986, Rech *et al.* 2016, NOAA 2017, Gracia *et al.* 2018).

Los artículos de plástico e icopor presentaron el mayor predominio entre las basuras de playa en el área de estudio (>75%). En el muestreo de junio de 2016 realizado por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017) conformaron el 69,8% y 7,9% del total cuantificado, mientras que en julio – agosto de 2017 el 56,7% y 32,6%, y en marzo de 2018 el 69,7% y 16,9%. Estos valores fueron seguidos por los residuos peligrosos (4,5% y 12,7%), caucho (3,6% y 7,3%) y por último otros tipos de artículos de basura (ej: textil y papel/cartón) (2,0% y 2,6%) (Tabla 4; Fig. 9). Lo registrado convierte al plástico en el mayor componente de basura presente a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico; artículo de basura al cual se le estima una generación de 1.075.294 kg*día⁻¹ a nivel nacional en Colombia, con un promedio mundial de 1.420.189 kg*día⁻¹ (Rangel-Buitrago *et al.* 2017).

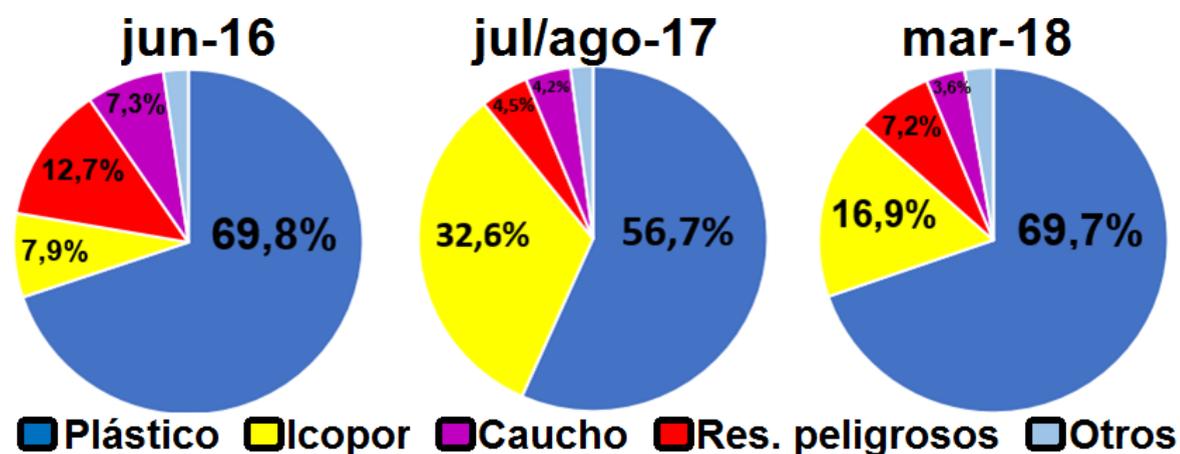


Figura 9. Composición y variación de las basuras a lo largo del estudio.

El presente estudio difiere a lo reportado en otros trabajos realizados en playas de la costa Caribe y del Pacífico colombiano, donde se ha obtenido que la materia orgánica es el desecho de basura con mayor dominancia entre el 46% y 88% del total de la basura cuantificada (Tejada *et al.* 2003, CCO 2008, Aya 2011, Márquez-

Guloso y Rosada-Vega 2011). Para el presente estudio, la materia orgánica representó solo el 0,4% del total cuantificado (promedio de 24 ítems), siendo uno de los componentes de basura con menor magnitud en el área de estudio (Tabla 4).

El presente estudio y anteriores realizados en el área de estudio por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017, 2018a, 2018b, 2019a), reflejan la problemática que padecen las playas y demás ecosistemas marino-costeros alrededor del mundo con respecto a la presencia de residuos plásticos. El plástico junto con el icopor representa más del 75% de la basura presente en las playas y ecosistemas marino-costeros de todo el mundo (Law *et al.* 2010, SBSTTA 2012, Bergmann *et al.* 2015, NOAA 2017, Rojo-Nieto y Montoto 2017).

Otros artículos de basura como los residuos peligrosos, compuestos por el metal (1,6%), vidrio/cerámica (1,5%), madera procesada (1,4%), riesgo biológico (0,8%), materia orgánica (0,4%) y aparejo de pesca (0,2%); representaron solo el 5,9% del total de basura cuantificada entre los muestreos de julio - agosto de 2017 y marzo de 2018 (Tabla 4). Con relación a lo anterior se conoce que estos valores son en general bajos, en América Latina domina el metal con el 2,84% y en Europa para el Mar del Norte y el Mar Báltico dominan los residuos sanitarios con el 7,38% (OSPAR 2007) (Fig. 1) y el vidrio/cerámica con el 5% (Kammann *et al.* 2018).

La dominancia registrada en el presente estudio respecto a los residuos peligrosos (5,9%), es similar a lo reportado en otros trabajos para Europa, África, Asia, Oceanía, Mediterráneo, Norteamérica, América Latina y Caribe; en Estados Unidos (EE.UU) fue el 5,6% del total cuantificado (Moore *et al.* 2001), Japón 3,2% (Kusui y Noda 2003), Sao Paulo, Brasil 10,6% (Cordeiro y Costa 2010), Papúa Nueva Guinea 5,1% (Smith *et al.* 2012) Curazao 7,7% (Debrot *et al.* 2013), Bahía, Brasil 10,5% (Leite *et al.* 2014), Azores, Portugal 8,7% (Pieper *et al.* 2015), Israel 7,4% (Portman y Brenann 2017), Italia 6,6% (Giovacchini *et al.* 2018), Alicante, España 6,9% (Asensio-Montesinos *et al.* 2019) y Marruecos 8,6% (Nachita *et al.* 2019).

Desafortunadamente, a pesar de la baja proporción que representan los residuos peligrosos del total de basuras colectadas en el área de estudio (5,9%), son basuras que presentaron una densidad promedio a lo largo de la línea de costa del departamento de $0,85 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$. Siendo una cifra similar a la encontrada en las playas de Curazao con una densidad promedio de $1,30 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$ (Nagelkerken *et al.* 2001), que representaron el 65,1% de la basura cuantificada.

5.2.1 Basuras: estado de cada una de las playas estudiadas

Al estudiar la magnitud de las basuras en cada una de las playas encuestadas del departamento, la mayoría presentaron una gran abundancia y densidad. En el muestreo de julio - agosto de 2017, 17 playas ubicadas al norte (ej: A4-Pradomar - Urbana, A5-Puerto Colombia - Norte y A6-Puerto Colombia - Malecón) y sur del departamento (ej: A23-Bocatocinos, A24-Punta Astilleros, A25-Salinas de Galerazamba y A26-Galerazamba), superaron los 50 ítems de basura con una densidad $> 2,5 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$. Se obtuvo densidades de basura de $80 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$ como se registró en la playa A7-Puerto Velero – Expuesto. Para el muestro de marzo de 2018, nuevamente un total de 17 de 21 playas encuestadas presentaron una densidad $> 2,5 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$, registrándose la mayor densidad en la playa A23-Bocatocinos ($67,55 \pm 25,08 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$) (Fig. 10; Anexo E).

Comparando lo obtenido entre los dos muestreos, hubo un aumento en los artículos de basura para la playa A10-Puerto Velero - Mirador de Velero de $1,2 \pm 0,11 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$ en julio – agosto de 2017 a $4,25 \pm 1,02 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$ en marzo de 2018; a pesar de ser una playa que presenta continuas actividades de limpieza. A su vez, se presentó una disminución de basuras para la playa A22-Aguamarina, pasando de $16,8 \pm 5,0 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$ en julio – agosto de 2017 a solo $0,85 \pm 0,42 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$ en

marzo de 2018; playa que presenta continuas jornadas de limpieza a cargo de la administración del conjunto residencial *Aguamarina Beach Resort* (Fig. 10).

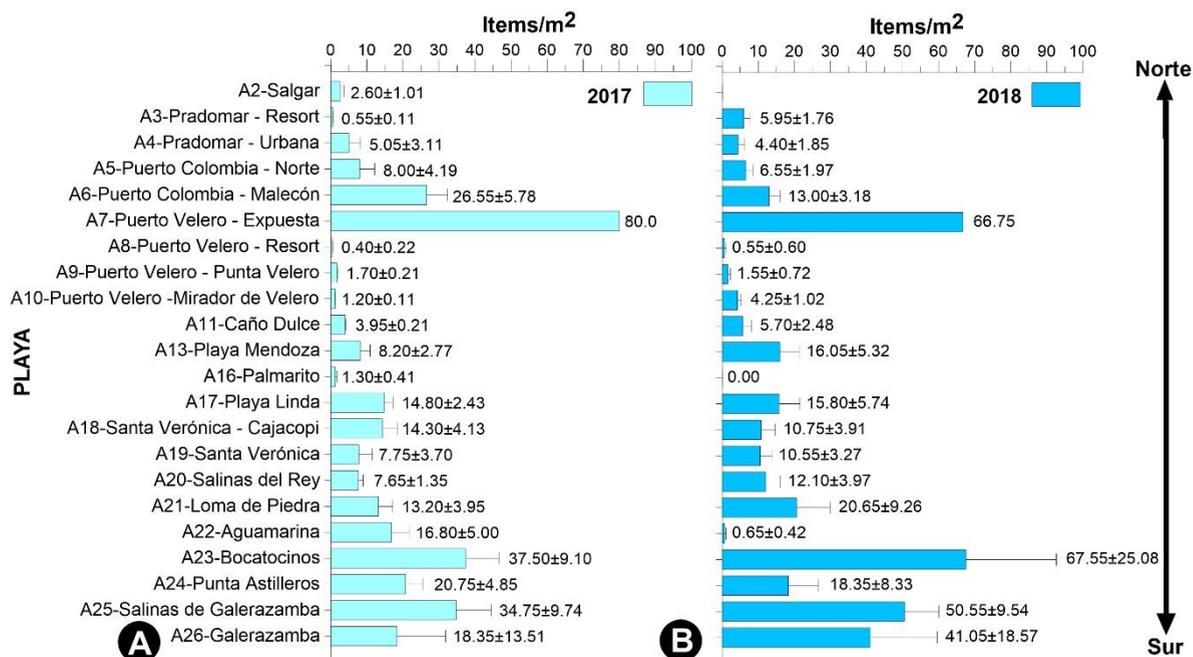


Figura 10. Densidad total de basura colectada en cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 (A) y marzo de 2018 (B).

De las 17 playas registradas con altas densidades de basuras para los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018, un total de 15 playas presentaron densidades de basura entre 5 y 80 ítems*m⁻² (ej: A5-Puerto Colombia – Norte, A7-Puerto Velero - Expuesto y A25-Salinas de Galerazamba). Por ende, solo cuatro a cinco playas entre los dos muestreos realizados presentaron moderadas a bajas densidades de basura > 2,5 ítems*m⁻² (ej: A8-Puerto Velero – Resort y A16-Palmarito) (Fig. 10; Anexo E, H y I). Diferentes estudios alrededor del mundo han reportado en sus playas altas densidades de basura; por ejemplo: la mayor densidad registrada en Rusia fue de 16,7 ítems*m⁻² (Kusui y Noda 2003), Jordania 7,4 ítem*m⁻² (Abul-Hilal y Al-Najjar 2004), Japón 280 ítem*m⁻² (Fujieda y Sasaki 2005), Chile > 10 ítems*m⁻² a 82,7 ítem*m⁻² (Bravo *et al.* 2009, Hidalgo-Ruz *et al.*

2018), Punta del Este, Uruguay > 75 ítems*m⁻² (Lozoya *et al.* 2016), y en Las Bahamas para las Islas del Caribe de 48,25 ítem*m⁻² (Schmuck *et al.* 2017).

Respecto a lo encontrado en residuos peligrosos en el área de estudio para el muestreo de julio – agosto de 2017, la mayoría de las playas encuestadas del departamento (95,4%) a excepción de A16-Palmarito, registraron residuos peligrosos. Un total de cuatro de las 22 playas encuestadas presentaron densidades en residuos peligrosos > 1 ítems*m⁻² (ej: A7-puerto Velero – Expuesto). Para el número restantes de sitios (18), un total de 17 playas registraron densidades de residuos peligrosos entre 0,05 ítems*m⁻² (A8-Puerto Velero – Resort) y 0,90 ítems*m⁻² (A23-Bocatocinos), con una sola playa que no registró artículos de basura que puedan ser considerados peligrosos (A16-Palmarito) (Fig. 11; Anexo F).

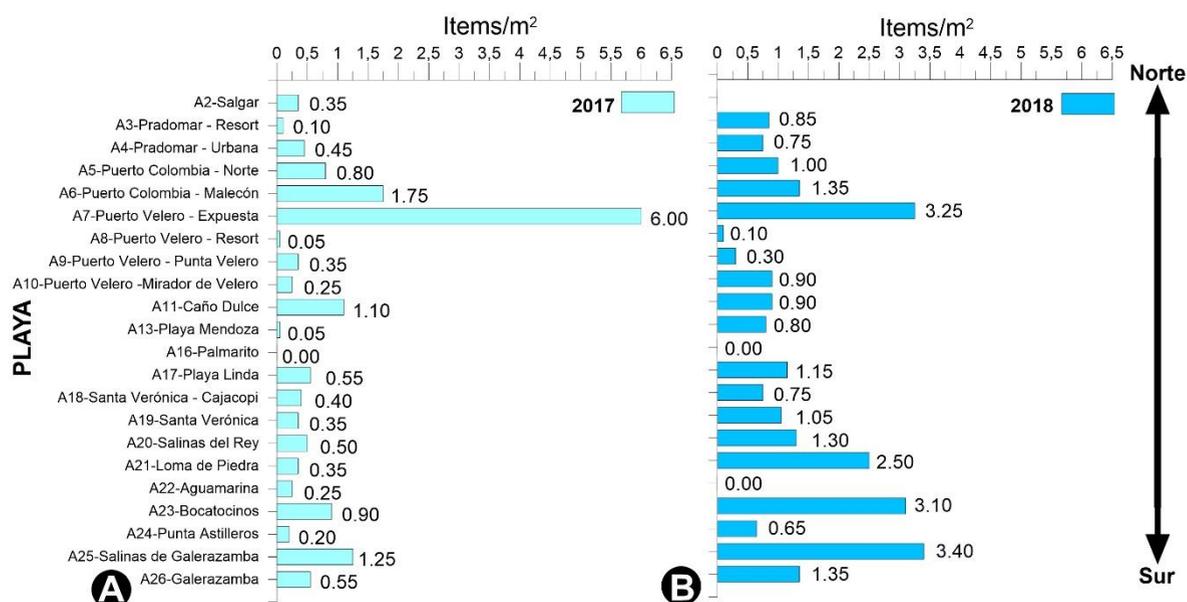


Figura 11. Densidad total de residuos peligrosos en cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 (A) y marzo de 2018 (B).

Para el muestreo de 2018 se registró un total de 457 ítems de residuos peligrosos (Tabla 4). Este aumento ocasionó que se registrara un total de nueve playas con densidades en residuos peligrosos > 1 ítems*m⁻² (ej: A19-Santa Verónica y A23-

Bocatocinos). Para el número restante de sitios (12), un total de 10 playas registraron densidades de residuos peligrosos entre 0,1 ítems*m⁻² (A8-Puerto Velero – Resort) y 1,0 ítems*m⁻² (A5-Puerto Colombia – Norte). Por último, solo dos playas no registraron artículos de basura que puedan ser considerados peligrosos (A16-Palmarito y A22-Aguamarina) (Fig.11; Anexo G), de ambos sitios se conoce la existencia de continuas jornadas de limpieza (Rangel-Buitrago *et al.* 2018b, 2019a).

Ciertas playas del departamento presentaron altas densidades en residuos peligrosos, densidades que excedieron a lo que se encontró en otros estudios para el Caribe. En Curazao, todas las playas encuestadas registraron densidades de residuos peligrosos entre 1,06 ítems*m⁻² y 1,63 ítems*m⁻² (Nagelkerken *et al.* 2001); resultado que terminó siendo menor a lo obtenido para un total de cinco playas del presente estudio con densidades entre 1,75 ítems*m⁻² y 6,0 ítems*m⁻² (Fig. 11).

Ahora, centrándonos en la composición y dominancia de las basuras en cada una de las playas, el plástico fue el mayor componente de basura presente en las 22 playas encuestadas del departamento. En el muestreo de julio – agosto de 2017, el plástico predominó en un total de 18 de las 22 playas encuestadas; con una dominancia entre el 39,2% (A11-Caño Dulce) y el 96,2% (A16-Palmarito). A su vez, el icopor fue el segundo mayor componente de basura presente en un total de 21 sitios, dominando entre las categorías de basuras de las siguientes cuatro playas: A5-Puerto Colombia – Norte (45,6%), A22-Aguamarina (71,7%), A25-Salinas de Galerazamba (49,8%) y A26-Galerazamba (53,68%). Para el muestreo de marzo de 2018, el plástico fue el mayor componente de basura presente en todas las playas que registraron basuras desde A3-Pradomar - Resort en Puerto Colombia a A26-Galerazamba, en Piojó (20 sitios). Artículo de basura que registró una dominancia por playa entre el 36,4% (A8-Puerto Velero - Resort) y el 100,0% (A22-Aguamarina) (Fig. 12; Anexo J).

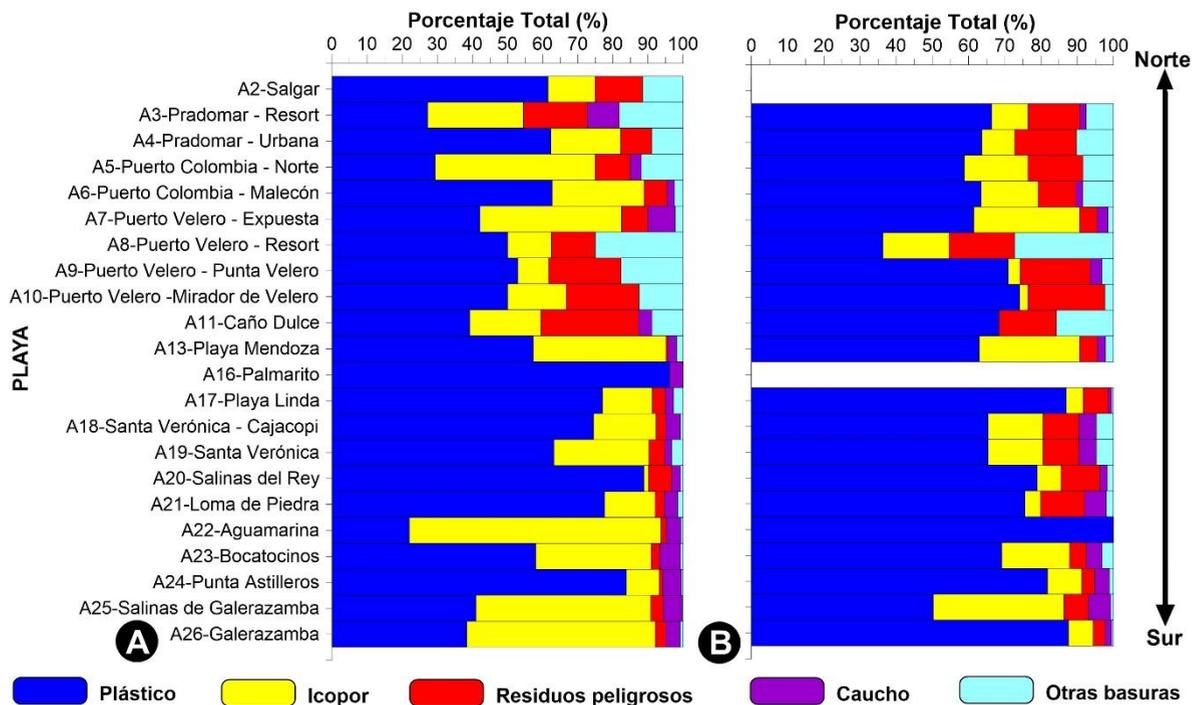


Figura 12. Composición y dominancia de las basuras en cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio - agosto de 2017 (A) y marzo de 2018 (B). Plástico; icopor; Residuos peligrosos: metal, vidrio/cerámica, madera procesada, riesgo biológico, aparejo de pesca y materia orgánica; caucho; y otras basuras: textil, papel/cartón, mixto (ej: colillas de cigarrillos) y otras basuras no identificadas.

