

PROYECTO
MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS EN EL MARCO DE
LA REDCAM Y EVALUACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL DEL ECOSISTEMA DE
PASTOS MARINOS EN PUERTO VELERO, ZONA COSTERA DEL DEPARTAMENTO
DEL ATLÁNTICO

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0010 de 2021 CRA- INVEMAR
PRY-CAM-028-21-ITF
INFORME TÉCNICO FINAL



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés "-
INVEMAR

Santa Marta, julio de 2022



PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA

Director General

Francisco A. Arias Isaza

Subdirector Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinadora Coordinación de Investigación e Información para Gestión Marina y Costera (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador Coordinación de Servicios Científicos (CSC)

Julián Mauricio Betancourt

Coordinador Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)

Mario Rueda Hernández

Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte

Subdirectora Administrativa (SRA)

Sandra Rincón Cabal

Citar como:

Este informe deberá ser citado de la siguiente manera:

a) Si cita todo el informe: INVEMAR-CRA. 2022. Monitoreo de calidad de aguas marinas y costeras en el marco de la REDCAM y evaluación de calidad ambiental del ecosistema de pastos marinos en Puerto Velero, zona costera del departamento del Atlántico. Informe Técnico de Final. Convenio 0010-2021. PRY-CAM-028-21. CRA-INVEMAR. Santa Marta. 103 p.

b) Si cita un capítulo: Autor(es). Año. Nombre del capítulo. pp. En: Informe.

PREPARADO POR:

Programa CAM

Cristian Camilo Ruiz
Lizbeth Janet Vivas-Aguas
Sandra Liliana Mayorga-León
José Ávila Cusba
Paola Sofía Obando
Andrés Granados-Briceño
Juan Saldarriaga Vélez
Luisa Espinosa Díaz

Coordinación GEZ

Laboratorio Servicios de información - LABSIS

Diana Carolina Romero
Janneth Andrea Beltrán
Cristian Camilo Montes
Carolina García

Programa BEM

Andrés Felipe Acosta
Laura Sánchez Valencia
Diana Isabel Gómez

Apoyo Técnico INVEMAR

Laboratorio Calidad Ambiental Marina - LABCAM

César Bernal, Karen Ibarra, Leydy Alarcon, Juliana Gómez, Gustavo Lara, Edinson Orozco, Laura Diaz, Kelvin Varela, Jhoan Gomez y Luisa Daza

Línea ESC

Jair Valdes Carrascal

Línea PEM

Simon Feria

Coordinación GEZ - LABSIS

Cristian Camilo Montes

Equipo Técnico CRA

Efraín Leal
Ayari Rojano

Foto portada: Actividades técnicas realizadas durante las salidas de campo del Convenio 010-2021 CRA-INVEMAR. **Fuente:** INVEMAR

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVOS	6
2.1	Objetivo General.....	6
2.2	Objetivos Específicos	6
3	ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	7
4	MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO MARINO Y COSTERO EN EL DEPARTAMENTO DE ATLÁNTICO Y OPERACIÓN DEL NODO REDCAM.....	10
4.1	Metodología.....	10
4.2	Resultados y discusión.....	18
	<i>Calidad de Aguas Marinas y Costeras</i>	<i>18</i>
	<i>Calidad del agua para el uso recreativo en playas turísticas</i>	<i>22</i>
	<i>Calidad de Sedimentos</i>	<i>25</i>
	<i>Contaminación por Basura Marina y Microplásticos en Playas Turísticas.....</i>	<i>27</i>
4.3	Actualización del sistema de información REDCAM.....	32
4.4	Conclusiones y recomendaciones.....	35
5	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL ECOSISTEMA DE PASTOS MARINOS EN LA ENSENADA DE PUERTO VELERO	37
5.1	Área de estudio	37
5.2	Identificación de factores de degradación, valoración de impactos potenciales y propuesta de estrategias de gestión	38
5.2.1	Metodología	38
5.2.2	Resultados y discusión	49
5.2.3	Conclusiones y recomendaciones.....	76
5.3	Caracterización del ecosistema de pastos marinos	78
5.3.1	Metodología	78
5.3.2	Resultados y discusión	81
5.3.3	Conclusiones y recomendaciones.....	91
6	SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS	91
7	EJECUCIÓN FINANCIERA.....	92
8	ANEXOS.....	92
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 4-1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Atlántico. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial y los puntos naranjas las estaciones microplásticos. Los puntos bicolores (azul y naranja) corresponden a estaciones de agua y microplásticos; los puntos bicolores (café y azul) cafés representan las estaciones de muestreo de agua y sedimentos. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo (Puerto Colombia, Río Magdalena y Tubará-Acosta). 11
- Figura 4-2. Muestreo y Actividades realizadas en las salidas de campo REDCAM Atlántico. Mediciones de parámetros in situ en la Ciénaga de Balboa (a), recolección de muestras en Puerto Velero para el análisis de calidad de aguas (b), recolección de muestras para el análisis microplásticos y basura marina en playas (c y d). Foto: Andres Granados y José Cusba. 13
- Figura 4-3. Boxplot de la variación histórica (2001 hasta 2022, sin año 2020) de la salinidad del agua en las estaciones REDCAM en el departamento de Atlántico, diferenciado por zona de muestreo. Las líneas externas de las cajas representan los cuartiles 0.25 y 0.75 de los datos, la línea interna es la mediana y los extremos de las líneas verticales representan los valores mínimo y máximo. El ancho de la caja es proporcional al número de datos. Las líneas horizontales corresponden a los rangos de clasificación para tipo de agua propuestos por Knox (2001). 18
- Figura 4-4. Evolución histórica del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM) en el periodo 2001 a 2021 en el departamento de Atlántico. Las líneas transversales negras indican años con una incidencia del evento El Niño y La Niña según NOAA (2020) y los boletines de seguimiento al ciclo ENOS del IDEAM (2021). 19
- Figura 4-5. Calidad de agua superficial ICAMPFF para época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – mayo) del 2022, en las estaciones marinas y costeras del departamento del Atlántico. 20
- Figura 4-6. Carbono orgánico total (COT) de las muestras de agua recopiladas en época seca y lluviosa en el departamento del Atlántico. Barras rojas y azules representan la época seca y lluviosa respectivamente. 21
- Figura 4-7. Evidencias de la calidad del agua y mortalidad de organismos acuáticos en las estaciones A: Rincón Hondo y B: Arroyo León en el departamento del Atlántico. Foto: José Cusba y Andrés Granados. 22
- Figura 4-8. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Atlántico. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% ($\geq 50\%$ y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible. LP: Límite Permissible. 23
- Figura 4-9. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM Atlántico, en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – Mayo) del 2022. El valor de referencia del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 ml o 2,3 log (NMP/100 ml) para CTE y 1000 NMP/100 ml o 3 log (NMP/100 ml) para CTT. L.P: Limite Permissible 24
- Figura 4-10. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos fecales (EFE) en las estaciones REDCAM Atlántico, en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – Mayo) del 2022. El valor de referencia del límite permisible corresponde a 100 UFC/100 ml o 2 log (UFC/100 ml). L.P: Limite Permissible. 25
- Figura 4-11. Curva granulométrica de las muestras de sedimentos recopiladas en el 2022 (febrero y marzo), en la estación Base Naval-17 y Puerto Velero en el departamento del Atlántico. 26
- Figura 4-12. Concentraciones de Mercurio (Hg) de las muestras de sedimentos recopiladas en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – Mayo) del 2022, en las estaciones Puerto Velero y Base Naval-17 en el departamento del Atlántico A: muestra de sedimento de agua marina y B: muestra de

sedimento de agua dulce. El valor de referencia TEL (130 ng/g) corresponde a muestras de sedimentos de agua marina.	27
Figura 4-13. Abundancia de basuras marinas en las playas turísticas del departamento del Atlántico, registradas en los muestreos realizados en las épocas seca y lluviosa del 2022.....	28
Figura 4-14. Porcentajes de representación de los diferentes materiales o tipos de basura marina según (OSPAR, 2010) en las 6 playas priorizadas del departamento del Atlántico priorizadas.....	29
Figura 4-15. Concentraciones de microplásticos en las muestras de arena de las 6 playas priorizadas del departamento del Atlántico recolectadas en la época seca y lluviosa de 2022.	30
Figura 4-16. Proporción de los tipos de forma de microplásticos en las muestras de arena de las 6 playas priorizadas del departamento del Atlántico recolectadas en la época seca y lluviosa de 2022.	30
Figura 4-17. Disposición inadecuada de residuos sólidos producidos por el turismo en Playa Salgar (A y B), basura marina encontrada en Punta Astillero (C y D).....	31
Figura 4-18. Tipos de microplásticos encontrados en laboratorio de las muestras de arena de playa de la estación Punta Astillero durante el muestreo en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo).	31
Figura 4-19. Metadato creado y disponible en GeoNetwork (Servicios de catalogación de información de Metadatos del SIAM).	32
Figura 4-20. Estandarización e ingreso de datos REDCAM Atlántico al sistema REDCAM.	33
Figura 4-21. Sistema de Información Ambiental Marina – SIAM.....	34
Figura 4-22. Sistema de Información Ambiental Marina – SIAM.....	35
Figura 5-1. Esquema metodológico del análisis espacial con sistemas de información geográfica.	39
Figura 5-2. Grilla de recolección de imágenes tomadas con Dron	40
Figura 5-3. Comparación de las capas vectoriales de cobertura terrestre.	41
Figura 5-4. Equipos usados para tomas de información geográfica a) Dron Phantom 4 Multispectral b) Antena RTK	43
Figura 5-5. Ubicación de las estaciones de muestreo de basura marina y microplásticos en arena, agua superficial y manglar en las playas de Puerto Velero y Caño Dulce, Ensenada de Puerto Velero. Las líneas rojas representan los transectos de arena de playa, las líneas con puntos azules corresponden a transectos de agua superficial, los puntos amarillos correspondientes a los cuadrantes de arena de playa y el punto rojo a parcelas de manglar.	44
Figura 5-6. Muestreo de Basura marina y microplásticos en la Ensenada de Puerto Velero. Recolección de arena de playa en Caño Dulce para análisis de microplásticos (A), arrastre superficial en Caño Dulce para análisis de microplásticos en aguas (B), caracterización de basura marina en el manglar de Caño Dulce (C), recolección de sedimento de manglar en playa Puerto Velero para análisis de microplásticos (D). Fotos: Andrés Granados y Juan Saldarriaga.....	45
Figura 5-7. Ubicación de las fuentes de presiones y factores de degradación ambiental identificados en la Ensenada de Puerto Velero, departamento del Atlántico.....	50
Figura 5-8. Disposición inadecuada de residuos sólidos. (A y B); residuos metálicos y botes de pintura; C) residuos de transformadores; D) material de construcción; E) centro de acopio de residuos; y F) residuos de grasas y aceites. Fotos: Cristian Ruiz.....	51
Figura 5-9. Residuos sólidos en el sector de la playa de Puerto Velero (A) y Caño Dulce (B). Fotos: Cristian Ruiz.....	52
Figura 5-10. Quemadas de basuras en el sector de Puerto Velero (A) y Caño Dulce (B). Fotos: Cristian Ruiz.....	52
Figura 5-11. Poza séptica en un restaurante de Puerto Velero (A) y Letrina en el sector de Caño Dulce (B). Fotos: Cristian Ruiz.	53
Figura 5-12. Presencia de macroalgas en las playas de Puerto Velero (A y B); salida de la PTAR marina Puerto Velero (C) y agua estancada en el sector de Caño Dulce (D). Foto: Cristian Ruiz.	53
Figura 5-13. Canales que se conectan con la playa de Puerto Velero. Fotos: Cristian Ruiz.	54
Figura 5-14. Embarcaciones en la marina de Puerto Velero (A) y mantenimiento de embarcaciones (B). Fotos: Cristian Ruiz.....	54
Figura 5-15. Tala de mangle y vegetación ubicada en el sector de Caño Dulce. Fotos: Cristian Ruiz.....	55
Figura 5-16. Zona de Parqueo al interior de las playas de Puerto Velero (A y B). Fotos: Cristian Ruiz.....	55
Figura 5-17. Unidades o ítems y peso de basura marina registrada en los manglares priorizados de Puerto Velero y Caño Dulce, Tubará, Atlántico.....	56

Figura 5-18. Porcentaje de los tipos de basura marina (según número de unidades) en los sectores de manglar priorizados en Caño Dulce y Puerto Velero, Tubará, Atlántico	57
Figura 5-19. Tipos de basura marina recolectada en el manglar priorizado de Caño Dulce (A) y Puerto Velero (B). Zona de botadero a cielo abierto y quema de residuos sólidos identificado en la zona aledaña del área de muestreo en Puerto Velero (C).....	58
Figura 5-20. Proporción en porcentajes de microplásticos encontrados en arena de playa, sedimento de manglar y aguas superficiales de la ensenada de Puerto Velero, Tubará, Atlántico.	59
Figura 5-21. Concentraciones de los tipos de microplásticos en las estaciones de agua superficial, arena de playa y sedimento de manglar en los sectores priorizados en la Ensenada de Puerto Velero, Tubará, Atlántico. .	60
Figura 5-22. Valoración de impacto ambiental en la Ensenada de Puerto Velero, Atlántico.....	61
Figura 5-23. Número de entrevistas y población entrevistada en los tres sectores de la Ensenada de Puerto Velero.	65
Figura 5-24. Perfil sociodemográfico y actividades realizadas por los turistas entrevistados en la Ensenada de Puerto Velero (sector marina y playa de Puerto Velero).....	66
Figura 5-25. Nivel de calidad percibida por los turistas sobre la infraestructura y la prestación de servicios turísticos en la Ensenada de Puerto Velero (1: baja calidad; 2: regular calidad; 3: buena calidad)	67
Figura 5-26. Nivel de calidad percibida por los turistas sobre las condiciones de saneamiento básico para el desarrollo de la actividad turística (1: baja calidad; 2: regular calidad; 3: buena calidad).....	67
Figura 5-27. Reconocimiento de la presencia de ecosistemas en la Ensenada de Puerto Velero por parte de los turistas.	67
Figura 5-28. Porcentaje de afectación de los ecosistemas por la presencia de residuos sólidos en la Ensenada de Puerto Velero, según la percepción de los turistas.....	68
Figura 5-29. Porcentaje del tipo de residuos sólidos presentes en los ecosistemas según la percepción de los turistas en la Ensenada de Puerto Velero.	68
Figura 5-30. Perfil sociodemográfico y actividades principales que desarrollan los prestadores de servicios encuestados en la Ensenada de Puerto Velero.	69
Figura 5-31. Número de actividades antropogénicas que generan presión sobre los ecosistemas, de acuerdo con la percepción de los prestadores de servicios turísticos en las playas de Puerto Velero y Caño Dulce.	70
Figura 5-32. Porcentaje de afectación de los ecosistemas por la presencia de residuos sólidos en la Ensenada de Puerto Velero, según la percepción de prestadores de servicios.....	70
Figura 5-33. Porcentaje de afectación por la presencia de residuos sólidos en diferentes ecosistemas en las playas de Caño dulce y Puerto Velero, según la percepción de prestadores de servicios.....	71
Figura 5-34. Porcentaje del tipo de residuos sólidos presentes en los ecosistemas según la percepción de los operadores turísticos en las playas de caño Dulce y Puerto Velero	71
Figura 5-35. Taller realizado el 24 de marzo de 2022 con representantes de las asociaciones de servicios turísticos, restaurantes y pescadores de la Ensenada de Puerto Velero. A) Desarrollo de taller, B) medidas propuestas para la protección de ecosistemas, C) y D) construcción de mapas de visión a futuro de la gestión sostenible del territorio, E) Construcción de línea de tiempo.....	72
Figura 5-36. Esquemmatización de los principales hitos en la historia de la Ensenada de Puerto Velero relatados por los actores sociales de la Ensenada. Elaboración propia.	73
Figura 5-37. Ensenada Puerto Velero donde se muestra el polígono de estudio (línea roja), en amarillo el ecosistema de manglar, y en líneas verdes la batimetría de la zona.	78
Figura 5-38. Grilla de puntos a evaluar, establecida previamente a la salida de campo.	79
Figura 5-39. Fotointerpretación de las imágenes de Dron para la clasificación del ecosistema de pastos marinos	81
Figura 5-40. Puntos evaluados en la fase de campo en la bahía de Puerto Velero.	82
Figura 5-41. Mapa de puntos de ubicación del ecosistema de pastos marinos en la Bahía de Puerto Velero	85
Figura 5-42. Sedimento - fango bioturbado en la Bahía de Puerto Velero - Atlántico	86
Figura 5-43. A-B <i>Halodule wrightii</i> y macroalgas C. <i>Halodule wrightii</i> en la bahía de Puerto Velero – Atlántico.....	86
Figura 5-44. Individuos de <i>Halodule wrightii</i> , <i>Halophila decipiens</i> y macroalgas en la Bahía de Puerto Velero – Atlántico	87
Figura 5-45. Zonas de arena encontradas a lo largo de Puerto Velero	87

Figura 5-46. Parches de <i>H. decipiens</i> en la zona sureste de Puerto Velero	88
Figura 5-47. Parche de <i>S. filiforme</i> A y Presencia de <i>Halophila baillonis</i> B.....	88
Figura 5-48. Parches de <i>T. testudinum</i> en el sector norte de Puerto Velero	89
Figura 5-49. A) Ascidiar B) Opisthobranchio perteneciente a la Familia Aplysiidae.....	91
Figura 6-1. Reunión virtual de socialización de resultados INVEMAR-CRA, realizado el 22 de julio de 2022.	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Resumen del cumplimiento de las obligaciones y actividades desarrolladas durante la ejecución del Convenio 010 de 2021	7
Tabla 4-1. Metodologías utilizadas para el análisis de las variables fisicoquímicas medidas <i>in situ</i>	12
Tabla 4-2. Coordenadas de referencia del cuadrante central (cuadrante 3) ubicado en las playas priorizadas del departamento del Atlántico para determinar el estado de contaminación de basura marina y microplásticos	13
Tabla 4-3. Metodologías utilizadas para el análisis de las variables de calidad de aguas en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM) del INVEMAR.	14
Tabla 4-4. Escalas de Valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras -ICAM _{PFF} (Vivas-Aguas, 2011), y opciones de medidas que se pueden optar según la valoración del indicador ICAM _{PFF} (Modificado de Marín, 2001).....	16
Tabla 4-5. Escalas del nivel de cumplimiento de concentraciones de Coliformes Termotolerantes, Coliformes totales y Enterococos fecales para el uso recreativo de aguas.....	17
Tabla 5-1 Proyectos recopilados con información espacial.....	39
Tabla 5-2 Combinaciones de bandas RGB y espectrales	41
Tabla 5-3. Coordenadas de referencia del cuadrante central en arena de playa (cuadrante 3 del transecto 2). Punto central de las parcelas de manglar y transecto central de los arrastres de agua superficial realizados en Puerto Velero y Caño Dulce para el estudio de contaminación de basura marina y microplásticos.....	43
Tabla 5-4. Atributos, calificación y valores utilizados en la evaluación de impactos. Fuente: Toro <i>et al.</i> , 2013	46
Tabla 5-5. Matriz de identificación de impactos ambientales por componente utilizado para Puerto Velero. Modificado de Conesa, 2009	47
Tabla 5-6. Calificación de la importancia del impacto. Modificado de Conesa, 2009.....	48
Tabla 5-7. Principales insumos cartográficos recopilados y estructurados.	49
Tabla 5-8. Resultados de la valoración de impactos en el sector de Puerto Velero, según las presiones identificadas.	62
Tabla 5-9. Resultados de la valoración de impactos en el sector de Caño Dulce, según las presiones.	63
Tabla 5-10. Propuesta de estrategia de gestión con acciones, medidas y objetivos recomendados para la gestión sostenible de la ensenada de Puerto Velero	75
Tabla 5-11. Relación de los puntos evaluados (Puntos GPS) con los puntos establecidos previamente (Puntos Mapa) y su respectiva descripción	82
Tabla 5-12. Caracterización de la estructura y composición de dos parches de pastos marinos en la Bahía de Puerto Velero - Atlántico.....	89

1 INTRODUCCIÓN

El departamento del Atlántico cuenta con ecosistemas marinos y costeros estratégicos que brindan bienes y servicios ambientales, los cuales soportan parte de la economía en la región ([INVEMAR, 2007](#)). La importancia que tienen ecosistemas como los manglares, pastos marinos, playas, litoral rocoso y arenoso, entre otros, hace necesario un mayor control y seguimiento de las actividades antrópicas que causan deterioro, poniendo en riesgo la calidad de estos recursos y generando detrimento de sus servicios ecosistémicos. Por ello, es necesario que las autoridades ambientales competentes conozcan los ecosistemas y recursos presentes en su territorio, que les permita desarrollar estrategias de vigilancia y control sobre los factores causantes del deterioro, y hacer un adecuado manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros.

En la ensenada de Puerto Velero se desarrollan una serie de actividades que contribuyen al desarrollo socioeconómico del municipio, destacándose la actividad turística como fuente principal de recursos de la población, permitiendo el sustento y desarrollo de las comunidades que se asientan en los alrededores ([Torres et al., 2014](#)). Muchas de estas actividades generan presiones como son los residuos sólidos y líquidos, quema de residuos, tala y leñateo entre otros, los cuales pueden llegar al ambiente marino costero, deteriorando la calidad de los ecosistemas, el recurso hídrico y la biota asociada ([Garay y Vélez, 2004](#); [Troncoso et al., 2009](#)).

Los pastos marinos son uno de los ecosistemas marinos más productivos pese a que solo ocupan el 2% del área mundial. Adicionalmente, es uno de los ecosistemas más significativos y estables en ambientes marinos costeros ([Short et al., 2008](#)). Su importancia radica en los numerosos servicios ecosistémicos que provee, ejemplos de ello son: la productividad primaria ([Davis et al., 1999](#)), resguardo para una gran variedad de organismos ([Heck et al., 2003](#); [Short et al., 2006](#)), protección del área costera, reciclaje de nutrientes ([Costanza et al., 1998](#); [Short y Neckles, 1999](#)) y sumideros de carbono, el cual juega un papel importante en la mitigación del cambio climático ([Mcleod et al., 2011](#); [Nellemann y Corcoran, 2009](#); [Pendleton et al., 2012](#)).

La presencia de los pastos marinos a lo largo de línea costera depende de ciertos requerimientos básicos de condiciones ambientales, los cuales regulan tanto su actividad fisiológica (temperatura, salinidad, profundidad, corrientes, oleaje, nutrientes y tipo de sustrato), como limitan su actividad fotosintética (luz, nutrientes, epífitos y enfermedades) ([Short et al., 2008](#)). Así mismo, los impactos antropogénicos modifican estas condiciones ambientales inhibiendo el crecimiento y decline de las praderas de pastos marinos en las últimas décadas alrededor del mundo ([Waycott et al., 2009](#)). Estos impactos negativos producen alteraciones en el ecosistema trayendo efectos en diferentes escalas como lo son la sobreexplotación de recursos, modificaciones físicas al entorno, contaminación, cambios en los ciclos de nutrientes, cambios en el tipo de sedimento e introducción de especies no nativas ([Walker et al., 2006](#); [Waycott et al., 2009](#); [Short et al., 2008](#)).

En el presente informe se presentan los resultados de las actividades técnicas desarrolladas, resultados y conclusiones para dar cumplimiento al Convenio Interadministrativo No. 010-2021 suscrito entre la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (C.R.A) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR) que tiene como objetivo general "Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para evaluar la calidad de las aguas marinas y costeras en el marco del monitoreo de la REDCAM y determinar las condiciones ambientales del ecosistema de pastos marinos en la ensenada de Puerto Velero, Departamento del Atlántico"

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de las aguas marinas y costeras en el marco del monitoreo de la REDCAM y determinar las condiciones ambientales del ecosistema de pastos marinos en la ensenada de Puerto Velero, departamento del Atlántico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mantener operativo el nodo CRA de la REDCAM departamento del Atlántico, para el monitoreo de la calidad del agua y sedimentos marino-costeros, incluyendo microplásticos en arenas de playas turísticas priorizadas.
- Evaluar la calidad ambiental y potenciales impactos sobre el ecosistema de pastos marinos en la ensenada de Puerto Velero, departamento del Atlántico.

3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Resumen de las actividades desarrolladas para el cumplimiento de las obligaciones del Convenio 010 de 2021 CRA - INVEMAR (Tabla 3-1).

Tabla 3-1. Resumen del cumplimiento de las obligaciones y actividades desarrolladas durante la ejecución del Convenio 010 de 2021

#	Obligación	Descripción	Porcentaje
1	Realizar la reactivación de las actividades de cooperación relacionadas con el monitoreo y operación del nodo REDCAM de la CRA que contribuirán al levantamiento de información base para la aplicación de acciones de mejoramiento de la calidad de las aguas marinas y costeras en el departamento de Atlántico	Se reactivaron las actividades de cooperación con la firma del convenio y la ejecución del levantamiento de información de calidad de aguas marinas y costeras con la ejecución de dos salidas de campo en las 18 estaciones REDCAM departamento de Atlántico, la primera realizada entre el 28 febrero y 01 de marzo del 2022 (época seca) y la segunda entre el 09 y 10 de mayo de 2022 (época lluviosa).	100%
2	Aportar información para el seguimiento a la meta del pacto región océanos del plan nacional de desarrollo 2018 – 2022, a través de la aplicación del índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM.	Con la información recolecta en la ejecución del convenio, se generó el reporte ICAM para 11 estaciones a partir de los resultados in situ y de laboratorio de las dos salidas de campo REDCAM realizadas.	100%
3	Realizar dos (2) salida de campo para coleccionar muestras en 18 estaciones REDCAM en la zona costera del departamento, donde se medirán parámetros in situ (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto) en el agua superficial y se tomarán muestras de agua para medir variables fisicoquímicas (sólidos suspendidos totales, silicatos, fósforo total, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, ortofosfatos, turbidez, clorofila a y carbono orgánico total), microbiológicas (coliformes totales, termotolerantes, Enterococos fecales), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD), metales pesados disueltos (Cu, Zn, Ni, Fe, Cr6+, Cd, Hg y Pb), plaguicidas organoclorados y organofosforados.	Se realizaron dos salidas de campo REDCAM Atlántico en 18 estaciones de agua superficial, la primera entre el 28 febrero y 01 de marzo del 2022 (época seca) y la segunda entre el 09 y 10 de mayo de 2022 (época lluviosa). Cumpliendo con lo pactado en el convenio, midiendo datos in situ, recolectando muestras de agua para determinación de variables fisicoquímicas, microbiológicas, hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno, metales pesados disueltos, plaguicidas organoclorados y organofosforados.	100%
4	Realizar toma de muestras de sedimentos en las estaciones Puerto Velero y Aguas abajo Base Naval (CRA-17), para el análisis de granulometría, carbono orgánico total, metales totales (Cu, Zn, Ni, Fe, Cr, Cd, Hg y Pb), hidrocarburos aromáticos policíclicos, plaguicidas organofosforados y organoclorados; y muestras de arena en seis playas turísticas del departamento para el análisis de microplásticos.	Se realizaron dos salidas de campo REDCAM Atlántico en 2 estaciones de sedimentos y en 6 estaciones de microplástico en arena de playa, la primera entre el 28 febrero y 01 de marzo del 2022 (época seca) y la segunda entre el 09 y 10 de mayo de 2022 (época lluviosa). Cumpliendo con lo pactado en el convenio, recolectando las muestras y realizando los análisis de laboratorio de parámetros de granulometría, carbono orgánico total, metales totales (Cu, Zn, Ni, Fe, Cr, Cd, Hg y Pb), hidrocarburos aromáticos policíclicos, plaguicidas organofosforados y organoclorados. Determinación de cantidad de basura marina y microplásticos (partículas < 5mm).	100%
5	Con los datos de los monitoreos realizados de calidad de aguas y sedimentos, se deberá actualizar la base de datos y servicios Web del sistema de información de la REDCAM, la cual deberá estar disponible para consulta de los funcionarios de la corporación y del público en general, a través de la página web del INVEMAR	Se actualizó el sistema de información REDCAM con los datos de las dos salidas de campo muestreos de calidad de aguas y sedimentos realizada en el primer semestre del año 2022 en el departamento del Atlántico, los cuales se encuentran disponibles para consulta en https://siam.invemar.org.co/redcam .	100%
6	Realizar una salida de campo haciendo recorridos terrestres por la línea de costa y el área de estudio para identificar los factores de degradación ambiental y tensores de tipo antrópico en la ensenada de Puerto Velero, y recorridos acuáticos para documentar las fuentes de contaminación relacionadas con el turismo, vertimientos, residuos sólidos, entre otros tensores que se pueden visualizar a través de inspecciones visuales, registro fotográfico, georreferenciación con geoposicionador satelital (GPS) y se tomarán imágenes con el vuelo de un equipo Dron para el levantamiento de información en campo sobre tensores y ecosistemas.	Se realizó la salida de campo del 21 al 24 de marzo a la ensenada de Puerto Velero, en la que se hicieron recorridos terrestres y acuáticos, inspecciones visuales, registro fotográfico, georreferenciación y se tomaron imágenes con equipo Dron para identificar los factores de degradación ambiental y tensores de tipo antrópico y las fuentes de contaminación	100%

#	Obligación	Descripción	Porcentaje
7	Recopilar y estructurar información geográfica secundaria y la información obtenida de la salida de campo para la generación de los mapas temáticos de fuentes de contaminación, vertimientos, residuos sólidos, entre otros tensores	Se recolectó y se estructuró la información geográfica de los puntos de GPS para generar la capa vectorial temática de los puntos de presión la cual se clasificó por el tipo de fuente contaminante y se generó el mapa con la clasificación de las fuentes de contaminación.	100%
8	Determinar las concentraciones de macrobasura en la zona de manglar y de microplásticos en la arena de la playa, con cuadrantes ubicados en las zonas activa, de reposo y de transición. Para el muestreo de macrobasura y microplásticos en el agua superficial marina se harán arrastres con redes. La macrobasura marina será caracterizada según el tipo de material y los microplásticos se clasificarán según origen (primarios - secundarios) y formas (OSPAR, 2010; Kovač et al., 2016).	Se realizó la caracterización, clasificación y pesaje de la macrobasura presente en la zona de manglar en la ensenada de Puerto Velero, clasificando la macrobasura según las categorías (plástico, metal, vidrio, textil, papel-cartón y otros), y se recolectaron muestras de microplásticos en agua superficial, arena de playa y sedimento de manglar para el análisis en laboratorio. Con lo cual, se pudo determinar el estado de contaminación por microplásticos según su origen (primarios - secundarios) y formas, y la cantidad de macrobasura.	100%
9	Elaborar encuestas y entrevistas semiestructuradas a la comunidad local, autoridades ambientales y actores clave, sobre usos potenciales, características ambientales y su percepción sobre las condiciones y tensores presentes. La información colectada en campo se complementará con revisión de información secundaria disponible, mesas de trabajo con funcionarios de la corporación autónoma regional del Atlántico-CRA, Alcaldía, entre otros actores	Se aplicaron encuestas y se realizaron entrevistas semiestructuradas, orientadas a recolectar información sociodemográfica, reconocer los ecosistemas marinos y costeros presentes, las actividades productivas y su nivel de afectación sobre los ecosistemas de pastos marinos, playas y manglares, los cuales estuvieron representados por líderes comunitarios, prestadores de servicios y turistas, que permitieron avanzar en la identificación de las condiciones ambientales.	100%
10	Elaborar un mapa con la distribución de los tensores identificados provenientes de la información recolectada, el cual brindará información base y de contexto para el análisis de las diferentes temáticas de calidad ambiental.	Con la información analizada se generó la capa vectorial temática de los puntos de presión la cual se clasificó por el tipo de fuente contaminante.	100%
11	Realizar una valoración de impactos (reales o potenciales) orientada a identificar el grado de afectación sobre la ensenada de Puerto Velero y los ecosistemas presentes con los resultados e información disponible de los monitoreos de calidad de aguas y sedimentos y la caracterización biótica, sumado a la información secundaria que se recopile de la zona.	Se hizo la evaluación de impactos utilizando una matriz que incluye tres ejes que incorpora las presiones identificadas, los componentes del ambiente y los impactos ambientales derivados de las presiones identificadas	100%
12	Determinar la importancia del impacto en función del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida y la caracterización del efecto utilizando las presiones identificadas y factores antrópicos al interior de la zona y sus alrededores	Con la información recolectada en la identificación de las presiones se determinó la importancia del impacto calificando el impacto por cada componente ambiental de la presión identificada, el resultado se promedió y se obtuvo el valor final de la importancia del impacto por tipo de presión	100%
13	Evaluar los componentes ambientales que incluyen las condiciones abióticas, bióticas y socioeconómicas, que permitirán cuantificar sus consecuencias en el ambiente	Con la información recolectada en la identificación de las presiones se determinó la importancia del impacto calificando el impacto por cada componente ambiental de la presión identificada, el resultado se promedió y se obtuvo el valor final de la importancia del impacto por tipo de presión	100%
14	Priorizar de acuerdo con los impactos identificados aquellos que tuvieron un grado de importancia mayor sobre los componentes ambientales y socioeconómicos.	Se priorizo los impactos que obtuvieron calificación severa por cada componente ambiental y se propusieron medidas de manejo orientadas a prevenir, controlar y mitigar los impactos ocasionados por las actividades antropogénicas y los diferentes factores de degradación y problemáticas identificadas en la zona.	100%
15	Realizar un taller con la comunidad local y actores clave para la formulación conjunta de las medidas para la gestión sostenible de Puerto Velero, considerando las implicaciones ecológicas, sociales y económicas, enfocadas principalmente a proteger y preservar las zonas costeras, prevenir y reducir las presiones al medio marino y garantizar que las actividades y usos sean compatibles con la preservación de su biodiversidad, las cuales serán concertadas con funcionarios de la CRA	Se llevó a cabo un taller el 24 de marzo donde participaron 20 representantes de los servicios turísticos y pescadores de la zona. En este espacio, los actores identificaron los hitos relevantes de origen natural y antrópico que han tenido influencia directa o indirecta en el estado de los ecosistemas presentes, mediante la construcción de una línea de tiempo que permitió identificar los cambios que se han presentado en la zona	100%

#	Obligación	Descripción	Porcentaje
16	Elaborar mapas temáticos con la valoración ambiental y los tensores naturales y antrópicos identificados.	Para la etapa de análisis espacial, se organizó y verificó la información primaria y secundaria recolectada y se estructuro en una geodatabase que nos permitió clasificar el grado de impacto ambiental a partir de la información proporcionada por el equipo temático.	100 %
17	Realizar una evaluación ecológica rápida para determinar en al menos 12 cuadrantes de 50x50 la densidad de vástagos, presencia de flores y frutos, longitud y ancho de hojas, presencia del hongo Labyrinthula spp., fauna y flora asociada, con el fin de evidenciar la existencia, estructura y composición de praderas de pastos marinos en el sector de Puerto Velero.	Se hizo una evaluación detallada de los atributos estructurales en las praderas de pastos marinos evidenciadas a lo largo de puerto velero, realizando posteriormente el análisis de la información recopilada	100 %
18	Realizar la identificación del estado y composición aproximado de la (s) praderas existentes en el sector de Puerto Velero con los datos obtenidos.	Se realizó un barrido de toda la zona haciendo uso de puntos previamente estipulados para determinar la presencia de pastos marinos para reportar su ubicación y atributos estructurales	100 %

4 MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO MARINO Y COSTERO EN EL DEPARTAMENTO DE ATLÁNTICO Y OPERACIÓN DEL NODO REDCAM

Preparado por: José Cusba, Paola Obando y Andrés Granados

Para dar continuidad a la operación del nodo CRA del Programa Nacional de Monitoreo de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM, se llevaron a cabo dos salidas de campo durante el primer semestre del 2022, en 18 estaciones de muestreo distribuidas en tres zonas, Río Magdalena, Puerto Colombia y Tubará-Acosta; en las cuales se levantó información base para el seguimiento y diagnóstico del estado de la calidad de las aguas superficiales, sedimentos y monitoreos puntuales de basura marina y microplásticos en 6 playas turísticas priorizadas.