Otros componentes de basuras como el caucho y residuos peligrosos se registraron para la mayoría de las playas del departamento entre los dos muestreos realizados; independientemente si se trataban de sitios turísticos con actividades de limpieza o no. A su vez, los artículos de caucho tuvieron una mayor presencia al extremo sur del departamento, playas con un manejo débil e inadecuado en actividades de limpieza (Rangel-Buitrago *et al.* 2017, 2018b, 2019a).

Por otro lado, hay otros componentes de basuras condicionados por el tipo de playa; por ejemplo: las playas al extremo sur del departamento desde A20-Salinas del Rey y A26-Galerazamba, presentaron la menor dominancia entre el 0,3% y 1,9% del total cuantificado para artículos de basura como el textil, papel/cartón y

mixtos (ej: colillas de cigarrillos). Artículos de basura que son generados principalmente por el uso de la playa (ej: turismo). No obstante, las playas ubicadas al norte del departamento, presentaron la mayor composición en artículos de basura generados por el uso de la playa. A3-Pradomar – Resort y A8-Puerto Velero – Resort presentaron la mayor dominancia en el área de estudio con un promedio entre los dos muestreos del 12,9% y 26,1%, respectivamente (Fig. 12; Anexo J).

Resultados similares se han obtenido en el área de estudio por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017, 2018b, 2019a). El plástico seguido del icopor fueron los mayores componentes de basura presente en las playas del departamento; con una mayor proporción en artículos de basura como el textil, papel/cartón y mixtos (ej: colillas de cigarrillos) hacia las playas ubicadas al norte del departamento (sitios turísticos), y en menor proporción al extremo sur del departamento (sitios poco turísticos).

5.2.2 Variación de las basuras en playa

A pesar del aumento y variación de los diferentes artículos de basuras a lo largo del área de estudio, véase la figura 13 (A – E), no se encontraron diferencias significativas entre los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018 ($p = 0,97$). Fueron pocas las playas que presentaron un gran aumento en el total basuras cuantificadas entre los dos muestreos, sucediendo principalmente en playas que ya presentaban altas densidades de basura (ej: A23-Bocatocinos, A25-Salinas de Galerazamba y A26-Galerazamba). Como se ha venido discutiendo a lo largo del documento, el transporte y acumulación de las basuras ha sido constante en las playas del departamento que se dividen en: presencia o ausencia de actividades de limpieza (Figura 13; Anexo E, F y G).

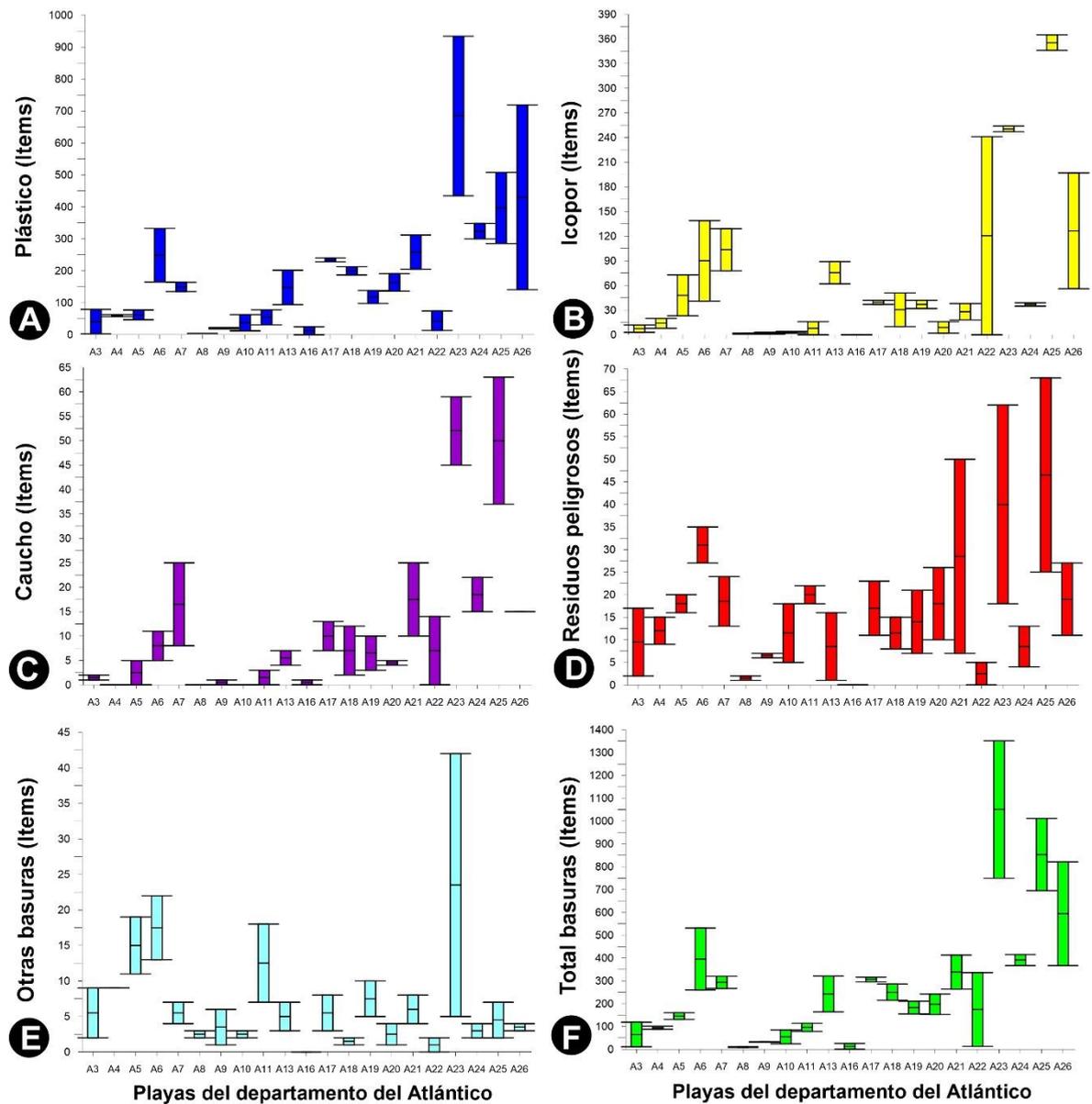


Figura 13. Variación de la basura en cada una de las playas encuestadas del departamento para los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018. Basuras: artículos de plásticos (A), icopor (B), caucho (C), residuos peligrosos (metal, vidrio/cerámica, madera procesada, riesgo biológico, aparejo de pesca y materia orgánica) (D), otros tipos de artículos de basuras (textil, papel/cartón, mixto, entre otros) (E) y el total de basuras colectadas (F). Plástico [Pa], icopor [Pol], caucho [Rb], textil [T], papel [Pa], madera procesada [Pw], metal [M], vidrio/cerámica [G], riesgo biológico [Bh], aparejo de pesca [F], materia orgánica [O], mixto [Mx] y otros [Ot].

5.3 FLOTABILIDAD Y PRINCIPALES FUENTES DE LAS BASURAS

Entre las principales fuentes de basuras en las playas del departamento, se encuentran las fuentes cercanas a las playas como desembocaduras de ríos, arroyos y aguas residuales, además de la generada directamente por el uso de playa (ej: turismo) (Rangel-Buitrago *et al.* 2017). Con el fin de acercarse más a sus posibles fuentes, al estudiar el tipo de flotabilidad de cada uno de los artículos de basura, se ha encontrado que a lo largo del área de estudio predominan las basuras de flotabilidad persistente (83,7%), seguido de basuras no flotantes (8,5%) y de flotabilidad a corto plazo (7,8%) (Fig. 14). A su vez, este fue un comportamiento que se mantuvo constante en el área de estudio para los dos muestreos realizados (Tabla 5; Anexo K).

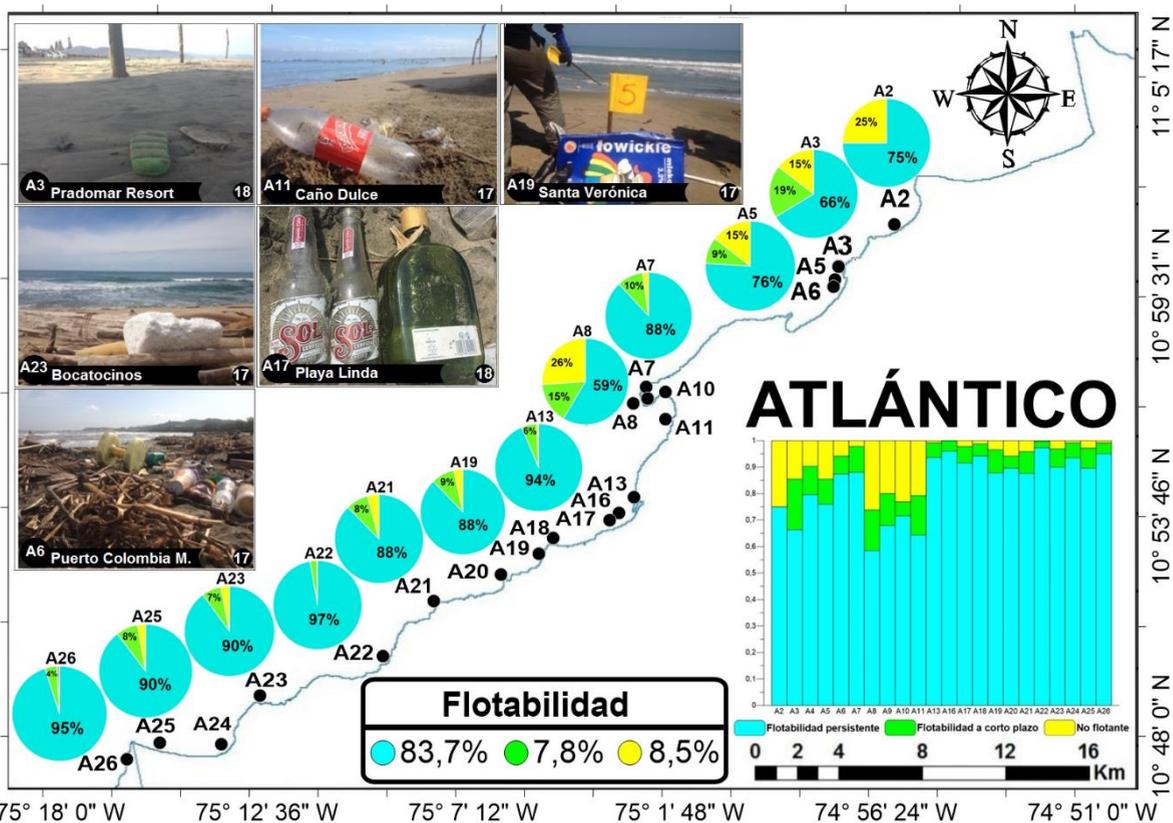


Figura 14. Flotabilidad de las basuras presentes a lo largo del área de estudio. Fotos de las playas en los muestreos de julio – agosto de 2017 (17) y marzo de 2018 (18).

Tabla 5. Porcentaje de la basura según su tipo de flotabilidad y restos de vegetación presentes en cada una de las playas estudiadas del departamento con su tipología, grado de exposición y estado morfodinámico.

ID	Tipología	Grado de exposición	Estado morfodinámico	Flotabilidad*			Promedio en restos de vegetación (2017 – 2018)
				[1]	[2]	[3]	
A2	Villa	Expuesta	Reflectiva	75,0%	0,0%	25,0%	7,5
A3	Resort	Expuesta	Disipativa	66,3%	19,1%	14,6%	9
A4	Urbana	Expuesta	Disipativa	79,6%	10,7%	9,7%	44
A5	Urbana	Expuesta	Intermedia	76,0%	9,5%	14,5%	11
A6	Urbana	Expuesta	Intermedia	87,4%	6,8%	5,9%	62
A7	Remota	Expuesta	Intermedia	88,1%	9,7%	2,2%	595
A8	Resort	Protegida	Disipativa	58,5%	15,3%	26,1%	1,5
A9	Villa	Protegida	Disipativa	68,0%	12,0%	20,0%	10,5
A10	Villa	Protegida	Disipativa	71,6%	5,3%	23,1%	20
A11	Villa	Protegida	Disipativa	64,4%	14,8%	20,8%	12,5
A13	Resort	Protegida	Intermedia	93,7%	5,6%	0,8%	89
A16	Villa	Protegida	Intermedia	96,0%	4,0%	0,0%	2,5
A17	Remota	Protegida	Intermedia	91,5%	6,2%	2,2%	107
A18	Resort	Expuesta	Reflectiva	94,2%	4,5%	1,2%	90,5
A19	Urbana	Protegida	Intermedia	87,8%	8,7%	3,4%	33,5
A20	Villa	Protegida	Reflectiva	89,6%	4,5%	5,8%	151
A21	Remota	Protegida	Intermedia	87,6%	8,2%	4,2%	194,5
A22	Resort	Protegida	Reflectiva	97,3%	2,4%	0,3%	104
A23	Rural	Expuesta	Reflectiva	90,0%	6,9%	3,1%	238,5
A24	Rural	Protegida	Disipativa	93,5%	5,8%	0,8%	237
A25	Remota	Expuesta	Reflectiva	89,6%	7,6%	2,8%	367,5
A26	Villa	Protegida	Intermedia	95,1%	4,1%	0,8%	252,5
Total				83,7%	7,8%	8,5%	

* Promedio de los datos colectados en los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018. Basuras de flotabilidad persistente [1], flotabilidad a corto plazo [2] y no flotantes [3].

En todas las playas encuestadas, predominó la basura de flotabilidad persistente desde A2-Salgar en Puerto Colombia hasta A26-Galerazamba, en Píojó; independiente del grado de exposición al oleaje o estado morfodinámico de cada playa (>65%). Los valores más altos (>85%) se presentaron en un total de 13

playas que son: A6-Puerto Colombia - Malecón, A7-Puerto Velero - Expuesto y de A16-Palmarito a A26-Galerazamba. Cabe destacar que la playa A16-Palmarito a pesar de ser una de las playas con baja y nula presencia de basuras entre los dos muestreos realizados, presentó una flotabilidad persistente del 96,0%; generada principalmente por los artículos de plástico registrados para la playa en el muestreo de julio – agosto de 2017 (Tabla 5; Anexo F).

Las playas con el mayor porcentaje en basuras flotantes a corto plazo y no flotantes ($\geq 9\%$) son: A2-Salgar, A3-Pradomar - Resort, A4-Pradomar – Urbana, A5-Puerto Colombia - Norte, A8-Puerto Velero - Resort, A9-Puerto Velero - Punta Velero, A10-Puerto Velero - Mirador de Velero y A11-Caño Dulce (ocho sitios). Tratándose de playas resorts, villas y urbanas que presentan actividades de manejo y limpieza para los municipios costeros de Puerto Colombia y Tubará (Tabla 5; Fig. 14). Resultados similares se registraron en el área de estudio por Rangel-Buitrago y colaboradores (2018b).

Entre las basuras de flotabilidad a corto plazo, se encontraron redes y restos de artículos de pesca abandonados, principalmente en playas con actividades pesqueras (ej: A19-Santa Verónica, A20-Salinas del Rey, A25-Salinas de Galerazamba y A26-Galerazamba). Otros artículos de basura con flotabilidad a corto plazo como el caucho (ej: sandalias), se hallaron en la mayoría de las playas del departamento. Estos artículos de caucho provienen principalmente de su abandono directo en las playas (ej: A3-Pradomar – Resort), del río Magdalena y de las 26 cuencas de drenajes menores presente a lo largo de la línea de costa del departamento (Rangel-Buitrago *et al.* 2017, 2018b) (Fig. 14; Anexo F y G).

Basuras no flotantes como los fragmentos de vidrios, botellas de licor y tapas metálicas de cervezas generados principalmente por su abandono directo en las playas (Silva-Iñiguez y Fisher 2003, Taffs y Cullen 2005, Bravo *et al.* 2009), se encontraron en mayor proporción para las playas más visitadas del departamento que

presentan manejo y actividades de limpieza (ej: A2-Salgar, A5-Puerto Colombia – Norte, A8-Puerto Velero Resort y A11-Caño Dulce) (Tabla 5; Fig. 14; Anexo L).

Los resultados obtenidos coinciden a lo encontrado a estudios anteriores en el área de estudio por Rangel-Buitrago *et al.* (2017, 2018a, 2018b), alrededor del mundo por Jambeck y colaboradores (2015) y otros estudios realizados en: Yakarta, Indonesia (Willoughby 1986), Japón (Kusui y Noda 2003), Mar de China Meridional (Zhou *et al.* 2011), al SW de California, EE.UU (Moore *et al.* 2011), Guatemala (Boix-Morán 2012), norte-central y SW del Pacífico en Chile (Thiel *et al.* 2013, Rech *et al.* 2014), Austria (Lechner *et al.* 2014), Italia Central (Poeta *et al.* 2014) y Punta del Este, Uruguay (Lozoya *et al.* 2016); donde más del 90% de la basura marina puede provenir de fuentes terrestres y en menor porcentaje de mar abierto.

5.3.1 Variación en su transporte y acumulación

Por otro lado, las playas del departamento presentaron grandes magnitudes en restos de vegetación con densidades entre 3,75 - 430,0 ítems*m⁻² para un total de 19 (julio – agosto de 2017) y 14 (marzo de 2018) de los 22 sitios encuestados. Restos de vegetación que provienen principalmente del río Magdalena y de las 26 cuencas de drenajes menores que pasan por un total de 10 municipios que concentran el 58% de la población del departamento (1'463.600 habitantes). Situación posiblemente causada a medida que aumentan las actividades de deforestación comercial cerca de las cuencas (Gracia *et al.* 2018, Rangel-Buitrago *et al.* 2017, 2018b), sucediendo en el departamento, para la región y resto del país.

A partir de la prueba ANOVA de una vía de Kruskal – Wallis, se encontró que no existe una diferencia significativa entre la magnitud de los restos de vegetación con el grado de exposición ($p = 0,713$) y estado morfodinámico ($p = 0,136$) para toda el área de estudio. Esto confirma el constante transporte y acumulación de restos de

vegetación que pueden permitir la entrada de basuras provenientes de cuencas hidrográficas (ej: río Magdalena). Basuras que tienen como destino final las playas del departamento entre los diferentes estados morfodinámicos, y sin importar su grado de exposición al oleaje (Tabla 5; Anexo E).

Teniendo en cuenta lo anterior, el río Magdalena es una de las principales fuentes de basuras en las playas del departamento. Este río pasa por un total de 724 municipios del país, de los cuales el 46% (334 municipios) no tienen un sistema de disposición para sus residuos sólidos. Del mismo modo, estos desechos terminan vertidos en la cuenca más cercana, es decir, el río Magdalena; transportando una gran magnitud de basuras que tienen como destino final la zona litoral. Otras fuentes de basuras son las actividades turísticas que generan artículos de basura como las colillas de cigarrillos, botellas de licor, tapas metálicas de cervezas, textil y papel/cartón. En un menor porcentaje, otras fuentes de basuras pueden provenir de mar abierto desde el mar Caribe; siendo este un mar cerrado (INVEMAR 2004, Rangel-Buitrago *et al.* 2017, 2018b). Por ejemplo, en la playa A19-Santa Verónica se encontró un envase de leche polaca que pudo provenir de mar abierto por parte de algún crucero turístico de paso por el mar Caribe (Fig. 14).

5.4 BASURAS: AFECTACIONES EN LA CALIDAD AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA DE LAS PLAYAS

Conociendo que las basuras es uno de los principales problemas en las costas y playas de todo el mundo, se evaluaron una serie de impactos causados por las basuras en las 22 playas encuestadas del departamento del Atlántico. Un total de 19 de 22 playas encuestadas presentaron un alto grado de basura (Clase C y D); de estas, 17 sitios registraron bajos índices de limpieza (Clase IV y Clase V). A su vez, entre los diferentes artículos de basura colectados, un total de 16 (julio – agosto de 2017) y 18 playas (marzo de 2018) presentaron una cantidad

considerable de artículos de basura peligrosos (Clase III – Clase V). Finalmente, las 22 playas encuestadas, como se ha venido registrando en el área de estudio por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017, 2018a), presentaron una baja calidad paisajística; clasificándose en 13 sitios Clase V y nueve Clase IV (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados obtenidos en la calidad y estado ambiental de las 22 playas estudiadas a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.

ID	Clean Coastal Index (CCI)		Hazards Index (Índice de peligrosidad) (HI)		Calidad Paisajística		Análisis Sectorial (SA)	
	2017	2018	2017	2018	"D"	Clase	2016*	17/18**
	A2	10,4	-	1,6	-	-0,6	V	C
A3	2,2	23,8	0,8	3,4	-1,01	V	B	C
A4	20,2	17,6	1,8	3,2	-1,23	V	C	C
A5	32	26,2	2,9	3,9	-1,25	V	D	C
A6	106	52	5,1	4,5	-1,22	V	D	D
A7	320	267	19,2	10,7	-0,23	V	D	D
A8	1,6	2,2	0,4	0,8	0,06	IV	B	A
A9	6,8	6,2	1,8	1,6	-0,22	V	C	C
A10	4,8	17	1,4	3,7	0,2	IV	C	C
A11	15,8	22,8	4,6	3,5	-0,32	V	D	D
A13	32,8	64,2	0,2	2,6	0,19	IV	C	C
A16	5,2	0	0,0	0,0	0,29	IV	C	A
A17	59,2	63,2	1,8	3,7	0,05	IV	D	D
A18	57,2	43	1,3	2,6	-0,51	IV	C	C
A19	31	42,2	1,3	3,6	-0,93	V	C	D
A20	30,6	48,4	1,8	4,4	0,05	IV	C	D
A21	52,8	82,6	1,2	7,6	-0,08	V	D	D
A22	67,2	2,6	0,8	0,0	0,1	IV	B	B
A23	150	270	2,5	7,9	0,05	IV	D	D
A24	83	73,4	0,6	2,0	-0,08	V	D	D
A25	139	202	3,5	9,1	-0,53	V	D	D
A26	73,4	164	1,7	3,7	-0,65	V	D	D

A partir de la realización del índice de limpieza *Clean Coastal Index* (CCI), para el muestreo de julio – agosto de 2017, un total de 17 playas ubicadas al norte (ej: A4-Pradomar – Urbana, A5-Puerto Colombia – Norte y A6-Puerto Colombia – Malecón)

y sur del departamento (ej: A23-Bocatocinos, A24-Punta Astilleros, A25-Salinas de Galerazamba y A26-Galerazamba) se clasificaron en un total de 15 sitios considerados extremadamente sucios (Clase V) y dos sitios sucios (Clase IV). A su vez, solo un total de cinco playas presentaron adecuados índices de limpieza entre Clase I (muy limpias) y Clase III (moderadamente limpias) (Tabla 6; Fig. 15).

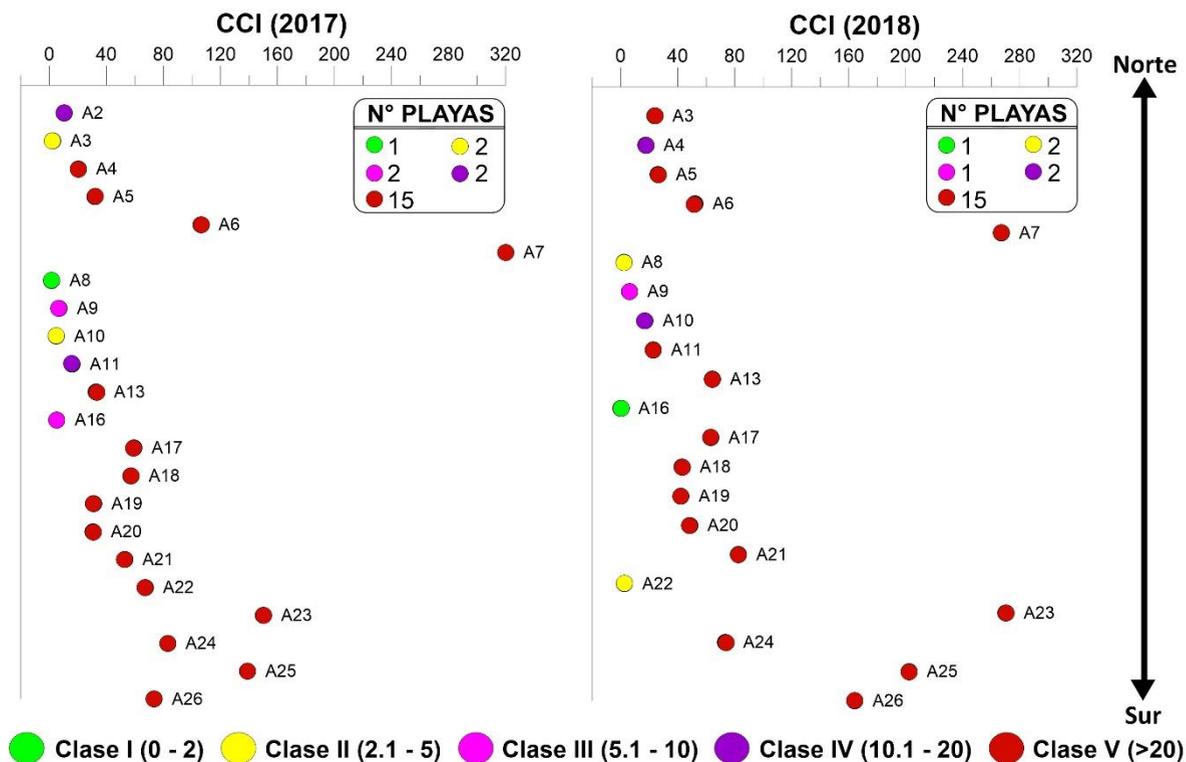


Figura 15. Índice de limpieza obtenido para cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018.

Para el muestreo de marzo de 2018, nuevamente un total de 17 playas registraron gran acumulación de basuras (15 sitios Clase V y dos sitios Clase IV), para un total de solo cuatro playas entre limpias a moderadamente limpias (Clase I – Clase III) (A8-Puerto Velero – Resort, A9-Puerto Velero – Punta Velero, A16-Palmarito y A22-Aguamarina) (Tabla 6; Fig. 15). Este resultado demuestra que, debido a la constante entrada y acumulación de basuras, acompañado de la inadecuada

gestión de manejo en la mayoría de las playas del departamento del Atlántico, han ocasionado que la mayoría de sitios se registren altas densidades de basura.

El 80,9% (17 sitios) del total de 22 playas encuestadas del departamento se clasificaron entre Clase V (15 sitios) y Clase IV (dos sitios) entre los dos muestreos. Resultado similar se halló en el área de estudio por Rangel-Buitrago y colaboradores (2019a), para un total de 19 de 25 playas encuestadas con problemas de acumulación de basuras (16 Clase V y tres Clase IV). Otro estudio al NW del Mar Mediterráneo en Italia reportó un resulta similar, donde el 58,3% (7 sitios) de un total de 12 playas encuestadas registraron un mal manejo de playa y de basuras (Giovacchini *et al.* 2018). Ambos resultados han superado ampliamente lo que se registró en la costa israelí con un total de 59 playas encuestadas, donde se obtuvo que solo el 15,2% (nueve sitios) presentaron pobres actividades de limpieza (entre sucias y extremadamente sucias); de este modo, el 44,1% (26 sitios) se consideraron playas moderadamente limpias y el restante 40,7% (24 sitios) se consideraron playas limpias (Alkalay *et al.* 2007).

A partir de la realización del análisis de conglomerados (AC) y el análisis de componentes principales (ACP) en función de la composición y abundancia de las basuras en cada una de las playas encuestadas del departamento con sus respectivos muestreos, independientemente si presentaban actividades de limpieza o no; se obtuvo un resultado similar a lo encontrado por el *Clean Coastal Index* (CCI), dividiendo a las playas principalmente en dos grupos:

- **Grupo “A”:** playas consideradas sucias por la gran magnitud de basuras con ausencia de actividades de limpieza; o playas que presentan un manejo, pero que todavía presentaban una magnitud de basuras igual o superior a los 100 ítems al momento de ser encuestadas.

- **Grupo "B"**: playas consideradas limpias con una menor magnitud de basuras (<100 ítems), presentando una adecuada gestión de limpieza al momento de ser encuestadas.

En el muestreo de julio – agosto de 2017, se clasificaron 15 playas en el grupo "A" (sucias) (ej: A6-Puerto Colombia – Malecón y A25-Salinas de Galerazamba) y siete en el grupo "B" (limpias) (ej: A8-Puerto Velero – Resort y A16-Palmarito). Considerando entre el grupo de playas "limpias", los sitios A2-Salgar y A11-Caño Dulce. Estas dos playas a pesar de registrar un bajo índice de limpieza (Clase IV), presentaron moderadas magnitudes entre los diferentes artículos de basura, para un total de 52 ítems (A2-Salgar) y 79 ítems (A11-Caño Dulce); siendo el plástico el mayor componente de basura en ambas playas (Tabla 6; Fig. 16; Anexo F).

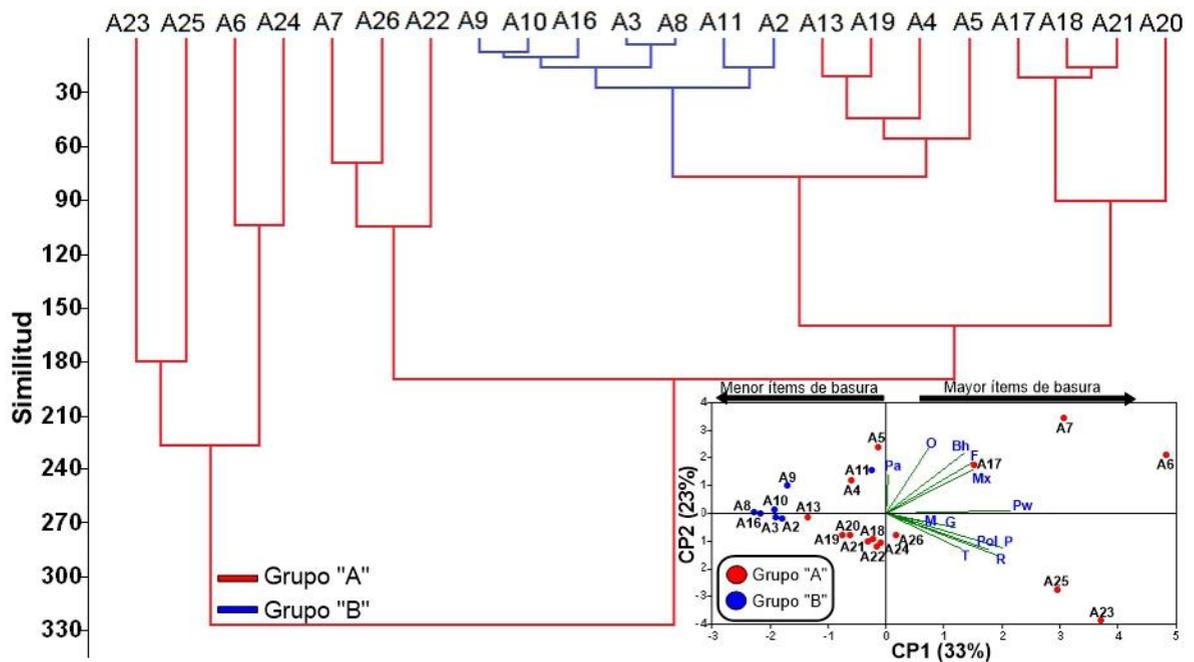


Figura 16. Análisis de conglomerados (AC) y Análisis de Componentes Principales (ACP) para las 22 playas encuestadas en el muestreo de julio – agosto de 2017.

En el muestreo de marzo de 2018, se obtuvo que un total de 17 playas sucias (Grupo "A") (ej: A23-Bocatocinos y A26-Galerzamba), y solo cuatro playas

consideradas limpias (Grupo "B") (ej: A8-Puerto Velero – Resort y A16-Palmarito). Este resultado corrobora lo obtenido a partir del índice de limpieza (CCI) en las 21 playas encuestadas, considerando para los mismos 17 sitios con un inadecuado manejo de basuras (15 Clase V y dos Clase IV) como sucias. Del mismo modo, para los restantes cuatro sitios que registraron un adecuado manejo de las basuras (Clase I - Clase III), se consideraron playas limpias (Tabla 6; Fig. 17).

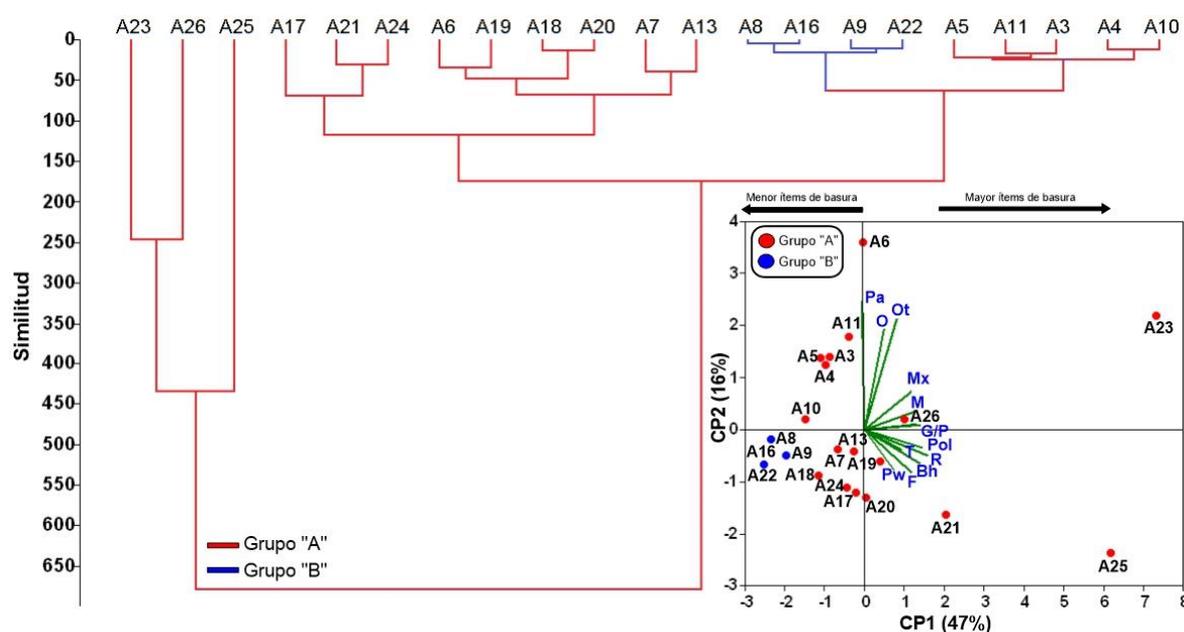


Figura 17. Análisis de conglomerados (AC) y Análisis de Componentes Principales (ACP) para las 21 playas encuestadas en el muestreo de marzo de 2018

Resultados similares a lo reportado en el área de estudio por Rangel-Buitrago y colaboradores (2018b), estudio que consideró las playas con las mejores actividades de manejo y limpieza como los sitios “limpios” del departamento (ej: A2-Salgar, A3-Pradomar – Resort, A8-Puerto Velero – Resort, A9-Puerto Velero – Punta Velero, A11-Caño Dulce y A16-Palmarito). Cabe señalar que la playa A22-Aguamarina (sitio resort con actividades de limpieza), se consideró una playa limpia (Grupo B) por su notable disminución en artículos de basuras registrados para el muestreo de marzo de 2018 (Fig. 16 y 17; Anexo E y G).

Los diagramas de ACP muestra los factores CP1 y CP2, responsables del 55% y 63% de la varianza total obtenida entre los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. En este análisis se observa que hay una clara tendencia de las playas con las mayores magnitudes de basura (ej: A23-Bocacocinos y A25-Salinas de Galerazamba) hacia el eje positivo del primer componente CP1 (33% y 47%). Hacia el eje negativo CP1, se registran las playas con las menores magnitudes de basuras (ej: A8-Puerto Velero – Resort y A16-Palmarito); grupo de playas que no registran componentes de basuras que causen su agrupamiento (Fig. 16 y 17; Anexo F y G).