En el departamento del Atlántico, el INVEMAR y la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) han aunado esfuerzos, recursos técnicos y financieros para desarrollar anualmente las actividades del programa REDCAM, para generar información que ha servido como soporte técnico para el desarrollo de políticas y estrategias para la prevención del deterioro de la calidad ambiental marina. El monitoreo de la calidad del agua marino-costera se viene realizando desde el año 2001, cabe destacar que en los últimos años han sido incorporados otros aspectos clave para el fortalecimiento de la REDCAM, como la evaluación de la calidad de sedimentos y monitoreos puntuales de basura marina y microplásticos.

A continuación, se presentan los resultados de calidad de aguas y sedimentos marino-costeros, y el estado de contaminación por microplásticos en playas turísticas del departamento de Atlántico.

4.1 METODOLOGÍA

El departamento del Atlántico se ubica en el Caribe colombiano, limitando al oriente con el río Magdalena y al suroccidente con el departamento de Bolívar. La franja litoral se extiende en Mar Caribe, desde Bocas de Ceniza hasta las salinas de Galerazamba (Ensenada de Galerazamba), con una longitud de 90 km aproximadamente. Su clima es seco, cálido árido y semiárido, influenciado por los vientos alisios, con temperaturas media entre 28 y 30°C y un régimen de lluvia bajo ([Gómez-Cubillos et al., 2015](#)).

Para efectos de la evaluación, su zona costera se subdivide en tres zonas denominadas río Magdalena, Puerto Colombia y Tubará-Acosta, cada una con características paisajísticas y socioeconómicas propias. La zona del **río Magdalena** abarca parte de la cuenca baja del río Magdalena y la ciénaga de Mallorquín, en esta zona se realizan actividades portuarias y agrícolas,

y hay presencia de vertimientos de aguas residuales de Barranquilla y Soledad. La zona de **Puerto Colombia** comprende la franja costera del municipio de Puerto Colombia, en esta zona la actividad que predomina es el turismo. La zona de **Tubará-Acosta** corresponde a la franja costera de los municipios de Juan de Acosta y Turbará, los cuales tienen baja cobertura de alcantarillado, con ciénagas y algunas playas de interés turístico.

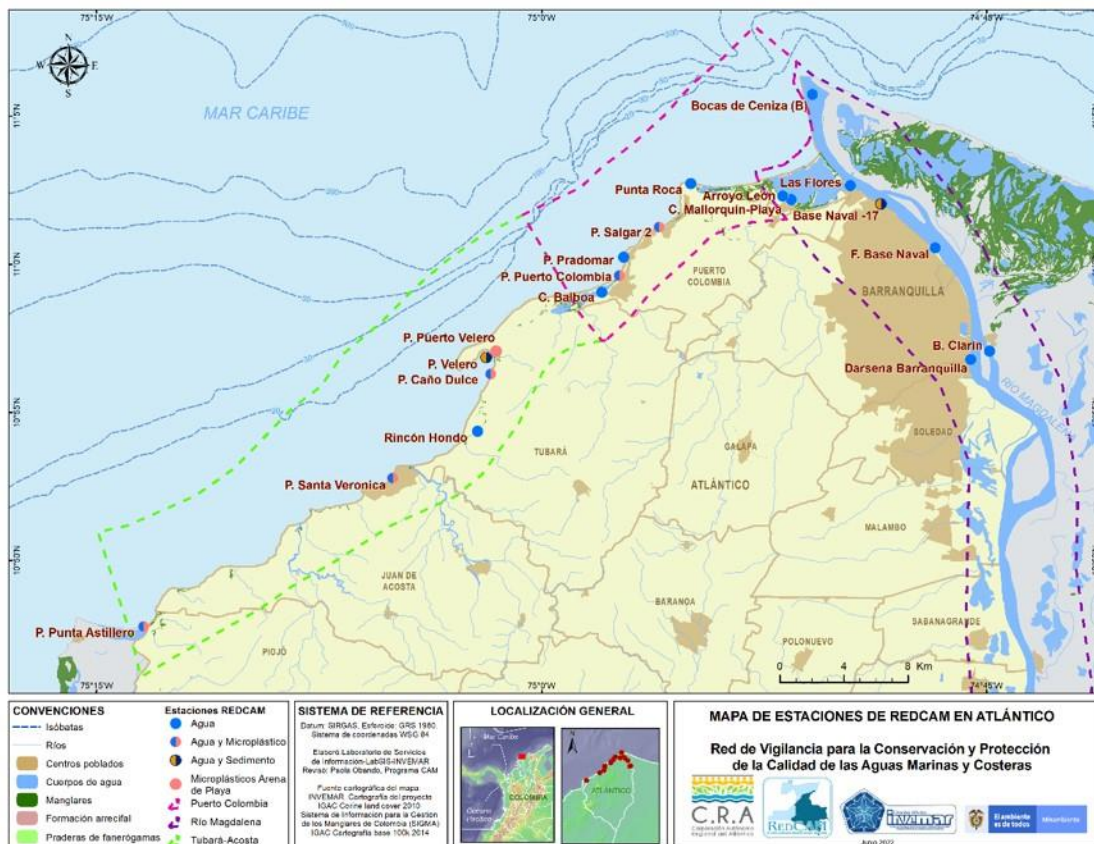


Figura 4-1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Atlántico. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial y los puntos naranjas las estaciones microplásticos. Los puntos bicolors (azul y naranja) corresponden a estaciones de agua y microplásticos; los puntos bicolors (café y azul) cafés representan las estaciones de muestreo de agua y sedimentos. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo (Puerto Colombia, Río Magdalena y Tubará-Acosta).

Fase de campo

De acuerdo con el boletín climatológico de febrero y marzo de 2022 del IDEAM, la precipitación total en el departamento del Atlántico osciló entre 0 y 50 mm, reportándose un índice de precipitación mensual normal (80 % - 120 %) (IDEAM, 2022a y b). Para el mes de mayo, el comportamiento de las precipitaciones en el departamento del Atlántico osciló en la mayor parte del entre 150 y 300 mm; presentándose un comportamiento generalizado por encima de lo normal (120 % - 160 %) (IDEAM, 2022c). Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, el

muestreo realizado en los meses febrero y marzo representa la época seca y en el mes de mayo corresponde a las primeras precipitaciones del año o época lluviosa.

El muestreo REDCAM Atlántico se llevó a cabo en las 18 estaciones distribuidas en tres zonas de la franja costera de los municipios de Piojó, Juan Acosta, Tubará y Puerto Colombia y en la zona del río Magdalena que va desde Boca Caño Clarín hasta Bocas de Ceniza (Figura 4-1). Se Realizaron dos salidas de campo, la primera entre el 28 de febrero y 1 de marzo (época seca); y la segunda los días 9 y 10 de mayo (época lluviosa). Las salidas de campo fueron realizadas por el personal técnico del INVEMAR con el apoyo de un funcionario de la CRA (Figura 4-2).

Durante las salidas de campo se ejecutaron los planes de muestreo (Anexo 1), se midieron parámetros in situ (temperatura, pH, salinidad, conductividad, transparencia porcentaje de saturación de oxígeno y oxígeno disuelto) con sondas multiparamétricas previamente calibradas ; se tomaron muestras de agua superficial para realizar análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, metales pesados y contaminantes orgánicos, y muestras de sedimento para análisis de carbono orgánico total, granulometría, metales y contaminantes orgánicos (Tabla 4-3). Las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración a la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM) de INVEMAR, donde se realizaron los análisis de laboratorio.

Tabla 4-1. Metodologías utilizadas para el análisis de las variables fisicoquímicas medidas *in situ*

Tipo variable	Nombre variable	Método	Unidades medida	Referencia
Fisicoquímicos	Salinidad	Electrométrico	g/L	APHA et al., 2017 (N° 2520-B)
	Conductividad	Electrométrico	mS/cm	APHA et al., 2017 (N° 2520-B)
	pH	Potenciométrico	Unidad	APHA et al., 2017 (N° 4500-H B)
	Oxígeno disuelto	Membrana permeable	mg/L	APHA et al., 2017 (N° 4500-O G)
	Temperatura	Electrométrico	°C	APHA et al., 2017 (N° 2550 B)
	Transparencia Secchi	Disco Secchi	m	Garay et al., 2003



Figura 4-2. Muestreo y Actividades realizadas en las salidas de campo REDCAM Atlántico. Mediciones de parámetros in situ en la Ciénaga de Balboa (a), recolección de muestras en Puerto Velero para el análisis de calidad de aguas (b), recolección de muestras para el análisis microplásticos y basura marina en playas (c y d). Foto: Andres Granados y José Cusba.

En las dos salidas de campo, se tomaron muestras de basura marina y microplásticos en la arena de 6 playas turísticas (Punta Astillero, Santa Verónica, Caño Dulce, Puerto Velero, Puerto Colombia y Salgar; Tabla 4-2) utilizando las metodologías propuestas por [Hidalgo-Ruz et al. \(2018\)](#) y [Garcés-Ordóñez et al. \(2021\)](#). En cada playa, en la línea de más alta marea, se estableció un transecto compuesto por cinco cuadrantes de 3 x 3 metros para el muestreo de macrobasuras y cinco sub-cuadrantes de 0,5 x 0,5 metros para el muestreo de microplásticos. En cada cuadrante, se recolectó la basura que se encontró en la superficie de la arena y utilizando palas metálicas se recolectó el sedimento de los primeros centímetros de profundidad de los sub-cuadrantes para realizar el análisis de microplásticos en el LABCAM del INVEMAR.

Tabla 4-2. Coordenadas de referencia del cuadrante central (cuadrante 3) ubicado en las playas priorizadas del departamento del Atlántico para determinar el estado de contaminación de basura marina y microplásticos

Estación	Latitud N	Longitud W
Playa Punta Astillero	10°47'46.7"	75°13'24.6"
Playa Santa Verónica	10°52'47.3"	75°05'01.0"
Playa Caño Dulce	10°56'17.9"	75°01'42.6"
Playa Puerto Velero	10°57'04.0"	75°01'45.1"
Playa Puerto Colombia	10°59'26.5"	74°57'30.2"
Playa de Salgar	11°01'14.9"	74°56'02.0"

Fase de Laboratorio

Las muestras de agua y sedimento fueron analizadas en el LABCAM del INVEMAR, usando las metodologías que se describen en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Metodologías utilizadas para el análisis de las variables de calidad de aguas en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM) del INVEMAR.

Tipo variable	Nombre variable	Método	Unidades medida	Referencia
Fisicoquímicos	Sólidos Suspendidos Totales	Gravimetría	mg/L	APHA et al., 2017 (N° 2540-D)
	Amonio, Nitritos, Nitratos, Fosfatos	Colorimetría	µg/L	Strickland Y Parsons, 1972
	Silicatos	Espectrofotométrico	µg/L	UNESCO/COI, 1983
	Clorofila a	Método tricromático por Espectrofotometría	µg/L	APHA et al., 2017 (N° 10200 H)
	Fósforo total	Digestión con persulfato de potasio y cuantificación colorimétrica de ácido ascórbico	µg/L	Strickland Y Parsons, 1972 APHA et al., 2017 (N° 4500-P B)
	COT	Combustión catalítica y determinación por analizador de carbono total	mg/L	APHA et al., 2017 (N° 5310 B)
	Granulometria	Método gravimétrico dispersión con hexametáfosfato de sodio y cribado en tamices	%	Dewis y Freitas, 1984
	COT	Oxidación seca de carbono y cuantificación por analizador de carbono TOC	%	ISO 11464:2006 NTC 5403 A
Plaguicidas organoclorados	Hexaclorociclohexano total, Aldrín, Heptacloro, Organoclorados totales, Sumatoria DDT y sus metabolitos	Extracción líquido-líquido con diclorometano y lectura cromatográfica GC-MSD Modo SIM	ng/L	PNUMA, 2008
Plaguicidas de uso actual	Diuron, Diazinon, Clorotalonil, MetilParation, Bromacil, Clorpirifos, Fenamifos, Cis-Permetrina y trans-Permetrina,	Extracción líquido-líquido con diclorometano y lectura cromatográfica GC-MSD Modo SIM	ng/L	PNUMA, 2008
Hidrocarburos	Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos	Extracción líquido-líquido con diclorometano y determinación fluorométrica.	µg/L	UNESCO/COI, 1984 Garay et al., 2003
Metales	Cadmio, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Zinc	Tratamiento con APDC y MIBK para extracción selectiva, seguido de re-extracción en fase ácida con HNO ₃ 1N y posterior cuantificación por espectrometría de AA con llama	µg/L	APHA et al., 2017 (N° 3111-C) Garay et al., 2003 EPA 3052
	Totales (Cadmio, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Zinc, Cromo)	Digestión asistida por microondas y cuantificación por espectrometría AA llama	µg	SW 846 rev 0, 1996 (EPA 3052) APHA et al., 2017 (N° 3111 B)
	Mercurio	Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica,	µg/L	SW 846 rev 0,2007 (EPA 7473)

Tipo variable	Nombre variable	Método	Unidades medida	Referencia
		amalgamación y espectrometría de absorción atómica.		
	Mercurio Total	Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica.	ng/g	SW 846 rev 0.2007 (EPA 7473)
	Cromo hexavalente	Colorimetría	µg/L	APHA et al., 2017 (N° 3500-Cr B)
Microbiológicos	Coliformes Totales	Fermentación en tubos múltiples	NMP/100 mL	APHA et al., 2017 (N° 9221 B)
	Coliformes Termotolerantes	Fermentación en tubos múltiples	NMP/100 mL	APHA et al., 2017 (N° 9221 E)
	Enterococos fecales, E. coli	Filtración por membrana	UFC/ 100 mL	APHA et al., 2017 (N° 9230) APHA et al., 2017 (N° 9221) ISO 7899:2:2000

*Plaguicidas medidos: aldrín, dieldrín, endrín, endrín aldehído, endrín cetona, ppDDT, ppDDD, ppDDE, α, β, γ y δ HCH, heptacloro, heptacloro epóxido, α y γ clordano, endosulfán I y II, endosulfán sulfato, metoxicloro, dichlorvos, mevinphos, ethoprop, sulfotep, phorate, dimethoate, diazinon, clorotalonil, ronnel, paratión, metilparatión, bromacil, malatión, fenthion clorpirifós, triclofonato, tokuthion, bolstar, cis y trans-permetrina.

**Hidrocarburos aromáticos medidos: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k) fluoranteno, benzo(a) pireno, indeno (1,2,3-cd) pireno, dibenzo (a,h)antraceno y benzo(ghi)perilene.

Basura Marina y Microplásticos

La caracterización y clasificaron de basura marina en el laboratorio, se realizó de acuerdo con las categorías (plástico, metal, vidrio, textil, papel-cartón y otros) propuestas por [OSPAR, 2010](#). Por otro lado, las muestras de arena de playa para microplásticos se pesaron y se secaron a una temperatura entre 60-70°C durante 48 horas. Una vez secas las muestras, se determinó el peso seco y se tamizaron a través de tamices de 5 mm, 1 mm y 0,5 mm. El material retenido en los tamices de 1 y 0,5 mm se transfirió a una caja Petri previamente tratada y se identificaron visualmente bajo el estereoscopio los microplásticos con tamaños entre 1 y 5 mm. Finalmente, se realizó una descripción cualitativa y clasificaron en seis categorías según su origen: fragmento, filamento, lámina, espuma, gránulo y pellet ([Kovač et al., 2016](#)). Las unidades para basura marina y microplásticos fueron expresadas en ítem/m².

Análisis de la Información

Con el objetivo de evaluar los cambios de las condiciones de calidad de aguas superficiales marinas y costeras del departamento del Atlántico, se realizó un análisis estadístico de los datos REDCAM de 2001 a 2022, en función de la ubicación de las estaciones con destinación para la preservación de la fauna y flora y usos recreativos. Adicionalmente, otras variables de calidad de agua y sedimentos se analizaron teniendo en cuenta los criterios de calidad descritos en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)) para las variables que están reglamentadas y con valores de referencias descritos en guías internacionales y en la bibliografía científica.

Con el fin de analizar la evolución de las condiciones de calidad del agua marina y costera, se utilizaron los cálculos del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAM) disponibles en el sistema de información REDCAM, los cuales se realizan acorde a la metodología descrita por [Vivas-Aguas \(2011\)](#). Este índice es una herramienta que permite analizar las variaciones de la calidad del agua marina y costera para la preservación de flora y fauna, integrando la información de ocho variables (*oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos totales, hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno -HPDD, demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes Termotolerantes*) mediante una ecuación de promedio geométrico ponderado (Ecuación 1); en el caso del agua estuarina, se usan las concentraciones de *clorofila a*, en reemplazo de los *HPDD*. Estas variables representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua en función de los criterios de calidad nacionales o valores de referencia internacionales para la preservación de la flora y fauna ([Vivas-Aguas, 2011](#); [Vivas-Aguas et al., 2022](#)).

$$ICAM = \left(\prod_{j=1}^m x_j^{w_j} \right)^{\frac{1}{\sum_{j=1}^m w_j}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

x_i = subíndice (índice) de calidad de cada parámetro i

w_i = factor de ponderación (peso) para el subíndice i

El ICAM_{PFF} se aplicó en las estaciones que cumplieran con un mínimo de seis parámetros para su cálculo y el tipo de agua según su salinidad. Dependiendo del resultado de calidad del agua arrojado por el ICAM_{PFF}, se proponen algunas alternativas de manejo, mediante las cuales se puede reducir o mitigar el impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado (Tabla 4-4). Para más información, consultar la hoja metodológica del indicador en la página del Sistema de Información Ambiental Marina (SiAM) del INVEMAR a través del enlace <https://siam.invemar.org.co/redcam-icam>.

Tabla 4-4. Escalas de Valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras -ICAM_{PFF} ([Vivas-Aguas, 2011](#)), y opciones de medidas que se pueden optar según la valoración del indicador ICAM_{PFF} (Modificado de [Marín, 2001](#)).

Escala de calidad	Categorías	Descripción	Opciones de medidas a optar
Óptima	100-90	Calidad excelente del agua.	Continuar con el monitoreo.
Adecuada	90-70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática.	Caracterización, diagnóstico y verificación.
Aceptable	70-50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso.	Monitoreo y evaluación fisicoquímicos y tóxicos semestral.
Inadecuada	50-25	Agua que presenta muchas restricciones de uso.	Monitoreo/bioensayos/medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos, plan de contingencia trimestral.
Pésima	25-0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado.	Monitoreo y seguimiento /bioensayos/ evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral.

En cuanto a la calidad del agua para el uso recreativo, en las estaciones asociadas al turismo y actividades de baño se calculó el nivel de cumplimiento de la norma colombiana, Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)), teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT), y las normas internacionales, Directiva 2006/7/EC del Parlamento Europeo ([Unión Europea, 2006](#)) para enterococos fecales (EFE) . Al obtener más de una medición por estación, durante un mismo año, los datos de concentración de CTE (NMP/100mL), CTT (NMP/100mL) y EFE (UFC/100mL) fueron transformados a valores dicotómicos (0 = no cumple con el límite permisible; 1= cumple con el límite permisible) de acuerdo a los criterios de calidad y valor de referencia para el uso recreativo del agua (CTE <200 NMP/100mL), (CTT <1000 NMP/100mL) ([MinAmbiente, 2015](#)) y (EFE <100 UFC/100mL) ([Unión Europea, 2006](#)). Posteriormente fue calculado el porcentaje de cumplimiento por estación y año, calculado mediante la Ecuación 2.

$$\% \text{ de cumplimiento}_{\text{estación año}} = \frac{\text{Número de muestras que cumplieron con el límite permisible}}{\text{Total de muestras recopiladas}} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

El nivel de cumplimiento fue estimado a través de una escala de valoración establecida en rangos porcentuales (Tabla 4-5). Los porcentajes de concentración fueron representados en un mapa de calor usando la librería "ggplot2" para el software R ([R Core Team, 2012](#)). A su vez, los valores de concentraciones microbiológica de Coliformes Termotolerantes, Coliformes totales y Enterococos fecales, fueron transformadas a escala logarítmica y llevadas a un diagrama boxplot para representar la distribución de los datos históricos.

Tabla 4-5. Escalas del nivel de cumplimiento de concentraciones de Coliformes Termotolerantes, Coliformes totales y Enterococos fecales para el uso recreativo de aguas.

Nivel de cumplimiento		
Bajo	Medio	Alto
Menos del 50% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplen con el límite permisible (CTE<200 NMP/100mL), (CTT<1000 NMP/100mL) y (EFE<100 UFC/100mL).	El 50% o más sin llegar al 100% (>=50 y < 100%) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplen con el límite permisible (CTE<200 NMP/100mL), (CTT<1000 NMP/100mL) y (EFE<100 UFC/100mL).	El 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplen con el límite permisible (CTE<200 NMP/100mL), (CTT<1000 NMP/100mL) y (EFE<100 UFC/100mL).

Para describir la calidad de sedimentos se analizaron los datos de granulometría a través del software de versión libre en Excel GRADISTAT ([Blott y Pye, 2001](#)), mediante el cual se estimó el tamaño promedio de partícula de los sedimentos y su clasificación utilizando el método de [Folk y Ward \(1957\)](#). Por otra parte, se estimaron las concentraciones máximas de metales totales y de Carbono Orgánico Total (COT) por estación y año, representado los valores en gráficos de barras.

Para el análisis de los resultados de basura marina y microplásticos, se realizó una revisión bibliográfica sobre los microplásticos estudiados en playas del Caribe colombiano, con el fin de comparar el estado de contaminación de las estaciones de muestreo de la REDCAM con otras playas turísticas del Caribe.

4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de Aguas Marinas y Costeras

Considerando la clasificación de las aguas por los valores de salinidad propuesto por [Knox 2001](#); Figura 4-3), se determinó que el 63% de estaciones REDCAM en el departamento Atlántico corresponden a agua marina, el 32% a agua dulce y solo el 5% a aguas estuarinas.

El análisis histórico de salinidad del agua en las estaciones del departamento del Atlántico mostró una clasificación de tipo agua dulce para las estaciones B. clarín, Base Naval-17, Bocas de Cenizas (B), Darsena barranquilla, F. Base Naval y Las Flores distribuidas en la **zona del Río Magdalena**; y las estaciones Arroyo León y C. Mallorquín-Playa se clasificaron como agua estuarina y agua marina respectivamente (Figura 4-3). Estas últimas estaciones presentan influencia de la marea, la cual comunica el sistema lagunar con el mar y zonas próximas a la misma, provocando un aumento de salinidad en este ecosistema.

Las estaciones de la **zona de Puerto Colombia y Tubará Acosta** se clasificaron como tipo agua marina, tanto en época seca como lluviosa. No obstante, las estaciones C. Balboa y Rincón Hondo que muestran un tipo de agua marina en época lluviosa, para la época seca los valores de salinidad aumentan significativamente, teniendo estaciones con un tipo de agua salmuera (Figura 4-3).

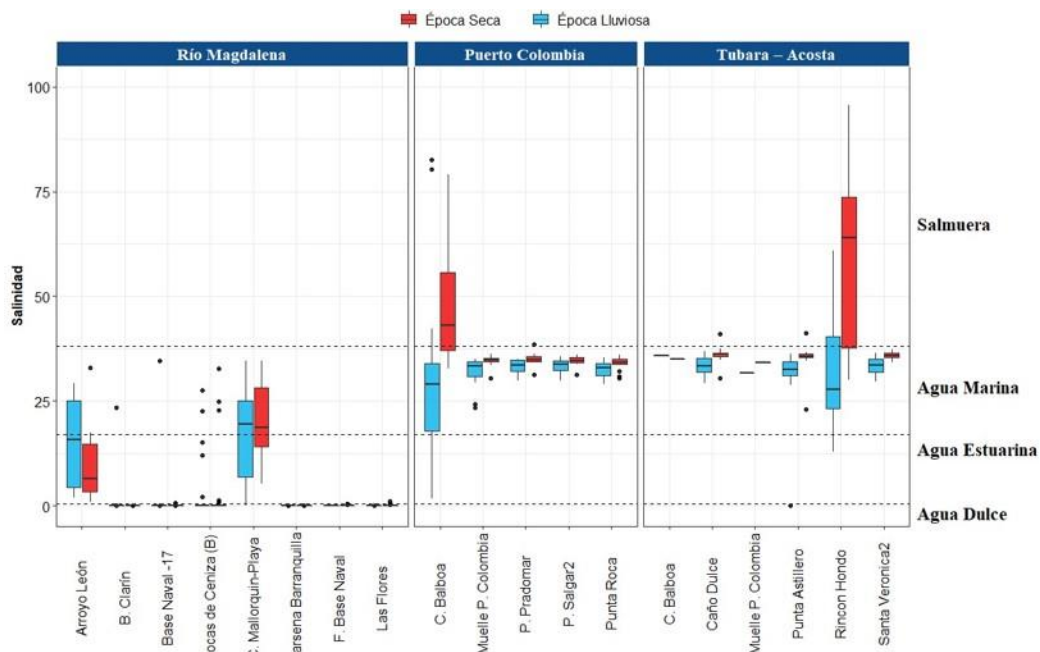


Figura 4-3. Boxplot de la variación histórica (2001 hasta 2022, sin año 2020) de la salinidad del agua en las estaciones REDCAM en el departamento de Atlántico, diferenciado por zona de muestreo. Las líneas externas de las cajas representan los cuartiles 0.25 y 0.75 de los datos, la línea interna es la mediana y los extremos de las líneas verticales representan los valores mínimo y máximo. El ancho de la caja es proporcional al número de datos. Las líneas horizontales corresponden a los rangos de clasificación para tipo de agua propuestos por [Knox \(2001\)](#).

El cálculo del ICAM_{PFF} en los 21 años de información, ha mostrado una alta variabilidad de la calidad del agua marina y costera, con cambios interanuales (Figura 4-4), el balance histórico mostró que el 8,5% ha estado en condición pésima, 28,8% inadecuada, 24,5% aceptable, 36,1 % adecuada y el 2,2% óptima.

En el año 2006 todas las estaciones marcaron entre inadecuada y pésima calidad, no obstante, para el año 2008 fue notoria la mejora en las categorías de calidad del agua marina, donde el 67 % de las estaciones obtuvo calidad adecuada y óptima, como resultado de las variaciones climáticas como las lluvias excesivas que se presentaron por el evento de La Niña de intensidad fuerte ocurrido en ese año. Entre los años 2009 y 2018, se ha producido un aumento fluctuante de condiciones entre aceptable, inadecuada y pésima. Para los años 2019 y 2021 las estaciones marcaron una disminución de las categorías de inadecuada y aceptable, con una tendencia hacia el aumento en el número de estaciones con la categoría pésima. Cabe anotar que no hay registros de calidad de aguas en el año 2020, debido a las restricciones de movilidad por la pandemia del COVID-19.

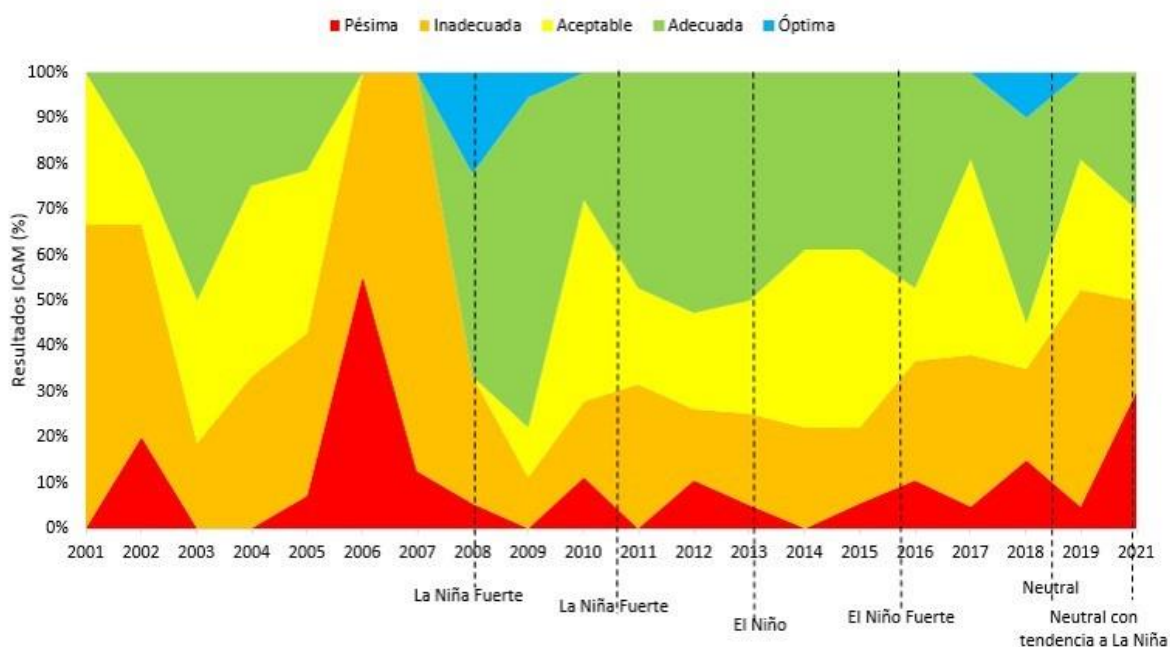


Figura 4-4. Evolución histórica del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM) en el periodo 2001 a 2021 en el departamento de Atlántico. Las líneas transversales negras indican años con una incidencia del evento El Niño y La Niña según NOAA (2020) y los boletines de seguimiento al ciclo ENOS del IDEAM (2021).

A partir de los muestreos realizados en 2022 durante época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – mayo), se calculó el ICAM para la preservación de flora y fauna en 11 estaciones del departamento del Atlántico.