El ACP destaca la magnitud de los diferentes artículos de basura que se logran distinguir entre los ejes CP1 y CP2 para cada una de las playas encuestadas. Artículos de basura como el plástico (P), icopor (Pol), caucho, (R), madera procesada (Pw), metal (M) y vidrio (G), generadas principalmente por fuentes distantes y/o cercanos (ej: río Magdalena) o directamente por el uso de la playa (ej: turismo); se encuentran ubicadas hacia el eje positivo CP1. Eje donde se agrupan las playas con las mayores magnitudes de basuras (entre ellas se encuentran las playas remotas y rurales con el 30% y 25% del total cuantificado entre los dos muestreos, respectivamente), con exposición al oleaje y con un estado morfodinámico intermedio y reflectivo. Otros artículos de basura como papel/cartón (Pa), materia orgánica (O), mixto (Mx), entre otros (Ot), generados principalmente por su uso en las playas, se encuentran ubicados entre los ejes CP1 (33% y 47%) y CP2 (16% y 23%); presentando de igual manera una agrupación hacia las playas que registraron las mayores magnitudes de basura (Fig. 16 y 17; Anexo F y G).

A pesar de haberse registrado playas con adecuadas y constantes actividades de limpieza, como es en el caso de A8-Puerto Velero – Resort y A16-Palmarito, un total de 15 a 17 playas se consideraron “sucias” entre los dos muestreos. Lo obtenido refleja una grave problemática en el transporte y acumulación de basuras,

acompañado por una inadecuada gestión o ausencia en actividades de limpieza en la mayoría de las playas del departamento. Resultados similares que se han obtenido en el área de estudio por Rangel-Buitrago y colaboradores (2018b) para las playas urbanas, rurales y remotas al NE (ej: A7-Puerto Velero - Expuesto) y SE (ej: A23-Bocatocinos) del departamento, expuestas y/o protegidas del oleaje, con un estado morfodinámico intermedio y reflectivo (Tabla 6; Fig. 4, 16 y 17).

Otros impactos causados por la elevada magnitud de basuras registradas en las playas del departamento, es la presencia de residuos peligrosos. A partir de la realización del cálculo del *Hazards Items Index* (HII), se determinó el grado de exposición a estos artículos de basura presente en cada una de las playas encuestadas. En el muestreo de julio – agosto de 2017 un total de tres playas registraron una notable y alta presencia de objetos peligrosos clasificándose entre Clase V (un sitio) y Clase IV (dos sitios). Un total de 13 sitios se consideraron con una moderada presencia de residuos peligrosos (Clase III), y las restantes seis playas registraron una baja a nula presencia de objetos peligrosos observables entre Clase II (cinco sitios) y Clase I (un sitio) (Tabla 6; Fig. 18; Anexo M).

Con el aumento de los residuos peligrosos registrados en marzo de 2018, véase tabla 4 y figura 11, se obtuvo un aumento a seis playas clasificadas como no aptas para ser visitadas entre Clase V (dos sitios) y Clase IV (cuatro sitios). A su vez, un total de 12 playas registraron una considerable cantidad de artículos peligrosos (Clase III), y solo tres playas con baja a nula presencia de artículos de basura peligrosos (un sitio Clase II y dos sitios Clase I) (Tabla 6; Fig. 18; Anexo M).

El resultado obtenido muestra que un total de 16 (julio – agosto de 2017) y 18 playas (marzo de 2018) presentaron una cantidad considerable a estar cubierta por objetos peligrosos (Clase III - V), que pueden representar un potencial riesgo a la salud del ser humano. Por ejemplo, se registró residuos sanitarios y hospitalarios considerados de riesgo biológico (ej: potencial toxicidad) para las playas: A7-Puerto

Velero – Expuesto, A13-Playa Mendoza, A20-Salinas del Rey y A24-Punta Astilleros (Fig. 18; Anexo F, G y M). Resultado que superó a lo registrado en Viña del Mar (Chile), donde un total de nueve de 24 sitios encuestados presentaron una cantidad considerable de objetos peligrosos (Clase III); considerando para el restante número de playas (15 sitios), presentar una menor cantidad de objetos peligrosos observables (Clase II) (Rangel-Buitrago *et al.* 2019b).

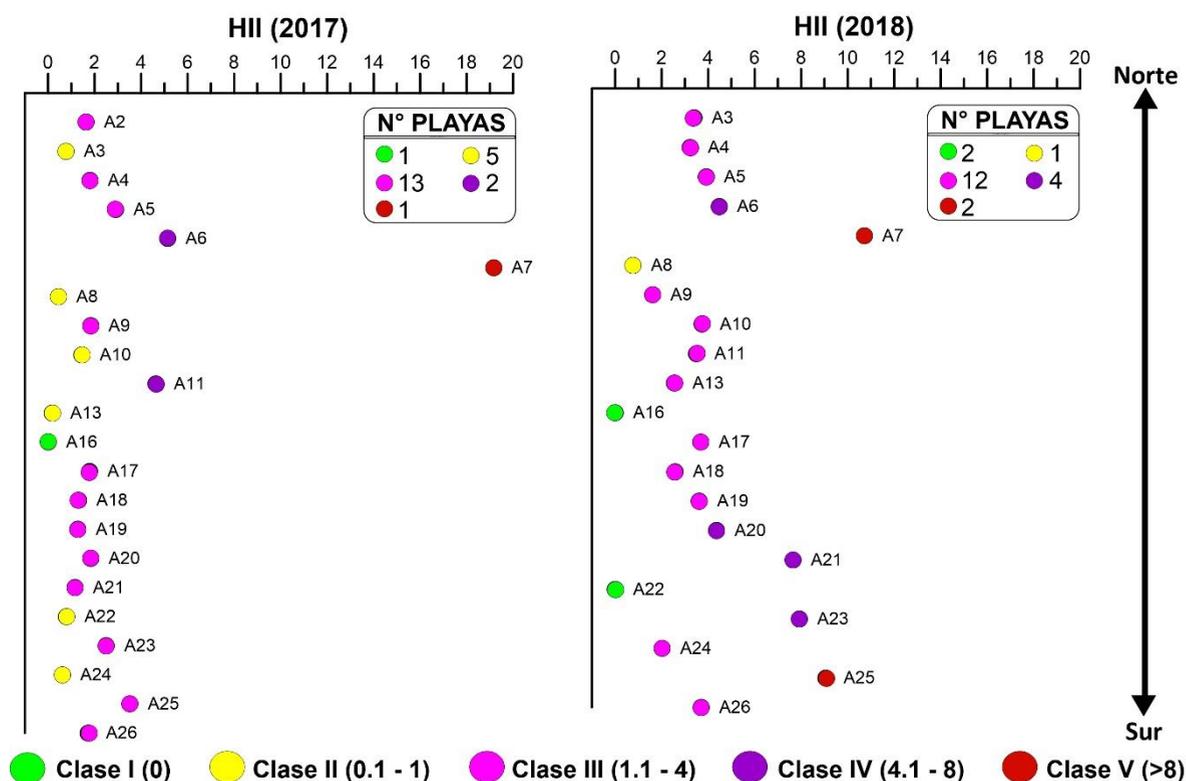


Figura 18. Índice de peligrosidad obtenido para cada una de las playas encuestadas del departamento en los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018.

Finalizando el estudio, comparando lo obtenido entre la composición y magnitud de las basuras para el muestreo de junio de 2016 realizado por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017), con lo obtenido entre los muestreos de julio – agosto de 2017 y marzo de 2018 del presente estudio; se obtuvo que la mayoría de las playas siguen presentando una baja calidad paisajística, con una grave problemática en la acumulación de basuras. Las 22 playas encuestadas se clasificaron en un total de

13 sitios Clase V y nueve Clase IV, para una baja calidad paisajística. A su vez, un total de 19 playas registraron un alto grado de basura, clasificándose entre Clase C y D para cada análisis sectorial realizado (Tabla 6).

En el muestreo de junio de 2016 realizado por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017), 19 de las 22 playas estudiadas (86,4%) se clasificaron entre Clase “C” y “D” por su alto grado de basura, para solo tres playas tipo resort de Clase “B” (A3-Pradomar - Resort, A8-Puerto Velero - Resort y A22-Aguamarina). Resultado similar que se registró entre los dos muestreos realizados del presente estudio, para un total de 19 playas entre Clase “C” y “D”. No obstante, se registró una mejoría en la clasificación de dos playas, A8-Puerto Velero - Resort y A16-Palmarito registraron una moderada a nula cantidad de basuras (Clase A) (Tabla 6; Fig. 19 y 20).

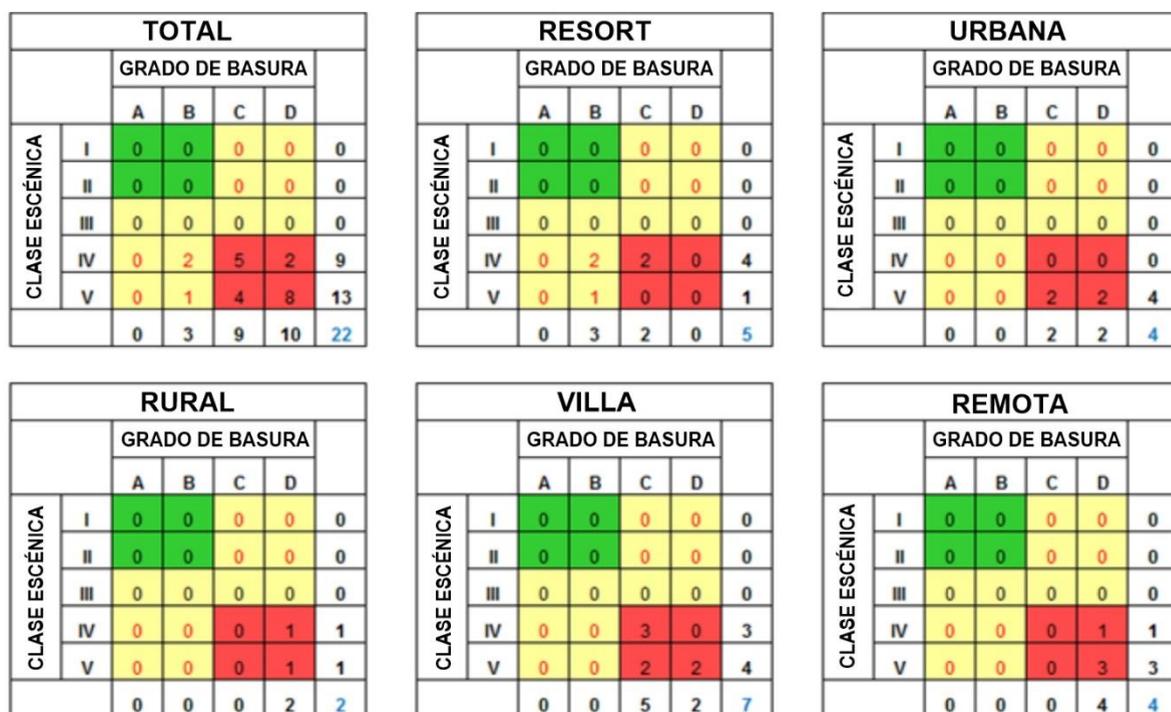


Figura 19. Análisis sectorial: Integración de la basura con la calidad escénica y tipología de cada una de las playas encuestadas en junio de 2016 por Rangel-Buitrago y colaboradores (2017).

Entre las diferentes tipologías, las playas tipo resort y villa fueron las únicas que presentaron un bajo grado de basura (Clase A y B), para un total de tres sitios entre los dos análisis sectoriales realizados. Con el paso de los muestreos entre junio de 2016 y marzo de 2018, determinadas playas han venido registrando una disminución en basuras, clasificando de Clase “B” a “A” A8-Puerto Velero – Resort (playa tipo resort) y de Clase “C” a “A” A16-Palmarito (playa tipo villa). A su vez, A22-Aguamarina (playa tipo resort) mantuvo su categoría como Clase “B” (Tabla 6; Fig. 19 y 20). En estas playas se ha venido observando adecuadas actividades de limpieza con una baja magnitud en basuras (Rangel-Buitrago *et al.* 2018b, 2019a).

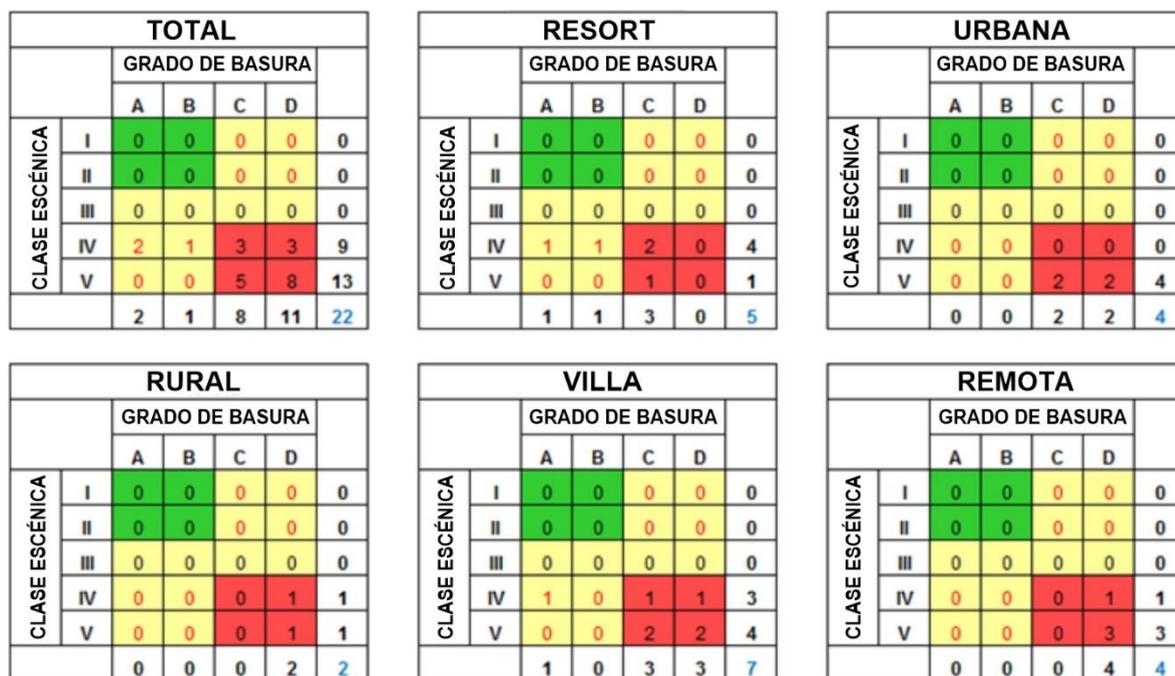


Figura 20. Análisis sectorial: Integración de la basura con la calidad escénica y tipología de cada una de las playas encuestadas entre julio – agosto de 2017 y marzo de 2018.

Por otro lado, con el paso de los muestreos ciertas playas del departamento registraron un aumento en basuras, pasando de Clase “B” a “C” A3-Pradomar - Resort (playa tipo resort) y de Clase “C” a “D” para las playas A19-Santa Verónica

(playa tipo urbana) y A20-Salinas del Rey (playa tipo villa) (Tabla 6; Fig. 19 y 20); a pesar de ser playas que presentan actividades de limpiezas (Anexo D).

Lo anterior deja en claro la presencia de actividades de limpiezas regulares en determinadas playas (ej: A8-Puerto Velero – Resort y A16-Palmarito), con un manejo débil, inadecuado e inexistente en la mayoría de las playas del departamento (ej: playas rurales y remotas como A20-Loma de Piedra, A23-Bocatocinos y A25-Salinas de Galerazamba) (Tabla 3, 4 y 6; Anexo E, H, I y N).

Dada la constante entrada y acumulación de basuras; la gobernación, los municipios costeros y entes interesados han tenido la necesidad de implementar mejores medidas de manejo costero y actividades de limpieza en las playas del departamento. Desafortunadamente, esto no ocurre en todos los sitios y no existe un adecuado control de las principales fuentes de basuras (ej: río Magdalena y el turismo). Se conoce la iniciativa de la empresa pública Triple A S.A. E.S.P que oficialmente inició labores de limpieza en las playas de Puerto Colombia en marzo de 2018, junto con la colaboración de los residentes de la zona, voluntarios y entes no gubernamentales, quienes han recogido la cifra de 1.163,57 toneladas en basuras y restos de vegetación con registro a finales de marzo de 2019. Se suma al anterior dato las 1.720 toneladas recogidas el 18 de junio de 2019 a causa de la Isla de basura que se acumuló a lo largo de la línea de costa del municipio de Puerto Colombia y sitios aledaños (Triple A 2018, 2019a, 2019b).

A pesar de las diferentes actividades de limpieza que se llevan a cabo en los diferentes municipios costeros, sigue siendo necesario mejorar la gestión de las basuras en playa a lo largo del área de estudio, basándose principalmente en estrategias para reducir o eliminar las fuentes de las basuras, teniendo en cuenta la educación y concientización de la ciudadanía colombiana respecto a esta grave problemática en la costa atlántica y a lo largo del territorio colombiano.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten extraer las siguientes conclusiones:

- Un total de 15 a 17 playas de la costa atlántica entre los dos muestreos realizados, presentaron una alta abundancia y densidad de basuras y restos de vegetación; obteniéndose bajos valores en calidad paisajística (13 sitios Clase V y nueve Clase IV) e índices de limpieza bajos de Clase V (extremadamente sucias) y Clase IV (sucias). Además, con un notable aumento a la exposición de artículos de basuras considerados peligrosos de tres a seis playas del departamento entre Clase IV (valores altos de objetos peligrosos con densidades entre $1,10 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$ y $3,10 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$) y Clase V (playa cubierta de objetos peligrosos con densidades $\geq 3,25 \text{ ítems} \cdot \text{m}^{-2}$), que pueden suponer un riesgo a la salud de las personas al momento de visitarlas.
- Un total de 19 playas se clasificaron con un alto grado de basuras entre Clase C y D, obteniendo un resultado similar al obtenido en el muestro de junio de 2016 realizado por Rangel-Buitrago *et al.* (2017) para 19 (clasificadas entre Clase C y D) de las 22 playas encuestadas del presente estudio.
- Las playas rurales y remotas presentaron el mayor porcentaje de basuras con un promedio del 55% del total cuantificado a lo largo del área de estudio; tratándose solo de seis de las 22 playas encuestadas,
- El plástico e icopor presentaron la mayor dominancia a lo largo del estudio con un porcentaje del 63,2% y 24,8%, respectivamente, seguido de los residuos peligrosos (5,9%), del caucho (3,9%), y otros tipos de basura (2,2%).

- Las principales fuentes de basuras en las playas del departamento del Atlántico es la transportada a partir de cuencas hidrográficas como el río Magdalena, las 26 cuencas de drenajes menores del departamento y la generada directamente por actividades ocio/recreativas (ej: turismo).
- No existe diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los muestreos realizados, el grado de exposición del oleaje y estado morfodinámico de las playas del departamento del Atlántico, respecto al transporte y acumulación constante de basuras y restos de vegetación.
- El mayor porcentaje en desechos de flotabilidad a corto plazo y no flotantes como el papel/cartón, textil, fragmentos de vidrios, botellas de licor, tapas metálicas y colillas de cigarrillos generadas principalmente por el uso de las playas (ej: turismo); se registraron mayormente para las playas resort y villa. Siendo las playas más visitadas de los municipios costeros de Puerto Colombia y Tubará.
- Es necesario seguir mejorando las labores de limpieza a lo largo de la línea de costa del departamento e implementar estrategias basadas en concientización, educación, reducción y/o eliminación de las fuentes de basuras, con el fin de disminuir la problemática de transporte y acumulación presente en la mayoría de las playas del departamento del Atlántico.

VII. RECOMENDACIONES

- Ampliar el estudio a observaciones cualitativas y/o cuantitativos de basuras provenientes de las diferentes cuencas hidrográficas que desembocan cerca de las playas del departamento del Atlántico, con el fin de aclarar y confirmar los diferentes tipos de basuras de playa provenientes a partir de este tipo de fuente.
- Continuar con los estudios de seguimiento referente a la problemática de acumulación de basuras que sufre la línea de costa del departamento del Atlántico. A su vez, debe tenerse en cuenta los periodos de lluvia y sequía junto con sus respectivos análisis de modelaje de olas que presente la región.
- Realizar estudios que determinen las posibles y diferentes afectaciones e impactos negativos generados por la presencia de basuras sobre la biota del ecosistema de playa y a los distintos ecosistemas circunscritos a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Hilal, A.H. y Al-Najjar, T. 2004. Litter pollution on the Jordanian shores of the Gulf of Aqaba (Red Sea). *Marine Environmental Research*. 58, 39 – 63.
- Alkalay, R., Pasternak, G. y Zask, A. 2007. Clean Coast Index – A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*. 50, 352 – 362.
- Angiolillo, M. 2019. Debris in deep water. In: Shepard, C. (Ed.). *World Seas: an Environmental Evaluation*. Elsevier, Amsterdam. 251 – 268.
- Anfuso, G., Rangel-Buitrago, N. y Correa, I. 2015. Evolution of sands pits along the Caribbean Coast of Colombia: natural and human influences. In: Randazzo, G., Jackson, D. y Cooper, J. A. (Eds.), *Sand and Gravel Spits*. Springer, Nueva York. 1 – 21.
- Asensio-Montesinos, F., Anfuso, G. y Randerson, P. y Williams, A.T. 2019. Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coast sites (Alicante, SE Spain). *Ocean and Coastal Management*. 181, 104914.
- Auman, H.J., Ludwig, J.P., Giesy, J.P. y Colborn, T. 1997. Plastic ingestion by Laysan Albatross chicks on Sand Island, Midway Atoll, in 1994 and 1995. *Biology and Conservation*. 239 – 244.
- Aya, K. 2011. Propuesta de un sistema de recolección, manejo, transporte y disposición de residuos sólidos con miras a la construcción de un arrecife artificial en Isla Fuerte, Cartagena. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Becker, E. 2013. *Overbooked: The Exploding Business of Travel and Tourism*. Simon & Schuster, New York. 448p.
- Ballance, A., Ryan, P. y Turpie, J. 2000. How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the cape Peninsula, South Africa. *South Africa Journal of Science*. 96p.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C. y Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*. 364, 1985 – 1998.
- Barragan, J.M. y Andreis, M. 2015. Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. *Ocean and Coastal Management*. 114, 11 – 20.

- Benton, T.G. 1995. From castaways to throwaways: marine litter in the Pitcairn Islands. *Biological Journal of the Linnean Society*. 56, 415–422.
- Bergmann, M., Gutow, L. y Klages, M. 2015. *Marine Anthropogenic Litter*. Springer Open.
- Bergmann, M., Sandhop, N., Schewe, I. y D’Hert, D. 2016. Observations of floating anthropogenic litter in the Barents Sea and Fram Strait, Arctic. *Polar Biology*. 39 (3), 553-560.
- Boix-Morán, L. 2012. Impacto de la presencia de desechos sólidos en las zonas de Manglar en las Lisas Chimiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala. *Revista Vinculando*.
- Borja, A., Elliott, M., Carstensen, J., Heiskanen, A.S. y van de Bund, W. 2010. Marine management – towards an integrated implementation of the European Marine Strategy Framework and the Water Framework Directives. *Marine Pollution Bulletin*. 60, 2175–2186.
- Bouwman, H., Evans, S.W., Cole, N., Choong, N.S. y Kylin, H. 2016. The flip-orflop boutique: marine debris on the shores of St Brandon’s rock, an isolated tropical atoll in the Indian Ocean. *Marine Environmental Research*. 114, 58–64.
- Bravo, M., de los Angeles Gallardo, M., Luna-Jorquera, G., Nuñez, P., Vásquez, N. y Thiel, M. 2009. Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): Results from a national survey supported by volunteers. *Marine Pollution Bulletin*. 58, 1718 – 1726.
- Briguglio, L. 1995. Small island developing states and their economic vulnerabilities. *World Development*. 23 (9), 1615-1632.
- Calero, L. y Casanova, R. 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y sustancias contaminantes en el Pacífico colombiano. *Boletín Científico Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP)*. San Andrés de Tumaco. 6, 29-44.
- Carpenter, E.J. y Anderson, S.J., Harvey, G.R., Miklas, H.P. y Peck, B.B. 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science*. 178, 749–750.
- Carpenter, E.J. y Smith, K.L. 1972. Plastic on the Sargasso Sea Surface. *Science* 175, 1240–1241.
- Caruso, G. 2015. Microplastics in Marine Environments: Possible Interactions with the Microbial Assemblage. *Journal Effects and Control*. 3: e111. DOI: 10.4172/2375-4397.1000e111.

- CCCP. Centro de Control de Contaminación del Pacífico. 1996. Diagnóstico de la Contaminación Marina en el Pacífico colombiano. Informe técnico. San Andrés de Tumaco: CCCP, Colombia.
- CCO. Comisión Colombiana del Océano. 2008. Efectos adversos generados por la basura marina y conformación del grupo de trabajo para reducir su ingreso al medio marino de la bahía de San Andrés de Tumaco. Bogotá. 47p.
- CCO. Comisión Colombiana del Océano. 2018. Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros – PNOEC. Secretaria Ejecutiva CCO. Bogotá, Colombia.
- CEE. 1976. Council Directive of 8 December 1975 concerning the quality of bathing water (76/160/EEC). Official Journal of the European Communities.
- Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jettic, L., Jung, R.-T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B. y Westphalen, G. 2009. UNEP/IOC guidelines on survey and monitoring of marine litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83.
- Chen, C.L. Chapter 15: Regulation and Management of Marine Litter. In: Bergmann, M., Gutow, L. y Klages, M. 2015. Marine Anthropogenic Litter. Springer Open. 395.
- Council Directive. 2008. 2008/56/EC. Official Journal of the European Union, L. 164: 19-40.
- Cordeiro, C.A. y Costa, T.M. 2010. Evaluation of solid residues removed from a mangrove swamp in the São Vicente Estuary, SP, Brazil. Marine Pollution Bulletin. 60, 1762 - 1767.
- CONPES 3874. Consejo Nacional de Política Económica y Social. 2016. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Departamento Nacional de Planeación (DNP), Bogotá D.C., Colombia.
- Corraini, N.R., de Souza de Lima, A., Bonetti, J. y Rangel-Buitrago, N. 2018. Troubles in the paradise: Litter and its scenic impact on the North Santa Catarina island beaches, Brazil. Marine Pollution Bulletin. 131, 572–579. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.04.061
- CPPS. Comisión Permanente del Pacífico Sur. 2007. Basura marina en la Región del Pacífico Sudeste: una revisión del problema. Guayaquil, Ecuador. 31p.
- DADSA. Departamento Administrativo Distrital de Sostenibilidad Ambiental. 2018. Resolución 1017 de 2018. DADSA.

- da Silva, M.L., de Araujo, F.V., Castro, R.O. y Sales, A.S. 2015. Spatial-temporal analysis of marine debris on beaches of Niterói, RJ, Brazil: Itaipu and Itacoatiara. *Marine Pollution Bulletin*. 92 (1-2), 233 – 236.
- Dayton, P., Curran, S., Kitchingman, A., Wilson, M., Catenazzi, A., Restrepo, J., Birkeland, C., Blaber, S., Saifullah, S., Branch, G., Boersma, D., Nixon, S., Dugan, P., Davidson, N. y Vorosmarty, C. 2005. Chapter 19: Coastal Systems. In: *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. Millennium Ecosystem Assessment*. Vol 1. 917p.
- de Carvalho, D.G. y Baptista-Neto, J.A. 2016. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Ocean & Coastal Management*. 128, 10–17.
- Debrot, A.O., van Rijn, J., Bron, P.S. y de León, R. 2013. A baseline assessment of beach debris and tar contamination in Bonaire, Southeastern Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*. 71 (1-2), 325 – 329.
- Debrot, A.O., Vinke, E., van der Wende, G., Hylkema, A. y Reed, J.K. 2014. Deepwater marine litter densities and composition from submersible video-transects around the ABC-islands, Dutch Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*. 88, 361 – 365.
- Deudero, S. y Alomar, C. 2015. Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. *Marine Pollution Bulletin*. 98, 58-68.
- di Giacomo, C. 2014. Naturaleza y abundancia de los residuos sólidos en las playas del entorno de la Bahía de Cádiz. Tesis de Maestría. Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR). Universidad de Cádiz, España.
- EA/NALG, 2000. Assessment of Aesthetic Quality of Coastal and Bathing Beaches. Monitoring Protocol and Classification Scheme. Environment Agency and The National Aquatic Litter Group, London.
- EEA. European Environment Agency. 2006. EEA environmental statement 2006. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Copenhagen. ISBN 92 -9167-878-3.
- Elias, R. 2015. Mar de plástico: una revision de los problemas del plástico en el mar. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*. 27, 83 – 105.
- Ergin, A., Karaesmen, E., Micallef, A. y Williams, A.T. 2004. A new methodology for evaluating coastal scenery: fuzzy logic systems. *Area*. 36, 367–386.

- Ergin, A., Özölçer, I. y Şahin, F. 2010. Evaluation coastal scenery using fuzzy logic: Application at selected sites in Western Black Sea coastal region of Turkey. *Ocean Engineering*. 37, 583 – 591.
- Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A. y Rifman, S. 2013. Plastic pollution in the South Pacific Subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin* 68, 71–76.
- Escobar, J.J. 2000. Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) – Plan de Acción para la Protección del Medio Ambiente Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste. En: CPPS. Comisión Permanente del Pacífico Sur. 2007. Basura Marina en el Pacífico Sudeste: una revisión del problema. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Guayaquil, Ecuador. 31p.
- Escobar, J.J. 2006. Primera aproximación al problema de las basuras marinas en el Pacífico colombiano. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) – Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste. En: CPPS. Comisión Permanente del Pacífico Sur. 2007. Basura Marina en el Pacífico Sudeste: una revisión del problema. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Guayaquil, Ecuador. 31p.
- European Commission. 2013. Properties and quantities of marine litter do not cause harm to the coastal and marine environment. Descriptor 10: Marine Litter.
- Evans, S.M., Dawson, M., Day, J., Frid, C.L.J., Gill, M.E., Pattisina, L.A. y Porter, J. 1995. Domestic waste and TBT pollution in coastal areas of Ambon Island (Eastern Indonesia). *Marine Pollution Bulletin*. 30(2), 109–115.
- Figuroa-Pico, J., Mero-Del Valle, D., Castillo-Ruperti, R. y Macías-Mayorga, D. 2016. Marine debris: implications for conservation of rocky reefs in Manabi, Ecuador (Se Pacific Coast). 109(1), 7 – 13.
- Foster-Smith, J., Birchenough, A.C., Evans, S.M. y Prince, J. 2007. Human Impacts on Cable Beach, Broome (Western Australia). *Coastal Management*, 35(2-3), 181–194.
- Fujieda, S. y Sasaki, K. 2005. Stranded debris of foamed plastic on the coast of ETA Island and Kurahashi island in Hiroshima Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 71, 755 – 761.
- Gall, S.C. y Thompson, R.C. 2015. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*. 92, 170-179.

- Garcés-Ordóñez, O. 2016. Evaluación de la presencia de microplásticos en el contenido estomacal de *Cetengraulis mysticetus*, procedente de la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. En: INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinos y Costeras. 2017. Informe de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2016. Series de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200p.
- Garrity, S.D y Levings, S.C. 1993. Marine Debris Along the Caribbean Coast of Panama. *Marine Pollution Bulletin*. 26(6), 317 – 324.
- Giovacchini, A., Merlino, S., Locritani, M. y Stroobant, M. 2018. Spatial distribution of marine litter along Italian coastal areas in the Pelagos sanctuary (Ligurian Sea – NW Mediterranean Sea): A focus on natural and urban beaches. *Marine Pollution Bulletin*. 130, 140 – 152.
- Gordon, D.P., 2016. Bryozoa of the South China Sea—an overview. *Raffles Bulletin of Zoology*. 34, 604–618.
- Gracia, A., Rangel-Buitrago, N. y Flórez, L. 2018. Beach litter and woody-debris colonizers on the Atlántico department Caribbean coastline, Colombia. *Marine Pollution Bulletin*. 128, 185-196.
- Green, D. S., Boots, B., Blockley, D.J., Rocha, C. y Thompson, R. 2015. Impacts of Discarded Plastic Bags on Marine Assemblages and Ecosystem Functioning. *Environmental Sciences and Technology*. 49, 5380–5389.
- Hall, K. 2000. Impacts of marine debris litter as an artificial and oil. Economic and social costs to coastal communities. KIMO. 97 pp. ISBN 0904562891.
- Harper, D. y Ryan, P. 2011. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 4(1): 9 pp.
- Hartley, B.L., Thompson R.C. y Pahl S. 2015. Marine litter education boosts children’s understanding and self-reported actions. *Marine Pollution Bulletin*. 90, 209 - 217.
- Hidalgo-Ruz, V., Honorato-Zimmer, D., Gatta-Rosemary, M., Nuñez, P., Hinojosa, I.A. y Thiel, M. 2018. Spatio-temporal variation of antropogenic marine debris on Chilean beaches. *Marine Pollution Bulletin*. 126, 516 – 524.
- HMSO. Her or His Majesty's Stationery Office: a British government department that prints many official documents. 1990. Environmental Protection Act 1990. HMSO London. ISBN 0105443905.

- HMSO. Her or His Majesty's Stationery Office: a British government department that prints many official documents. 1996. The Dogs (Fouling of Land) Act 1996. HMSO London. ISBN 0105420964.
- INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinos y Costeras. 2004. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Santa Marta. 41p.
- INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinos y Costeras. 2017. Informe de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2016. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200p.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Naolarayan, R. y Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347, 768–771.
- Kammann, U., Aust, M.O., Bahl, H. y Lang, T. 2018. Marine litter at the seafloor – Abundance and composition in the North Sea and Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 127: 774 – 780.
- Kartar, S., Milne, R.A. y Sainsbury, M. 1973. Polystyrene waste in the Severn Estuary. *Marine Pollution Bulletin*. 4, 144.
- Keswani, A., Oliver, D. M., Gutierrez, T. y Quilliam R.S. 2016. Microbial hitchhikers on marine plastic debris: Human exposure risks at bathing waters and beach environments. *Marine Environmental Research*. 118, 10-19
- KIMO. Kommunenes Internasjonale Miljøorganisasjon. 2008 Fishing for Litter Scotland Final Report 2005- 2008 (ed. K. I. Miljøorganisasjon). 20 p.
- Klein, Y.L., Osleeb, Y.P. y Viola, M.R. 2004. Tourism generated earnings in the coastal zone: a regional analysis. *Journal Coast Research*. 20(4), 1080 – 1088.
- Koelmans, A.A. 2015. Modeling the Role of Microplastics in Bioaccumulation of Organic Chemicals to Marine Aquatic Organisms. A Critical Review. *Marine Anthropogenic Litter*, 309–324. doi:10.1007/978-3-319-16510-3_11
- Komar, P.D. 1998. Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall. 2th Edition. 544p.
- Kusui, T. y Noda, M. 2003. International survey on the distribution of stranded and buried litter on beaches along the Sea of Japan, *Marine Pollution Bulletin*. 47, 175 – 179.

- Lara-Lara, J.R., Arreola, J., Calderón, L., Lanza, G., Escofet, A., Espejel, M., Guzmán, M., Ladah, L., López, M., Meling, E., Cassasola, P., Reyes, H., Ríos, E. y Zertuche, J. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. 109-134.
- Langford, E. 2006. Quartiles in elementary statistics. *Journal of Statistic Education*. 14 (3), 1– 6.
- Law, K.L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N.A., Proskurowski, G., Peacock, E.E., Hafner, J. y Reddy, C.M. 2010. Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*. 329, 1185 – 1188.
- Lazar, B., y Gracan, R. 2011. Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 62, 43–47.
- Lechner, A., Keckeis, H., Lumesberger-Loisl, F., Bernhard, Z., Krusch, R., Tritthart, M., Glas, M. y Schludermann, E. 2014. The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe`s second largest river. *Environmental Pollution*. 188, 177 – 181.
- Leite, A.S., Santos, L.L., Costa, Y. y Hatje, V. 2014. Influence of proximity to an urban center in the pattern of contamination by marine debris. *Maine Pollution Bulletin*. 81, 242 – 247.
- Lozoya, J.P., Teixeira de Mello, F., Carrizo, D., Weinstein, F., Olivera, Y., Cedres, F., Pereira, M. y Fossati, M. 2016. Plastics and microplastics on recreational beaches in Punta of the East (Uruguay): Unseen critical residents? *Environmental Pollution*. 218, 931-941.
- Louka, E. 2006. International environmental law: Fairness, effectiveness, and world order. In: Bergmann, M., Gutow, L. y Klages, M. 2015. *Marine Anthropogenic Litter*. Chapter 15: Regulation and Management of Marine Litter. Springer Open. 400p
- Macías, M. 2012. El Océano: la caneca del mundo. En: FIATMAR. Fundación para la Investigación Atlántida Marina. 2012. Información ambiental marina y resultados de la Fundación para la Investigación Atlántida Marina. FIATMAR Revista Marina. Vol. 2, No 1. ISSN. 2248 – 7824.
- MADS. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016. Uso racional de las bolsas plásticas. Resolución 668 de 2016, Colombia.
- MARPOL. 1973/1978. International convention for prevention of pollution of the sea from ships. International Maritime Organization Convention.