En general, los valores ICAM_{PFF} para las estaciones distribuidas en Puerto Colombia, desembocadura del río Magdalena y Tubará-Acosta oscilaron entre calidad pésima (11,64 %) y

adecuada (83,69 %) (Figura 4-5). En época seca los registros fluctuaron entre 17,19 y 75,97, y en época lluviosa entre 11,64 y 83; en época seca de las 11 estaciones evaluadas, el 36,4% estuvieron en calidad adecuada, un 36,4% en calidad inadecuada y un 27,2% en calidad pésima. Durante la época lluviosa (mes de mayo) con el aumento de las precipitaciones se observó una disminución en el porcentaje de estaciones con calidad adecuada (18,2%) y un aumento de estaciones con calidad aceptable (27,3%), con un 36,4% en calidad inadecuada y 18,2% pésima.

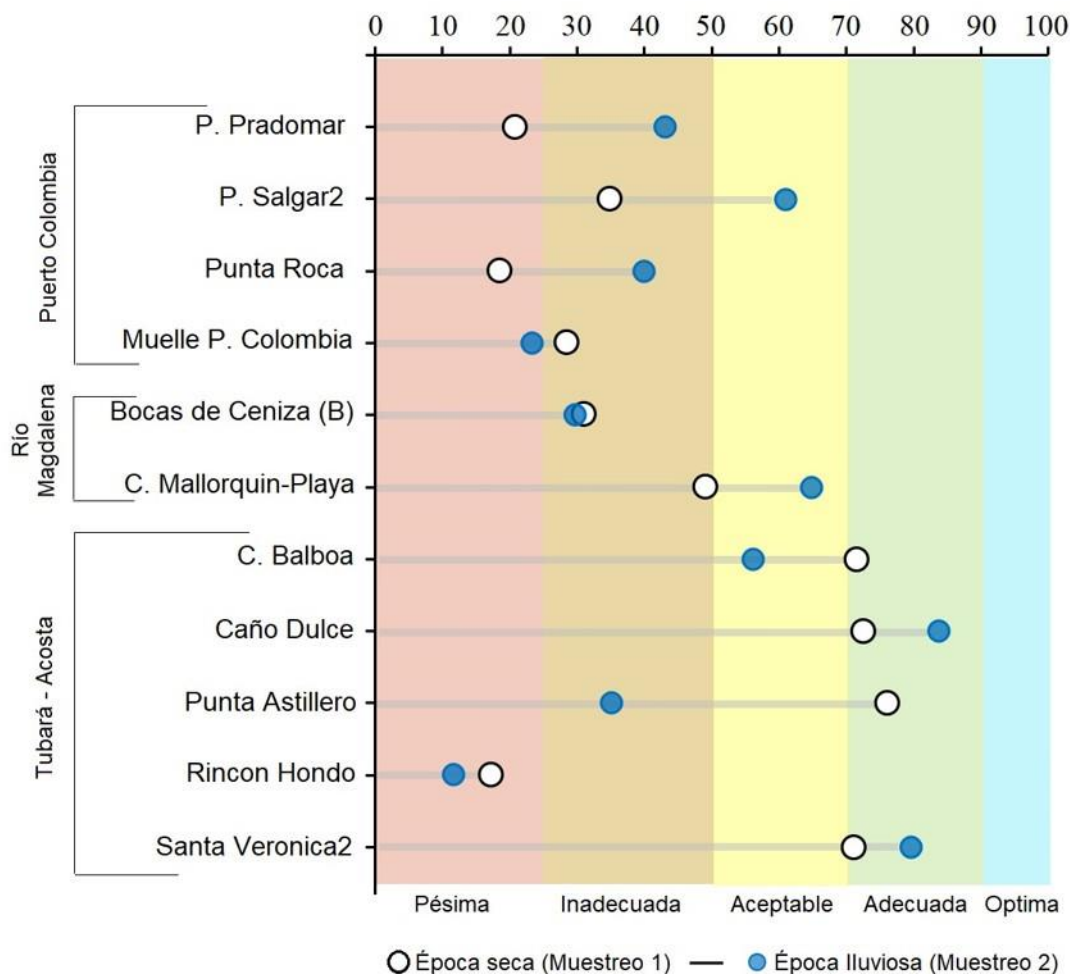


Figura 4-5. Calidad de agua superficial ICAMPFF para época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – mayo) del 2022, en las estaciones marinas y costeras del departamento del Atlántico.

En la zona de Puerto Colombia, la mayoría de las estaciones ubicadas (P. Pradomar, Punta Roca y Muelle P. Colombia) presentaron calidad Pésima e Inadecuada, tanto en época seca, como en época lluviosa. Las estaciones Rincón Hondo y Bocas de Cenizas (B) no presentaron variación entre épocas, manteniendo una condición Pésima e Inadecuada respectivamente. Estos resultados indican que es necesario tomar acciones frente las fuentes de contaminación presentes en estas zonas, las cuales contribuyen al deterioro de la calidad de las aguas marinas y costeras.

Durante el 2022, se analizaron otras variables de calidad de aguas como los metales disueltos, Cromo Hexavalente (Cr+6) y Mercurio (Hg) y Carbono Orgánico Total (COT), medidos en las estaciones P. Velero, Bocas de Ceniza (B), Las Flores, F. Base Naval, C. Mallorquin-Playa, Arroyo León, C. Balboa, Muelle P. Colombia, P. Pradomar y Punta Roca. En todas las estaciones, las concentraciones de Cr+6 y Hg, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método (LCM) analítico implementado por el LABCAM.

En la mayoría de las estaciones del departamento del Atlántico las concentraciones de Carbono Orgánico Total (COT) fluctuaron entre 0,9 y 18 en época seca, con algunos registros por debajo del LCM del método usado en el LABCAM; y entre 1,0 y 32,4 mg/L en época lluviosa (Figura 4-6). En las estaciones Arroyo León, ubicada en la zona de Río Magdalena y Rincón Hondo en Tubará-Acosta, se registraron las concentraciones más altas de COT, entre 14,9 y 32,4 mg/L en época seca y lluviosa.

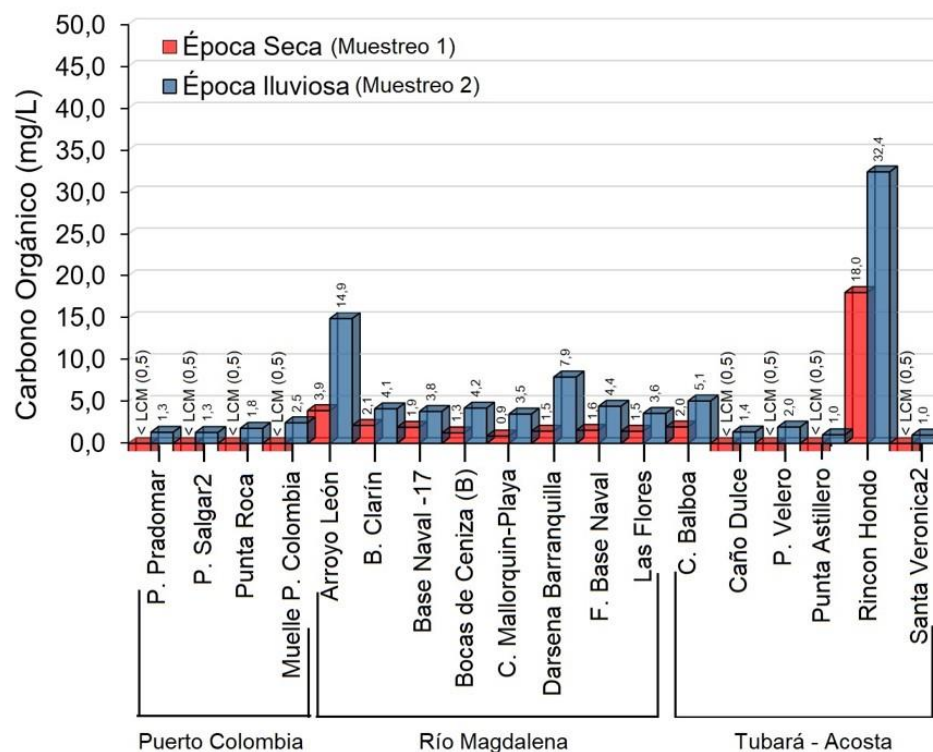


Figura 4-6. Carbono orgánico total (COT) de las muestras de agua recopiladas en época seca y lluviosa en el departamento del Atlántico. Barras rojas y azules representan la época seca y lluviosa respectivamente.

Las altas concentraciones de COT en la estación Rincón Hondo pueden estar relacionadas con la materia orgánica natural en descomposición, producto de residuos vegetales aledaños o sumergidos. Este ecosistema está rodeado por vegetación de manglar que es sometido a deforestación para la producción de carbón vegetal, así como para la preparación de tierras para

la explotación agrícola o ganadera (Blanco-Muñoz *et al.*, 2020). Además, el cuerpo de agua presenta alta abundancia de especie de fitoplancton, como *Nitzschia acicularis*, la cual es tolerante a la contaminación y dominantes en ambientes con altos niveles de estrés (Blanco-Muñoz *et al.*, 2020). Estos residuos orgánicos agotan los niveles de oxígeno, lo que puede provocar asfixia en organismos y deterioro en el agua, situación que se vio reflejada durante el muestreo, con bandas de espuma y organismos como peces y crustáceos muertos presentes en las orillas de la ciénaga, como se muestra en la Figura 4-7.



Figura 4-7. Evidencias de la calidad del agua y mortalidad de organismos acuáticos en las estaciones A: Rincón Hondo y B: Arroyo León en el departamento del Atlántico. Foto: José Cusba y Andrés Granados.

Calidad del agua para el uso recreativo en playas turísticas

La calidad del agua para uso turístico se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos fecales (EFE) contrastados con los valores de referencia de límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional. Las estaciones P. Salgar, P. Pradomar y Muelle P. Colombia tienen un comportamiento histórico con niveles de cumplimiento medio y bajo en

concentraciones de CTE, y en los últimos tres años en las concentraciones de CTT (Figura 4-8). Por otra parte, en las estaciones P. Salgar, P. Pradomar y Muelle P. Colombia, los niveles de cumplimiento de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) se han mantenido entre un nivel medio y bajo desde el año 2018 hasta la actualidad (Figura 4-8).

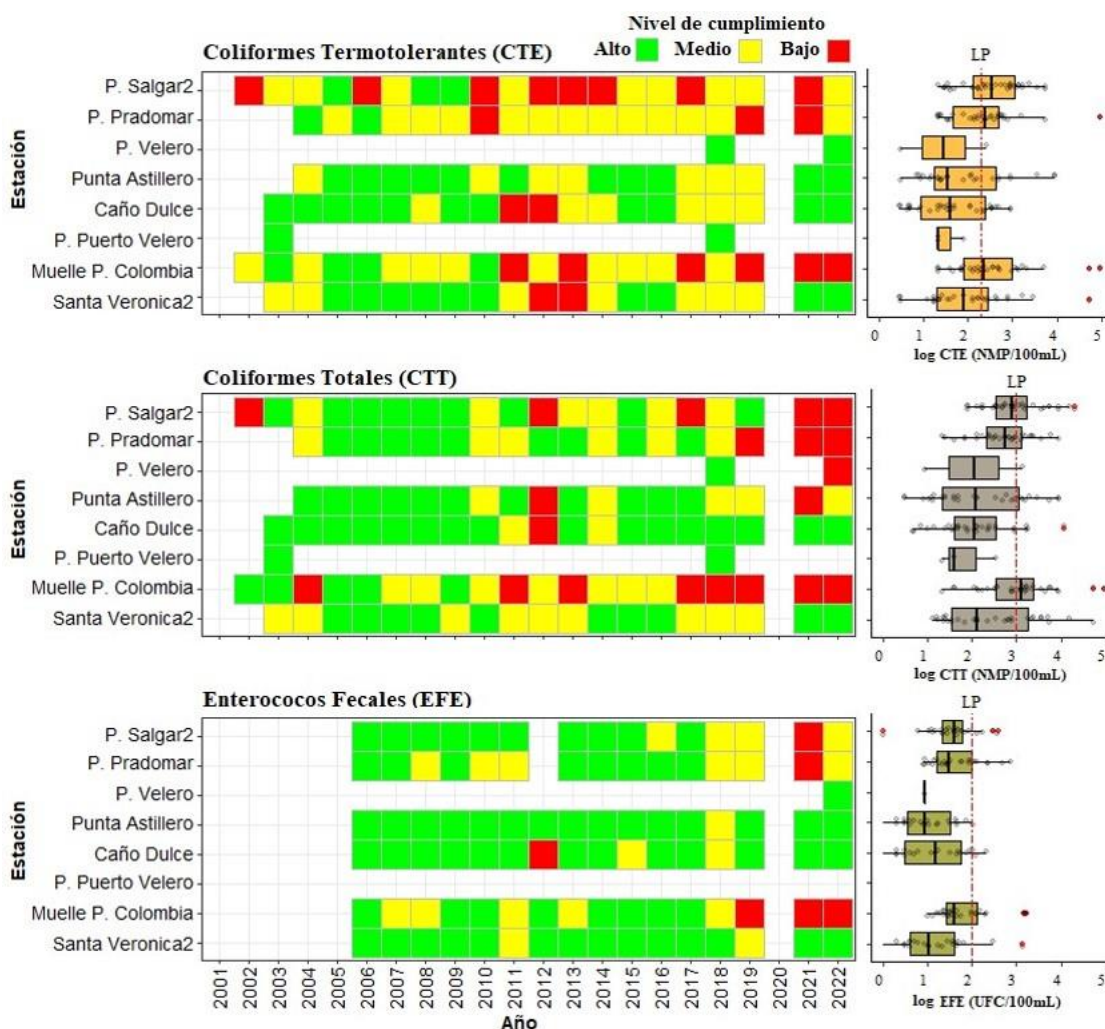


Figura 4-8. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Atlántico. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y < 100) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% (< 50) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible. LP: Límite Permissible.

En el primer y segundo muestreo del año 2022, todas de estaciones ubicadas en la zona de Puerto Colombia (Punta Roca, P. salgar2, P. Pradromar y Muelle P. Colombia), presentaron concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) por encima del límite permisible por contacto primario (200 NMP/100 ml o 2,3 log (NMP/100 ml) para CTE y 1000 NMP/100 ml o 3 log (NMP/100 ml) para CTT) (Figura 4-9). Así mismo, la mayoría de las estaciones ubicadas en la zona de Río Magdalena (C. Balboa, B. Clarín, Darsena Barranquilla, Base Naval-17, F. Base Naval, Las Flores, Bocas de Ceniza (B), C. Mallorquin-Playa y Arroyo León), con excepción de la estación C. Balboa donde las concentraciones de CTT estuvieron por debajo del límite permisible por contacto primario en el primer muestreo realizado en el mes de febrero.

En la zona de Tubará-Acosta, estaciones como Rincón Hondo y Punta Astillero tuvieron un comportamiento similar entre épocas, mostrando concentraciones de CTE y CTT por debajo del límite permisible en la época seca y concentraciones por encima del límite permisible en época lluviosa (Figura 4-9).

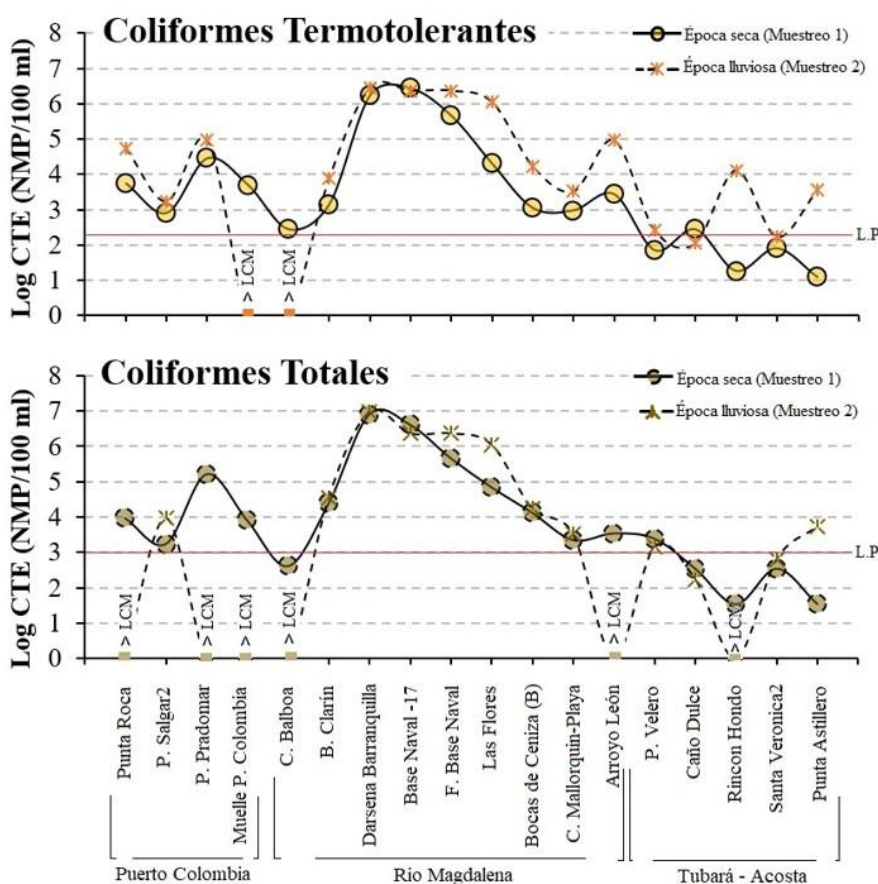


Figura 4-9. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM Atlántico, en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – Mayo) del 2022. El valor de referencia del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 ml o 2,3 log (NMP/100 ml) para CTE y 1000 NMP/100 ml o 3 log (NMP/100 ml) para CTT. L.P: Límite Permisible

En la mayoría de las estaciones en la zona de Puerto Colombia, tanto en la época seca, como en la época lluviosa, se registraron concentraciones de Enterococos fecales por encima del límite permisible (100 UFC/100 ml o 2 log (UFC/100 ml) (Figura 4-10). En las estaciones ubicadas en la zona Tubará–Acosta, se registró un comportamiento opuesto, con concentraciones entre 2 y 9 UFC/100 ml (0,47 y 1 log UFC/100 ml) en época seca y, entre 8 y 72 UFC/100 ml (0,95 y 1,86 log UFC/100 ml) en época lluviosa.

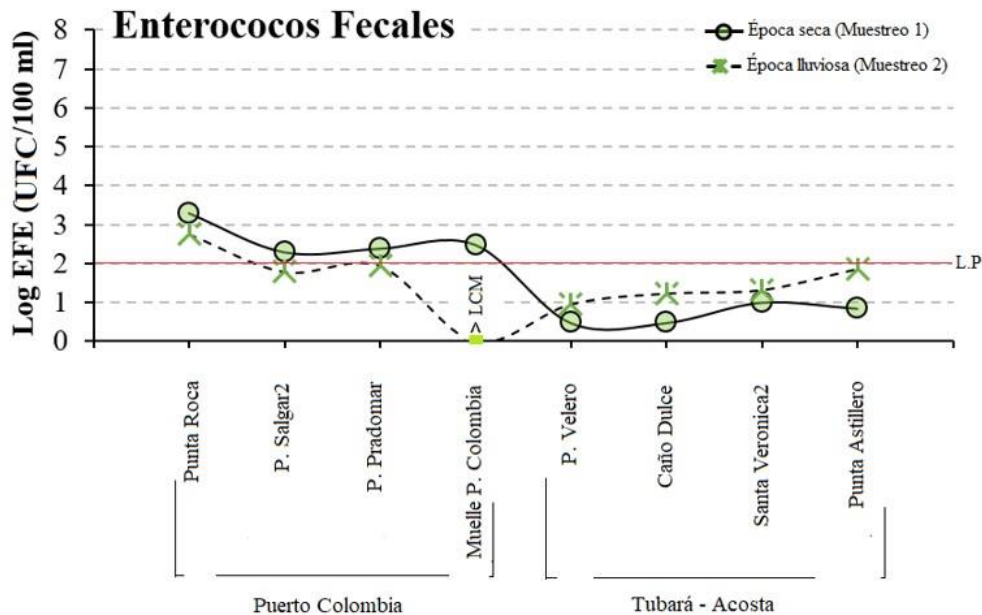


Figura 4-10. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos fecales (EFE) en las estaciones REDCAM Atlántico, en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – Mayo) del 2022. El valor de referencia del límite permisible corresponde a 100 UFC/100 ml o 2 log (UFC/100 ml). L.P: Límite Permisible.

Calidad de Sedimentos

Los análisis de granulometría en las muestras de sedimento colectadas en la estación Base Naval-17 en la época seca, mostraron un contenido de 76,6% de Lodo y 23,4% de Arena (Figura 4-11). Teniendo en cuenta la metodología de [Folk y Ward \(1957\)](#), la muestra de sedimento se clasificó como tipo Lodoso, específicamente Limo grueso, con un diámetro de partícula de 22,34 μm . Históricamente desde el año 2014, esta estación no ha tenido cambios significativos en el tamaño medio del grano de sus sedimentos, oscilando con tamaños medio del grano menor a 63 μm ([INVEMAR, 2022](#)).

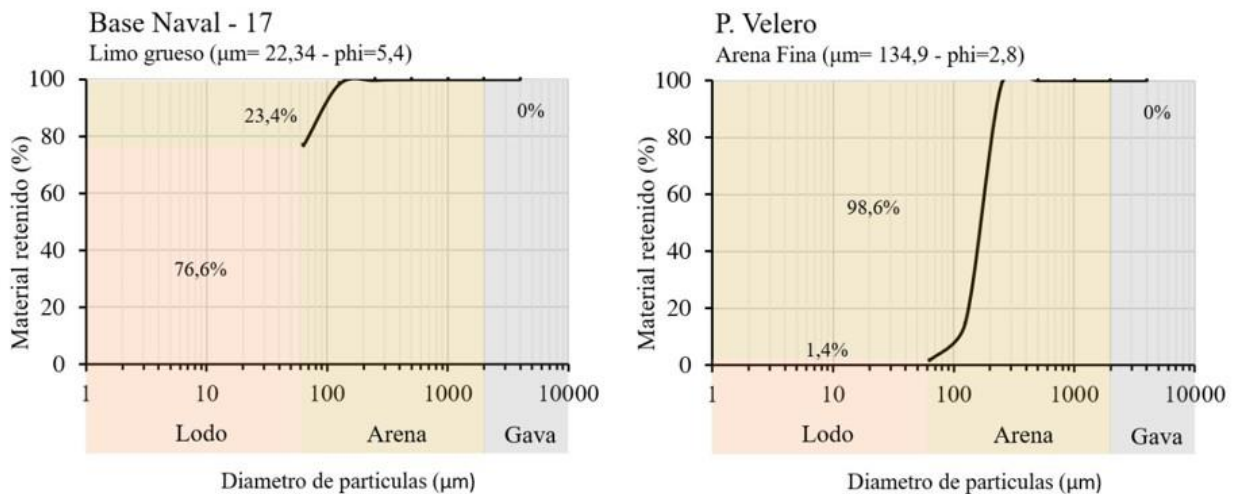


Figura 4-11. Curva granulométrica de las muestras de sedimentos recopiladas en el 2022 (febrero y marzo), en la estación Base Naval-17 y Puerto Velero en el departamento del Atlántico.

En la estación P. Velero, la concentración de Mercurio (Hg) fue de 5,25 y 4,58 ng/g en época seca y lluviosa respectivamente (Figura 4-12 A), cuyos valores se encuentran muy por debajo del límite de referencia de efectos umbral (TEL= 130 ng/g) para sedimentos marinos propuesto por la NOAA ([Buchman, 2008](#)).

Para la muestra de sedimento recolectada en la estación Base Naval-17, en el río Magdalena, se registró una concentración de Hg de 97,8 ng/g en época seca y 81,7 ng/g en época lluviosa (Figura 4-12 B). Estos resultados se han mantenido en el margen de registros históricos entre los años 2015 a 2019, entre 55,1 ng/g y 111 ng/g. Lo que evidencia el proceso de arrastre del río Magdalena, siendo la zona hidrográfica donde ocurren procesos de depósito de sedimentos en toda su extensión con un transporte de 94.376,2 kton/año ([IDEAM, 2019](#)). Por tanto, es necesario seguir evaluando la disponibilidad de este metal y avanzar con análisis de presiones desde la cuenta alta hasta la desembocadura en Bocas de Ceniza. Cabe destacar que las concentraciones de mercurio pueden ser de origen natural o antropogénico ([IDEAM, 2019](#)).

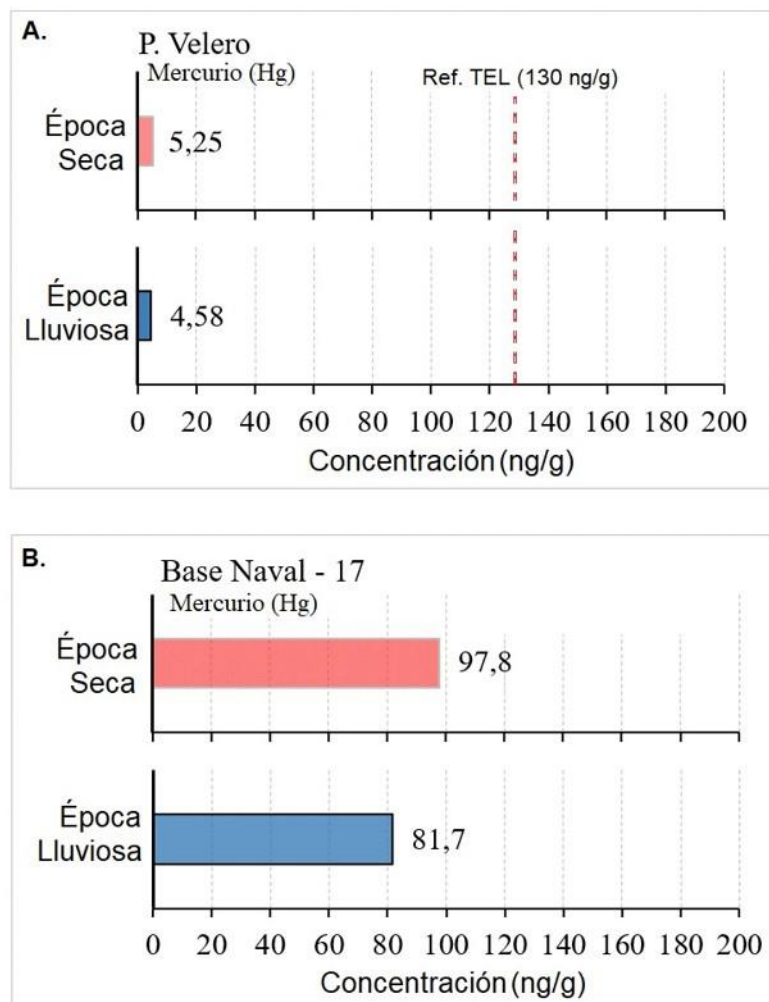


Figura 4-12. Concentraciones de Mercurio (Hg) de las muestras de sedimentos recopiladas en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo) y época lluviosa (Muestreo 2 – Mayo) del 2022, en las estaciones Puerto Velero y Base Naval-17 en el departamento del Atlántico A: muestra de sedimento de agua marina y B: muestra de sedimento de agua dulce. El valor de referencia TEL (130 ng/g) corresponde a muestras de sedimentos de agua marina.

Contaminación por Basura Marina y Microplásticos en Playas Turísticas

En las 6 playas priorizadas del departamento del Atlántico, la concentración de basura marina fue mayor en la época seca (2,2 y 52,1 unidades/m²) en comparación con la época lluviosa (0 y 30,8 unidades/m²) (Figura 4-13). Sin embargo, este comportamiento no está relacionado con las épocas climáticas, ya que, al momento de realizar la salida de campo en época lluviosa, se observaron actividades de recolección de recicladores en las estaciones de Punta Astillero y Santa Verónica, recolección de basura que corresponde a la ampliación de cobertura del Programa de limpieza de playas costeras y ribereñas de la empresa prestadora del servicio de aseo [Triple A S.A. E.S.P. \(2020\)](#) y a las actividades de limpieza realizada por los comerciantes que prestan sus servicios turísticos en las playas Caño Dulce, Salgar, Puerto Velero y Salgar.

Las estaciones en las playas Salgar, Santa Verónica y Puerto Colombia, presentaron concentraciones máximas en época seca de 12,7; 10,3 y 6,9 unidades/m², concentraciones comúnmente encontradas en playas turísticas; En la estación Punta Astillero, en la época seca se registró una concentración de 52,1 unidades/m², valor que superan los reportados en otras playas turísticas del Caribe, como las playas Bahía Concha y Taganga, ubicadas en el departamento del Magdalena, en las cuales se han registrado concentraciones de 14 y 21 unidades/m² respectivamente ([Garcés-Ordóñez et al., 2020](#)).

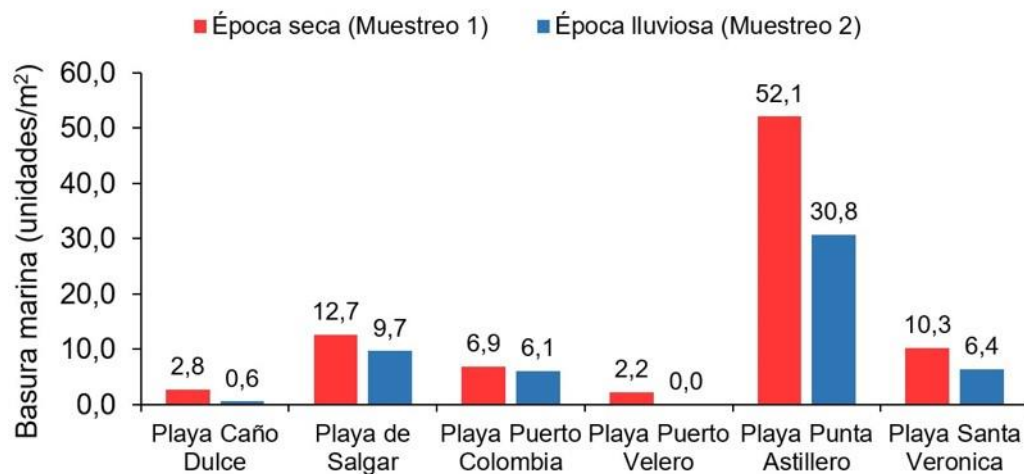


Figura 4-13. Abundancia de basuras marinas en las playas turísticas del departamento del Atlántico, registradas en los muestreos realizados en las épocas seca y lluviosa del 2022.

Entre los materiales de basura marina encontrados en la época seca de 2022, los plásticos se destacaron por su presencia en todas las playas; mientras que el metal y el papel fueron abundantes en las playas Puerto Velero, Caño Dulce y Santa Verónica, respectivamente, seguido de los plásticos (Figura 4-14). En la época lluviosa de 2022, la proporción de plásticos en todas las estaciones aumentó casi que en su totalidad en las estaciones Playa Salgar, Puerto Colombia, Punta Astillero y Santa Verónica, manteniéndose como el material más abundante en las playas evaluadas, a excepción de Puerto Velero que no presentó basura marina en época lluviosa (Figura 4-14). Los plásticos, por sus características de resistencia, flexibilidad, flotabilidad y bajo peso, pueden ser fácilmente transportados por acción de las corrientes marinas y vientos que facilitan su acumulación en las playas.

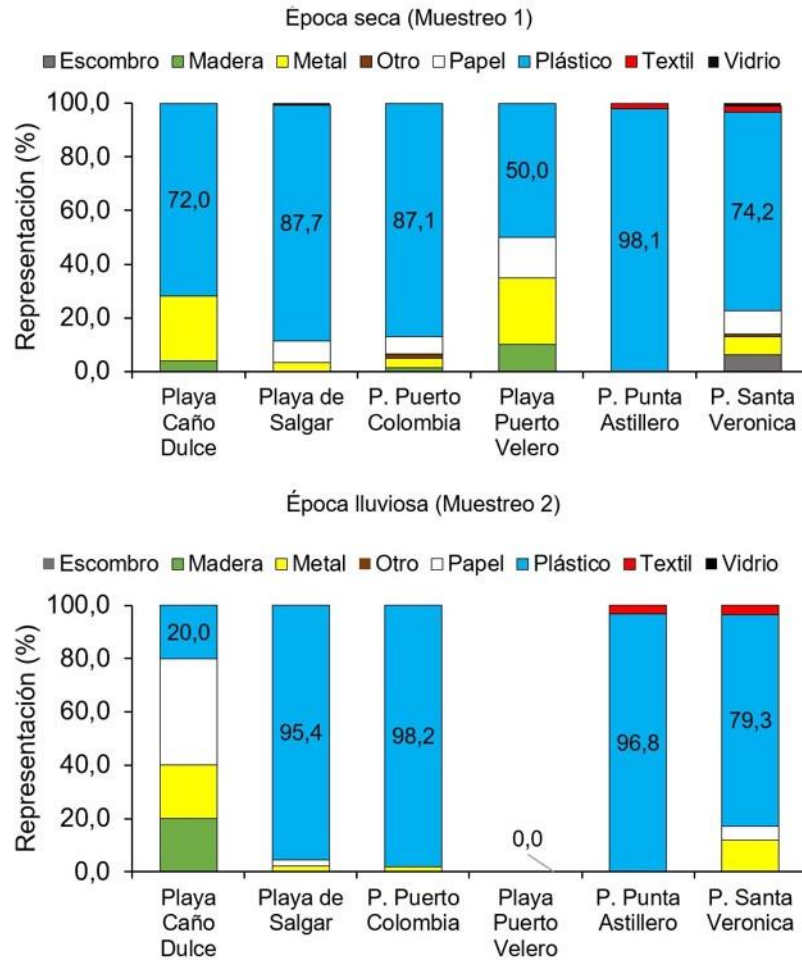


Figura 4-14. Porcentajes de representación de los diferentes materiales o tipos de basura marina según (OSPAR, 2010) en las 6 playas priorizadas del departamento del Atlántico priorizadas

En cuanto a los microplásticos (partículas de plásticos menores a 5 mm), en el muestreo de la época seca 2022 las abundancias en la arena de playa oscilaron entre 224 y 18.288 unidades/m² y en la época lluviosa oscilaron entre 72 y 1.872 unidades/m² (Figura 4-15). Las playas con mayor contaminación por microplásticos en la época seca del 2022 fueron Punta Astillero, Salgar y Santa Verónica. El comportamiento de la abundancia de microplásticos en las playas estudiadas, mostró un patrón relacionado las estaciones que presentaron las mayores abundancias de basura marina.