- Márquez-Guloso, E. y Rosada-Vega, J.F. 2011. Clasificación e impacto ambiental de los residuos sólidos generados en las playas de Riohacha, La Guajira, Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. 60, 118 – 128.
- Masselink, G. y Short, A.D. 1993. The effect of the Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model. *Journal of Coastal Research*. 9(3), 785 – 800.n
- Meléndez-Valencia, M.A. y Meléndez-Torres, P.I. 2013. Influencia de la circulación eólica y marítima en la formación de las islas de basura en el mundo. *Ciencia y Sociedad*. 38(4), 743 – 791.
- McCormick, A., Hoellein, T.J., Mason, S.A., Schlupe, J. y Kelly, J.J. 2014. Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river. *Environmental Science and Technology*. 48, 11863-11871
- McLaughlin, S. y Cooper, J.A. 2010. A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers? *Environmental Hazards*. 9, 233 - 248.
- MinCIT. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. 2013. Organización de las playas. Decreto 1766 de 2013, Colombia.
- MinVivienda. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2010. Ley 9 de 1979 y Decreto – Ley 2811 de 1974, usos del agua y residuos sólidos. Decreto 3930 de 2010, Colombia.
- MinVivienda. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2013. Prestación de servicio público de aseo. Decreto 2981 de 2013, Colombia
- Molina, L.M., Pérez, F., Martínez, J., Franco, J.V., Marín, L., González, J. y Carvajal, J. 1998. Geomorfología y Aspectos Erosivos del Litoral Caribe colombiano. En: INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinos y Costeras. 2004. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Santa Marta. 41p.
- Moore, S.L., Gregorio, D., Carreon, M., Weisberg, S.B. y Leecaster, M.K. 2001. Composition and distribution of beach debris in Orange County, California. *Marine Pollution Bulletin*. 42 (3), 241 – 245.
- Moore, E., Lyday, S., Roletto, J., Litle, K., Parrish, J. K., Nevins, H., Harvey, J., Greig, D., Piazza, M., Hermance, A., Lee, D., Adams, D., Allen, S. y Kell, S. 2009. Entanglement of marine mammals and seabirds in Central California and

- the North–West coast of the United States 2001–2005. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1045–1051.
- Moore, C.J., Lattin, G.L. y Zellers, A.F. 2011. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. 11 (1), 65 – 73.
- Morris, A.W. y Hamilton, E.I. 1974. Polystyrene spherules in the Bristol Channel. *Marine Pollution Bulletin*. 5, 26–27.
- Nadeeka, G., Chavanich, S., y Yakupitiyage, A. 2017. Coastal debris analysis in beaches of Chonburi Province, eastern of Tailand as implications for coastal conservation. *Marine Pollution Bulletin*. 116, 121-129.
- Nachita, D., Maziane, F., Anfuso, G. y Williams, A.T. 2019. Spatial and temporal variations of litter at the Mediterranean beaches of Morroco Mainly due to beach users. *Ocean and Coastal Management*. 179, 104846.
- Nagelkerken, I., Wiltjer, G.A., Debrot, A.O. y Pors, L.P. 2001. Baseline Study of Submerged Marine Debris at Beaches in Caracao, West Indies. *Marine Pollution Bulletin*. 42(9), 786 – 789.
- NAS. National Academic of Sciences. 2008. U.S. Environmental Protection Agency Oceans and Coastal Protection Division Marine Pollution Control Branch EPA 842-R-10-001.
- Nelms, S.E., Duncan, E.M., Broderick, A.C., Galloway, T.S., Godfrey, M.H., Hamann, M., Lindeque, P.K. y Godley, B.J. 2016. Plastic and Marine Turtles: A Review and Call for Research. *ICES Journal of Marine Science* 73 (2), 163–81. doi: 10.1093/icesjms/fsv165.
- Neves, D., Sobral, P. y Pereira, T. 2015. Marine litter in bottom trawls off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*. 99, 301 – 304.
- NOOA. National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program. 2017. Report on Marine Debris as a Potencial Pathway for Invasive Species. Silver Spring, MD. 30p.
- Ocean Conservancy, 2013. Working for clean beaches and clear water 2013 report. In: Bergmann, M., Gutow, L. y Klages, M. 2015. *Marine Antropogenic Litter*. Chapter 15: Regulation and Management of Marine Litter. Springer Open. 402p.
- Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O. y Lutz, I. 2009. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1526), 2047–2062.

- Oigman-Pszczol, S.S. y Creed, J.C. 2007. Quantification and classification of marine litter on beaches along Armacao dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*. 23, 421–428.
- OSPAR. Convención para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste. 2007. OSPAR pilot project on monitoring marine beach litter: Monitoring of marine debris on beaches in the OSPAR region. London: OSPAR commission.
- OSPAR. Convención para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste. 2010. Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area. London: OSPAR commission.
- Page, B., McKenzie, J., McIntosh, R., Baylis, A., Morrissey, A., Calvert, N., Haase, T., Berris, M., Dowie, D., Shaughnessy, P.D. y Goldsworthy, S.D. 2004. Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*. 49, 33–42.
- Pieper, C., Ventura, M.A., Martins, A. y Cunha, R.T. 2015. Beaches debris in the Azores (NE Atlantic): Faial Island as a first case study. *Marine Pollution Bulletin*. 101 (2), 575 – 582.
- PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1999. Diagnóstico Regional sobre las actividades y fuentes terrestres de contaminación que afectan los ambientes marino, costero y dulceacuícola asociados en el Pacífico Sudeste. PNUMA / PAM Oficina de Coordinación y CPPS. 73p.
- PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2005. GEO Honduras. Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). ISBN: 99926-29-47-9.
- PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2009. Avances y progresos científicos en nuestro cambiante Medio Ambiente. Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). ISBN: 978-92-807-2987-0.
- Poeta, G., Battisti, C. y Acosta, T.R. 2014. Marine litter in Mediterranean Sandy littorals: Spatial distribution patterns along central Italy coast dunes. *Marine Pollution Bulletin*. 89, 168 – 173.
- Portman, M.E. y Brenann, R.E. 2017. Marine litter from beach based-sources: Case study of an Eastern Mediterranean coast town. *Waste Management*. 69, 535 – 544.

- Possatto, F.E., Spach, H.L., Cattani, A.P., Lamour, M.R., Santos, L.O., Cordeiro, N.M.A. y Broadhurst, M.K. 2014. Marine debris in a World Heritage Listed Brazilian estuary. *Marine Pollution Bulletin*. 91(2), 548 – 553.
- Rangel-Buitrago, N., Anfuso, G., Correa, I., Ergin, A. y William, A.T. 2013. Assessing and managing scenery of the Caribbean coast of Colombia. *Tourism Management*. 35, 41-58.
- Rangel-Buitrago, N., Gracia, A., Anfuso, G., Ergin, A. y Williams, A. 2016. Evaluación de las características mediante la lógica matemática en la zona central de la costa Caribe colombiana. *Études caribéenes*. 33 – 34, 1 – 12.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A., Anfuso, G. y Gracia C., A. 2017. Magnitudes, sources, and management of beach litter along of the Atlántico department coastline, Caribbean coast of Colombia. *Ocean and Coastal Management*. 138, 142-157.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A. y Anfuso, G. 2018a. Killing the goose with the Golden eggs: Litter effects on scenic quality of the Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollution Bulletin*. 127, 22-38.
- Rangel-Buitrago, N., Gracia, A., Vélez-Mendoza, A., Mantilla-Barbosa, E., Arana, V.A., Trilleras, J. y Arroyo-Olarte, H. 2018b. Abundance and distribution of beach litter along the Atlántico Department, Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollution Bulletin*. 136, 435-447.
- Rangel-Buitrago, N., Vélez-Mendoza, A., Gracia, A., Mantilla-Barbosa, E., Arana, V.A., Trilleras, J. y Arroyo-Olarte, H. 2019a. Litter impacts on cleanliness and environmental status of Atlantic department beaches, Colombian Caribbean coast. *Ocean and Coastal Management*. 179, 104835.
- Rangel-Buitrago, N., Vergara-Cortez, H., Barria-Herrera, J., Contreras-López, M. y Agredano, R. 2019b. Marine debris occurrence along Las Salinas beach, Viña del Mar (Chile): Magnitudes, impacts and management. *Ocean and Coastal Management*. 171, 104842.
- Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J.F., Rivadeneira, M.M., Jofre Madariaga, D. y Thiel, M. 2014. Rivers as a source of marine litter – A study from the SE Pacific. 82, 66 – 75.
- Rech, S., Borrell, Y. y Gracia-Vasquez, E. 2016. Marine litter as a vector for non-native species: what we need to know. *Marine Pollution Bulletin*. 82, 66-75.

- Reisser, J., Shaw, J., Wilcox, C., Hardesty, B.D., Proietti, M., Thums, M. y Pattiaratchi, C. 2013. Marine Plastic Pollution in Waters around Australia: Characteristics, Concentrations, and Pathways. PLoS ONE. 8(11): e80466. doi:10.1371/journal.pone.0080466.
- Restrepo, J.D. y Kjerve, B. 2000. Magdalena river: inter-annual variability (1975 - 1995) and revised water discharge and sediment load estimates. Journal of Hydrology. 235, 137 – 149.
- Rios, L.M., Jones, P.R., Moore, C. y Narayan, U.V. 2010. Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre's "eastern garbage patch". Journal of Environmental Monitoring, 12(12), 2226–2236.
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T. y Teh, S.J. 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. Scientific Reports.3: 3263. DOI: 10.1038.
- Rodríguez-Gómez, L.J. 2012. Caracterización de residuos sólido en el infralitoral somero de las playas San Luis y Centro en la isla de San Andrés, Caribe colombiano. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Rojo-Nieto, E. y Montoto, T. 2017. Basuras marinas, plásticos y microplásticos. Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Ecologistas en acción. ISBN: 978-84-946151-9-1.
- Ryan, P.G. 2008. Seabirds indicate changes in the composition of plastic litter in the Atlantic and south-western Indian Oceans. Marine Pollution Bulletin. 56, 1406–1409.
- Ryan, P. G. 2015. A brief history of marine litter research. In M. Bergmann, L. Gutow y Klages, M. Marine anthropogenic litter. Berlin: Springer.1–25. DOI 10.1007/978-3-319-16510-3.
- Sazima, I., Gadig, O.B.F., Namora, R.C. y Motta, F. S. 2002. Plastic debris collars on juvenile carcharhinid sharks (*Rhizoprionodon lalandii*) in Southwest Atlantic. Marine Pollution Bulletin. 44, 1149–1151.
- SBSTTA. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and the Scientific and Technical Advisory Panel—GEF. 2012. Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions. Montreal Technical Series No. 67, 61.
- Schernewski, G., Fischer, E., Huttula, T., Jost, G. y Ras, M. 2012. Simulation tools to support bathing water quality management: *Escherichia coli* bacteria in a Baltic Lagoon. Journal of Coastal Conservation. 16, 473-488.

- Schmuck, A.M., Lavers, J.L., Stuckenbrock, S. y Sharp, P.B. 2017. Geophysical features influence the accumulation of beach debris on Caribbean islands. 121 (1-2), 45 – 51.
- Serrano, A., Punzón, A., Tello, O. y López, L. 2012. Estrategias marinas: evaluación inicial, estado ambiental y objetivos ambientales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España.
- Silva-Iñiguez, L. 2002. Evaluación de la calidad estética de la playa municipal de Ensenada, B. C., México. Con base en el análisis de la basura marina. Tesis de Doctorado. UABC, Ensenada, B.C, México.
- Silva-Iñiguez, L. y Fischer, D.W. 2003. Quantification and classification of marine litter on the municipal beach of Ensenada, Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. 46, 132 – 138.
- Smith, S.D.A. 2012. Marine debris: A proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Marine Pollution Bulletin*. 64, 1880 – 1883.
- Stevens, L.M., 1992. Marine Plastic Debris: Fouling and Degradation. MSc Thesis. University of Auckland. 110p.
- Stevens, L.M., Gregory, M. R. y Foster, B. A. 1996. Fouling bryozoans on pelagic and moored plastics from northern New Zealand. In: Gordon, D. P., Smith, A. M. y Grant- Mackie, J. A. 1998. *Bryozoans in Space and Time. The Quartely Review of Biology*. 73, 321–340.
- Storrier, K.L., McGlashan, D.J., Bonellie, S. y Velandar, K. 2007. Beach Litter Deposition at a Selection of Beaches in the Firth of Fourth, Scotland. *Journal of Coastal Research*. 234, 813 – 822.
- Superservicios – Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2014. Disposición de residuos sólidos. Informe Nacional. Bogotá, Colombia. 66p.
- Superservicios – Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2016. Información sobre producción de residuos sólidos y sistemas de tratamientos de aguas residuales en los municipios costeros. Informe Nacional. Bogotá, Colombia.
- Sutherland, W. J., Clout, M., Coté, I. M., Daszak, P., Depledge, M.H., Fellman, L., Fleishman, E., Garthwaite, R., Gibbons, D.W., De Lurio, J., Impey, A., Lickorish, F., Lidenmayer, D., Madgwick, J., Margerison, C., Maynard, T., Peck, L.S., Pretty, J., Prior, S., Redford, K. H., Scharlemann, J., Spalding, M. y Watkinson, A.R. 2010. A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends in Ecology & Evolution*. 25, 1–7.

- Taffs, K.H. y Cullen, M.C. 2005. The distribution and abundance of beach debris on isolated beaches of northern New South Wales Australia. *Australasian Journal of Environmental Management*. 12, 244 – 250.
- Tarback, E.J., Lutgens, F.K. y Tasa, D. 2005. *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Capítulo 20: Líneas de costa. Editorial Pearson Prentice Hall, 8º Edición. 560p.
- Tejada, C.; Otero, J., Castro, L., Afanador, F., Devis, A., Solano, J. y Fonseca, A. 2003. Aportes al Entendimiento de la Bahía de Tumaco: Entorno Oceanográfico, Costero y de Riesgos. Centro de Control de Contaminación del Pacífico – CCCP. Editorial DIMAR., San Andrés de Tumaco. 183p.
- Tekman, B.; Gutow, L. y Bergmann, M. 2017. Interactions between aquatic life and marine litter. Consultado: 13/05/2017. <http://litterbase.awi.de/>
- Thessalou-Legaki, M., Aydogan, O., Bekas, P., Bilge, G., Boyaci, Y., Brunelli, E., Circosta, V., Crocetta, F., Durucan, F., Erdem, M., Ergolavou, A., Filiz, H., Fois, F., Gouva, E., Kapiris, K., Katasanevakis, S., Kljajic, Z., Konstantinidis, E., Perdikaris, C., Piras, F., Poursanidis, D., Ramos-Espla, A., Rosso, A., Sordino, P., Sperone, E., Sterioti, A., Taskin, E., Toscano, F., Tripepi, S., Tsiakkios, L. y Zenetos, A. 2012. New Mediterranean biodiversity records (December 2012). *Mediterranean Marine Science* 13 (2), 312–327.
- Thiel, M., Hinojosa, I., Vásquez, N. y Macaya, E. 2003. Floating marine debris in coastal of the SE-Pacific (Chile). *Marine Pollution Bulletin*. 46, 224 – 231.
- Thiel, M., Hinojosa, I.A., Miranda, L., Pantoja, J.F., Rivadeneira, M.M. y Vásquez, N. 2013. Antropogenic marine debris in the coastal environment: A multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin*. 71, 307 – 316.
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D. y Russell, A.E. 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*. 304 (5672), 838p.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S. y Swan, S.H. 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364, 2153–2166.
- Triple A. <cliente@aaa.com.co>. 2018. Basuras y restos de vegetación recogidos en las playas de Puerto Colombia, Atlántico entre marzo de 2018 y junio de 2018 [correo electrónico]. Consultado: 6 de agosto de 2018.

- Triple A. <cliente@aaa.com.co>. 2019a. Basuras y restos de vegetación recogidos en las playas de Puerto Colombia, Atlántico entre julio de 2018 y marzo de 2019 [correo electrónico]. Consultado: 3 de abril de 2019.
- Triple A. <cliente@aaa.com.co>. 2019b. Isla de basura recogida en los últimos eventos de limpieza de playa en Puerto Colombia, Atlántico [correo electrónico]. Consultado: 19 de junio de 2019.
- Tudor, D.T. y Williams, A.T. 2001. Some threshold levels in beach litter measurement. *Shore and Beach*. 69, 13-18.
- Tudor, D.T., Williams, A.T., Randerson, P., Ergin, A. y Earll, R. 2002. The use of multivariate statistical techniques to establish beach debris pollution sources. *Journal of Coastal Research*. 36, 716-725.
- Tudor, D.T. y Williams, A.T. 2004. Development of a “Matrix Scoring Technique” to determine litter sources at a Bristol Channel beach. *Journal of Coastal Conservation*. 9, 119-127.
- UNEP. United Nations Environment Programme. 2011. Assessment of the Status of Marine Litter, in the Mediterranean. United Nations Environmental Program, Athens.
- UN Environmental. 2017. Marine Litter Socio Economic Study. United Nations Environmental Programme. Nairobi, Kenya. ISBN 978-92-807-3701-1.
- UN Environment. 2019. Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People. Nairobi, Kenya. DOI 10.1017/9781108627146.
- UNWTO. World Tourism Organization. 2016. UNWTO tourism highlights. Edición 2016, 16p.
- Valle-Levinson, A. y Swanson, R.L. 1991. Wind-induced scattering of medically-related and sewage related items. *Marine Technology Society Journal*. 25(2), 49-56.
- Viehman, S., Vander Pluym, J. L. y Schellinger, J. 2011. Characterization of marine debris in North Carolina saltmarshes. *Marine Pollution Bulletin*. 62, 2771–2779.
- Wegner, N.C. y Cartamil, D.P. 2012. Effects of prolonged entanglement in discarded fishing gear with substantive biofouling on the health and behavior of an adult shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus*. *Marine Pollution Bulletin*. 64, 391–394.

- Wells, D.L. 2006. Factors influencing owners' reactions to their dogs' fouling. *Environmental Behavior*. 38, 707 – 714.
- Wilcox, C., Heathcote, G., Goldberg, J., Gunn, R., Peel, D. y Hardesty, B.D. 2014. Understanding the sources, drivers and impacts of abandoned, lost and discarded fishing gear in northern Australia. *Conservation Biology*. 00 (0), 1-9.
- Wilcox, C., Seville, E.V. y Hardesty, B.D. 2015. Treat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *PNAS*. 112 (38), 11899 – 11904.
- Williams, A. y Micallef, A. 2009. *Beach Management Principles and Practice*. Earthscan, Londres.
- Williams, A.T., Pond, K., Ergin, A. y Cullis, M.J., 2013. The hazards of beach litter. In: Finkl, C. (Ed.), *Coastal Hazards*. Springer, New York. 753–780.
- Williams, A. T., Randerson P., di Giacomo, C., Anfuso, G., Macias, A. y Perales, J. A. 2016a. Distribution of beach litter along the coastline of Cádiz, Spain. *Marine Pollution Bulletin*. 107, 77–87
- Williams, A.T., Rangel-Buitrago, N., Anfuso, G., Cervantes, O. y Botero, C. 2016b. Litter impacts on scenery and tourism on the Colombian north Caribbean coast. *Tourism Management*. 55, 209–224.
- Willoughby, N.G. 1986. Man made flotsam on the strand lines of the Thousand Island (Kepulauan Seribu) Jakarta, Java. *Reports in Marine Science*. 40, 157-163.
- Winston, J.E., Gregory, M.R. y Stevens, L.M. 1997. Encrusters, epibionts, and other biota associated with pelagic plastics: a review of biogeographical, environmental and conservation issues. *Marine Debris: sources, impacts and solutions*. New York, Springer. 81-97.
- Zarfl, C. y Matthies, M. 2010. Are marine plastic transport vectors for organic pollutants to the Arctic? *Marine Pollution Bulletin*. 60(10): 1810-1814.
- Zettler, E.R., Mincer, T.J. y Amaral-Zettler, L.A. 2013. Life in the “Plastisphere” Microbial Communities on Plastic Marine Debris. *Environmental Science and Technology*. 47(13), 7137-7146.
- Zhou, P., Huang, C., Fang, H., Cai, W., Dongmei, L. y Xiaomin, L. 2011. The abundance, composition and sources of marine debris in coastal seawaters of beaches around the northern South China Sea (China). *Marine Pollution Bulletin*. 62 (9), 1998 - 2007. DOI: 10.1016/j.marpolbul. 2011.06.018.

IX. ANEXOS

Anexo A. Descripción de cada tipología de playa (Williams y Micallef 2009).

	Ambiente	Accesibilidad	Alojamiento	Facilidades y servicios
Remota	Puede estar cerca de áreas rurales y en ocasiones de villas pero no a zonas urbanas.	Las playas remotas se encuentran en un ambiente rural pero accesible solo a pie (caminando entre 300 y 500m) o por lancha. Sin tasas de entrada	Inhabitado en un radio de al menos 500m. Con alojamiento temporal y limitado a uso vacacional (0-5 personas máximo).	No se espera ningún tipo de servicios
Rural	Localizada fuera de áreas urbanas o villas, con ausencia de un núcleo social (centro religioso, escuelas primarias, tiendas, bares).	Sin acceso a través de transporte público, pero si por medio de transporte privado. Sin tasas de entrada.	El alojamiento es limitado (generalmente 0-10), Puede ser alojamiento estacional o permanente.	No se esperan servicios, pero se pueden encontrar excepciones. En ese caso, considerar como villa pero guiado por el tipo de ambiente
Villa	Se encuentran fuera de los núcleos urbanos y está asociado a una población pequeña pero permanente con servicios comunitarios de pequeña escala como escuelas primarias, centros religiosos, tiendas, etc.). La playa puede estar situada en la villa o adyacente a ella.	Acceso por transporte público y privado. Sin tasas de entrada pero las facilidades (hamacas, sombrillas) si son con coste.	Alojamientos de pequeña escala, con servicio de desayuno para visitantes. También se incluye los conjuntos vacacionales, usados prioritariamente en verano y con una función de unión en zonas urbanas y rurales.	Servicios y facilidades limitadas a duchas, baños, restaurante, parking, recogida de basura regular y alojamientos tipo <i>bed & breakfast</i> .
Urbana	Las zonas urbanas cuentan con servicios públicos bien organizados, como escuelas, centros religiosos, bancos, oficinas de correo postal y un centro empresarial. En las proximidades del área, se pueden encontrar actividades como pesca, navegación, así como marinas. Las playas están en la zona urbana o	Acceso tanto por transporte público como privado. Generalmente abiertas al público, pero puede haber casos donde si haya impuesto de entrada. El uso de facilidades como la sombrilla y la hamaca son normalmente de pago.	Alojamientos de gran escala, hoteles, apartamentos para los visitantes.	Restaurantes, baños públicos, duchas, basuras, parkings y buen acceso. Se encuentran medidas de seguridad como socorristas, boyas señalizadores para el baño y navegación.

adyacente a ella.

Resort	Se encuentran en cualquiera de los anteriores ambientes pero como regla no puede tener industrias cerca.	Las playas resort son usadas generalmente por los residentes o visitantes del complejo residencial asociado a la playa que gestionan. Pueden estar abiertas al público bajo impuesto de entrada.	Complejo hotelero/apartamentos/camping asociados a la playa.	Hoteles, restaurantes, buenas zonas de acampada, duchas, aseos, papeleras y un buen acceso; la gama más amplia posible de actividades recreativas relacionadas con la playa. de alquiler o libres para los residentes. Altas medidas de seguridad (socorristas, boyas de zonificación, equipamientos de seguridad fijos, puestos de primeros auxilios, avisos de seguridad y el acceso de vehículos de emergencia).
---------------	--	--	--	---

Anexo B. Lista de chequeo empleada para la categorización del paisaje costero.
Tomado de Rangel-Buitrago y colaboradores (2017).

No	Parámetros Físicos	CALIFICACION					
		1	2	3	4	5	
1	Acantilados	Altura	Ausente	Entre 5 y 30 m	Entre 30 y 60 m	Entre 60 y 90 m	Más de 90 m
2		Pendiente (°)	Entre 45 – 55°	Entre 55 – 65°	Entre 65 - 75°	Entre 75 – 85°	Vertical
3		Características Especiales *	Ausente	1	2	3	Más de 3
4	Playas	Tipo	Ausente	Lodo	Guijarros	Gravas - Gránulos	Arenas
5		Ancho	Ausente	Menos de 5 m	Entre 5 y 25 m	Entre 25 - 50 m	Entre 50 - 100 m
6		Color	Ausente	Oscura	Opaco	Blanqueada	Blanca - Dorada
7	Playa Rocosa	Pendiente (°)	Ausente	Menos de 5°	Entre 5 – 10°	Entre 10 – 20°	Entre 20 – 45°
8		Extensión	Ausente	Menos de 5 m	Entre 5 - 10 m	Entre 10 - 20 m	Más de 20 m
9		Rugosidad	Ausente	Puntiaguda	Dentada	Irregular	Suavizada
10	Dunas		Ausente	Remanentes	Dunas Traseras	Cordón Secundario	Campo de Dunas

11	Valle	Ausente	Valle Seco	Con Drenaje Pequeño	Con Drenaje Mediano	Con Río
12	Forma del Relieve	No Visible	Plano	Ondulado	Fuertemente Ondulado	Montañoso
13	Mareas	Macromareal (más de 4 m)		Mesomareal (2 - 4 m)		Micromareal (menos de 2m)
14	Elementos Paisajísticos**	Ninguno	1	2	3	más de 3
15	Vistas	Abierto a un Lado	Abierto a Dos Lados		Abierto a Tres Lados	Abierto a 4 Lados
16	Color y claridad del Agua	Café - Verde Opaco	Azul Lechoso - Opaco	Verde - Azul Verdoso	Azul - Azul Oscuro	Azul Turquesa
17	Cobertura de Vegetación	Descubierto (menos del 10% de vegetación)	Hierba, Vegetación Baja	Matorrales, Bosque Bajo, Matorral	Humedales, Árboles maduros	Bosque
18	Residuos de vegetación	Continuo de más de 50 cm de alto	Línea continua	Acumulación Sencilla	Algunos Ítems	Ninguno
	Parámetros Antropogénicos	1	2	3	4	5
19	Ruido	Intolerable	Tolerable		Poco	Ninguno
20	Basura	Acumulaciones continuas	Línea Continua	Acumulación Sencilla	Algunos Ítems	Virtualmente Ausente
21	Evidencia de Aguas Residuales	Evidente		Alguna Evidencia		No Evidente
22	Agricultura	Ninguna	Campos de Cultivo - Monocultura	Terraceo	Palmeras	Cultivo Intensivo
23	Ambiente Construido	Industria Pesada	Turismo Fuerte - Urbanizado	Turismo Leve o Urbanismo Sensitivo	Turismo Sensitivo	Histórico - Ninguno
24	Tipo de Acceso	Sin zona Buffer-Tráfico Pesado	Sin Zona Buffer - Tráfico Liviano		Parqueo Visible Desde la Playa	Parqueo no Visible
25	Línea de Horizonte	Muy dañado	Dañado	Diseñado Sensiblemente	Alto Diseño - Sensible	Características Históricas-Monumentos
26	Estructuras Antrópicas***	Más de 3	3	2	1	Ninguna

*Características especiales del acantilado: estratificación, plegamiento, perfil irregular, etc.

**Elementos paisajísticos: Penínsulas, arcos, stacks, cavernas, cataratas, deltas, lagunas, islas, estuarios, corales, fauna, tómbolos, etc.

*** Estructuras antrópicas: son consideradas las líneas eléctricas, tuberías de gas, espolones, muros, etc.

Anexo C. Ejemplo de la matriz de evaluación difusa en Little Haven, Reino Unido. Tomado y modificado de Ergin y colaboradores (2004).

No	Parámetros físicos		Peso del parámetro (W_P)	Atributos (D_i)					Matriz de evaluación de Lógica Difusa (A_i)				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Acantilados	Altura	0.019	0	0	1	0	0	0.0	0.3	1.0	0.3	0.0
2		Pendiente	0.017	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0
3		Características especiales	0.028	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3
4	Playas	Tipo	0.034	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
5		Ancho	0.029	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0
6		Color	0.024	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
7	Playa Rocosa	Pendiente	0.014	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5
8		Extensión	0.015	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0
9		Rugosidad	0.022	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0
10	Dunas		0.039	1	0	0	0	0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Valle		0.079	0	0	1	0	0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
12	Forma del Relieve		0.085	0	0	1	0	0	0.0	0.6	1.0	0.6	0.0
13	Mareas		0.036	1	0	0	0	0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	Elementos paisajísticos		0.122	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
15	Vistas		0.095	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0
16	Color y Claridad del agua		0.139	0	0	1	0	0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0
17	Cobertura de vegetación		0.117	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.2
18	Residuos de vegetación		0.086	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0

Matriz de evaluación de los parámetros físicos ($K_P = W_P A_P$): 0.074 0.126 0.38 0.468 0.372

No	Parámetros antropogénicos		Peso del parámetro (W_H)	Atributos (D_i)					Matriz de evaluación de Lógica Difusa (A_i)				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

19	Ruido		0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0
20	Basura	0.149	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.2
	Evidencias de Aguas											
21	Residuales	0.149	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.2	0.0	1.0
22	Agricultura Ambiente	0.064	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.2	0.0	1.0
23	Construido Tipo de	0.137	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.0
24	Acceso Línea de	0.091	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0
25	Horizonte Estructuras	0.137	0	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
26	Antrópicas	0.137	0	0	0	1	0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0

Matriz de evaluación de los parámetros antropogénicos ($K_H=W_H A_H$): 0.000 0.000 0.141 0.468 0.608

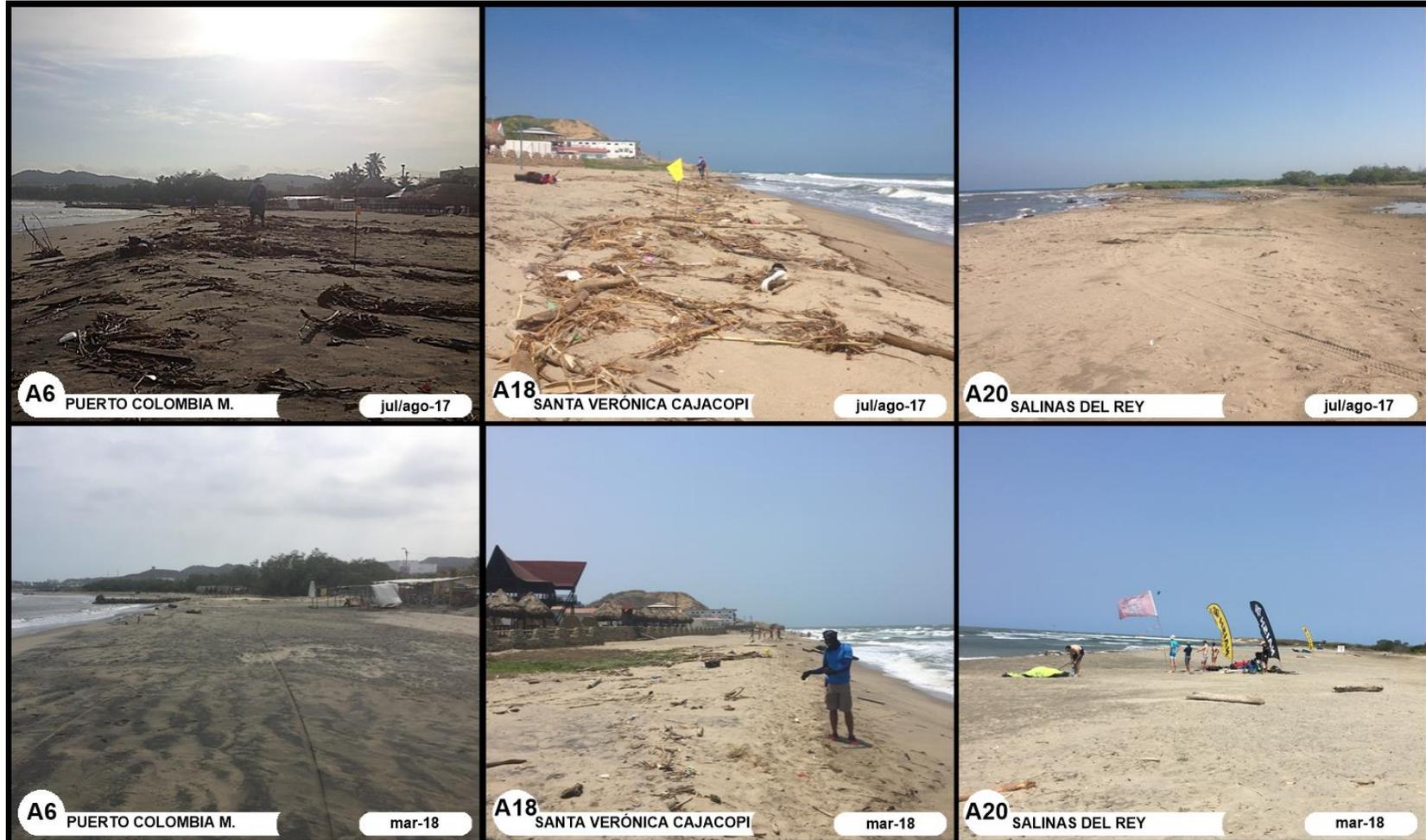
Matriz de Evaluación final (grado de afiliación), R:

$$R = W_F * K = (0.5 \ 0.5) \begin{bmatrix} 0.074 & 0.126 & 0.385 & 0.468 & 0.372 \\ 0.000 & 0.000 & 0.141 & 0.468 & 0.608 \end{bmatrix}$$

$$R = (0.037 \ 0.063 \ 0.263 \ 0.468 \ 0.490)$$

Índice de evaluación paisajística (D) = 1.00

$$D = \frac{(-2) * A_{12} + (-1) * A_{23} + (-2) * A_{34} + (-2) * A_{45}}{A_t}$$



Anexo D. Evidencias de mejoras en actividades de limpieza y gestión en determinadas playas del departamento del Atlántico.

Anexo E. Composición y variación en la magnitud de basuras y restos de vegetación (debris) presentes en cada una de las playas encuestadas a lo largo del área de estudio.

ID	Basuras (ítems)			Debris (ítems)			Basuras(ítems*m-2)			Debris (ítems*m-2)		
	2017	± SD	2018	± SD	2017	2018	2017	± SD	2018	± SD	2017	2018
A2	52	4,04	-	-	15	-	2,60	1,01	-	-	3,75	-
A3	11	0,45	119	7,05	0	18	0,55	0,11	5,95	1,76	0,00	4,50
A4	101	12,46	88	7,40	73	15	5,05	3,11	4,40	1,85	18,25	3,75
A5	160	16,75	131	7,89	16	6	8,00	4,19	6,55	1,97	4,00	1,50
A6	531	23,12	260	12,73	116	8	26,55	5,78	13,00	3,18	29,00	2,00
A7	320	-	267	-	1720	590	80,00	-	66,75	-	430,00	147,5
A8	8	0,89	11	2,39	3	0	0,40	0,22	0,55	0,60	0,75	0,00
A9	34	0,84	31	2,86	18	3	1,70	0,21	1,55	0,72	4,50	0,75
A10	24	0,45	85	4,06	38	2	1,20	0,11	4,25	1,02	9,50	0,50
A11	79	0,84	114	9,93	24	1	3,95	0,21	5,70	2,48	6,00	0,25
A13	164	11,10	321	21,28	139	39	8,20	2,77	16,05	5,32	34,75	9,75
A16	26	1,64	0	0	0	5	1,30	0,41	0	0	0,00	1,25
A17	296	9,71	316	22,97	111	103	14,80	2,43	15,80	5,74	27,75	25,75
A18	286	16,53	215	15,62	134	47	14,30	4,13	10,75	3,91	33,50	11,75
A19	155	14,82	211	13,08	19	48	7,75	3,70	10,55	3,27	4,75	12,00
A20	153	5,41	242	15,90	97	205	7,65	1,35	12,10	3,97	24,25	51,25
A21	264	15,80	413	37,04	231	158	13,20	3,95	20,65	9,26	57,75	39,50
A22	336	19,99	13	1,67	163	45	16,80	5,00	0,65	0,42	40,75	11,25
A23	750	36,40	1351	100,33	286	191	37,50	9,10	67,55	25,08	71,50	47,75
A24	415	19,42	367	33,31	297	177	20,75	4,85	18,35	8,33	74,25	44,25
A25	695	38,94	1011	38,17	419	316	34,75	9,74	50,55	9,54	104,75	79,00
A26	367	54,03	821	74,29	121	384	18,35	13,51	41,05	18,57	30,25	96,00
Total	5227		6387		4040	2361	12,33		15,81		45,91	28,11

Anexo F. Abundancias de las basuras en las 22 playas del departamento en el muestreo de julio – agosto de 2017.