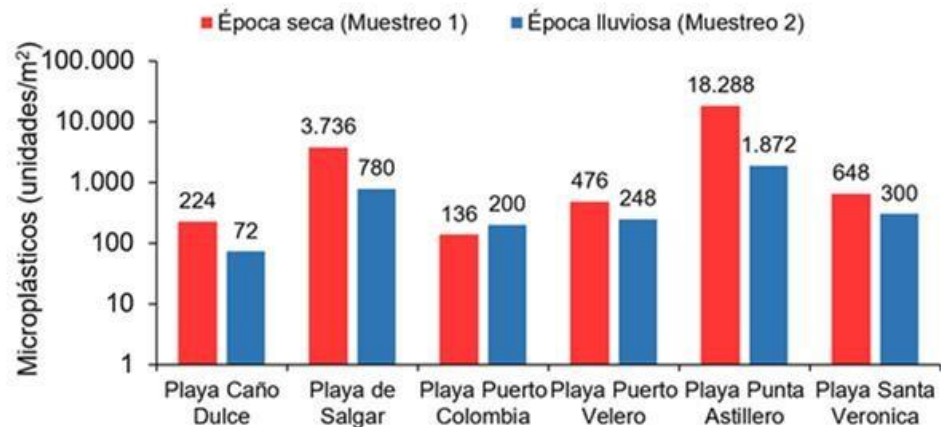


Figura 4-15. Concentraciones de microplásticos en las muestras de arena de las 6 playas priorizadas del departamento del Atlántico recolectadas en la época seca y lluviosa de 2022.

Las formas de los microplásticos más abundantes fueron los fragmentos, filamentos y espumas (Figura 4-16), todas estas formas de microplásticos corresponden al origen secundario, producidos por la fragmentación de plásticos de mayor tamaño, por lo que se relacionan con la inadecuada disposición de residuos sólidos tipo envolturas de mecatos, envases desechables de icopor y bolsas de agua, producto de las actividades antrópicas que se desarrollan en el sitio (Figura 4-17 A y B), y desechos plásticos (envases de shampoo, botellas de bebidas, juguetes, cintas de amarre y fragmentos de plástico en general) que pueden haber sido transportados por el río Magdalena hacia las zonas costeras, donde son dispuestos y transportados a través de las corrientes oceánicas llegando hasta las playas priorizadas del departamento del Atlántico (Figura 4-17 C y D) ([Hidalgo-Ruz y Thiel, 2013](#)).

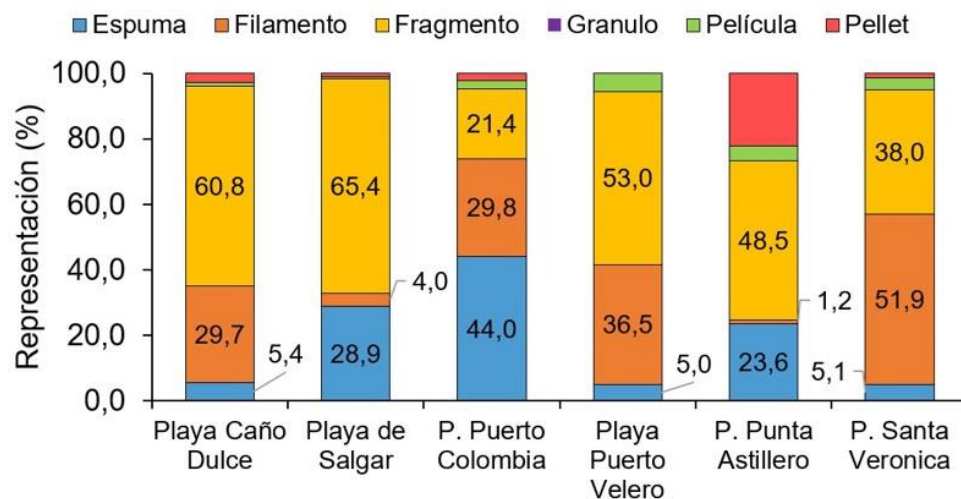


Figura 4-16. Proporción de los tipos de forma de microplásticos en las muestras de arena de las 6 playas priorizadas del departamento del Atlántico recolectadas en la época seca y lluviosa de 2022.



Figura 4-17. Disposición inadecuada de residuos sólidos producidos por el turismo en Playa Salgar (A y B), basura marina encontrada en Punta Astillero (C y D).

Esta composición de microplásticos coincide con otras playas turísticas de Colombia donde prevalecen los microplásticos de origen secundario y se presentan las mismas fuentes de contaminación, como el manejo inadecuado de residuos sólidos, el turismo, las actividades de pesca y la acuicultura, materiales que son transportados por las corrientes, vientos y escorrentías hasta las playas ([Garcés-Ordóñez et al., 2020](#)). Por otro lado, la presencia de microplásticos de origen primario (pellets) podría ser el resultado del arrastre de sedimentos del río Magdalena que influye en toda la dinámica marino-costera en el departamento de Atlántico, y al manejo inadecuado de disposición de residuos, lo cual favorece la dispersión de microplásticos primarios que se acumulan principalmente en la playa Punta Astilleros, estación ubicada en el límite departamental entre Atlántico y Bolívar (Figura 4-18).



Figura 4-18. Tipos de microplásticos encontrados en laboratorio de las muestras de arena de playa de la estación Punta Astillero durante el muestreo en época seca (Muestreo 1 – febrero y marzo).

Figura 4-20. Estandarización e ingreso de datos REDCAM Atlántico al sistema REDCAM.

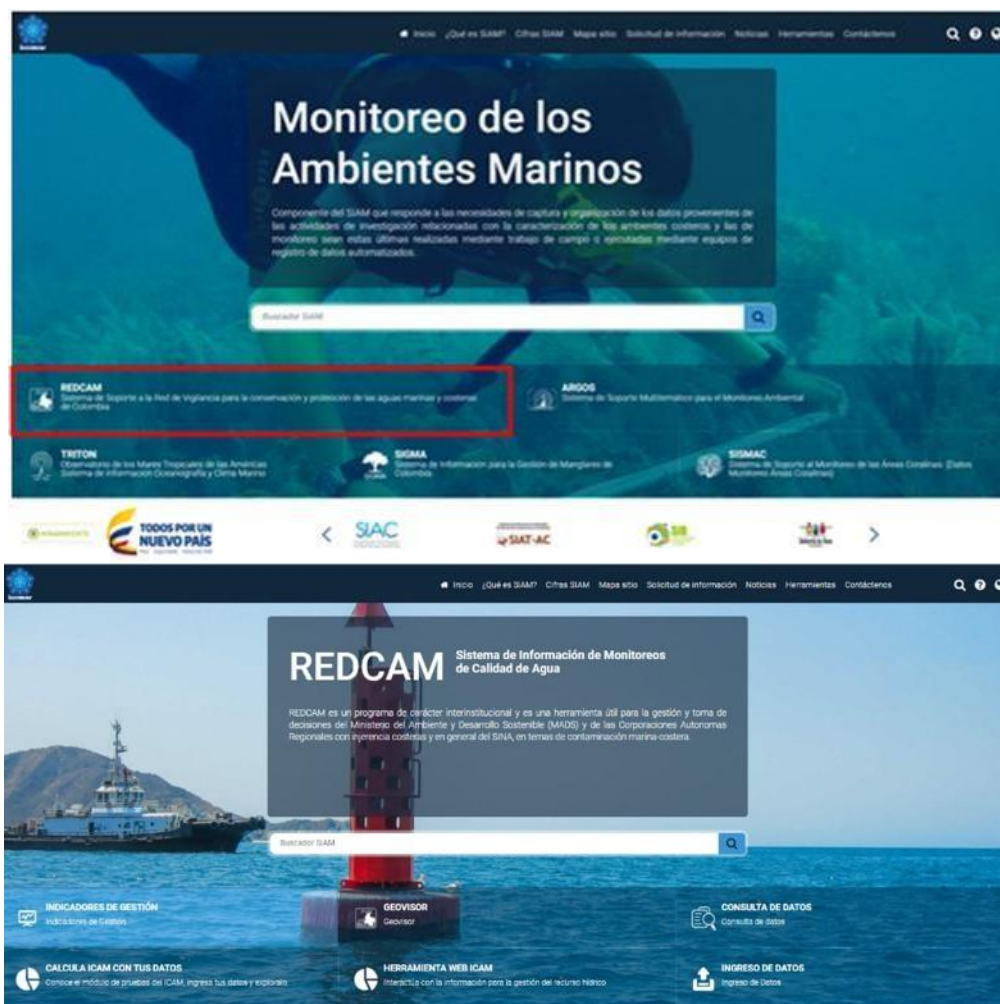


Figura 4-21. Sistema de Información Ambiental Marina – SIAM.

La cartografía dinámica actualizada se puede encontrar en el Geovisor REDCAM Colombia, al cual se puede acceder en línea desde <https://siam.invemar.org.co/redcam-geovisor/>. En este módulo dinámico, los usuarios pueden visualizar datos y las diferentes capas de información en el territorio marino costero del Atlántico, seleccionando la información de interés sobre las estaciones de monitoreo que están georreferenciadas. La Figura 4-22 se presenta la visualización de los resultados de oxígeno disuelto medido en la primera salida de campo REDCAM Atlántico 2022.

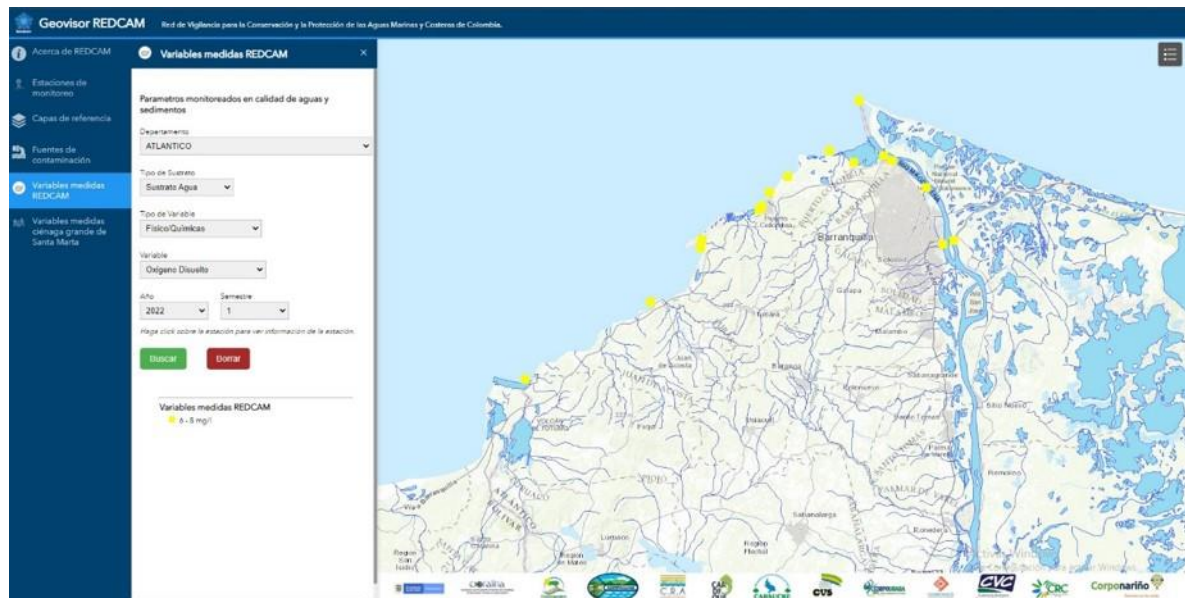


Figura 4-22. Sistema de Información Ambiental Marina – SIAM.

4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis del ICAM_{PFF} por estaciones, mostró que las estaciones Bocas de Ceniza, Muelle Puerto Colombia, Playa Salgar, playa Pradomar y Rincón Hondo mantienen condiciones de calidad del agua marina entre inadecuada y pésima, debido a las altas concentraciones de sólidos suspendidos totales y Coliformes Termotolerantes, las cuales predominan tanto en época seca como época lluviosa.
- En la época lluviosa, en la estación Rincón Hondo, ubicada en la zona de Tubará-Acosta, se presentaron condiciones desfavorables de calidad del cuerpo de agua, con niveles altos de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y carbono orgánico total (COT), afectando negativamente los organismos que habitan en el ecosistema. Se recomienda fortalecer las evaluaciones mediante otros estudios para inferir si son condiciones del medio natural o efectos de acciones antrópicas y tomar acciones para el mejoramiento de la calidad ambiental de la zona.
- Las concentraciones de metales trazan (Cromo Hexavalente y Mercurio total) medidos en agua superficial de las estaciones P. Velero, Bocas de Ceniza (B), Las Flores, F. Base Naval, C. Mallorquin-Playa, Arroyo León, C. Balboa, Muelle P. Colombia, P. Pradomar y Punta Roca, indican que estos metales tienen baja probabilidad de ser tóxicos y ocasionar efectos adversos en los organismos acuáticos. Así mismo, el mercurio total medido en sedimento en Puerto Velero y Base Naval-17 no representan riesgo alguno para los organismos, ya que los valores registrados se encuentran por debajo del límite de referencia de efectos umbral (TEL).

La arena de las 6 playas turísticas muestreadas en el departamento del Atlántico en el año 2022 está contaminada por microplásticos de origen primario y secundario; presentándose mayores abundancias durante la época seca. Estas condiciones muestran la incidencia de las actividades antrópicas desarrolladas en la zona marino-costera del departamento del Atlántico sobre el estado de contaminación por microplásticos. Lo cual, refleja la importancia de identificar las fuentes de contaminación por microplásticos y el comportamiento y transporte de este contaminante emergente; para proponer estrategias que brinden soluciones integrales a este tipo de contaminación.

5 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL ECOSISTEMA DE PASTOS MARINOS EN LA ENSENADA DE PUERTO VELERO

5.1 ÁREA DE ESTUDIO

La ensenada de Puerto Velero comprende las playas de Puerto Velero y Caño Dulce, ubicadas en el municipio de Tubará, departamento del Atlántico, donde también confluyen zonas ecotonales, relieves colinados, planicies fluvio-marinas y planicies fluviales, frente al mar Caribe ([Torres-Bejarano et al., 2014](#)).

El municipio de Tubará se caracteriza por una precipitación que oscila entre 379 mm y 1.025,3 mm anuales, con un régimen pluviométrico mensual que varía durante el año entre 0 y 379 mm una temperatura promedio de 27 °C ([IDEAM, 2019](#)). En los aspectos ambientales se destaca la fragilidad de los suelos y la vegetación, como resultado de las prolongadas sequías en esta zona costera del Caribe ([MMA, 2002](#)). Los vientos predominantes se presentan aproximadamente un 44% del tiempo en dirección noreste - suroeste (vienen del noreste); los vientos alisios entre los meses de diciembre y abril con una mayor intensidad en febrero y marzo y vientos que vienen del suroeste con mayor ocurrencia en octubre ([MMA, 2002](#)).

Tubará es el municipio del departamento que posee la mayor extensión de playa con 16 kilómetros, incluye los balnearios de Puerto Velero, Caño Dulce, Playa Mendoza, Puerto Caimán, Playa Tubará, Turipaná, Playa Abello, Palmirito, entre otros, que cuentan con un gran potencial turístico, y cuyas playas se han convertido en sitio de recreación de los habitantes de Barranquilla y de los municipios cercanos ([MMA, 2002](#); [Torres-Bejarano et al., 2014](#)).

La playa de Caño Dulce está localizada al suroeste a 9km del municipio de Tubará entre las coordenadas geográficas 10°56'18"N y 75°01'41"W y cuenta con un ancho aproximado de 30 y 50 metros; y la playa de Puerto Velero se ubica entre las coordenadas geográficas 10°57'06"N y 75°01'76"W, el ancho de la playa varía entre 30 y 50 m ([Pertuz-Montoya y Vizcaíno-Tamayo, 2020](#)). Estas playas presentan alta sedimentación por estar ubicadas en el Delta que forma los procesos de agregación de sedimentos, como resultado de la influencia de la desembocadura del río Magdalena ([Torres-Bejarano et al., 2014](#)). Cabe destacar que en la playa de Puerto Velero se han venido realizando acciones en el marco del Programa Ecológico Bandera Azul de Colombia ([Pertuz-Montoya y Vizcaíno-Tamayo, 2020](#)).

5.2 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE DEGRADACIÓN, VALORACIÓN DE IMPACTOS POTENCIALES Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE GESTIÓN

Preparado por: Cristian Camilo Ruíz, Sandra Liliana Mayorga, Janet Vivas-Aguas, Diana Carolina Romero, Janneth Andrea Beltrán, Carolina García, Andrés Granados, Juan Fernando Saldarriaga, Paola Obando y Simón Feria

5.2.1 Metodología

Componente espacial

Para obtener los productos cartográficos se inició con la búsqueda y recolección de información secundaria para el área de estudio. Se identificó la información disponible en el repositorio de datos del INVEMAR (resultado de diferentes proyectos de investigación), sumado a la información recopilada de entidades como la CRA y el IGAC. En la salida de campo se recolectaron datos primarios para la caracterización de la zona y del ecosistema de pastos marinos, se elaboró una grilla de puntos cada 200 metros para abarcar la zona marina, lo que permitió realizar los recorridos a los sitios puntuales para la verificación de los pastos marinos. Para la zona costera se actualizó la capa de cobertura con la toma de planes de vuelo y recolección de imágenes de Dron. En la etapa de análisis espacial, se organizó y verificó la información primaria y secundaria recolectada, puntos de ubicación de pastos marinos, fuentes de presión y cobertura terrestre del área de estudio. Se estructuró la información en una geodatabase, donde se realizó la topología y metadatos correspondientes a las capas vectoriales, a su vez se generaron las salidas gráficas para el informe final (Figura 5-1).



Figura 5-1. Esquema metodológico del análisis espacial con sistemas de información geográfica.

Durante el proceso de análisis SIG se consideró la cartografía base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), escala 1:25.000 del año 2016. Los mapas temáticos se trabajaron con la capa de coberturas y la cobertura de manglar elaborada en el Convenio CRA 002-2017. En la Tabla 5-1 se relacionan los principales proyectos incorporados dentro del análisis espacial-SIG.

Tabla 5-1 Proyectos recopilados con información espacial.

Proyecto	Escala	Año	Formato
Cartografía Base IGAC 2016.	1:25.000	2016	Shapefile
Marco geoestadístico nacional del DANE (Urbano y rural)	Multiescalar	2018	Shapefile
Acciones interinstitucionales de investigación básica y aplicada sobre los recursos marinos y costeros que soporten la planificación y gestión ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico. (Manglares CRA 2017)	1:25.000	2017	Shapefile
Proyecto humedales costeros	1:100.000	2016	Shapefile

A partir de las imágenes tomadas en la salida de campo con la cámara RGB se generó un ortofotomosaico para la caracterización del área de estudio, que incluyó la zona marina de Puerto Velero hasta el sector de playa Caño Dulce. Además, se realizó el procesamiento de los puntos de control tomados con el GPS diferencial Trimble Geo 7 para para la corrección (Figura 5-2).

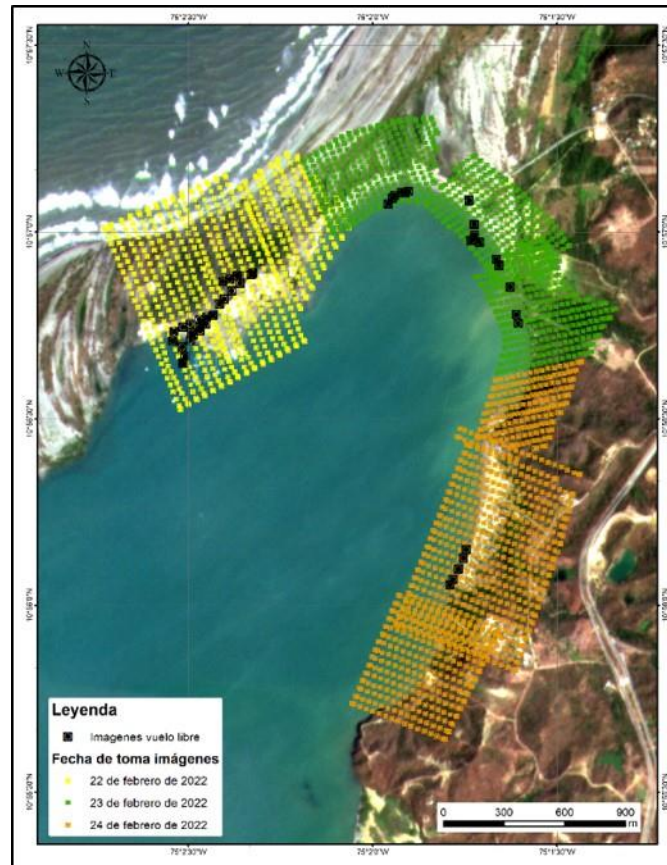


Figura 5-2. Grilla de recolección de imágenes tomadas con Dron

También, se generó un ortofotomosaico con las bandas multispectrales y un modelo de superficie del área levantada como ayuda durante el proceso de identificación y análisis de las diferentes coberturas de la tierra.

Actualización de la cobertura terrestre

Dentro de la información secundaria utilizada están los datos recopilados del proyecto “Acciones interinstitucionales de investigación básica y aplicada sobre los recursos marinos y costeros que soporten la planificación y gestión ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico (Manglares CRA 2017)”, con la capa vectorial shapefile de cobertura de tierra 2017 a escala 1:25.000 a partir de la cual se adopta la leyenda de cobertura de la tierra para su actualización. (Figura 5-3)

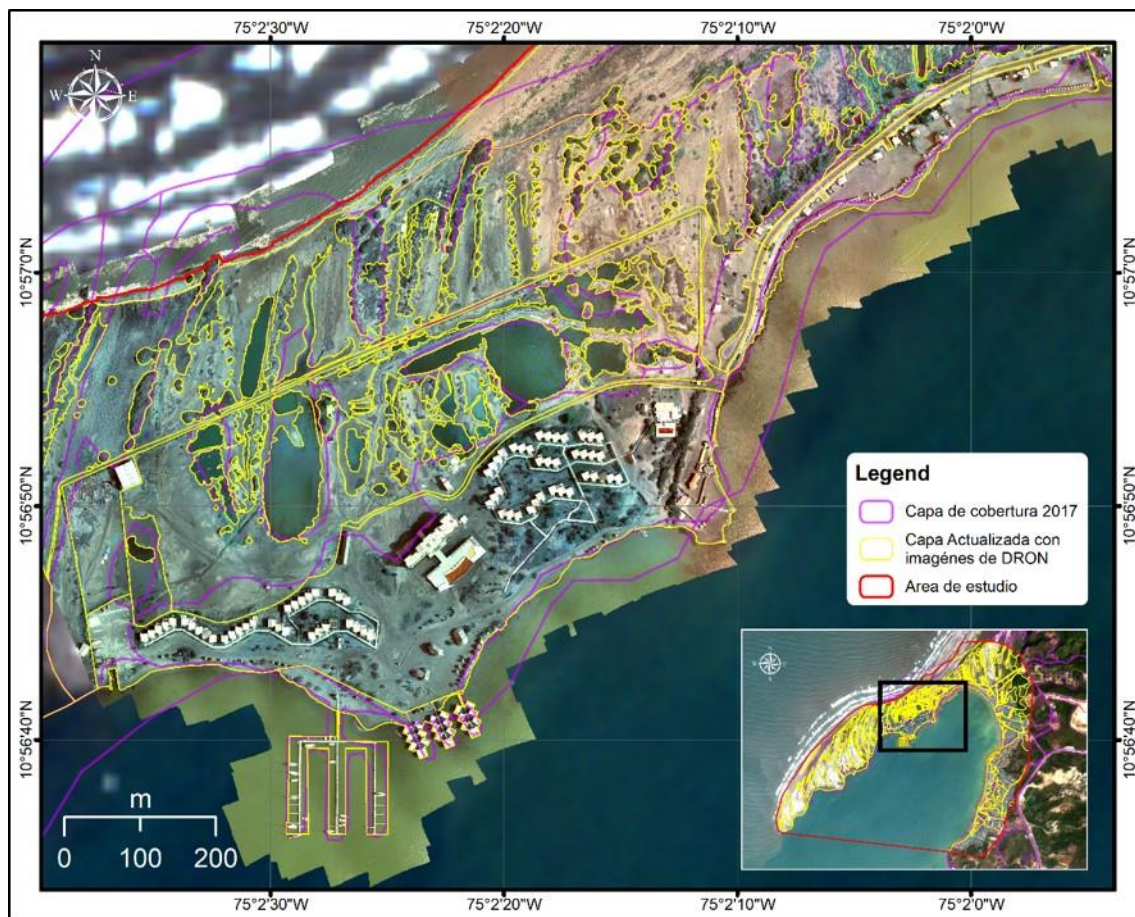
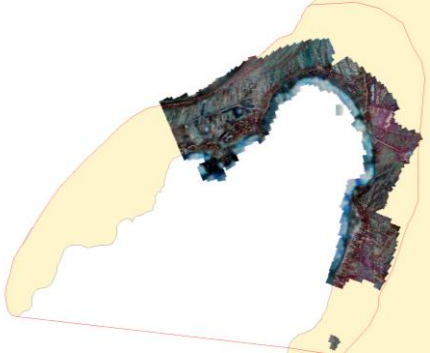
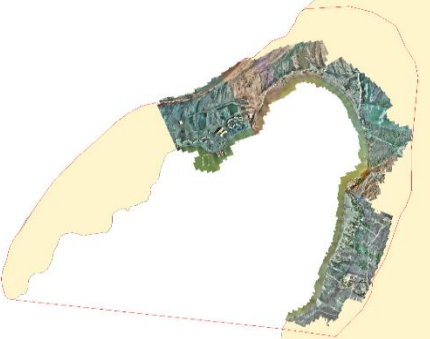
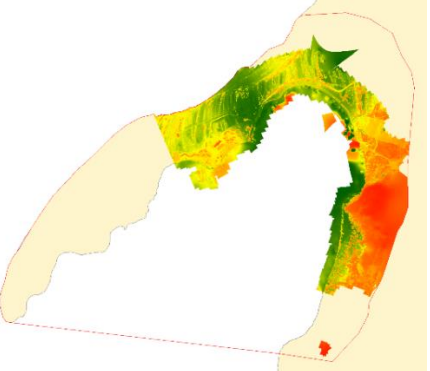


Figura 5-3. Comparación de las capas vectoriales de cobertura terrestre.

La interpretación y digitalización de las unidades de cobertura, se efectuó directamente en la pantalla (visual) empleando el software ArcGis 10.8.1, que permite delinear y editar las diferentes unidades de mapeo. El ortofotomosaico generado a partir de imágenes de Dron, permitió hacer combinaciones de bandas RGB y espectrales, valiéndose de la composición de color y aplicación de realces a partir de histogramas tanto de las bandas solas como de composiciones en RGB. Las composiciones a color mostradas en la Tabla 5-2 fueron generadas a partir de las imágenes de Dron procesadas.

Tabla 5-2 Combinaciones de bandas RGB y espectrales

Composición o color	Descripción	Año
4,3,2	Ortofotomosaico, multispectral, la banda en el infrarrojo cercano permitió la identificación de las coberturas vegetales como el manglar	
321	Color verdadero, que permite discriminar visualmente las diferentes coberturas terrestres, vegetación, construcciones, cuerpos de agua y	
MDS	Modelo de superficie, como apoyo a la identificación de las diferentes coberturas vegetales dependiendo de su altura.	

Durante la digitalización de la cobertura, se escogió el área mínima cartografiable (AMC) de 16 m², debido a que la resolución espacial del ortofotomosaico permitió discriminar el límite de cobertura de manglar en la zona, esto con el fin de obtener a mejor detalle las coberturas, así la escala mínima de representación gráfica utilizada es de 1:1.000, la cual es la escala de la capa vectorial definida como resultado del área de estudio.

Análisis espacial

Con las imágenes y demás datos recolectados en campo, se estructuró la información geográfica de los puntos de GPS para generar la capa vectorial temática de las presiones identificadas, las cuales se clasificaron por el tipo de fuente contaminante. Para la representación de los impactos ambientales, se utilizó como base la capa vectorial de los puntos de presión para crear una nueva capa con la cual se clasificó el nivel de impacto a partir de la valoración de impactos realizada

por el equipo técnico, teniendo en cuenta los factores abiótico, biótico y socioeconómico y los componentes ambientales (recursos naturales, agua, suelo, aire, flora, fauna, económico, cultural y salubridad).

Factores de degradación ambiental

Para identificar las presiones y factores de degradación ambiental presentes en la ensenada de Puerto Velero, se realizó una salida de campo entre el 21 al 24 de marzo de 2022. Durante la salida se hicieron recorridos terrestres y en lancha para hacer una inspección visual y se recolectó información detallada de las playas de Puerto Velero y Caño Dulce. La información se registró en formatos de campo, se georreferenció con ayuda de un geoposicionador satelital (GPS) y se tomaron imágenes utilizando un Dron Phantom 4 Multispectral con antena RTK (Figura 5-4).

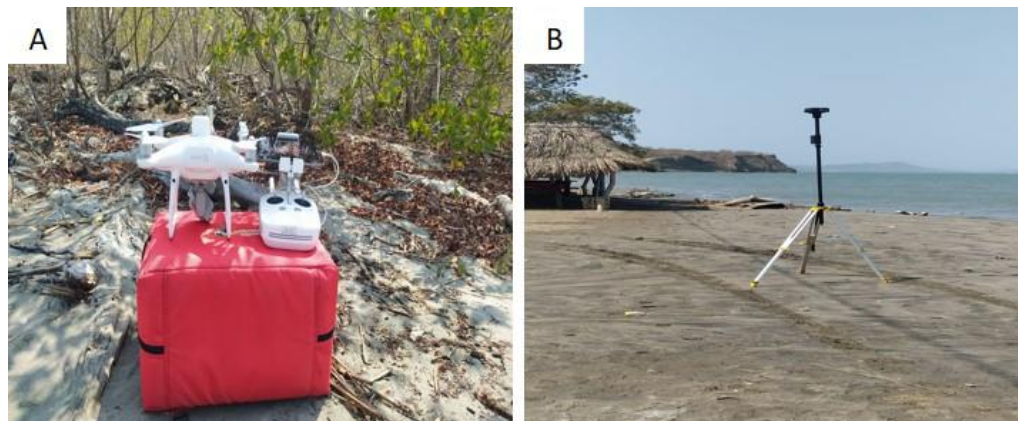


Figura 5-4. Equipos usados para tomas de información geográfica a) Dron Phantom 4 Multispectral b) Antena RTK

Basura marina y microplásticos

Para determinar el estado de contaminación por basura marina y microplásticos en la Ensenada de Puerto Velero, se recolectaron muestras de agua, arena de playa y sedimento de manglar las estaciones playa Caño Dulce y playa Puerto Velero, donde se definió una estación para cada matriz (Tabla 5-3; Figura 5-5) la arena de la playa, se establecieron 5 cuadrantes en transectos ubicados en las zonas activa, de reposo y de transición, usando una adaptación de la metodología de [Garcés-Ordóñez et al., 2020](#) (Figura 5-5 A).

Tabla 5-3. Coordenadas de referencia del cuadrante central en arena de playa (cuadrante 3 del transecto 2). Punto central de las parcelas de manglar y transecto central de los arrastres de agua superficial realizados en Puerto Velero y Caño Dulce para el estudio de contaminación de basura marina y microplásticos

Playa	Matriz	Latitud N	Longitud W
Puerto Velero	Agua superficial	10°56'50.6"	75°01'48.7"
	Arena de playa	10°57'04.0"	75°01'45.1"
	Sedimento manglar	10°56'42.7"	75°01'32.9"

Playa	Matriz	Latitud N	Longitud W
Caño Dulce	Agua superficial	10°56'01.0"	75°01'55.6"
	Arena de playa	10°56'17.9"	75°01'42.6"
	Sedimento manglar	10°56'02.4"	75°01'46.2"

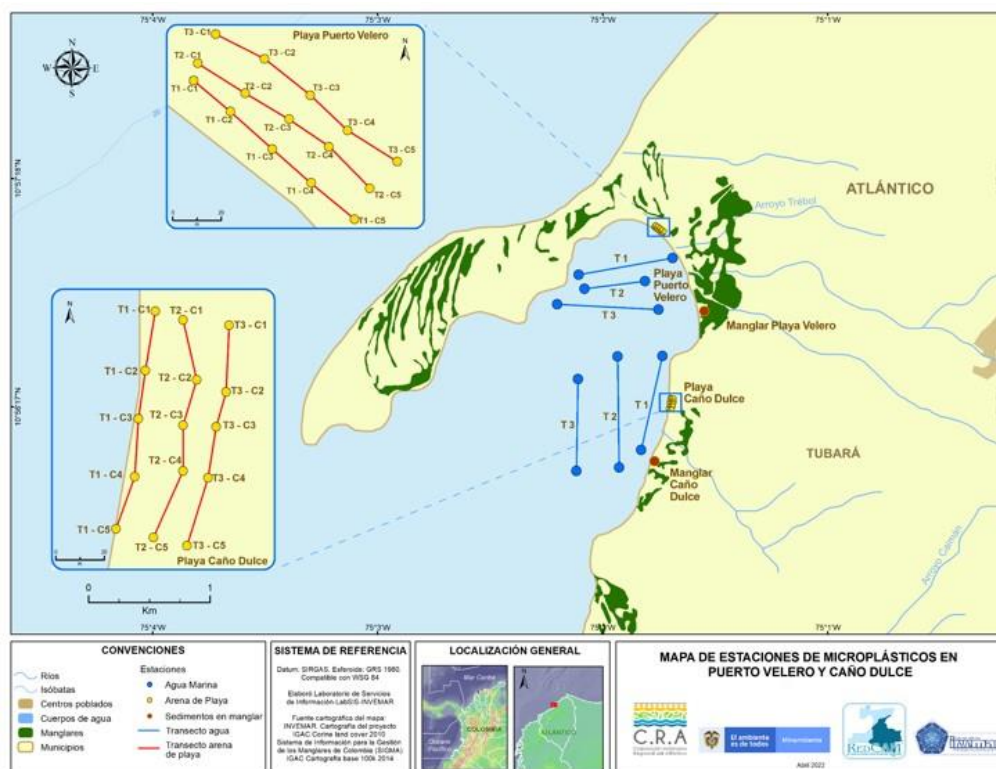


Figura 5-5. Ubicación de las estaciones de muestreo de basura marina y microplásticos en arena, agua superficial y manglar en las playas de Puerto Velero y Caño Dulce, Ensenada de Puerto Velero. Las líneas rojas representan los transectos de arena de playa, las líneas con puntos azules corresponden a transectos de agua superficial, los puntos amarillos correspondientes a los cuadrantes de arena de playa y el punto rojo a parcelas de manglar.

Para coleccionar las muestras de agua marina, se implementó la metodología descrita por [Garcés-Ordóñez et al., 2021](#). En cada estación se realizaron tres arrastres con una red de malla de 300 μm , a una velocidad aproximada de 2 nudos, con una duración de 10 minutos por arrastre (Figura 5-6 B). En las dos estaciones de manglar, se realizó la caracterización y pesaje de la basura marina en campo (Figura 5-6 C), según las categorías (plástico, metal, vidrio, textil, papel-cartón y otros) propuestas por [OSPAR, 2010](#). Adicionalmente, se recolectaron muestras de sedimento de manglar en tres puntos aleatorios dentro de la parcela (Figura 5-6 D).



Figura 5-6. Muestreo de Basura marina y microplásticos en la Ensenada de Puerto Velero. Recolección de arena de playa en Caño Dulce para análisis de microplásticos (A), arrastre superficial en Caño Dulce para análisis de microplásticos en aguas (B), caracterización de basura marina en el manglar de Caño Dulce (C), recolección de sedimento de manglar en playa Puerto Velero para análisis de microplásticos (D). Fotos: Andrés Granados y Juan Saldarriaga.

Valoración de impactos potenciales

Para realizar la valoración de impacto ambiental se utilizó la metodología [Conesa, 2009](#) modificada de acuerdo con [Toro et al., 2013](#), que define la importancia del impacto en función del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como la caracterización del efecto. Este tipo de metodología se caracteriza por incluir escalas descriptivas y numéricas para calificar, a juicio del evaluador, la importancia del impacto. Para ello, se utilizó la fórmula 1 que integra seis atributos (intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, acumulación y recuperabilidad; [Conesa, 2009](#)). Cada atributo se evaluó empleando escalas cualitativas, donde se le asignó un valor numérico que fue incrementando en la medida en que el daño causado sea potencialmente más severo sobre el componente, sistema o medio afectado (Tabla 5-4). Por consiguiente, la valoración de la importancia de un impacto fue el resultado del análisis integral que se fundamenta en el conocimiento de las condiciones ambientales particulares del área de influencia ([Viloria-Villegas et al., 2018](#))

Fórmula1:

$$I = +/-(3I + 2EX + Pe + Rv + Ac + Rc)$$

Donde,

Intensidad (I): es el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa.

Extensión (EX): es el área de influencia teórica del impacto, en relación con el entorno donde se realizan las actividades, expresado en porcentaje del área de influencia en que se manifiesta el impacto.

Persistencia (Pe): Se refiere al efecto desde su aparición, y está definido en 4 categorías: (1) Fugaz o momentáneo cuando la duración del impacto y sus consecuencias tiene el mismo período de tiempo que la actividad que lo produce, (2) Temporal cuando el impacto y sus efectos permanecen en el ambiente por un tiempo menor a tres años, (3) Persistente cuando el impacto y sus efectos permanecen en el ambiente por un tiempo entre cuatro y diez años y, (4) Permanente cuando el impacto y sus efectos permanecen en el ambiente por un tiempo indefinido.

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquel deje de actuar sobre el medio.

Acumulación: representa el incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Recuperabilidad (Rc): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental).

Tabla 5-4. Atributos, calificación y valores utilizados en la evaluación de impactos. Fuente: [Toro et al., 2013](#)

Atributo	Calificación	Valor
Intensidad (I)	Baja	2
	Media	4
	Alta	8
	Muy alta	12
Extensión (Ex)	Puntual	2
	Parcial	4
	Amplio o extenso	8
	Total	12
Persistencia del efecto (Pe)	Fugaz o momentáneo	1
	Temporal (1 – 3 años)	2
	Persistente (4 – 10 años)	4
	Permanente (> 10 años)	8
Reversibilidad (Rv)	Corto plazo (< 1 año)	1
	Mediano plazo (1 – 5 años)	4

Atributo	Calificación	Valor
Acumulación (Ac)	Largo plazo (> 5 años)	8
	Irreversible	12
	Simple	1
	Acumulativo	4
Recuperabilidad (Rc)	Inmediato	1
	Corto plazo (< 1 año)	2
	Mediano plazo (1 – 3 años)	3
	Largo plazo (3 – 5 años)	4
	Mitigable	8
	Irrecuperable	12

La matriz utilizada para la evaluación de impactos en la Ensenada de Puerto Velero incluyó tres ejes. El primer eje incorporó las presiones identificadas, el segundo los factores y componentes del ambiente natural como son el abiótico (recursos naturales, agua, suelo y aire), biótico (flora y fauna) y socioeconómico (económico, cultural y salubridad) y el tercero los impactos ambientales asociados y derivados de las presiones previamente identificadas en cada zona (Puerto Velero y Caño Dulce) (Tabla 5-5) Las filas de la matriz proporcionan un resumen útil de aspectos colectivos de las presiones actividades que pueden tener una influencia acumulativa sobre los componentes específicos del medio natural y humano ([Viloria-Villegas et al., 2018](#)).

Tabla 5-5. Matriz de identificación de impactos ambientales por componente utilizado para Puerto Velero.
Modificado de [Conesa, 2009](#)

EJE 1	EJE 2		EJE 3
Presiones	Factor	Componente	Impacto asociado
Residuos líquidos (Pozas sépticas, caños, tuberías de desagüe)	Abiótico	Recursos naturales	Afectación en la provisión de los servicios ecosistémicos
Inadecuada disposición de residuos solidos		Agua	Alteración de las condiciones fisicoquímicas del recurso hídrico
			Disminución del oxígeno disuelto
			Aumento de la materia orgánica
			Contaminación microbiológica
			Aumento de los sólidos suspendidos
Quema de residuos solidos		Suelo	Disminución en la calidad del agua
			Contaminación del sedimento
			Alteración de las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas de la arena de playa
	Aire	Generación de gases contaminantes	
		Generación de olores ofensivos	
Trafico y mantenimiento de residuos solidos	Biótico	Flora	Afectación del crecimiento y desarrollo de los pastos marinos.
Afectación del crecimiento y desarrollo de los ecosistemas de manglar y bosque seco.			
Pérdida de hábitat para especies de flora			
Desarrollo de actividades náuticas		Fauna	Afectación a especies acuáticas
	Alteración a las comunidades de aves		

EJE 1	EJE 2		EJE 3
Presiones	Factor	Componente	Impacto asociado
			Afectación a comunidades terrestres
Tala y leñateo			Pérdida de hábitat para especies de fauna
	Socioeconómico	Económica	Disminución de los ingresos en la Unidad Económica de Pesca (UEP)
			Disminución del consumo de los productos locales
			Disminución de los ingresos de los operadores turísticos
Deterioro del paisaje			
Cultural		Imposibilidad de utilizar el cuerpo hídrico para uso recreativo	
		Pérdida de las costumbres ancestrales	
		Disminución del sentido de pertenencia por el territorio	
		Salubridad	Afectación de la salud pública
Proliferación de vectores			

A partir del cruce de información entre las presiones identificadas y el componente ambiental (abiótico, biótico y socioeconómico), se elaboró la matriz causa y efecto para determinar las interacciones (Anexo 3). Posteriormente, se calificó de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 5-6 para obtener el grado de manifestación cualitativa de la importancia del impacto, aplicando la fórmula propuesta por ([Conesa, 2009](#)).

Tabla 5-6. Calificación de la importancia del impacto. Modificado de [Conesa, 2009](#)

Importancia	Rango
Impacto crítico	$71 \leq IM$
Impacto severo	51 - 70
Impacto moderado	21 - 50
Impacto irrelevante	$IM \leq 20$

Para finalizar se hizo la suma total de la importancia, indicando los impactos con mayor grado de afectación clasificados según el rango obtenido en la evaluación, considerando los conceptos de importancia:

Impactos críticos o muy altos: aquellos efectos que produce una pérdida permanente de las condiciones ambientales del ecosistema.

Impactos severos o altos: aquellos efectos en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la aplicación de medidas correctoras o protectoras.

Impactos moderados o medios: son efectos cuya recuperación no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas, y en el que el retorno al estado inicial del medio ambiente no requiere un largo periodo de tiempo.

Impactos Leves o bajos: son aquellos impactos compatibles con el medio ambiente, con recuperación a corto y mediano plazo.

Propuesta de estrategia de gestión

Para proponer una estrategia de gestión articulada con la visión de los actores sociales de la zona, inicialmente se hizo la identificación participativa de las condiciones ambientales y de tensiones presentes en la ensenada de Puerto Velero. Se diseñaron y aplicaron encuestas y se realizaron entrevistas semiestructuradas, mediante una conversación guiada entre los investigadores y los entrevistados, los cuales estuvieron representados por líderes comunitarios, prestadores de servicios de restaurantes, pescadores y turistas.

Las entrevistas estuvieron orientadas a recolectar información sociodemográfica, reconocer los ecosistemas marinos y costeros presentes, las actividades productivas y su nivel de afectación sobre los ecosistemas de pastos marinos, playas y manglares, determinar las condiciones de manejo de residuos sólidos y líquidos, y en proponer acciones o medidas para mejorar las condiciones de deterioro que actualmente se evidencian en Puerto Velero y que contribuyan a la protección ambiental (Anexo 4). Los resultados se analizaron teniendo en cuenta los porcentajes según la percepción de los entrevistados frente a cada una de las temáticas abordadas.

5.2.2 Resultados y discusión

Geodatabase estructurada y análisis espacial

La información geográfica secundaria base y temática se estructuró de acuerdo con el área de estudio y a la zona cubierta por las imágenes de Dron. Toda la información recolectada se proyectó al sistema geográfico de coordenadas para Colombia MAGNA referido al elipsoide WGS 84. La capa de cobertura del proyecto CRA, 2017 fue incorporada, estructurada y ajustada para la cartografía base (Anexo 5). Como resultado de la integración de la información cartográfica recopilada se realizaron los diferentes mapas temáticos, partiendo de distintos insumos estructurados (Tabla 5-7).

Tabla 5-7. Principales insumos cartográficos recopilados y estructurados.

Vector	Descripción	Fuente	Componente
Municipio	Limite municipal	IGAC	Base
Cobertura	Cobertura de tierra	INVEMAR	Base
Pastos Marinos	Puntos de ubicación del ecosistema de pastos marinos	INVEMAR	Temático
Basuras marinas	Concentración de macrobasuras en la zona de manglar	INVEMAR	Temático

Vector	Descripción	Fuente	Componente
Microplásticos	Concentración de microplásticos en agua superficial, arena de playa y sedimento de manglar	INVEMAR	Temático
Presiones	Fuentes de contaminación	INVEMAR	Temático
Impactos ambientales	Grado de impacto	INVEMAR	Temático

Factores de degradación identificados

En las playas de Puerto Velero y Caño Dulce se identificaron diferentes tipos de fuentes de presión, entre ellas la actividad turística, la Marina Puerto Velero Club Náutico, mantenimiento de embarcaciones, servicios de restaurantes, entre otros; y factores de degradación ambiental como la disposición inadecuada de residuos sólidos, vertimientos puntuales de aguas residuales por tuberías de desagües, pozas sépticas y tala de manglar, entre otros (Figura 5-7), los cuales se describen a continuación:

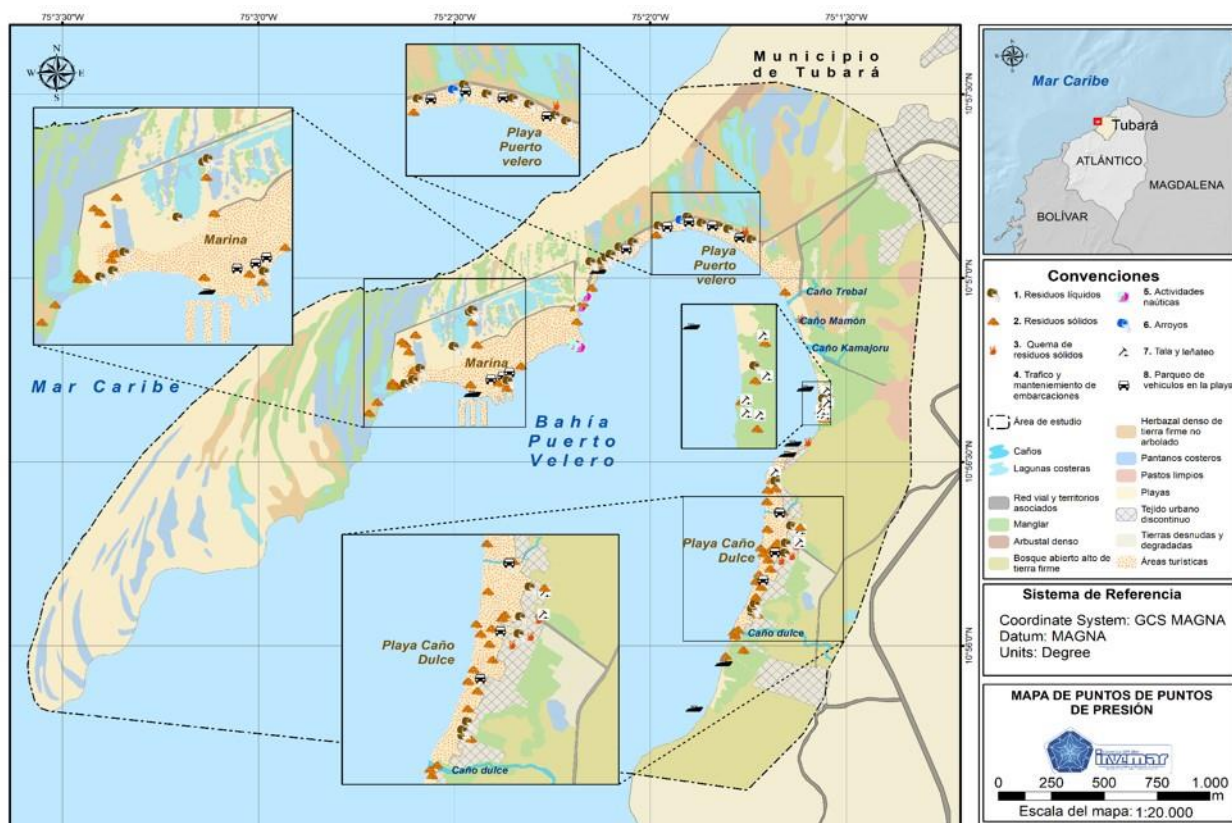


Figura 5-7. Ubicación de las fuentes de presiones y factores de degradación ambiental identificados en la Ensenada de Puerto Velero, departamento del Atlántico.

Residuos sólidos

En el sector de la marina de Puerto Velero se encontró acumulación de residuos sólidos de tipo no peligroso, como plástico, metal, madera, vidrio y escombros; y del tipo peligroso como neumáticos, latas de pintura, recipientes con grasas y aceites, residuos de transformadores eléctricos, entre otros (Figura 5-8). Pese a que la marina cuenta con un sistema de recolección diario de residuos, estos son dispuestos en un centro de acopio temporal al aire libre, donde no se realiza ningún tipo de separación antes de ser entregados a la empresa de aseo del municipio de Tubará. Esta situación ha generado que los residuos por acción del viento sean arrastrados a otras zonas como el manglar o las playas (Figura 5-8 E).



Figura 5-8. Disposición inadecuada de residuos sólidos. (A y B); residuos metálicos y botes de pintura; (C) residuos de transformadores; (D) material de construcción; (E) centro de acopio de residuos; y (F) residuos de grasas y aceites. Fotos: Cristian Ruiz

En algunas zonas de las playas de Puerto Velero y Caño Dulce se evidenció disposición inadecuada de residuos sólidos derivado de la actividad turística, ya que la mayoría de casetas

no presenta contenedores de basura, y en consecuencia los turistas dejan los residuos en la playa (Figura 4-9).



Figura 5-9. Residuos sólidos en el sector de la playa de Puerto Velero (A) y Caño Dulce (B). Fotos: Cristian Ruiz.

Por otro lado, se identificó la quema de basuras en la zona de bosque seco adyacente a las playas de Puerto Velero y Caño Dulce, principalmente generada por los pobladores de la zona. Además, en algunos puntos se encontraron residuos de vidrio, que pueden generar incendios de gran magnitud en época seca (Figura 5-10).

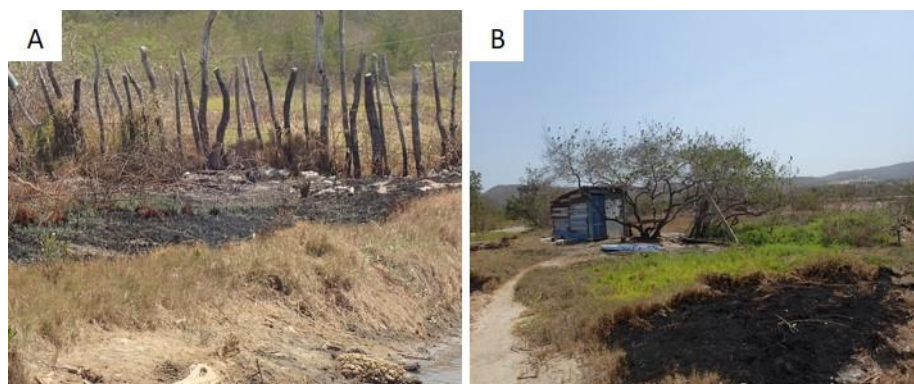


Figura 5-10. Quemados de basuras en el sector de Puerto Velero (A) y Caño Dulce (B). Fotos: Cristian Ruiz.

En el apartado de basura marina y microplásticos se analiza con mayor detalle las áreas con mayor afectación por el inadecuado manejo y disposición de residuos sólidos.

Residuos líquidos

Las playas de Puerto Velero y Caño Dulce no cuentan con un sistema de alcantarillado, y los establecimientos de servicios turísticos utilizan pozas sépticas para disponer de las aguas residuales (Figura 5-11 A). La mayoría de las pozas sépticas identificadas no tienen las características necesarias para operar de forma correcta, debido a que no están selladas herméticamente, lo que ocasiona que los residuos recolectados se filtren en la arena; además, no cuentan con mantenimiento. Así mismo, se identificó en la playa de Caño Dulce cerca al

manglar el uso de letrinas como disposición final de aguas residuales (Figura 5-11 B) por parte de una población de pescadores.



Figura 5-11. Poza séptica en un restaurante de Puerto Velero (A) y Letrina en el sector de Caño Dulce (B). Fotos: Cristian Ruiz.

Durante el recorrido se evidenciaron tuberías de desagüe de aguas residuales que conectan directamente con el mar, lo cual genera acumulación de biomasa en el agua originada por el crecimiento de macroalgas marinas (Figura 5-12), principalmente especies de algas verdes filamentosas de los géneros *Enteromorpha*, *Ulva*, *Cladophora* y *Chaetomorpha* (Smith *et al.*, 2005). Esta condición está asociada al enriquecimiento por nutrientes, lo que afecta el uso estético y el paisaje de las playas y puede traer consecuencias negativas en el desarrollo turístico (Lapointe *et al.*, 2004; Rasmussen *et al.*, 2012).



Figura 5-12. Presencia de macroalgas en las playas de Puerto Velero (A y B); salida de la PTAR marina Puerto Velero (C) y agua estancada en el sector de Caño Dulce (D). Foto: Cristian Ruiz.

En la ensenada se identificaron construcciones (Figura 5-13) para canalizar las aguas procedentes de lagunas costeras y de escorrentías que llegan a las playas de Puerto Velero y Caño Dulce, a través de las cuales pueden llegar también residuos sólidos de tipo orgánico e inorgánico y otros contaminantes. En la salida de campo se observó estancamiento de agua, cloración verde a oscura del agua y olores ofensivos.



Figura 5-13. Canales que se conectan con la playa de Puerto Velero. Fotos: Cristian Ruiz.

Tráfico marítimo y mantenimiento de embarcaciones

En la marina de Puerto Velero se ubican diferentes tipos de embarcaciones (yates, veleros, lanchas con motor), las cuales pueden generar residuos oleosos como hidrocarburos, grasas y aceites, y aguas de sentina. En esta misma zona cerca de la playa se encuentra el área de mantenimiento, donde se generan residuos de tipo peligroso como residuos metálicos y de pintura, que, si no son manejados de forma adecuada, potencialmente pueden afectar las características naturales de la playa y el mar (Figura 5-14). En la playa de Caño Dulce las embarcaciones presentes en su mayoría son lanchas pequeñas de motor que se encargan de transportar turistas y productos pesqueros.



Figura 5-14. Embarcaciones en la marina de Puerto Velero (A) y mantenimiento de embarcaciones (B). Fotos: Cristian Ruiz.

Tala y leñateo de manglar

La tala y leñateo es una de las problemáticas ambientales que se observaron en la zona de manglar de Caño Dulce, esta presión se presenta por los asentamientos humanos ubicados en toda la zona de playa. En los recorridos se pudo evidenciar que algunos habitantes del sector todavía cocinan con fogones de leña (Figura 5-15). También se encontraron áreas de manglar con árboles secos en pie, y que los lugareños aprovechan para talar. Esta problemática es común en diferentes manglares del Caribe ([Lema y Polanía, 2007](#); [Valle et al., 2011](#); [Blanco-Librero et al., 2013](#); [INVEMAR-MINAMBIENTE, 2018](#)), lo cual afecta la abundancia y distribución de los mangles, su biodiversidad y los servicios ecosistémicos ([Uribe y Urrego, 2009](#)).



Figura 5-15. Tala de mangle y vegetación ubicada en el sector de Caño Dulce. Fotos: Cristian Ruiz.

Parqueo de vehículos en zonas de playa

En las playas de Puerto Velero y Caño Dulce se evidenciaron zonas de parqueadero para vehículos (Figura 5-16), lo cual ocasiona que la arena de la playa se compacte, además pueden ser fuente de residuos de combustible, grasas y aceites, entre otros residuos que se pueden generar.



Figura 5-16. Zona de Parqueo al interior de las playas de Puerto Velero (A y B). Fotos: Cristian Ruiz.

Basura marina y microplásticos

Basura marina

Se realizó una revisión de información secundaria disponible en el Sistema de Información para la gestión de los manglares de Colombia – SIGMA, encontrando que la cobertura de manglar en el municipio de Tubará es de aproximadamente 174,16 ha ([INVEMAR-CRA, 2017](#)), de las cuales, de acuerdo con la ubicación de las estaciones de muestreo en los parches de manglar priorizado de Caño Dulce y Puerto Velero, se monitoreó un área total de 0,16 ha (1.600 m²).

Como resultado de la jornada de muestreo de basura marina en los manglares priorizados de Caño Dulce y Puerto Velero, se recolectaron en total 916 unidades de basura marina, los cuales pesaron ≈108,3 kg. En Puerto Velero se registró el 68 % (620 unidades) de las unidades de basura marina y el 75 % (81,35 kg) del total del peso registrado (Figura 5-17).

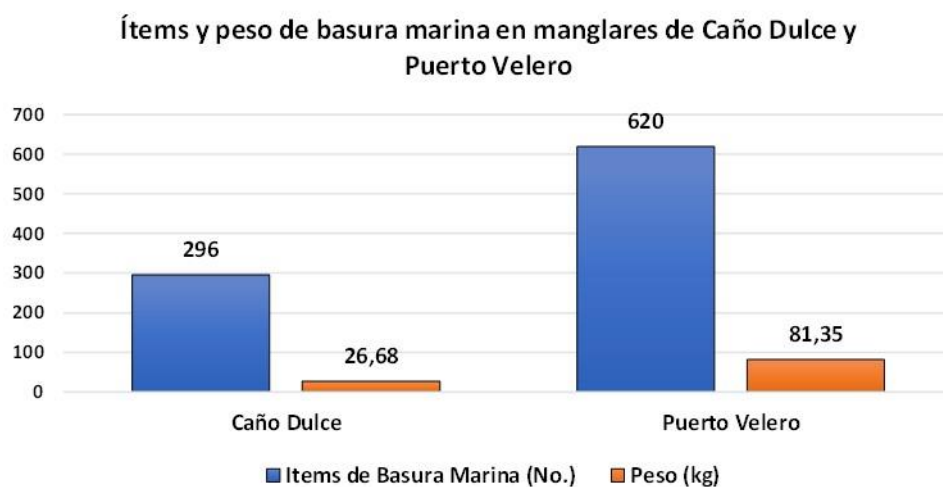


Figura 5-17. Unidades o ítems y peso de basura marina registrada en los manglares priorizados de Puerto Velero y Caño Dulce, Tubará, Atlántico.

En las parcelas de monitoreo priorizadas en los manglares se encontraron 4933 ítems de basura marina/ha en Caño Dulce y de 6200 ítems/ha en Puerto Velero. Estos resultados superaron los registros en manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM reportados por Garcés-Ordóñez et al. (2019). Las masas de basura fueron de 444,67 kg/ha en Caño Dulce y 813,5 kg/ha en Puerto Velero, resultados que se estiman a partir de la conversión de unidades de m² a hectáreas (Ha) de acuerdo con el área muestreada (Figura 5-18).

Con respecto a las unidades de basura marina contadas en Caño Dulce, los plásticos representaron más del 90 % y en Puerto Velero un 70 %. (Figura 5-18), distribución similar a lo encontrado por [Garcés-Ordóñez et al. \(2019\)](#) en los manglares de la CGSM, donde el plástico representó entre el 73 % y 96 % del total de ítems de basura marina contabilizadas.

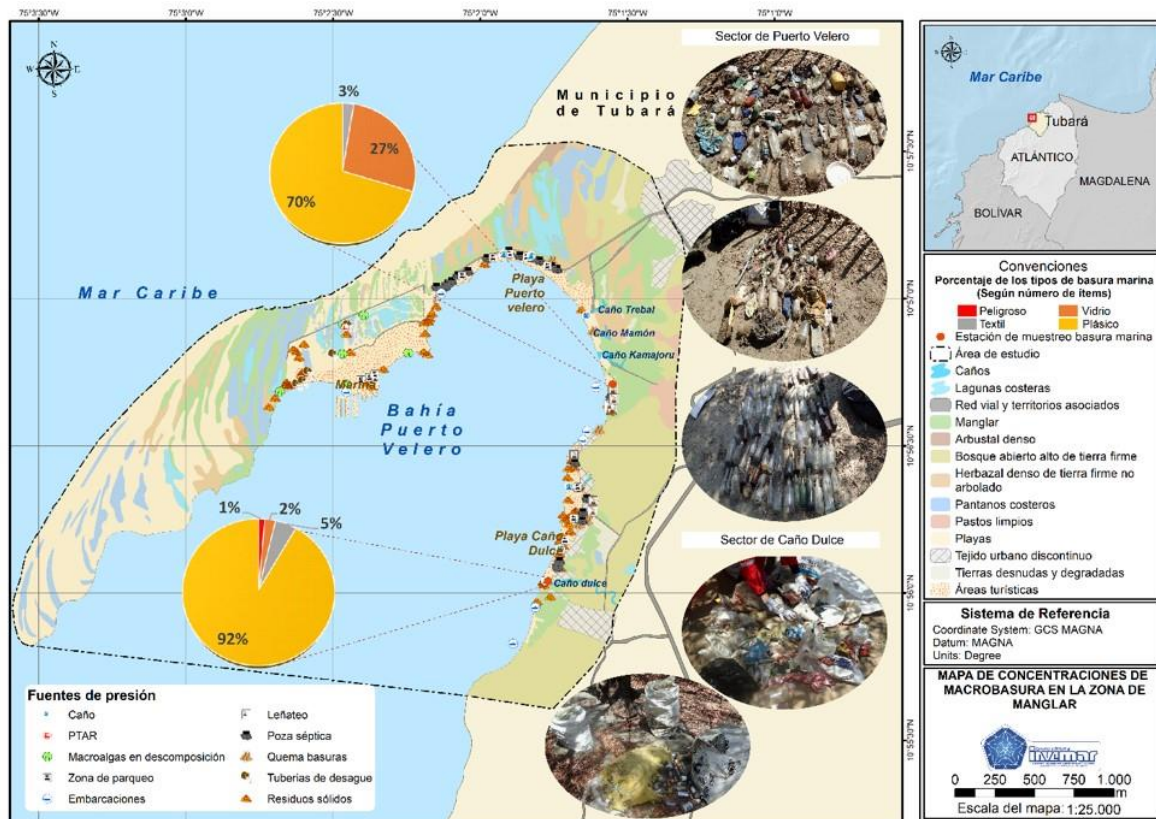


Figura 5-18. Porcentaje de los tipos de basura marina (según número de unidades) en los sectores de manglar priorizados en Caño Dulce y Puerto Velero, Tubará, Atlántico

Teniendo en cuenta la clasificación de la basura marina de acuerdo a su peligrosidad por sus características corrosivas, inflamables, reactivas, explosivas, tóxicas, infecciosas o radioactivas que pueden causar riesgo a la salud humana y al ambiente ([APC Colombia, 2015](#)), se encontró que sólo el 1% de la basura está representada por los envases plásticos de aceite de motor (catalogado como peligroso) y el 99 % restante representados por botellas de bebidas plásticas, botellas de vidrio, retazos de ropa, envolturas plásticas de alimentos, recipientes de icopor, calzado, entre otros, clasificado como no peligroso (Figura 5-19).

De acuerdo con Triple [A.S.A. E.S.P \(2018\)](#) la frecuencia de recolección de residuos sólidos en las playas de Caño Dulce y Puerto Velero se realiza tres veces por semana en un punto de acopio ubicado en cada una de las playas y la disposición final de estos residuos sólidos se realiza en el Kilómetro 15 vía Tubará – Relleno Sanitario Parque Ambiental Los Pocitos. Sin embargo, a pesar de que la zona de manglar priorizada en Puerto Velero se encuentra colindante a viviendas de pescadores, no existe un punto de acopio cercano y carecen de equipamientos para la disposición adecuada de residuos sólidos, por tanto, se encontraron elevadas cantidades de basura marina en el suelo representados principalmente por el material plástico como botellas de bebidas, desechables de icopor, recipientes de aceite de motor, materiales de construcción, chancletas, entre otros (Figura 5-19B); así como también residuos de vidrio como botellas de

bebidas y de licor, cuya fuente principal se asocia a la inadecuada disposición de los residuos generados por la población cercana, la cual dispone los productos utilizados directamente en el manglar y en botaderos satélites cercanos a la zona priorizada donde también realizan la práctica de quema de basuras como métodos de limpieza (Figura 5-19 C).