ID	Abundancia (ítems)																										
	P	±SD	Pol	±SD	R	±SD	T	±SD	Pa	±SD	Pw	±SD	M	±SD	G	±SD	Bh	±SD	F	±SD	O	±SD	Mx	±SD	Ot	±SD	
A2	32	4,39	7	1,34	0	0	0	0	0	0	0	7	1,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1,64
A3	3	0,55	3	0,55	1	0,45	1	0,45	1	0,45	0	0	0	2	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	63	7,60	20	3,94	0	0	1	0,45	1	0,45	2	0,55	2	0,89	1	0,45	2	0,55	0	0	2	1	3	0,89	4	1,10	
A5	47	4,88	73	14,5	5	1,22	1	0,50	10	3,70	1	0,45	7	2,07	2	0,58	1	0,45	0	0	5	1,22	1	0,45	7	1,52	
A6	333	38,9	139	17,0	11	1,30	2	0,55	2	0,89	21	2,28	2	0,55	5	1,0	3	0,55	1	0,45	3	0,89	9	1,10	0	0	
A7	135	-	129	-	25	-	0	-	2	-	6	-	2	-	3	-	8	-	2	-	3	-	2	-	3	-	
A8	4	0,84	1	0,45	0	0	0	0	1	0,45	0	0	0	0	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,45	
A9	18	1,14	3	0,89	0	0	0	0	4	1,30	0	0	3	0,89	2	0,89	0	0	0	0	2	0,89	0	0	2	0,89	
A10	12	2,30	4	1,10	0	0	0	0	2	0,89	0	0	3	0,89	2	0,89	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,45	
A11	31	3,11	16	3,11	3	1,34	0	0	4	1,30	0	0	5	1,41	11	2,17	2	0,89	0	0	4	1,10	0	0	3	0,55	
A13	94	8,64	62	7,40	4	0,84	2	0,55	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,45	0	0	0	0	
A16	25	1,41	0	0	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A17	228	9,29	42	3,05	7	0,89	2	0,89	1	0,45	4	0,84	0	0	1	0,45	3	0,89	1	0,45	2	0,55	5	0,71	0	0	
A18	213	10,1	51	6,34	12	1,14	1	0,45	1	0,45	5	1,22	1	0,45	3	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A19	98	11,2	42	3,85	3	0,55	3	0,89	2	0,89	3	0,89	3	0,89	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A20	136	4,32	2	0,89	4	0,84	1	0,45	0	0	1	0,45	1	0,45	8	1,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A21	205	16,5	38	7,13	10	1,22	2	0,55	2	0,89	1	0,45	2	0,55	4	0,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A22	74	4,15	241	17,4	14	1,30	1	0,45	1	0,45	3	1,34	0	0	2	0,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A23	435	25	247	16,5	45	3,81	5	1,0	0	0	6	1,10	4	0,84	8	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A24	348	17,2	39	1,79	22	1,14	0	0	2	0,89	2	0,55	1	0,45	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A25	285	12,3	346	41,4	37	4,72	1	0,45	1	0,45	10	2,0	9	0,84	6	0,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A26	141	9,01	197	41,9	15	3,0	0	0	3	0,55	7	1,95	2	0,55	2	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	2960		1702		219		23		41		72		54		64		19		4		22		20		27		

Anexo G. Abundancias de las basuras en las 22 playas del departamento en el muestreo de marzo de 2018.

ID	Abundancia (ítems)																									
	P	±SD	Pol	±SD	R	±SD	T	±SD	Pa	±SD	Pw	±SD	M	±SD	G	±SD	Bh	±SD	F	±SD	O	±SD	Mx	±SD	Ot	±SD
A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	79	4,76	12	1,52	2	0,55	0	0	5	0,71	2	0,55	10	1,58	3	0,55	2	0,55	0	0	0	0	4	0,84	0	0
A4	56	7,33	8	1,14	0	0	0	0	3	0,55	2	0,89	5	1	6	0,45	0	0	0	0	2	0,55	6	0,84	0	0
A5	77	6,69	23	2,07	0	0	0	0	4	0,84	0	0	6	0,84	12	1,14	2	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0,55
A6	165	9,57	41	3,96	5	0	1	0,45	5	1,22	7	1,95	7	1,14	4	0,84	2	0,55	0	0	7	1,14	0	0	16	1,10
A7	164	-	78	-	8	-	0	-	2	-	3	-	2	-	3	-	3	-	2	-	0	-	2	-	0	-
A8	4	0,84	2	0,89	0	0	0	0	1	0,45	0	0	1	0,45	0	0	1	0,45	0	0	0	0	0	0	2	0,55
A9	22	2,70	1	0,45	1	0,45	0	0	0	0	0	0	6	0,84	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,45	0	0
A10	63	2,70	2	0,55	0	0	0	0	2	0,89	0	0	6	0,84	12	1,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11	78	6,27	0	0	0	0	3	0,89	3	0,89	1	0,45	9	3,03	1	0,45	3	0,89	1	0,45	3	0,89	2	0,55	10	1,58
A13	202	18,64	89	6,98	7	0,55	3	0,55	1	0,45	5	0,71	4	1,79	1	0,45	5	1	0	0	1	0,45	3	0,55	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A17	240	23,01	37	1,95	13	1,34	2	0,55	0	0	9	1,48	4	1,30	9	1,54	0	0	1	0	0	0	1	0,45	0	0
A18	187	15,34	10	2,12	2	0,55	0	0	0	0	6	1,30	1	0,45	2	0,55	4	0,84	1	0,45	1	0,45	1	0,45	0	0
A19	138	15,04	32	2,79	10	2,12	8	1,14	2	0,89	6	1,79	6	1,10	3	0,89	0	0	4	1,10	2	0,55	0	0	0	0
A20	191	12,13	16	2,95	5	1,73	4	1,30	0	0	7	2,19	11	1,92	3	1,34	3	1,34	2	0,89	0	0	0	0	0	0
A21	312	32,55	18	4,28	25	3,08	7	0,89	0	0	12	0,89	14	1,30	11	1,30	13	1,14	0	0	0	0	1	0,45	0	0
A22	13	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A23	934	57,26	254	28,7	59	12,52	6	0,84	2	0,55	4	0,84	16	0,84	22	2,07	13	1,52	3	0,89	4	0,45	10	1,22	24	2,17
A24	300	33,01	35	8,25	15	1	2	0,89	0	0	7	0,89	4	0,84	0	0	1	0,45	1	0,45	0	0	2	0	0	0
A25	508	20,66	365	22,7	63	7,09	2	0,89	0	0	7	1,34	14	2,05	21	1,64	21	4,44	5	1,73	0	0	5	1,41	0	0
A26	719	73,15	56	3,56	15	2,35	1	0,45	1	0,45	14	2,95	5	1,73	0	0	0	0	2	0,55	6	1,64	2	0,55	0	0
Total	4452	1079	1079	230	230	92	39	31	31	92	131	113	73	22	26	40	59	40	26	26	40	59	40	59	59	



Anexo H. Registro de las playas más limpias o con una moderada magnitud de basuras a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.



Anexo I. Registro de las playas con la mayor magnitud de basuras a lo largo de la línea de costa del departamento del Atlántico.

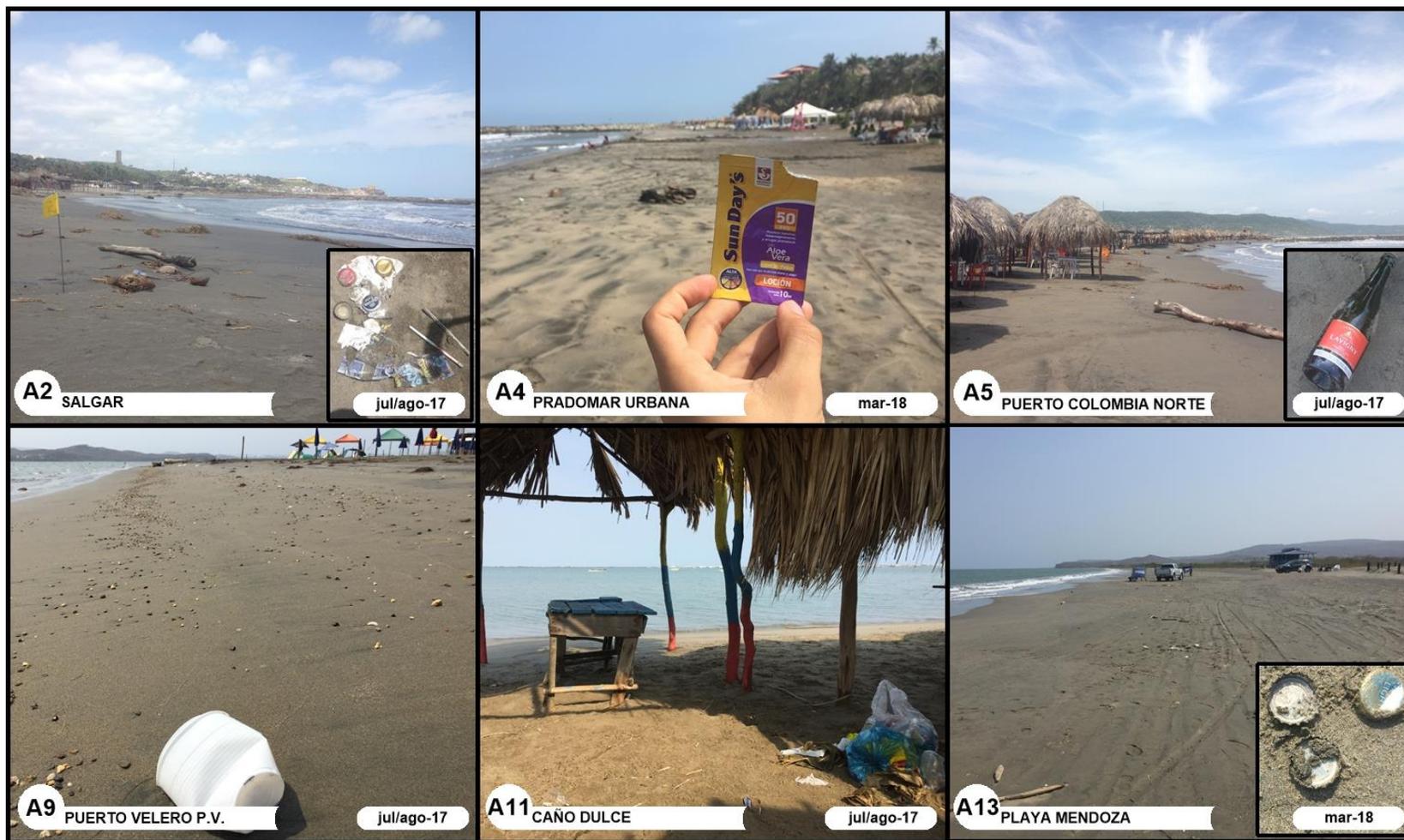
Anexo J. Porcentaje de los diferentes artículos de basura cuantificados para cada una de las playas encuestadas del departamento. Plástico [P], icopor [Pol], caucho [R], residuos peligrosos [Rp] y otros tipos de artículos de basura [Ot].

ID	julio - agosto de 2017 (%)					marzo de 2018 (%)					promedio (%)				
	[P]	[Pol]	[R]	[Rp]	[Ot]	[P]	[Pol]	[R]	[Rp]	[Ot]	[P]	[Pol]	[R]	[Rp]	[Ot]
A2	61,5	13,5	0,0	13,5	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,5	13,5	0,0	13,5	11,5
A3	27,3	27,3	9,1	18,2	18,2	66,4	10,1	1,7	14,3	7,6	46,8	18,7	5,4	16,2	12,9
A4	62,4	19,8	0,0	8,9	8,9	63,6	9,1	0,0	17,0	10,2	63,0	14,4	0,0	13,0	9,6
A5	29,4	45,6	3,1	10,0	11,9	58,8	17,6	0,0	15,3	8,4	44,1	31,6	1,6	12,6	10,1
A6	62,7	26,2	2,1	6,6	2,4	63,5	15,8	1,9	10,4	8,5	63,1	21,0	2,0	8,5	5,5
A7	42,2	40,3	7,8	7,5	2,2	61,4	29,2	3,0	4,9	1,5	51,8	34,8	5,4	6,2	1,8
A8	50,0	12,5	0,0	12,5	25,0	36,4	18,2	0,0	18,2	27,3	43,2	15,3	0,0	15,3	26,1
A9	52,9	8,8	0,0	20,6	17,6	71,0	3,2	3,2	19,4	3,2	62,0	6,0	1,6	20,0	10,4
A10	50,0	16,7	0,0	20,8	12,5	74,1	2,4	0,0	21,2	2,4	62,1	9,5	0,0	21,0	7,4
A11	39,2	20,3	3,8	27,8	8,9	68,4	0,0	0,0	15,8	15,8	53,8	10,1	1,9	21,8	12,3
A13	57,3	37,8	2,4	0,6	1,8	62,9	27,7	2,2	5,0	2,2	60,1	32,8	2,3	2,8	2,0
A16	96,2	0,0	3,8	0,0	0,0	76,2	11,7	4,1	7,0	1,0	86,2	5,9	4,0	3,5	0,5
A17	77,0	14,2	2,4	3,7	2,7	87,0	4,7	0,9	7,0	0,5	82,0	9,4	1,6	5,3	1,6
A18	74,5	17,8	4,2	2,8	0,7	65,4	15,2	4,7	10,0	4,7	69,9	16,5	4,5	6,4	2,7
A19	63,2	27,1	1,9	4,5	3,2	65,4	15,2	4,7	10,0	4,7	64,3	21,1	3,3	7,2	4,0
A20	88,9	1,3	2,6	6,5	0,7	78,9	6,6	2,1	10,7	1,7	83,9	4,0	2,3	8,6	1,2
A21	77,7	14,4	3,8	2,7	1,5	75,5	4,4	6,1	12,1	1,9	76,6	9,4	4,9	7,4	1,7
A22	22,0	71,7	4,2	1,5	0,6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	35,9	2,1	0,7	0,3
A23	58,0	32,9	6,0	2,4	0,7	69,1	18,8	4,4	4,6	3,1	63,6	25,9	5,2	3,5	1,9
A24	83,9	9,4	5,3	1,0	0,5	81,7	9,5	4,1	3,5	1,1	82,8	9,5	4,7	2,3	0,8
A25	41,0	49,8	5,3	3,6	0,3	50,2	36,1	6,2	6,7	0,7	45,6	42,9	5,8	5,2	0,5
A26	38,4	53,7	4,1	3,0	0,8	87,6	6,8	1,8	3,3	0,5	63,0	30,2	3,0	3,1	0,7

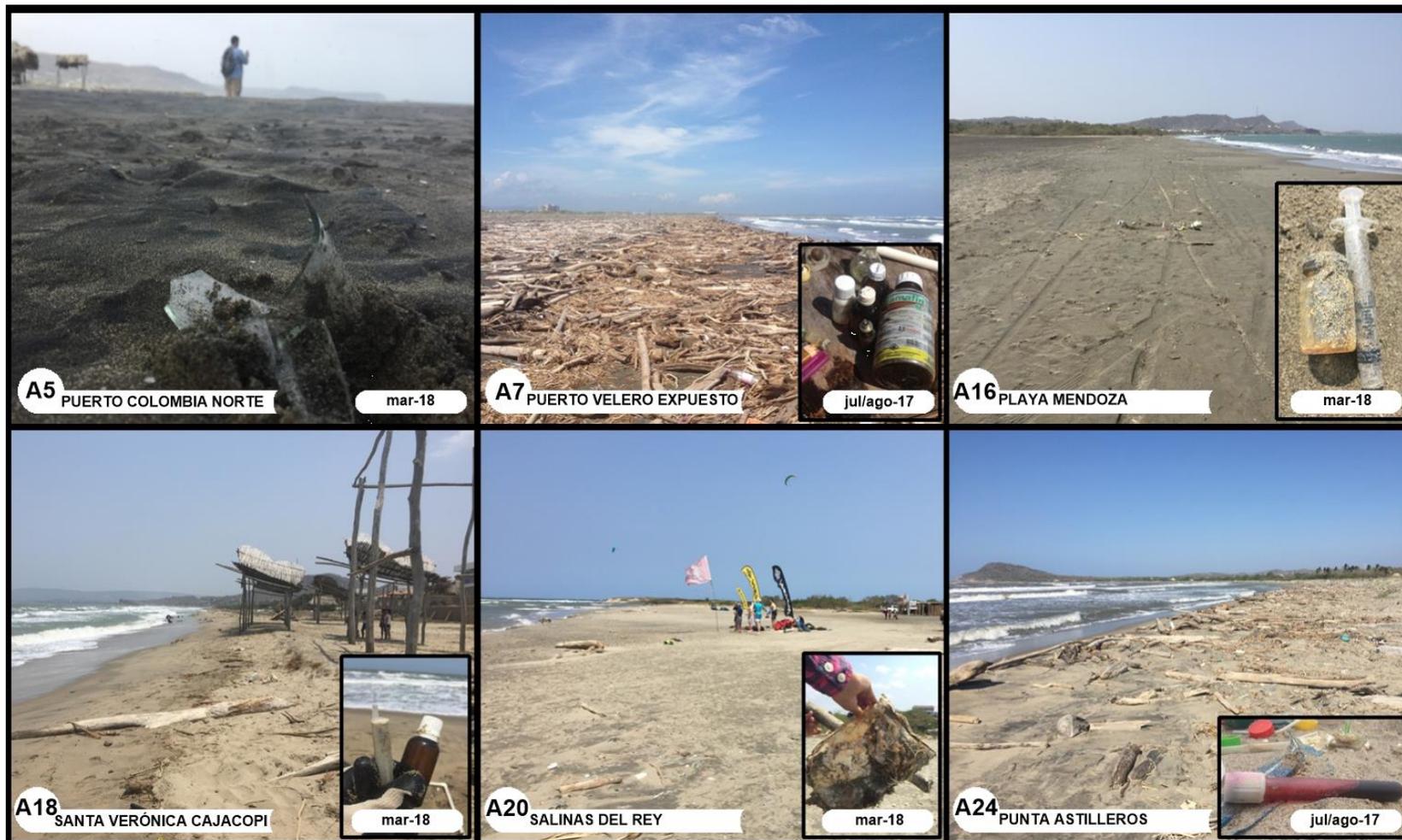
- Residuos peligrosos [Rp]: metal, vidrio/cerámica, madera procesada, riesgo biológico (ej: residuos sanitarios y hospitalarios), aparejo de pesca y materia orgánica.
- Otros [Ot]: textil, papel/cartón, mixto (ej: colillas de cigarrillos) y entre otros no identificados.

Anexo K. Proporción en el tipo de flotabilidad de la basura colectada en los muestreos de julio - agosto de 2017 (17) y marzo de 2018 (18).

ID	Flotabilidad persistente		Flotante a corto plazo		No flotante	
	(17)	(18)	(17)	(18)	(17)	(18)
A2	75%	-	0%	-	25%	-
A3	55%	78%	27%	11%	18%	11%
A4	84%	75%	9%	13%	7%	13%
A5	76%	76%	14%	5%	10%	19%
A6	93%	82%	6%	8%	1%	10%
A7	84%	92%	13%	6%	3%	2%
A8	63%	55%	13%	18%	25%	27%
A9	62%	74%	18%	6%	21%	19%
A10	67%	76%	8%	2%	25%	21%
A11	59%	69%	16%	13%	24%	18%
A13	95%	92%	5%	6%	0%	2%
A16	96%	0%	4%	0%	0%	0%
A17	93%	91%	7%	5%	0%	4%
A18	94%	94%	5%	4%	1%	1%
A19	92%	83%	5%	12%	3%	4%
A20	91%	88%	3%	6%	6%	6%
A21	92%	83%	5%	11%	2%	6%
A22	95%	100%	5%	0%	1%	0%
A23	92%	88%	7%	7%	2%	5%
A24	94%	93%	6%	6%	0%	1%
A25	92%	87%	6%	9%	2%	3%
A26	94%	96%	5%	3%	1%	1%



Anexo L. Registro en artículos de basura generados principalmente por actividades ocio/recreativas en las playas del departamento.



Anexo M. Registro de diferentes objetos peligrosos entre la basura colectada en las playas del departamento.



Anexo N. Evidencias en aumento de basuras y restos de vegetación en determinadas playas del departamento.