La basura marina en la zona de manglar priorizada en Caño Dulce estuvo representada principalmente por material plástico, del cual los platos desechables de icopor, las bolsas de compras y mecatos fueron los más abundantes (Figura 5-19 A). Estos materiales, se encontraban acumulados en las raíces de mangle y en el suelo, lo cual podría estar afectando negativamente el hábitat de especies de crustáceos y moluscos, entre otros, y también podría afectar el establecimiento y supervivencia de las plántulas de mangle ([INVEMAR-MINAMBIENTE, 2018](#)).



Figura 5-19. Tipos de basura marina recolectada en el manglar priorizado de Caño Dulce (A) y Puerto Velero (B). Zona de botadero a cielo abierto y quema de residuos sólidos identificado en la zona aledaña del área de muestreo en Puerto Velero (C).

Microplásticos

En la Ensenada de Puerto Velero, se identificó contaminación por microplásticos de origen primario y secundario, tales como fragmentos, películas, espumas y filamentos y pellets. En la arena de playa de Caño Dulce, los microplásticos secundarios estuvieron representados por los fragmentos y las espumas, con porcentajes de 56,4% y 31,8% respectivamente. En la arena de playa de Puerto Velero se registraron 47,6% de fragmentos, 26,2% de filamentos y 17,9% de espumas. En el agua superficial, se registraron microplásticos secundarios del tipo filamento,

fragmento y película con porcentajes de 73,7%, 15,2% y 11,2% para Caño Dulce; y en Puerto Velero se registraron 50,0% fragmentos, 25,1% filamentos y 24,9% películas (Figura 5-20).

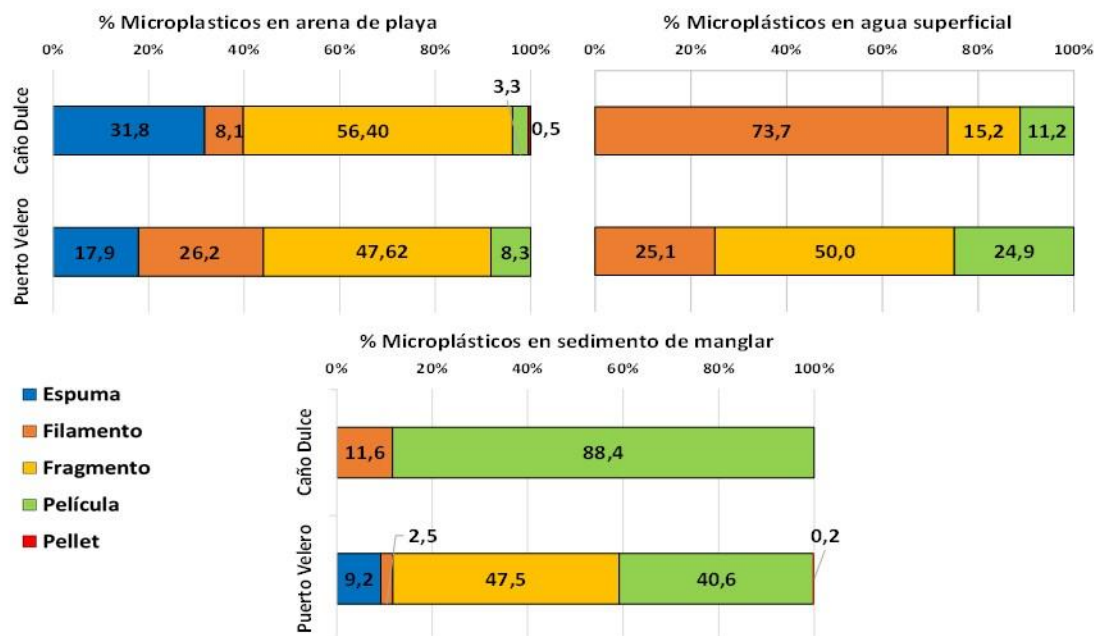


Figura 5-20. Proporción en porcentajes de microplásticos encontrados en arena de playa, sedimento de manglar y aguas superficiales de la ensenada de Puerto Velero, Tubará, Atlántico.

Las mayores concentraciones de microplásticos en arena de playa se registraron en Caño Dulce, con valores de 844 microplásticos/m² (476 fragmentos; 268 espumas; 68 filamentos; 28 películas y 4 pellets; Figura 5-21), registros similares a los reportados en las playas turísticas de Coveñas (Sucre) en las cuales se han registrado hasta 1.000 microplásticos/m² ([Acosta-Coley et al., 2019](#)); pero más bajas que las reportadas en las playas de Cartagena (Bolívar), donde se han registrados hasta 4.000 microplásticos/m² ([Acosta-Coley et al., 2019](#)); comparando con los reportes en las playas turísticas de Santa Marta (Magdalena), como Bahía Concha y Taganga, donde se han registrado concentraciones máximas de 92 y 46 microplásticos/m² respectivamente ([Garcés-Ordóñez et al., 2020](#)), las concentraciones registradas en Puerto Velero y Caño Dulce, son cerca de un orden de magnitud más altas.

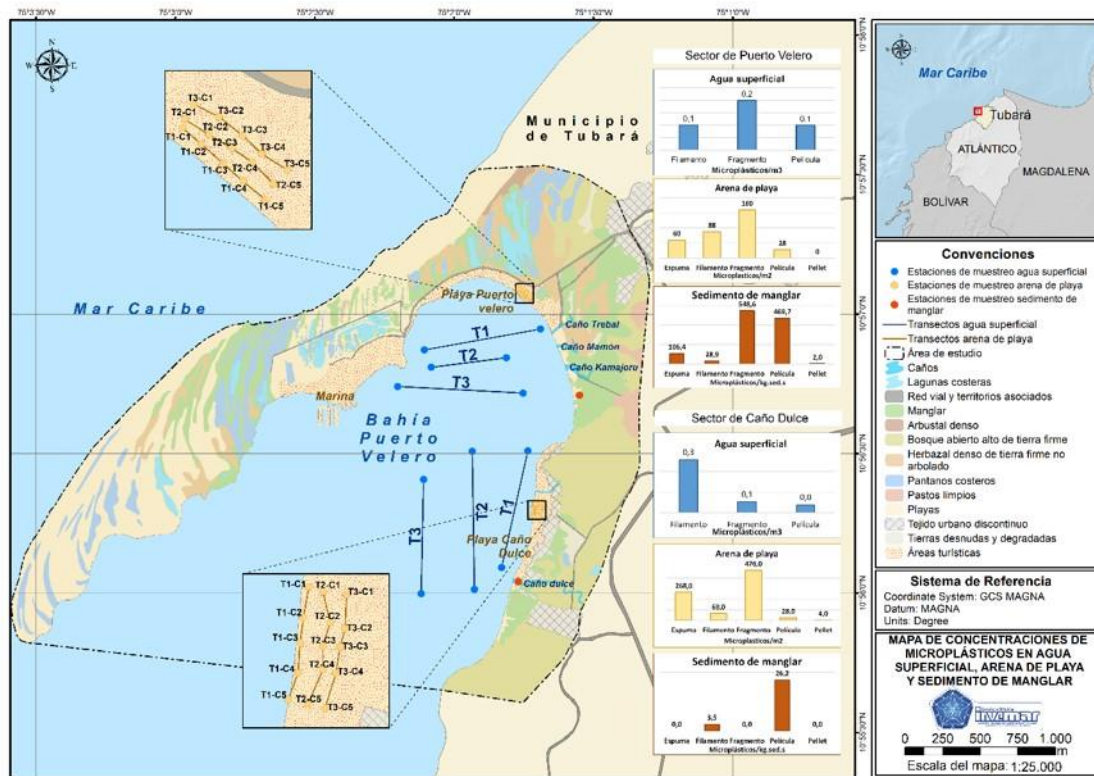


Figura 5-21. Concentraciones de los tipos de microplásticos en las estaciones de agua superficial, arena de playa y sedimento de manglar en los sectores priorizados en la Ensenada de Puerto Velero, Tubará, Atlántico.

Las concentraciones de microplásticos en agua superficial estuvieron representadas por tres tipos de partículas, un 47,8% filamento, 33,7 % fragmento y 18,5% película. Las partículas de filamentos se originan principalmente por la fragmentación de fibras comúnmente utilizadas en cuerdas y de material textil (Naji et al., 2017). En las dos estaciones, las concentraciones de microplásticos son similares, Caño Dulce presentó 0,35 microplásticos/m³ y Puerto Velero 0,40 microplásticos/m³ (Figura 5-21).

En la zona de manglar, el 46,3% de los microplásticos corresponden a fragmentos, 41,8 % películas, 2,7% filamento, 9,0 % espuma y el 0,2% Pellet, predominando los microplásticos de origen secundario que son producto de la fragmentación de bolsas plásticas que quedan atrapadas en las raíces del mangle (Ivar do Sul et al., 2014). En la parcela de manglar ubicada en Caño Dulce se encontraron 2 tipos de microplásticos, 88,4% películas y 11,6% filamento, mientras que en Puerto Velero se presentaron 5 tipos de microplásticos, representados en un 47,5% por fragmentos, 40,6% películas, 9,2% espuma, 2,5% filamento y 0,2% Pellet (Figura 5-20).

Las mayores concentraciones de microplásticos en los sedimentos de manglar se registraron en la parcela en Puerto Velero, con valores de 1.156 microplásticos/Kg.sed.s (549 fragmentos; 470 películas; 106 espumas; 29 filamentos y 2 pellets; Figura 5-21); cabe resaltar que estas concentraciones evidencian un grado de contaminación que está por debajo del reportado para el manglar de la CGSM de 2.745 microplásticos/g.sed.s (Garcés-Ordoñez et al., 2018).

Las concentraciones microplásticos registrados en el manglar de Puerto Velero, están asociados con la disposición inadecuada de residuos sólidos, los cuales se encontraban expuestos a la radiación solar y a fuertes temperaturas que favorecen la fragmentación de la basura marina plástica, formando los microplásticos secundarios. Por otro lado, la zona de manglar de Caño Dulce (donde desemboca el río Caño Dulce), se encuentra influenciada por la acción de los vientos alisios, lo cual contribuye con el transporte de basura marina plástica hacia el manglar, la cual queda retenida en las raíces del mangle originando microplásticos secundarios ([Martin et al., 2019](#)).

Valoración de impactos potenciales

La valoración de los impactos con enfoque de calidad ambiental mostró niveles de importancia entre críticos e irrelevantes, al evaluar el efecto asociado de cada presión identificada en la ensenada de Puerto Velero, teniendo en cuenta los componentes ambientales de cada una de las playas (Caño Dulce y Puerto Velero). La importancia del impacto se promedió y clasificó de acuerdo con los rangos (crítico, severo, moderado e irrelevante) como se observa en la Figura 5-22.

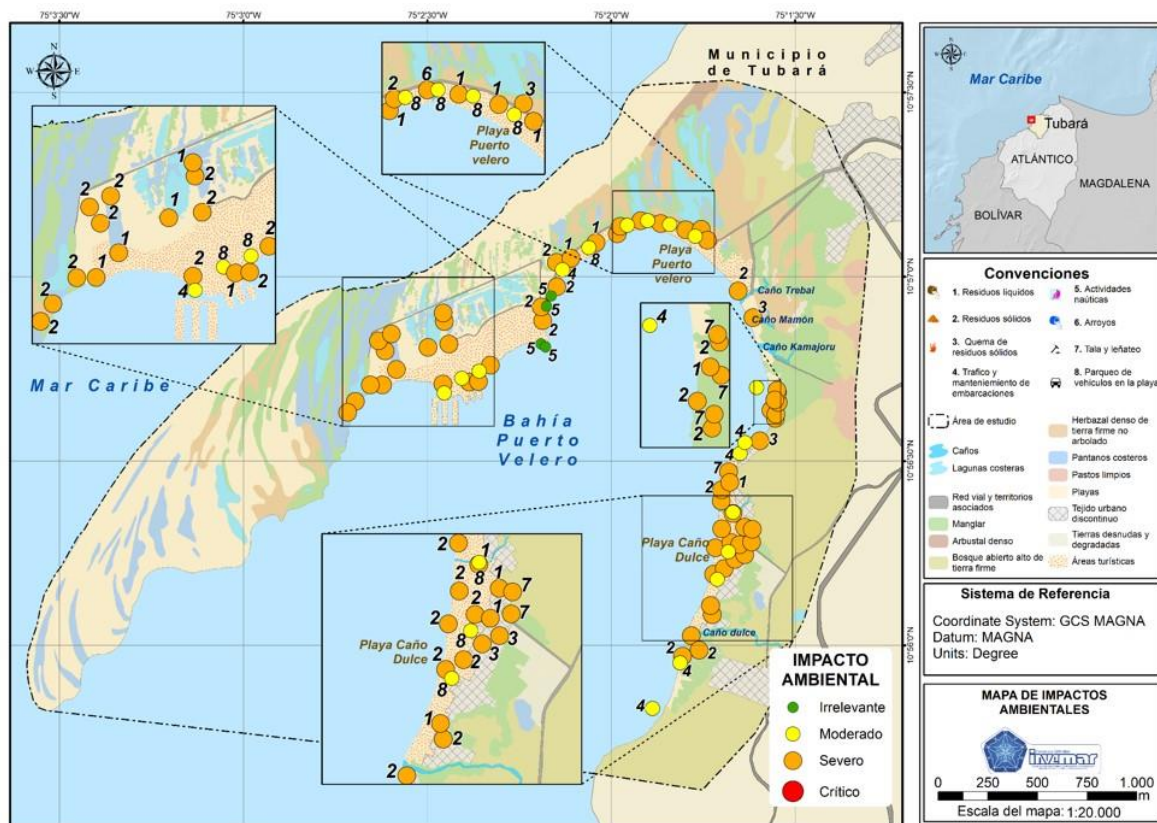


Figura 5-22. Valoración de impacto ambiental en la Ensenada de Puerto Velero, Atlántico.

Aunque con la valoración final promedio no se obtuvieron impactos críticos, si se presentaron impactos severos a los cuales se debe prestar atención para mejorar las condiciones ambientales de estas áreas, como las afectaciones derivadas de la presencia de residuos líquidos y sólidos, quema de residuos sólidos, la descarga de arroyos con altos aportes de sedimentos a la ensenada, tala y leñateo en la zona de manglar. Así mismo, se obtuvieron impactos moderados por el tráfico y mantenimiento de embarcaciones y el parqueo de vehículos en zonas de playa; y otros impactos irrelevantes por el desarrollo de actividades náuticas (Figura 5-22).

Playa de Puerto Velero

En la playa de Puerto Velero el 51% de los impactos evaluados fueron severos, el 36 % moderado y el 13% fueron irrelevantes (Tabla 5-8). Estos resultados se derivan de las diferentes actividades antropogénicas que se realizan en este sector y que se observaron en campo, dentro de las cuales la mayor cantidad de presiones se observaron resaltan la marina y las zonas de actividad turística. Entre las presiones que obtuvieron una mayor calificación se resalta la inadecuada disposición de residuos sólidos al interior de la marina, ya que se encontró un botadero satélite donde se acumulaban todo tipo de residuos sin ningún tipo de manejo. Así mismo, los residuos peligrosos generados por las actividades de mantenimiento de embarcaciones que se encontraban dispuestos de forma inadecuada sin señalización en la zona de playa.

Tabla 5-8. Resultados de la valoración de impactos en el sector de Puerto Velero, según las presiones identificadas.

Factor ambiental	Componente	Presiones identificadas en Puerto Velero						
		Residuos líquidos	Residuos sólidos	Quema de residuos sólidos	Trafico y mantenimiento de embarcaciones	Actividades náuticas	Influencia de arroyos	Parqueo de vehículos
Abiótico	Recursos naturales	-64	-64	-64	-64	-20	-54	-31
	Agua	-65	-66	-51	-64	-31	-75	-29
	Suelo	-74	-60	-74	-64	-42	-34	-67
	Aire	-63	-62	-75	-60	-20	-46	-64
Biótico	Flora	-58	-60	-53	-55	-35	-58	-24
	Fauna	-44	-68	-65	-58	-35	-69	-27
Socioeconómico	Económico	-64	-47	-37	53	25	-50	56
	Cultural	-50	-66	-62	-37	-4,2	-58	-43
	Salubridad	-64	-76	-70	-70	0	-58	-40
Promedio de calificación del impacto		-61	-63	-61	-47	-18	-56	-30

La presencia de residuos sólidos derivados de las actividades turísticas, en la mayoría de las veces es causada por la falta de contenedores a lo largo de la playa. Dadas estas circunstancias y sumado a la acción de los vientos, estos residuos en su mayoría plásticos son arrastrados y se acumulan en las playas, pastos marinos y manglares, afectando el establecimiento y supervivencia de las plántulas de mangle y las condiciones del hábitat de algunas especies. En el manglar afecta el establecimiento y supervivencia de las plántulas de mangle generando un impacto significativo en el ecosistema y la biota asociada ([Riascos et al. 2019](#)).

A pesar de que, en la playa cada operador turístico recoge los residuos de su área, no es suficiente, debido a que no existe un adecuado manejo para la separación en la fuente o para el aprovechamiento. Adicionalmente, se evidenció la quema de residuos sólidos en algunas zonas de pobladores, los cuales argumentan que es la manera más fácil de tratar los residuos, debido a que el operador de servicio de aseo sólo pasa una vez por semana, lo cual incrementa la problemática, en especial por el deterioro de la calidad del aire por los gases que se generan en la quema.

Los residuos líquidos, representados por las aguas residuales domésticas provenientes de tuberías de desagüe, obtuvieron impacto severo, debido a que afectan de manera directa el estado de la calidad del agua, y por las pozas sépticas identificadas a lo largo de la playa, ya que no cuentan con un diseño hermético, lo cual ocasiona infiltración en el suelo, ni se les hace mantenimientos preventivos. La descarga de arroyos obtuvo impacto severo, por ser una vía de entrada de contaminantes y sedimentos a la ensenada, los cuales provienen de escorrentías de las zonas ganaderas y agrícolas que recibe residuos en su cuenca. Además, la resuspensión de los sedimentos finos del fondo impiden la penetración de luz a la columna de agua y en algunos casos el enterramiento de los pastos marinos ([Martínez-Daranas et al, 2009](#)).

El tráfico de embarcaciones y el parqueo de vehículos en la playa se valoraron como impacto moderado, debido a que esta actividad no se realiza de forma permanente, sino solo cuando hay una alta afluencia de turismo. Sin embargo, si no se realiza un control y seguimiento adecuado a estas actividades, pueden convertirse en impactos severos y hasta críticos, por los posibles vertimientos de residuos oleosos que pueden afectar la calidad del agua y la arena.

Playa de caño dulce

En el sector de Caño dulce, el 40% de los impactos evaluados fueron severos, el 29% críticos y moderado, y el 2% fueron irrelevantes (Tabla 5-9). Estos resultados se pueden asociar al crecimiento urbano que paulatinamente ha presentado la zona, lo cual ha provocado una alta presión en la zona de playa, ya que cuenta con un sistema de saneamiento básico adecuado.

Tabla 5-9. Resultados de la valoración de impactos en el sector de Caño Dulce, según las presiones.

Factor ambiental	Componente	Presiones identificadas en Caño Dulce					
		Residuos líquidos	Residuos sólidos	Quema de residuos sólidos	Trafico y mantenimiento de embarcaciones	Tala y leñateo	Parqueo de vehículos
Abiótico	Recursos naturales	-64	-64	-64	-45	-76	-31
	Agua	-66	-60	-55	-59	-59	-29
	Suelo	-74	-70	-74	-64	-63	-67
	Aire	-57	-67	-75	-33	-63	-64
Biótico	Flora	-42	-64	-75	-50	-80	-24
	Fauna	-40	-69	-69	-68	-51	-27
Socioeconómico	Económico	-60	-56	-40	53	-56	56
	Cultural	-55	-57	-59	-40	-63	-43
	Salubridad	-76	-76	-68	-60	-60	-40
Promedio de calificación del impacto		-59	-65	-64	-41	-63	-30

En caño dulce el mayor impacto se presentó por la inadecuada disposición de residuos sólidos, derivada de las actividades turísticas y el crecimiento urbano que se ha venido presentando en la zona de playa, causado principalmente por la falta de contenedores para realizar de forma eficiente la recolección, manejo y disposición final de los residuos; algunos de estos residuos son depositados de manera indiscriminada en las calles y por acción del viento llegan directamente a la zona de manglar, causando afectación.

La quema de residuos obtuvo calificación de impacto severo, debido a la presencia de olores ofensivos, aumento de partículas en el aire, liberación y acumulación de sustancias contaminantes, alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo y pérdida de parte del área natural de la playa, ya que en la mayoría de los hogares ubicados en la zona de playa utilizan este medio como forma de disposición final de los residuos. Con esta práctica, se generan gases tóxicos por la combustión, lo cual puede afectar la salud de los pobladores.

El vertimiento de aguas residuales fue también severo, debido a que el sector no cuenta con servicio de alcantarillado y utilizan las pozas sépticas como sistema. Durante la salida a campo se observó que la mayoría de las pozas sépticas son construidas por los mismos pobladores de forma convencional y no cuentan con las características técnicas necesarias de diseño para el adecuado tratamiento de las aguas residuales, las cuales se infiltra en la arena de playa. La tala y el leñateo de manglar también se valoró en impacto severo, debido a la afectación en la provisión de servicios ecosistémicos, pérdida de cobertura y de hábitat.

Propuesta de estrategia de gestión

Identificación participativa de las condiciones ambientales

El desarrollo de las entrevistas semiestructuras permitió abordar con mayor profundidad la percepción de los actores locales como turistas y prestadores de servicio turístico, frente a las actividades que se llevan a cabo en la Ensenada de Puerto Velero, la prestación de servicios de saneamiento básico, la identificación de los ecosistemas presentes en la zona y su estado. De las 44 entrevistas realizadas, el 64% (28) fueron a turistas, y el 36% (16) a prestadores de servicios turísticos y pescadores. Los turistas entrevistados provenían de las ciudades de Barranquilla (71%) y Bogotá (29%) principalmente. El 43% de los turistas (12) visitaron el área privada de la Marina de Puerto Velero, y el 57% (16) la playa de Puerto Velero. 20 de las entrevistas se realizaron en la playa de Puerto Velero, 18 en el sector de la marina y 6 a prestadores de servicio en la playa de Caño Dulce, ya que durante los días en que se realizó el ejercicio, no había visitantes en este sector (Figura 5-23).

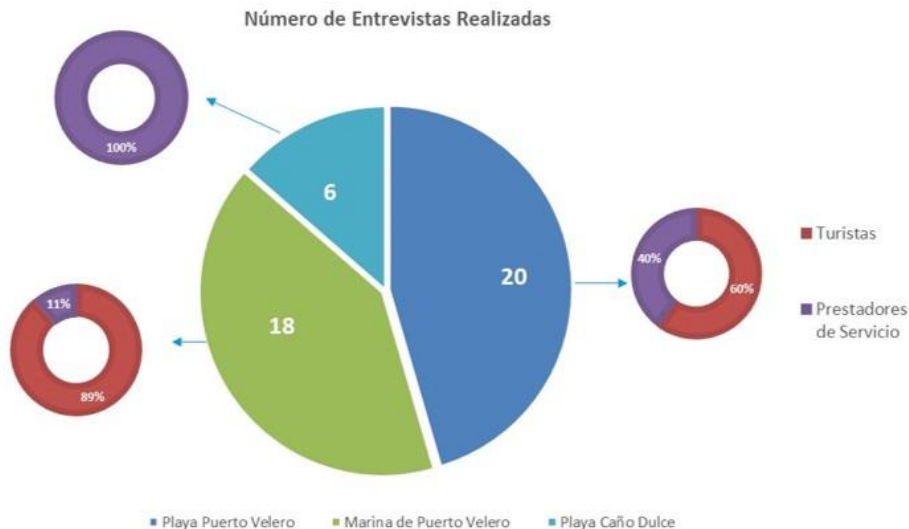


Figura 5-23. Número de entrevistas y población entrevistada en los tres sectores de la Ensenada de Puerto Velero.

Percepción de turistas

El 50% de los turistas visitan estos sectores desde hace 5 años o menos y el 67% con una frecuencia de por lo menos una vez al mes. Todos los entrevistados mencionaron que realizan principalmente actividades de turismo de sol y playa, entre otras actividades como la navegación, deportes acuáticos o senderismo en menor escala. Ninguno de los encuestados manifestó practicar actividades de pesca, camping o actividades subacuáticas, como careteo o buceo (Figura 5-24).

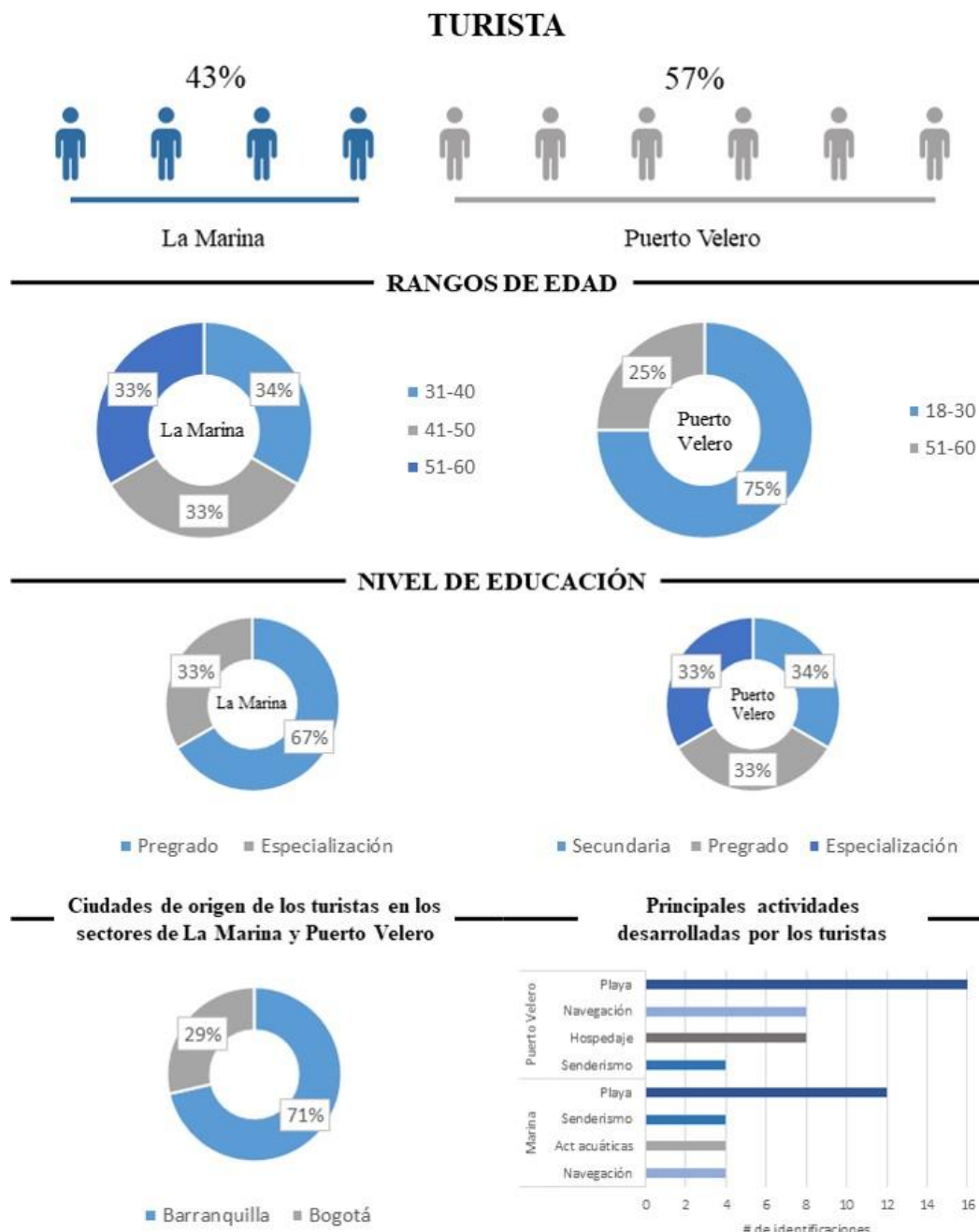


Figura 5-24. Perfil sociodemográfico y actividades realizadas por los turistas entrevistados en la Ensenada de Puerto Velero (sector marina y playa de Puerto Velero).

Sobre la prestación de los servicios turísticos y la infraestructura, los entrevistados indicaron que hay buenas condiciones en las vías de acceso a las playas, el servicio de parqueo de vehículos, en el manejo y tránsito de embarcaciones. En cuanto a los servicios sanitarios que se prestan, en el sector privado de la marina, los turistas consideran que el servicio sanitario es de buena

calidad, mientras que, en el sector de la playa de Puerto Velero, la apreciación fue regular (Figura 5-25).



Figura 5-25. Nivel de calidad percibida por los turistas sobre la infraestructura y la prestación de servicios turísticos en la Ensenada de Puerto Velero (1: baja calidad; 2: regular calidad; 3: buena calidad)

Sobre las condiciones de saneamiento básico relacionadas con la presencia de basuras, aguas negras y olores ofensivos, los turistas en el sector privado de la marina y en la playa de Puerto Velero, no identificaron olores ofensivos percibiendo una buena calidad; sin embargo, observaron residuos sólidos en las playas y refirieron que es necesario mejorar la forma de disposición final de los residuos que consideran es regular (Figura 5-26).



Figura 5-26. Nivel de calidad percibida por los turistas sobre las condiciones de saneamiento básico para el desarrollo de la actividad turística (1: baja calidad; 2: regular calidad; 3: buena calidad).

Los turistas reconocieron claramente la existencia de los ecosistemas de playa, manglar, bosque seco y lagunas costeras en las inmediaciones de la Ensenada de Puerto Velero; sin embargo, el ecosistema de pastos marinos sólo fue reconocido por el 33% de los entrevistados en el sector de la Playa de Puerto Velero, mientras que los visitantes de la Marina no lo identificaron (Figura 5-27).



Figura 5-27. Reconocimiento de la presencia de ecosistemas en la Ensenada de Puerto Velero por parte de los turistas.

Frente a la afectación de los ecosistemas por la presencia de residuos sólidos, los turistas perciben que las playas son las más afectadas y que las botellas y bolsas plásticas son los elementos más comunes encontrados (Figura 5-28 y Figura 5-29). Sin embargo, los turistas reconocen que las frecuentes labores de limpieza realizadas por parte de los prestadores de servicios contribuyen a mantener las playas limpias, pero recalcan que falta mayor cantidad de canecas y mayor conciencia por parte de visitantes para no arrojar desechos por los residuos sólidos.

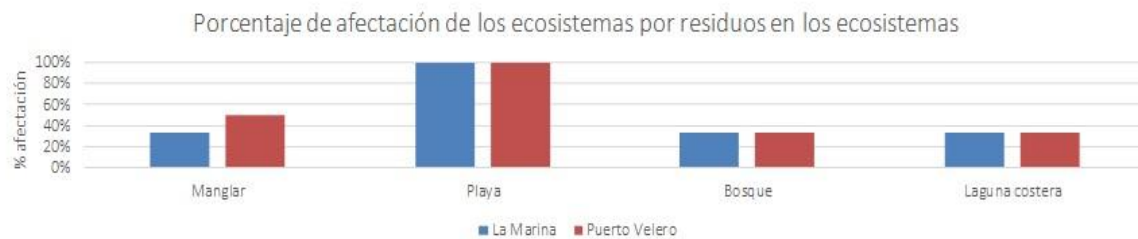


Figura 5-28. Porcentaje de afectación de los ecosistemas por la presencia de residuos sólidos en la Ensenada de Puerto Velero, según la percepción de los turistas

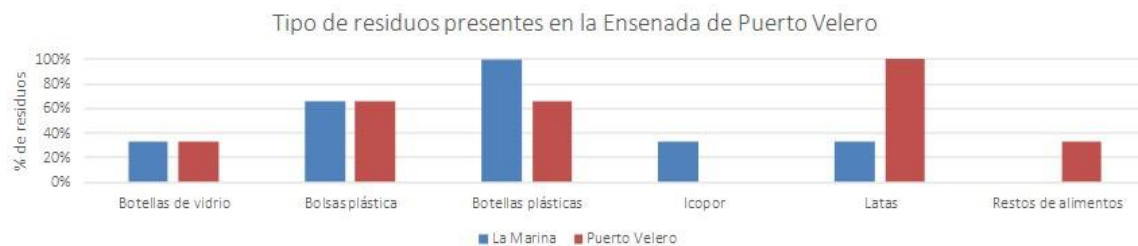
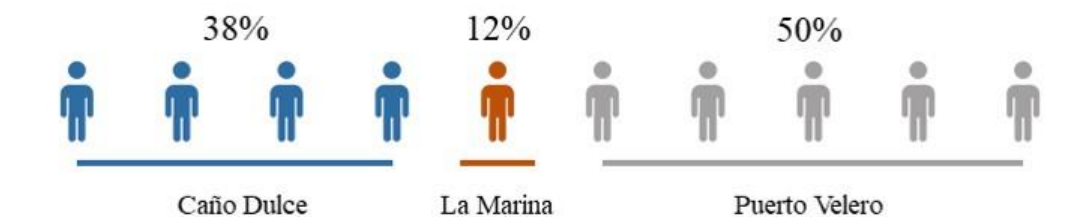


Figura 5-29. Porcentaje del tipo de residuos sólidos presentes en los ecosistemas según la percepción de los turistas en la Ensenada de Puerto Velero.

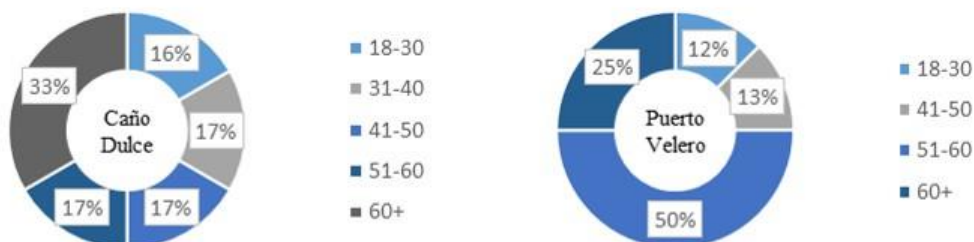
Percepción de prestadores de servicios

En cuanto a la percepción de los prestadores de servicios turísticos, de los 16 entrevistados el 50% trabaja en la playa de Puerto Velero, 12% en el sector de la marina y el 38% en la playa Caño Dulce. El 70% de los prestadores indican que lleva más de 20 años ejerciendo sus actividades en la zona. En el sector de Caño Dulce, el 83% de los prestadores laboran en restaurantes y el 17% se dedica a las labores de pesca. En la playa de Puerto Velero, el 50% trabajan en restaurantes, el 38% en la venta de productos, y el 12% se dedican a la pesca. En Puerto Velero el 62% de los prestadores de servicios se encuentran organizados en una asociación, mientras el sector de Caño Dulce solo el 50%. La Figura 5-30 muestra el perfil de los prestadores de servicio encuestados.

PRESTADOR DE SERVICIO



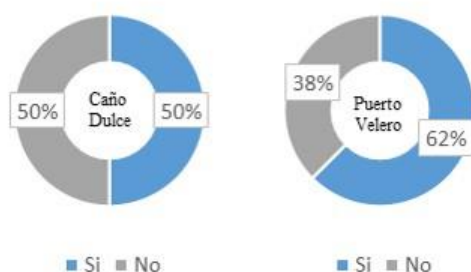
RANGOS DE EDAD



NIVEL DE EDUCACIÓN



Pertenencia a una asociación



Principales actividades desarrolladas por los prestadores de servicio



Figura 5-30. Perfil sociodemográfico y actividades principales que desarrollan los prestadores de servicios encuestados en la Ensenada de Puerto Velero.

Las actividades que generan más presión sobre los ecosistemas de la Ensenada de Puerto Velero, según los prestadores de servicio, están relacionadas con el desarrollo y construcción de infraestructura destinada para vivienda y turismo en las zonas aledañas, seguido por el

inadecuado manejo de los residuos sólidos y de las unidades sanitarias, y en menor escala, la pesca, el turismo, el tránsito de vehículos, la presencia de animales domésticos, los deportes náuticos y el tránsito de embarcaciones. Panorama que es muy diferente en la playa de Caño Dulce, ya que los prestadores de servicio de este sector mencionaron que las actividades que generan mayor presión sobre los ecosistemas del sector son la presencia de residuos sólidos, la pesca, las unidades sanitarias y el turismo (Figura 5-31).

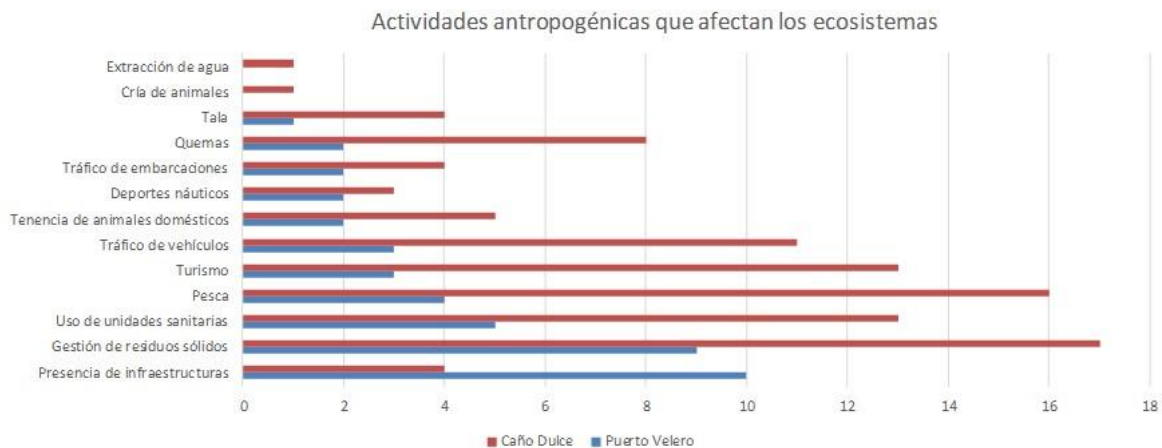


Figura 5-31. Número de actividades antropogénicas que generan presión sobre los ecosistemas, de acuerdo con la percepción de los prestadores de servicios turísticos en las playas de Puerto Velero y Caño Dulce.

Los prestadores de servicio entrevistados en los sectores de la playa de Puerto Velero y la playa de Caño Dulce coinciden en sus percepciones de que los ecosistemas afectados por las diferentes actividades antropogénicas son el manglar, la playa, los arroyos o quebradas, mientras que el bosque, pastos marinos y lagunas costeras presentan poca afectación (Figura 5-32). Cabe anotar que, fueron los pescadores quienes perciben afectaciones en los ecosistemas de pastos marinos, lo cual puede ser atribuido a la cercanía de su actividad con este ecosistema, por lo que tienen mayor facilidad para identificar las alteraciones.



Figura 5-32. Porcentaje de afectación de los ecosistemas por la presencia de residuos sólidos en la Ensenada de Puerto Velero, según la percepción de prestadores de servicios

Frente a la afectación de los ecosistemas por los residuos sólidos, los prestadores de servicios del sector de Caño Dulce identificaron que estos materiales, se acumulan en los diferentes ecosistemas presentes en la ensenada. En Caño Dulce, el 33% de los entrevistados identifican acumulación principalmente en la playa y en Puerto Velero, el 25% identifica acumulación de residuos en los ecosistemas de manglar, los arroyos, la playa y el bosque (Figura 5-33).



Figura 5-33. Porcentaje de afectación por la presencia de residuos sólidos en diferentes ecosistemas en las playas de Caño dulce y Puerto Velero, según la percepción de prestadores de servicios

Los entrevistados refieren que los residuos sólidos que más se encuentran acumulados en los ecosistemas son bolsas y botellas plásticas en el sector de Caño Dulce. En Puerto Velero refieren que se presentan mayor cantidad de botellas de vidrio, restos de alimentos, así como de botellas y bolsas plásticas (Figura 5-34).

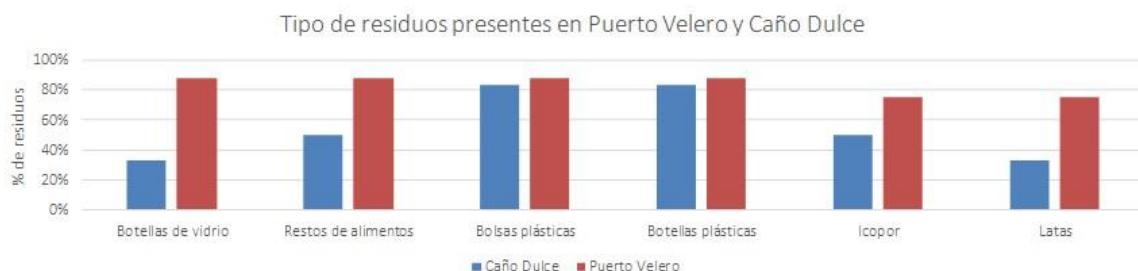
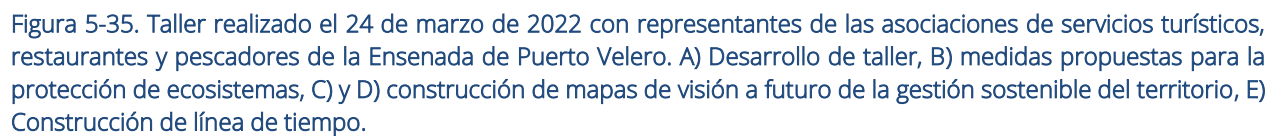


Figura 5-34. Porcentaje del tipo de residuos sólidos presentes en los ecosistemas según la percepción de los operadores turísticos en las playas de caño Dulce y Puerto Velero

Resultados del taller con actores locales

El 24 de marzo de 2022, se realizó el taller “Conocimiento y vivencias medioambientales del sector de Puerto Velero y Caño Dulce”, en el centro de reuniones de la Asociación de Caseteros de Puerto Velero. Esta actividad contó con la participación de 11 mujeres y 9 hombres, pertenecientes a las asociaciones de servicios turísticos, restaurantes y pescadores de la Ensenada de Puerto Velero. En este espacio, los actores identificaron los hitos relevantes de origen natural y antrópico que han tenido influencia directa o indirecta en el estado de los ecosistemas presentes, mediante la construcción de una línea de tiempo que permitió identificar los cambios que se han presentado en la zona (Figura 5-35 A y Figura 5-35 B).



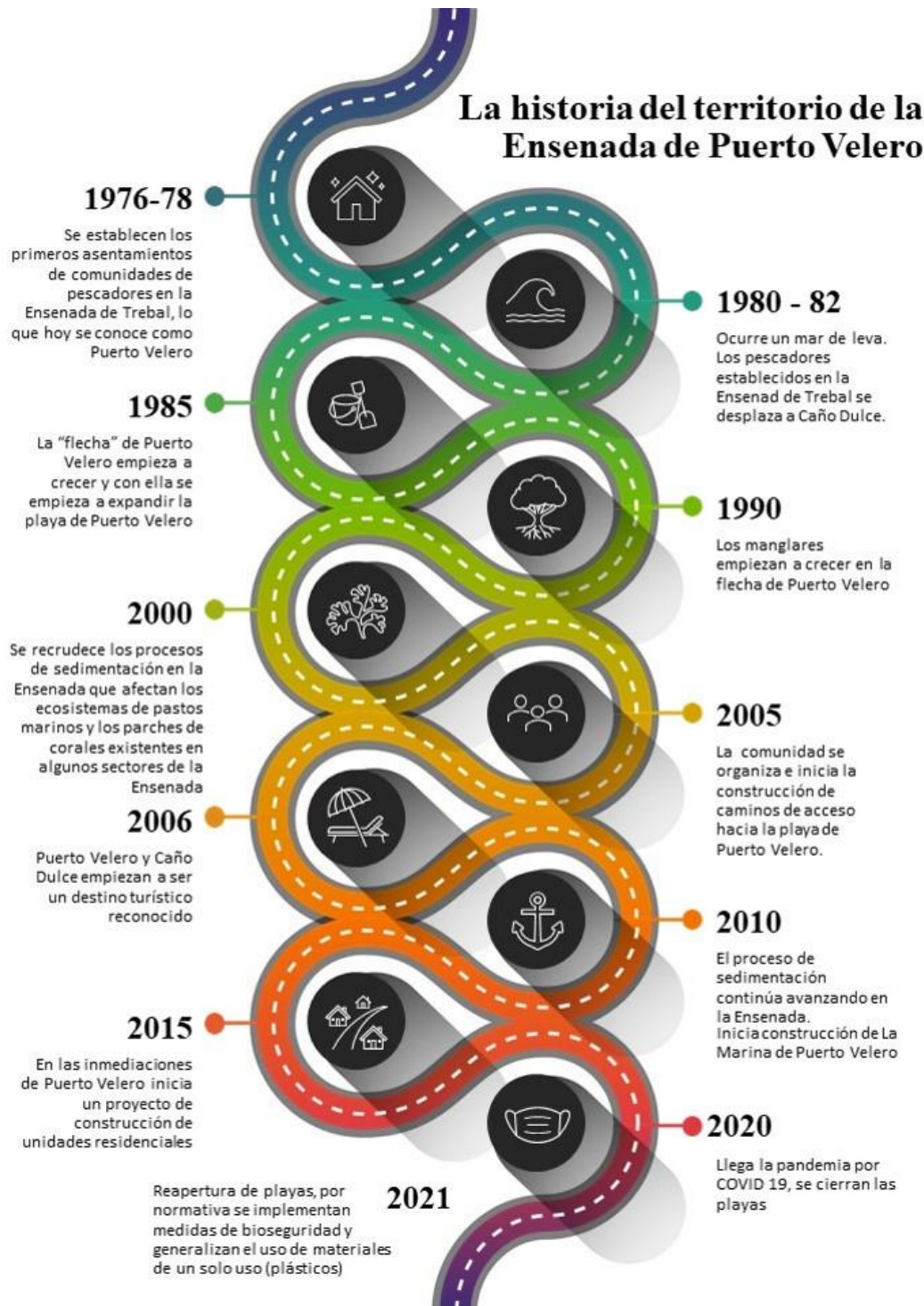


Figura 5-36. Esquemización de los principales hitos en la historia de la Ensenada de Puerto Velero relatados por los actores sociales de la Ensenada. Elaboración propia.

Los participantes ubicaron en mapas los ecosistemas de manglar, bosque seco, lagunas costeras, así como los arroyos y caños de agua dulce que están presentes en la Ensenada de

Puerto Velero; sin embargo, no fue clara la identificación de la existencia de pastos marinos en la zona.

Posteriormente, se identificaron los principales problemas que afectan los ecosistemas de la ensenada, entre ellos, la erosión costera que afecta principalmente la parte norte de la playa de Puerto Velero, la sedimentación del lecho marino de toda la Ensenada y con mayor afectación en el de la playa de Puerto Velero, la deforestación del bosque seco tropical del sector de la playa de Caño Dulce y la generación de residuos sólidos, especialmente plásticos que afecta toda la Ensenada y los ecosistemas de manglar. Así mismo, relacionaron algunas de las causas que, desde su percepción podrían estar asociadas a estas afectaciones a los ecosistemas, entre ellas la creciente infraestructura habitacional y turística que se desarrolla en la zona, la construcción de la carretera 4G que comunica Barranquilla con Cartagena, el estado y manejo de las unidades sanitarias de los restaurantes, el manejo de residuos sólidos, entre otros.

Se plantearon algunas acciones orientadas a la protección de los ecosistemas de la Ensenada de Puerto Velero (Figura 5-36 B), tales como:

- Construcción de una planta de tratamiento para las aguas residuales en la playa de Puerto Velero que dé solución definitiva al manejo las unidades sanitarias y disminuya los vertimientos al mar.
- Control estricto por parte de las autoridades ambientales de las construcciones para evitar la deforestación.
- Implementación de puntos de separación de residuos sólidos permanentes en las playas,
- Instalación de señalización con información de los ecosistemas existentes en la Ensenada.
- Promover la educación ambiental para operadores turísticos que permita un manejo sostenible de las playas

Finalmente, los asistentes elaboraron mapas de visión del futuro de gestión del territorio para la protección de los ecosistemas y la prevención de impactos, reconociendo que su papel es importante para la conservación de estos ecosistemas, expresando su voluntad para ser partícipes en el cambio de prácticas asociadas a la actividad turística, que contribuyan al mejoramiento de las condiciones medioambientales de la zona (Figura 5-35 C y D).

Formulación de estrategias de gestión

La estrategia de gestión propuesta para la ensenada de Puerto Velero incluyó medidas de manejo orientadas a prevenir, controlar y mitigar los impactos ocasionados por las actividades antropogénicas y los diferentes factores de degradación y problemáticas identificadas en la zona que afectan de manera directa o indirecta los ecosistemas marinos y costeros presentes.

Las medidas propuestas además de considerar los factores de degradación tienen en cuenta el análisis y entendimiento de la relación entre las prácticas socioeconómicas y culturales que por

décadas se vienen realizando en la Ensenada de Puerto Velero, así como la interpretación de las comunidades que se relacionan con los bienes y servicios que les brinda este ecosistema.

Estas medidas y recomendaciones no solo apuntan a resolver aspectos netamente ecológicos, sino que, además contemplan la dimensión social, cultural y económica, desde tres líneas de acción que constituyen el marco general para la apropiación social del territorio, la planificación y la gestión ambiental sostenible de los ecosistemas de la ensenada de Puerto Velero (Tabla 5-10).

Tabla 5-10. Propuesta de estrategia de gestión con acciones, medidas y objetivos recomendados para la gestión sostenible de la ensenada de Puerto Velero

LÍNEAS DE ACCIÓN	MEDIDA	OBJETIVO
Línea 1: Aumento de la conciencia ambiental, apropiación social del conocimiento del océano y fortalecimiento de capacidades	Medida propuesta 1.1. Educación Oceánica y ciencia participativa.	Diseñar e implementar una estrategia de educación oceánica para los actores sociales clave de la Ensenada de Puerto Velero y las zonas de influencia que redunde en la apropiación social y ambiental del territorio y la gestión sostenible de los ecosistemas marinos y costeros
Línea 2. Gobernanza ambiental para la apropiación sostenible del territorio y el fortalecimiento de las economías locales.	Medida propuesta 2.1. Diseño e implementación de una estrategia comunitaria para la protección de los ecosistemas marinos y costeros de la Ensenada de Puerto Velero – Guardias ambientales.	Fortalecer los procesos de apropiación del territorio orientada al liderazgo, la participación ciudadana a través de la creación de un grupo de Gestores Ambientales que trabajen de manera articulado con las instituciones municipales y departamentales para la prevención de los impactos y la protección de los ecosistemas de la Ensenada de Puerto Velero
	Medida propuesta 2.2. Estrategias comunitarias para el emprendimiento y fortalecimiento de negocios verdes	Desarrollar alternativas de emprendimiento comunitario que contribuyan a la protección de los ecosistemas presentes en la Ensenada de Puerto Velero (turismo sostenible).
Línea 3. Gestión sostenible del territorio	Medida propuesta 3.1. Formulación e implementación de medidas de manejo para vertimientos de aguas residuales	Formular e implementar medidas de manejo ambiental para los vertimientos de aguas residuales provenientes de fuentes domésticas de la Ensenada de Puerto Velero, las cuales estén orientadas a prevenir, controlar y mitigar el impacto ocasionado a los ecosistemas marinos y costeros.
	Medida propuesta 3.2. Plan de Gestión integral de residuos sólidos en el marco de la economía circular	Diseñar e implementar herramientas orientadas a prevenir, controlar y mitigar el impacto ocasionado por la inadecuada disposición de los residuos sólidos en la Ensenada de Puerto Velero y su área de influencia, promoviendo el aprovechamiento local sostenible de materiales incluido el plástico con enfoque de economía circular

Medida propuesta 3.3. Formulación e implementación de medidas de manejo para la sedimentación de la Ensenada de Puerto Velero	Formular e implementar medidas de manejo ambiental para el control de la sedimentación al interior de la Ensenada de Puerto Velero
Medida propuesta 3.4. Diseño de alternativas de adaptación basada en ecosistemas para mitigar la erosión costera	Diseñar una propuesta de alternativas para mitigar la erosión costera que se presenta en la Ensenada de Puerto Velero, de acuerdo con las necesidades de adaptabilidad, sustentabilidad y resiliencia socio-ecológica.

5.2.3 Conclusiones y recomendaciones

- Para el sector de Puerto Velero, la marina fue la zona que presentó el mayor número de presiones identificadas, de las cuales se destaca la inadecuada disposición de residuos sólidos por la falta de un sistema de separación en la fuente y la presencia de algunas tuberías de desagüe que conectaban directo con la playa.
- Para el sector de Caño Dulce la presión que se identificó con mayor frecuencia fue la quema de residuos sólidos, ya que se presentó en la mayoría de los hogares ubicados en la zona de playa, causando un impacto significativo al ecosistema y a la salud de los pobladores por la emisión de gases contaminantes
- La evaluación de impactos mostró condiciones de contaminación derivado de las actividades socioeconómicas de la población, al ser una zona donde su potencial económico se basa en el turismo se encontró muchas presiones tanto de origen antrópico (manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos, tránsito de embarcaciones, actividades náuticas), como natural (influencia de la pluma del río Magdalena y arroyos), aportando nutrientes, materia orgánica y sedimentos que afectan los pastos marinos, la zona de manglar y la playa por diversos factores.
- La baja conciencia y cultura ambiental de los pobladores y turistas aumenta el deterioro de los ecosistemas de pastos marinos, manglares y playas que evidentemente están recibiendo los residuos sólidos por la inadecuada disposición final, ausencia de contenedores y separación en la fuente.
- La ausencia de un sistema de alcantarillado ha obligado a los pobladores a construir pozas sépticas como solución, sin contemplar diseños apropiados que permitan un adecuado manejo de aguas residuales, ocasionando entre otros factores la infiltración de estos residuos en la playa

- Los suelos de los manglares de la Ensenada de Puerto Velero se encuentran contaminados por basura marina plástica, condición que se atribuye a la inadecuada disposición de residuos sólidos, como resultado de la falta de equipamiento y centros de acopio cercanos a los manglares, lo que propicia que la población cercana disponga sus residuos sólidos en botaderos satélites.
- En el agua superficial, arena de playa y manglares de las estaciones de Caño Dulce y Puerto Velero, se encontró contaminación por microplásticos de origen secundario, lo cual se atribuye a la meteorización de la basura marina plástica por la acción de factores externos como la radiación solar y las condiciones climáticas del lugar (fuertes brisas) que favorece el transporte, depósito y degradación de los residuos.
- Dada la dinámica y el fortalecimiento económico hacia el sector turístico en la Ensenada de Puerto Velero, es necesario implementar acciones de ciencia ciudadana que contribuyan a la prevención y mitigación de efectos directos de las fuentes de contaminación de basura marina.
- Para mejorar el manejo de los residuos sólidos generados por la población cercana y el turismo, se recomienda aumentar la frecuencia de recolección y el número de centros de acopio en lugares estratégicos, junto con los equipamientos adecuados para la disposición de residuos sólidos. Estas acciones permitirán controlar y mitigar la contaminación por basura marina en la Ensenada de Puerto Velero.

5.3 CARACTERIZACIÓN DEL ECOSISTEMA DE PASTOS MARINOS

Preparado por: Laura Sánchez Valencia, Andrés Felipe Acosta Chaparro, Diana Isabel Gómez López y Janneth Andrea Beltrán

El departamento del Atlántico cuenta con ecosistemas marinos y costeros estratégicos que brindan bienes y servicios ambientales y soportan parte de la economía en la región. La importancia que tienen ecosistemas como los manglares, pastos marinos, playas, litoral rocoso y arenoso, en la región entre otros, hace necesario un mayor control y seguimiento de las actividades que provocan su deterioro, así como de la gestión para la mitigación de los tensores que los afectan. Por ello, es necesario que las autoridades ambientales conozcan los ecosistemas y recursos presentes en su territorio, para desarrollar estrategias de vigilancia y control sobre los factores causantes del deterioro, y hacer un adecuado manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros.

5.3.1 Metodología

La evaluación se llevó a cabo en la Bahía de Puerto Velero, como se muestra en el polígono rojo en la Figura 5-37 entre la isobata de 0 y 10 m.



Figura 5-37. Ensenada Puerto Velero donde se muestra el polígono de estudio (línea roja), en amarillo el ecosistema de manglar, y en líneas verdes la batimetría de la zona.

Previo a la salida de campo, se realizó el diseño de un mapa con una grilla de 125 puntos a evaluar, distanciados 200 m entre sí (Figura 5-38), esto con el fin de lograr abarcar la mayor cantidad de área para la determinación de la localización del ecosistema de pastos marinos a lo largo de la bahía.



Figura 5-38. Grilla de puntos a evaluar, establecida previamente a la salida de campo.

Fase de campo

La verificación en campo fue realizada mediante un método de estimación visual denominado evaluación ecológica rápida, planteado con base a lo realizado en [Díaz et al. \(1995\)](#). El trabajo consistió en observaciones visuales por parte de dos buzos, en un radio de observación visual de máximo 2 m, anotando el porcentaje de cobertura y sacando un promedio entre la observación en los puntos visitados para cada uno de los polígonos de interés

Para acceder a cada punto se viajó en lancha utilizando un GPS como navegador, cuando el dispositivo indicó la presencia de un punto a menos de 5 m de distancia, se lanzó una pesa atada a una boya mediante una cuerda. A continuación, se anotó el número del punto y la profundidad, tomando una fotografía de la anotación realizada. Ya en el fondo se utilizó una tabla guía para anotar el porcentaje de cobertura de los diferentes grupos allí presentes (Macroalgas, pastos marinos, gorgonáceos etc), así como del tipo de sustrato. Para acompañar dicha lectura en cada

punto se procedió a tomar fotografías capturando información general del paisaje y en caso de estar presentes, de los organismos allí encontrados.

En los sectores en que se encontraron coberturas de pastos marinos, si las condiciones lo permitían, se realizaba un conteo de los vástagos con ayuda de un cuadrante de 50 cm x 50 cm. Para las especies pequeñas como *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii* y *Halophila sp.* se realizó el conteo en subcuadrantes de 12,5 cm x 12,5 cm y para la especie estructurante *Thalassia testudinum* se realizó en subcuadrantes de 25 cm x 25 cm, extrapolando el número de vástagos a metros cuadrados.

El trabajo en campo se realizó durante la vigencia del convenio, sin embargo, personal que vive en el área indicó que la época que se escogió ir a campo era la más agitada para las aguas siendo mucho mejor en el segundo semestre del año. Por lo anterior, la alta turbiedad del agua dificultó en alto grado la observación específica de otras especies asociadas móviles (peces y otros como moluscos, crustáceos etc) que pueden servir también como referente para el estado del ecosistema en la bahía.

Análisis de la información

Dentro de la información recolectada en campo se estructuró la información en puntos GPS, fotos y videos de DRON; y con esto se generó unas capas Shapefile tipo polígono y otros puntos de la ubicación del ecosistema de pastos marinos, a la cual se le realizó una clasificación de las unidades ecológicas encontradas en la bahía, categorizando y caracterizando cada una de estas.

Para interpretación y digitalización de las capas se empleó el software ArcGis 10.8.1, que permitió cargar y visualizar la ubicación de la cobertura de los parches encontrados. Durante la construcción de la capa de puntos de ubicación del ecosistema de pastos marinos, se identificó unos parches relativos en la salida de campo en un sector específico de la zona de estudio y analizando las imágenes de DRON fue fácil lograr visualizarlos, como se presenta a continuación en la Figura 5-39. Con la información obtenida en campo se realizó una clasificación de las unidades ecológicas encontradas en la bahía, categorizando y caracterizando cada una de estas.

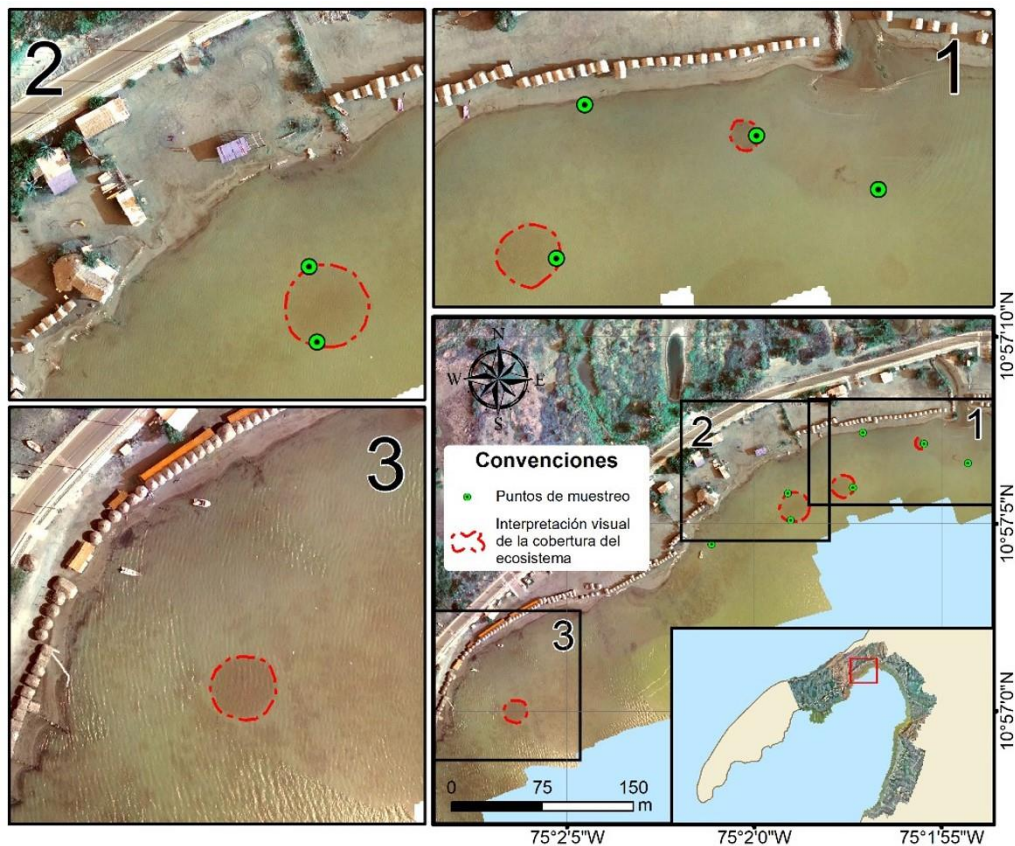


Figura 5-39. Fotointerpretación de las imágenes de Dron para la clasificación del ecosistema de pastos marinos

5.3.2 Resultados y discusión

Se evaluaron un total de 105 puntos (Figura 5-40), de los cuales en 40 se encontraron pastos marinos, especialmente de las especies *Halodule wrightii* y *Halophila baillonis* (Tabla 5-11). También se registró la presencia de la especie estructurante *Thalassia testudinum* en parches no mayores a 20 m x 20 m.

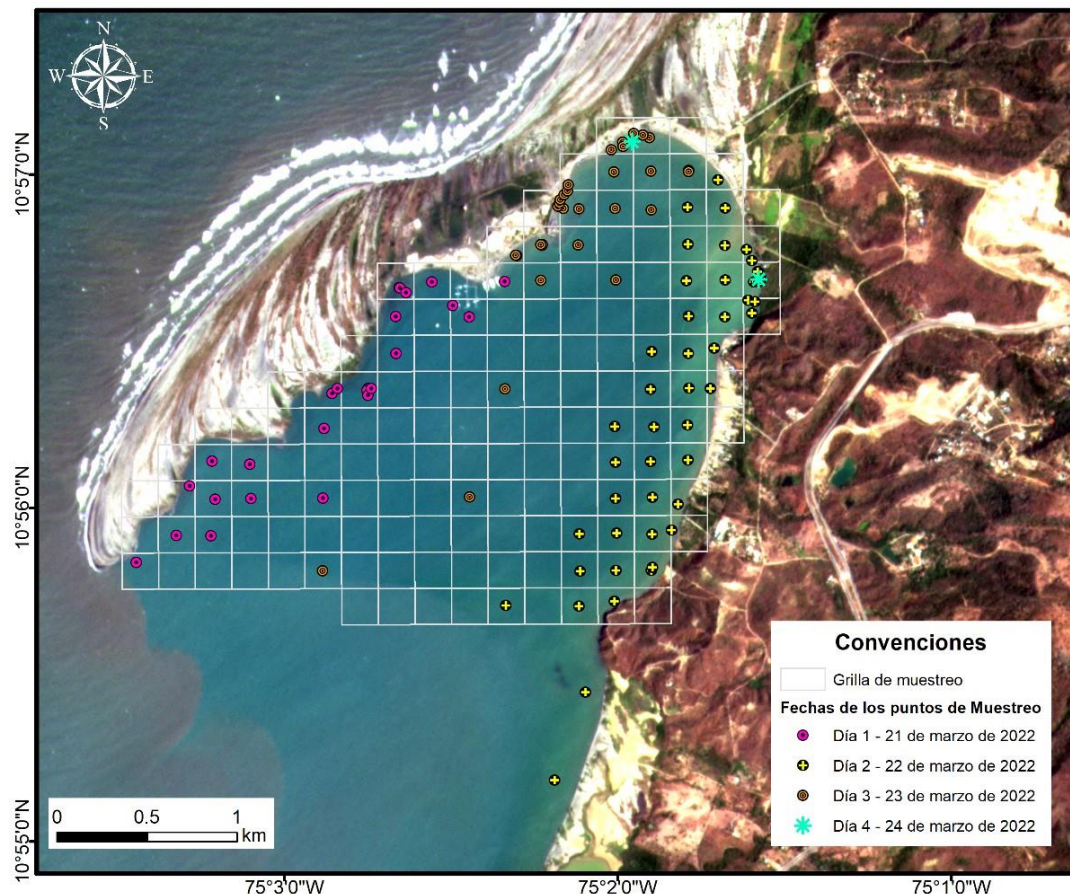


Figura 5-40. Puntos evaluados en la fase de campo en la bahía de Puerto Velero.

Tabla 5-11. Relación de los puntos evaluados (Puntos GPS) con los puntos establecidos previamente (Puntos Mapa) y su respectiva descripción

PUNTO MAPA (FIGURA 2)	PUNTO GPS (FIGURA 3)	PROFUNDIDAD (M)	DESCRIPCIÓN
15	1	7,7	100% Fango-Limo
16	2	8,1	100% Fango-Limo
17	3	9,7	100% Fango-Limo
30	4	9,9	100% Fango-Limo
	5	0,8	100% Arena
43	6	8	100% Fango-Limo
44	7	7,5	100% Fango-Limo
31	8	7,5	100% Fango-Limo
33	9	9,1	100% Fango-Limo
157	10	4,4	100% Fango-Limo
122	11	0,6	100% Fango-Limo
	12		<i>Halodule wrightii</i> 2%
	13		100% Fango-Limo
	14		Anulados (debido a que no se realizaron por condiciones climáticas)
	15		
	16		Borde del canto
78	17	6,3	100% Fango-Limo
87	18	0,6	5% <i>Halodule wrightii</i> 30% Macroalgas 65% Arena
124	19	0,5	7% <i>Halodule wrightii</i> 30% Macroalgas 65% Arena

PUNTO MAPA (FIGURA 2)	PUNTO GPS (FIGURA 3)	PROFUNDIDAD (M)	DESCRIPCIÓN
	20	0,6	7% <i>Halodule wrightii</i> 30% Macroalgas 65%Arena
	21	0,7	7% <i>Halodule wrightii</i> 30% Macroalgas 65%Arena
97	22	1	2% <i>Halodule wrightii</i> 10% Macroalgas 88% Arena
	23	6,1	100% Fango-Limo
89	24	6,6	100% Fango-Limo
98	25	0,7	<i>Halophila decipiens</i> 2% <i>Halodule wrightii</i> 5% Macroalgas 20%
142	26	1,1	100% Fango-Limo
105	27	0,8	100% Fango-Limo
	28	0,7	<i>Halodule wrightii</i> 2% Fango 98%
135	29	0,7	5% Macroalgas 80% Rocas 15% Fango
3	30	2,6	100% Fango-Limo
1	31	4,4	100% Fango-Limo
	32	1,2	100% Arena
	33	1,8	100% Arena
14	34	0,9	10% <i>Halophila decipiens</i>
	35	1	10% <i>Halophila decipiens</i>
13	36	2,9	100% Fango-Limo
12	37	3,4	100% Fango-Limo
27	38	3,9	100% Fango-Limo
28	39	3,3	100% Fango-Limo
29	40	2,3	95% Fango-Limo 5% <i>Halophila decipiens</i>
134	41	1	95% Arena 5 % <i>Halophila decipiens</i>
133	42	0,5	100% Arena
42	43	2,7	100% Fango-Limo
41	44	3,5	100% Fango-Limo
51	45	3,7	100% Fango-Limo
55	46	3,1	100% Fango-Limo
56	47	1,6	10% <i>Halophila decipiens</i> 90% Fango-Limo
67	48	2,5	100% Fango-Limo
66	49	3,4	100% Fango-Limo
65	50	3,7	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
76	51	3,6	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
77	52	2,6	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
132	53	1,5	100% Arena
131	54	0,9	100% Arena
86	55	2,9	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
85	56	3,7	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
95	57	2,8	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
96	58	1,8	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
130	59	1,7	2% <i>Halophila decipiens</i> 4% <i>Halodule wrightii</i> 20% Macroalgas 74% Fango-Limo
	60	1,3	<i>Halodule wrightii</i> 2%
	61	1	100% Fango-Limo
129	62	1,5	<i>Halodule wrightii</i> 2% Macroalga filamentosa 10%
	63	0,2	<i>Halodule wrightii</i> 20%
	64	0,3	<i>Halodule wrightii</i> 5% Macroalgas 30%
	65	0,3	<i>Halodule wrightii</i> 65% Macroalgas 30%
	66	0,5	<i>Halodule wrightii</i> 60%
	67	0,5	<i>Halodule wrightii</i> 60%
	68	0,8	<i>Halophila decipiens</i> 30% <i>Halodule wrightii</i> 5% Macroalgas 15%
	69	0,8	<i>Halophila decipiens</i> 30% <i>Halodule wrightii</i> 5% Macroalgas 15%
	70	1	<i>Halophila decipiens</i> dispersa
104	71	1,8	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
103	72	2,9	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
109	73	2,5	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
110	74	1,1	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
128	75	0,5	<i>Halophila baillonis</i> 5% - Fango limo
113	76	0,9	100% Fango-Limo

PUNTO MAPA (FIGURA 2)	PUNTO GPS (FIGURA 3)	PROFUNDIDAD (M)	DESCRIPCIÓN
114	77	2,1	100% Fango-Limo
119	78	1,6	100% Fango-Limo
127	79	0,8	100% Fango-Limo
5	80	9,6	100% Fango-Limo
37	81	7,4	100% Fango-Limo
73	82	6,8	100% Fango-Limo
101	83	4,4	100% Fango-Limo (Sedimentos bioturbados)
99	84	5,4	100% Fango-Limo
142	85	1,5	<i>Halodule wrightii</i> 5% <i>Halophila decipiens</i> 5% <i>Syringodium filiforme</i> 5% Macroalgas 10%
105	86	0,9	<i>Halodule wrightii</i> 2% <i>Halophila baillonis</i> 2% Macroalgas 10%
	87	4,2	100% Fango-Limo
	88	0,6	<i>Halodule wrightii</i> 6% <i>Halophila decipiens</i> 2% Macroalgas 50% Arena
	89	0,3	<i>Halodule wrightii</i> 5% Arena 95%
	90	0,4	<i>Halodule wrightii</i> 50% Macroalgas 10% Fango
	91	0,4	<i>Halodule wrightii</i> 50% Macroalgas 10% Fango
	92	0,4	<i>Halodule wrightii</i> 40% Macroalgas 10% Fango
	93	0,3	<i>Halodule wrightii</i> 20% Macroalgas 10% Fango
	94	0,4	<i>Halodule wrightii</i> 30% Macroalgas 10% Fango
	95	0,3	<i>Halodule wrightii</i> 30%
112	96	3,8	100% Fango-Limo
113	97	3,3	100% Fango-Limo
119	98	1,5	100% Fango-Limo
118	99	2,7	100% Fango-Limo
117	100	3,4	100% Fango-Limo
120	101	0,5	<i>Halodule wrightii</i> 30% Macroalgas 10% Fango
	102	0,8	<i>Thalassia testudinum</i>
	103	0,8	<i>Halodule wrightii</i> 1%
	104	0,8	<i>Thalassia testudinum</i>
	105	0,8	Borde <i>Thalassia testudinum</i>

Mapa de puntos de ubicación

A partir de las capas shapefile de los puntos de ubicación del ecosistema de pastos marinos, se crea un atributo que nos permite describir la categorización y caracterización de las unidades ecológicas del ambiente marino y esta se clasifica y se genera una salida grafica como se muestra a continuación en la Figura 5-41.

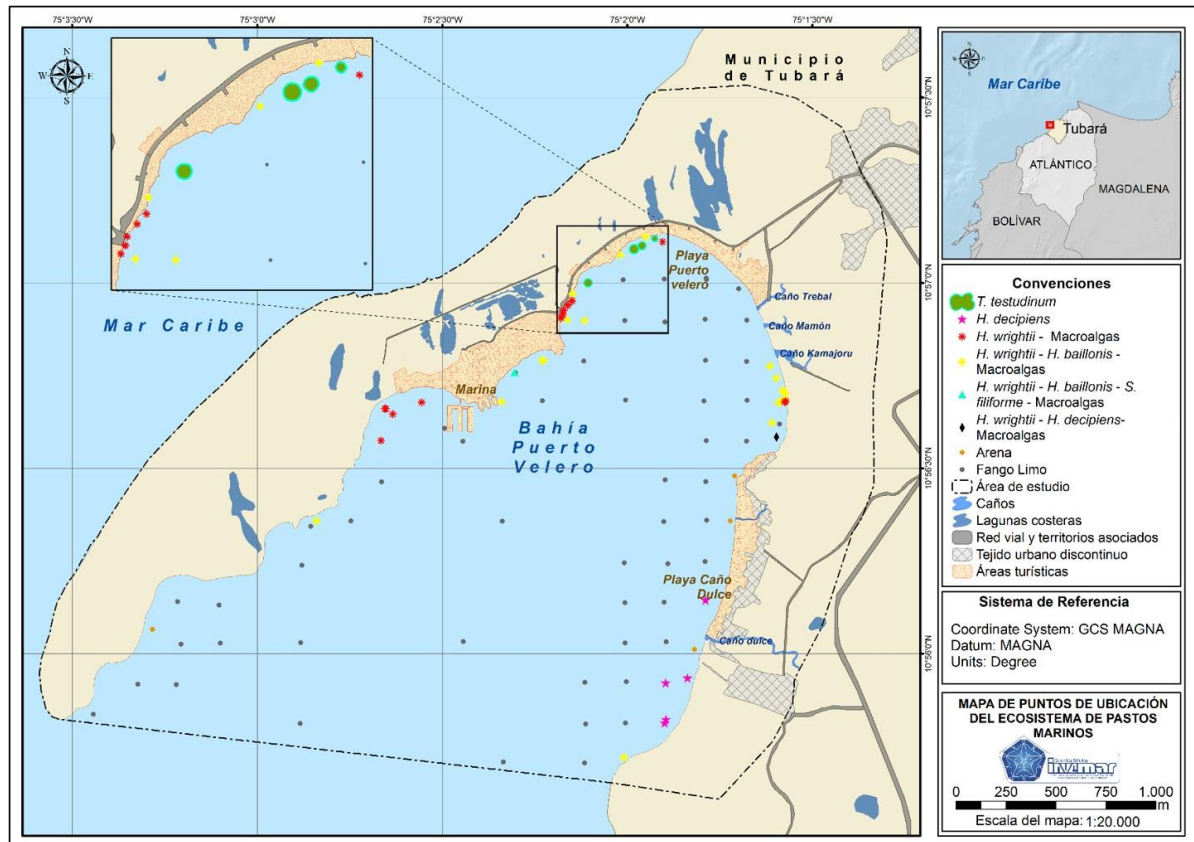


Figura 5-41. Mapa de puntos de ubicación del ecosistema de pastos marinos en la Bahía de Puerto Velero

A continuación, se describen cada una de las unidades ecológicas identificadas en la bahía, su composición y estructura (si aplica).

1. Fango

Esta unidad se compone de sedimentos finos, limosos, carente de componentes bióticos visibles en su estructura. Algunos sectores específicos presentaron sedimentos bioturbados como se muestra en las imágenes (Figura 5-42). Esta fue la unidad más representativa de la bahía, encontrándose desde 1 hasta los 10 m de profundidad.

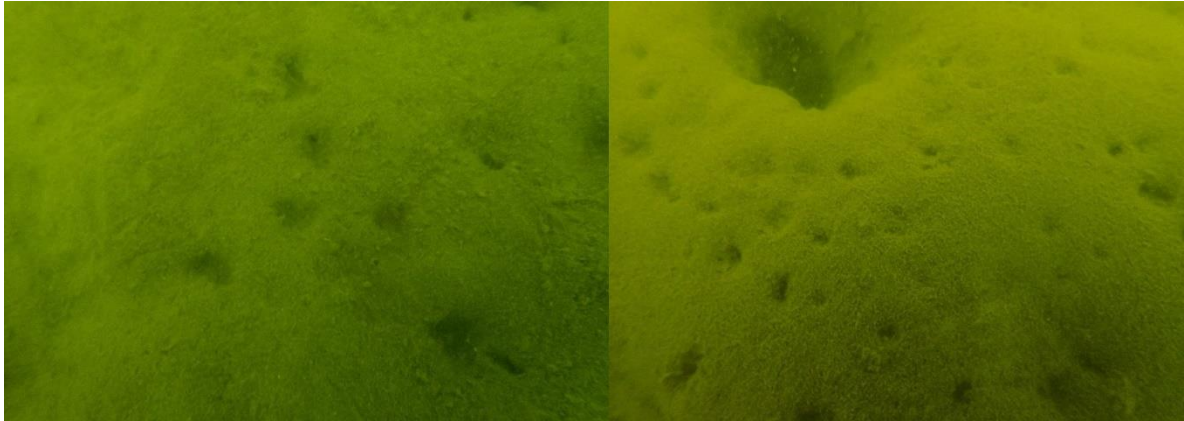


Figura 5-42. Sedimento - fango bioturbado en la Bahía de Puerto Velero - Atlántico

2. *Halodule wrightii* - Macroalgas

En esta unidad se encontró la presencia de parches dispersos del pasto marino *Halodule wrightii* acompañado de diversas macroalgas (Figura 5-43). Esta especie se caracteriza por desarrollarse en sustratos fangosos y ambientes de alta turbidez y poca incidencia de la luz. Se encontraron en profundidades entre 0 y 1,5 m. Es dominante en el costado norte de la bahía.

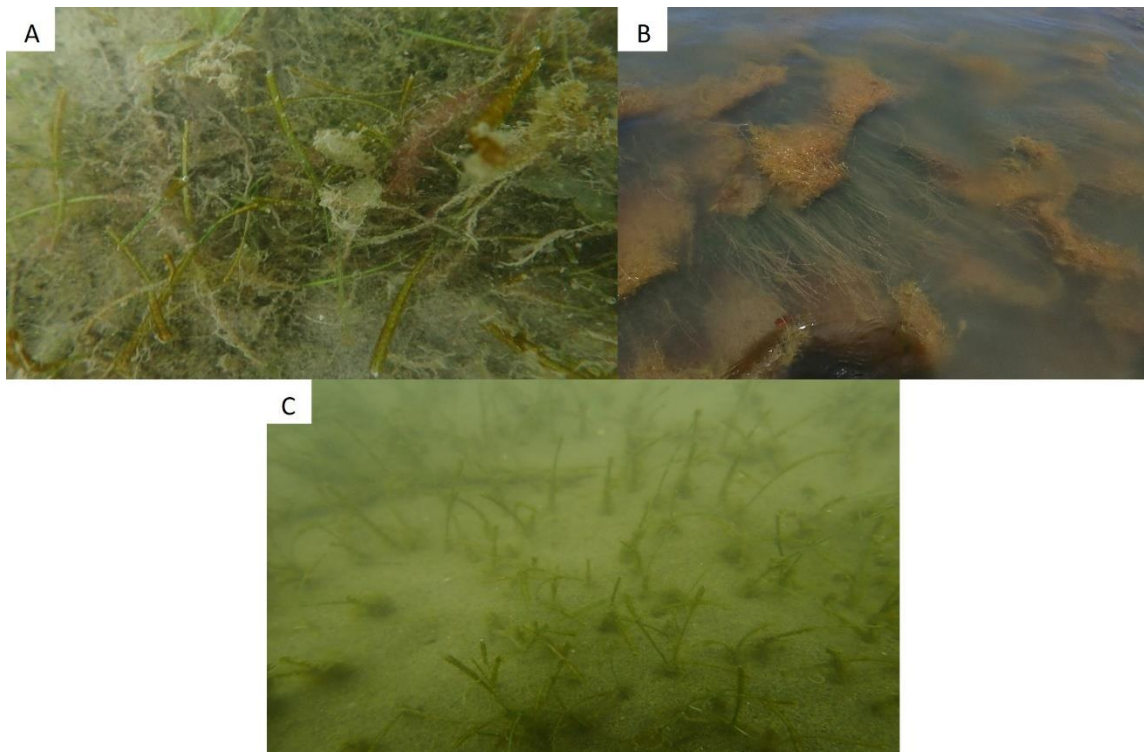


Figura 5-43. A-B *Halodule wrightii* y macroalgas C. *Halodule wrightii* en la bahía de Puerto Velero – Atlántico

3. *Halodule wrightii* - *Halophila decipiens* – Macroalgas

Esta unidad corresponde a parches mixtos de *Halodule wrightii* y *Halophila decipiens* acompañados de diversas macroalgas (Figura 5-44). Las condiciones son similares a la unidad monoespecífica de *Halodule wrightii*, de sedimento fino fangoso, alta turbidez y en ambientes someros.



Figura 5-44. Individuos de *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens* y macroalgas en la Bahía de Puerto Velero – Atlántico

4. Arena

Destaca como uno de los fondos más comunes a lo largo del área, con una variación entre los tipos de grano que la componen. La presencia de este tipo de arenas permite el asentamiento de muchos organismos, entre los que destacan algunas de las especies de pastos marinos identificadas para el área. Cabe resaltar, que se encuentra más asociada a profundidades menores a los 2 metros, teniendo en cuenta que el tipo de grano en zonas más profundas tiende a ser mucho más fino, cambiando el sustrato a uno más denso y fangoso.



Figura 5-45. Zonas de arena encontradas a lo largo de Puerto Velero

5. *Halophila decipiens*

La zona sureste de la bahía es donde esta especie se encuentra más representada. Los parches se ubican sobre sustratos principalmente fangosos, acompañados de algunas macroalgas. La cobertura de la especie por lo general se encontró cercana al 10 %, con una densidad promedio de 700 vástagos/m². La profundidad de ubicación de estos parches no supera 1 m, estando asociadas a zonas muy cercanas a la playa. Por efecto de la sedimentación que además causa una turbidez marcada en el área, algunas hojas se encuentran cubiertas por partículas, llegando a incluso a sepultarlas (Figura 5-46).



Figura 5-46. Parches de *H. decipiens* en la zona sureste de Puerto Velero

6. *Halodule wrightii* – *Halophila baillonis* – *Syringodium filiforme* – macroalgas

Esta unidad se encuentra ubicada frente a la marina de Puerto Velero, en una profundidad que no supera los 2 m. La presencia de especies como *H. wrightii*, *Halophila baillonis* y *Syringodium filiforme*, se presenta con una cobertura cercana al 10 % para cada una. Algunas algas, especialmente frondosas, se encuentran con una cobertura de alrededor del 10 %, el resto del fondo es básicamente arena desprovista. La sedimentación en esta zona es notoria, por lo que la visibilidad no es buena, llegando incluso a genera un sepultamiento de las hojas, que en su mayoría tienen partículas recubriéndolas (Figura 5-47).

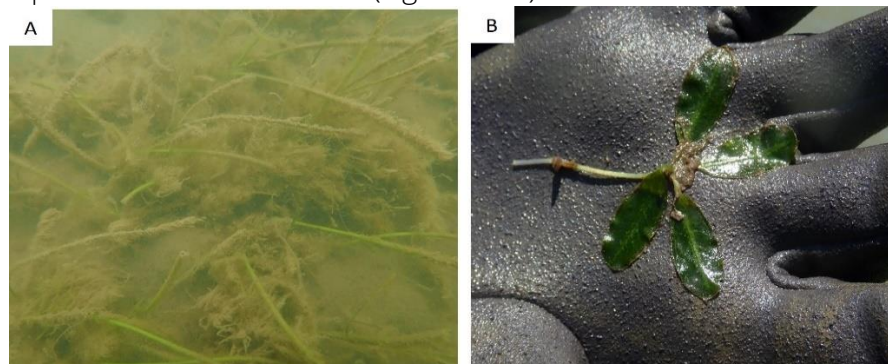


Figura 5-47. Parche de *S. filiforme* A y Presencia de *Halophila baillonis* B

7. *Thalassia testudinum*

Los parches de esta especie se encontraron en la zona norte de Puerto Velero, conformando áreas circulares muy cercanas a la playa. Debido a la poca profundidad donde se ubican (por debajo de 1 m) y a la alta carga sedimentaria, la visibilidad del parche bajo el agua es prácticamente nula, impidiendo verificar con certeza la presencia de invertebrados asociados, reduciendo esto solo a identificar la presencia de ascidias que se asientan en las hojas. Tal como sucede en otros casos, las hojas se encuentran parcialmente recubiertas por partículas de sedimento (Figura 5-48).



Figura 5-48. Parches de *T. testudinum* en el sector norte de Puerto Velero

Evaluación ecológica rápida (caracterización detallada)

La caracterización detallada se realizó únicamente en 11 puntos de con presencia de pastos (Tabla 5-12) debido a que la turbidez del agua fue un factor limitante a la hora de evaluar las características de todas las áreas con presencia de esta especie. Estos valores estructurales fueron tomados en parches pequeños de pastos marinos dispersos a lo largo del borde la bahía, ya que no se encontraron áreas con extensiones mayores a 400 m² las cuales pudieran indicar una pradera constituida.

Tabla 5-12. Caracterización de la estructura y composición de dos parches de pastos marinos en la Bahía de Puerto Velero - Atlántico

Punto	Cuadrante	Especie	Densidad	Longitud	Ancho	<i>Labyrinthula</i>	Flor/
GPS			(Vástagos/m ²)	Hojas (cm)	Hojas (cm)	sp.	Frutos
102	1	<i>Thalassia testudinum</i>	272	20	1	No	No
	2	<i>Thalassia testudinum</i>	352	21	1	No	No
	3	<i>Thalassia testudinum</i>	288	20	1	No	No
	4	<i>Thalassia testudinum</i>	336	18	0.9	No	No
	5	<i>Thalassia testudinum</i>	240	19.5	1	No	No
	6	<i>Thalassia testudinum</i>	352	20	1	No	No

Punto GPS	Cuadrante	Especie	Densidad (Vástagos/m ²)	Longitud Hojas (cm)	Ancho Hojas (cm)	<i>Labyrinthula</i> sp.	Flor/ Frutos
104	7	<i>Thalassia testudinum</i>	320	18	1.1	No	No
	8	<i>Thalassia testudinum</i>	288	18	1.1	No	No
	9	<i>Thalassia testudinum</i>	272	18	1	No	No
	10	<i>Thalassia testudinum</i>	288	20	1	No	No
	11	<i>Thalassia testudinum</i>	368	21	0.8	No	No
	12	<i>Thalassia testudinum</i>	256	20	1	No	No
PROMEDIO			302.67 ± 41	19.46	0.99		
18	13	<i>Halodule wrightii</i>	1280	5		No	No
19	14	<i>Halodule wrightii</i>	1280	4		No	No
20	15	<i>Halodule wrightii</i>	1280	7		No	No
21	16	<i>Halodule wrightii</i>	1280	5		No	No
59	17	<i>Halodule wrightii</i>	384	5		No	No
PROMEDIO			1100.8 ± 400	5.2			
34	18	<i>Halophila decipiens</i>	960	2		No	No
35	19	<i>Halophila decipiens</i>	960	2		No	No
47	20	<i>Halophila decipiens</i>	192	2		No	No
59	21	<i>Halophila decipiens</i>	128	2		No	No
PROMEDIO			560 ± 462	2			

Se encontraron densidades promedio de 302.6 vástagos/m² en *T. testudinum*, valores que se encuentran dentro de los promedios reportados para otras estaciones en el Caribe colombiano (Gómez-López *et al.*, 2020) y 1.100 vástagos/m² en *Halodule wrightii* y 560 vástagos/m² de *Halophila baillonis*. Los valores de altura de *T. testudinum* igualmente están dentro de los promedios reportados, indicando atributos similares a otras regiones. No obstante, pese a que existen condiciones estructurales similares, las áreas estudiadas eran reducidas (no mayor a 400 m²) y con condiciones ambientales variables, lo cual ha dificultado la expansión de los individuos hasta formar praderas.

No se observaron flores ni frutos, ni evidencia de afectación por el hongo *Labyrinthula* sp., en cuanto a la fauna asociada únicamente se registraron Ascidiás en los parches de *T. testudinum* y algunos individuos de opistobranquios pertenecientes a la Familia Aplysiidae flotando cerca de la costa (Figura 5-49).

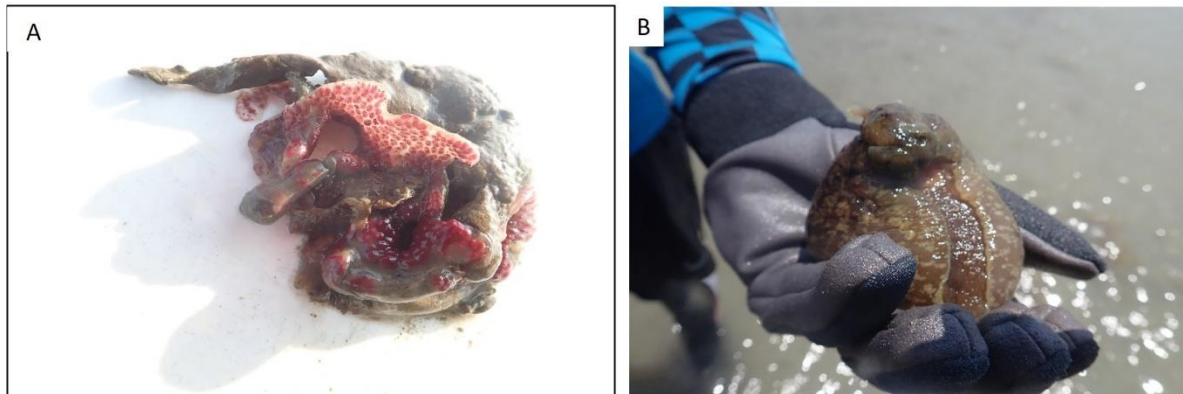


Figura 5-49. A) Ascidias B) Opisthobranchio perteneciente a la Familia Aplysiidae

5.3.3 Conclusiones y recomendaciones

- El área de Puerto Velero tuvo presencia de 5 especies de pastos marinos distribuidas a manera de parches dispersos a lo largo del borde de toda la bahía.
- Los parches de pastos marinos a lo largo de la bahía de Puerto Velero tienen un factor de presión constante por la alta sedimentación de la zona, generando recubrimiento de las hojas por las partículas suspendidas, siendo esto más notorio en profundidades mayores a 2 m, donde el paso de la luz es muy bajo.
- La presencia de especies como *T. testudinum* se limitó a áreas pequeñas, principalmente en el sector noroeste de la bahía, con profundidades cercanas a los 50 cm, y con sustratos de carácter principalmente fangoso.
- Se recomienda realizar una segunda evaluación detallada de la extensión de los parches de pastos marinos identificados, en una época en que las condiciones del agua sean más favorables (menos agitadas y mejor visibilidad) para lograr determinar la extensión más aproximada de este ecosistema en la bahía e igualmente poder obtener información de comunidades biológicas asociadas a estas coberturas de pastos marinos.

6 SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

El pasado 22 de julio mediante la plataforma virtual Microsoft Teams se realizó la socialización de los resultados del convenio interadministrativo No. 0010 de 2021 CRA-INVEMAR "Monitoreo de calidad de aguas marinas y costeras en el marco de la REDCAM y evaluación de calidad ambiental del ecosistema de pastos marinos en Puerto Velero, zona costera del departamento del Atlántico", que contó con la participación de cuatro funcionarios de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA y 13 investigadores del INVEMAR (Anexo 6). En este espacio se presentaron los objetivos, alcance, actividades desarrolladas y logros generales del proyecto. Y de manera detallada se presentaron los resultados técnicos de la calidad de las aguas marinas y costeras en términos de variables microbiológicas, fisicoquímicas y contaminantes, medidos en las matrices de aguas y sedimentos, así como la contaminación por microplásticos en playas en el

marco de la REDCAM. Igualmente se presentaron los resultados de levantamiento y actualización de cartografía, presiones y factores de degradación, caracterización de los pastos marinos, impactos ambientales potenciales y la propuesta de gestión para la ensenada de Puerto Velero (Figura 6-1; Anexo 7).

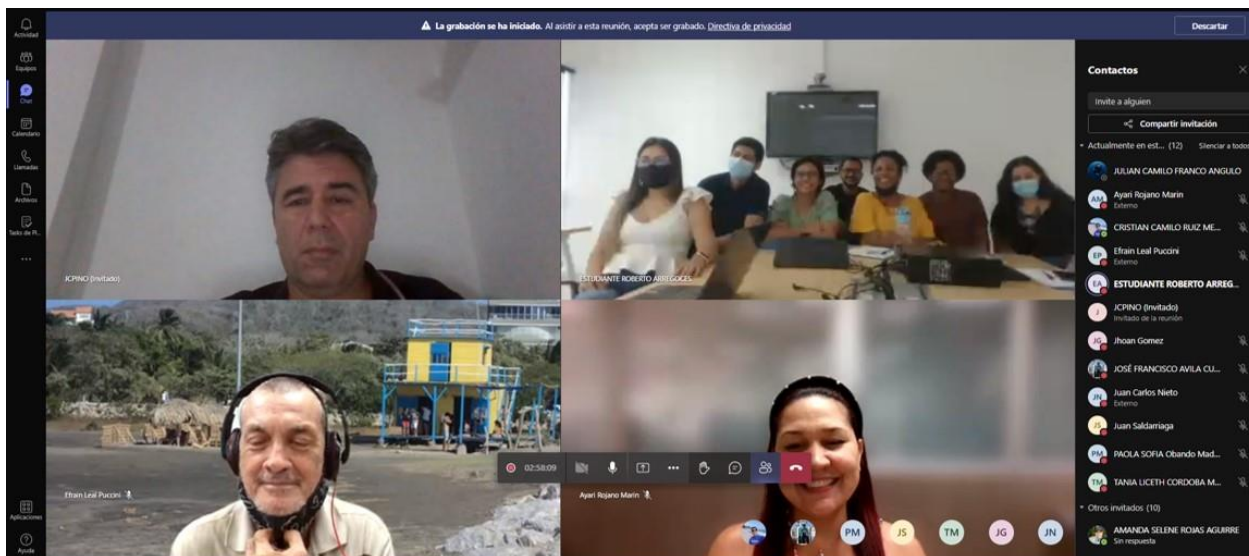


Figura 6-1. Reunión virtual de socialización de resultados INVEMAR-CRA, realizado el 22 de julio de 2022.

7 EJECUCIÓN FINANCIERA

Para el desarrollo de las actividades comprometidas en el convenio 010-2021 se realizaron los gastos que se detallan en el informe final de ejecución financiera (Anexo 8).

8 ANEXOS

- Anexo 1. Plan de muestreo REDCAM Atlántico de las dos salidas de campo REDCAM Atlántico
- Anexo 2. Reporte de datos REDCAM Atlántico
- Anexo 3. Matriz de evaluación de impactos
- Anexo 4. Formato de encuestas de percepción fuentes de presión Puerto velero
- Anexo 5. Geodatabase
- Anexo 6. Lista de asistencia socialización de resultados
- Anexo 7. Presentaciones con los resultados del proyecto
- Anexo 8. Informe de ejecución financiera CRA-010_2021

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Coley, I., Duran-Izquierdo, M., Rodríguez-Cavallo, E., Mercado-Camargo, J., MéndezCuadro, D., Olivero-Verbel, J., 2019. Cuantificación de microplásticos a lo largo de la costa caribeña de Colombia: perfil de contaminación y efectos biológicos en *Caenorhabditis elegans*. *Mar. Pollut. Toro.* 146, 574–583 p.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.084>
- Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia – APC Colombia., 2015. Manual de Gestión de los Residuos Sólidos o Desechos Peligrosos. Código: A-OT-013., Versión 3. 22 de diciembre de 2015. Bogotá D.C. 28 pp.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation). 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater, Ed. 23. Washington. 1368 p.
- Blanco-Librero, J., A. Taborda, V. Amortegui, A. Arroyave, A. Sandoval, E. Estrada, J. Leal, J. Vásquez, y A. Vivas. 2013. Deforestación y sedimentación en los manglares del golfo de Urabá: síntesis de los impactos sobre la fauna macrobentónica e íctica en el delta del río Turbo. *Revista Gestión y Ambiente*, 16 (2): 19-36.
- Blanco-Muñoz, E., De la Parra-Guerra, A., García-Alzate, C. y Villarreal-Blanco, E. 2020 Análisis físico-químico y fitoplanctónico de la ciénaga Puerto Caimán, vertiente Caribe, Colombia. *Intropica* 15(2): en prensa. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.3650>
- Blott S. J. y K. Pye. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*, 26(11), 1237-1248.
- Buchman M. 2008. Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs). NOAA OR&R report 08-1 Seattle WA, office of response and restoration division, national oceanic and atmospheric administration. 34 p.
- Conesa, V. 2009. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Cuarta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, 867 p.
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. d., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Paruelo, J. 1998. The value of the world's ecosystem services and natural capital.
- Daniel, J., Obando, P., Molina, F. y Vivas-Aguas, J., 2017. Proceso de formulación del índice de eutrofización para aguas marino-costeras. INVEMAR. Santa Marta. 25 p.
- Davis, J.L., D.L. Childers y D.N. Kuhn. 1999. *Thalassia testudinum* meadow: molecular genetic assessment of population structure. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 186: 127-136.

- Dewis, J. y F. Freitas. 1984. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Bol. Suelos FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 10: 71 p.
- Díaz J. M., J. F Garzón & S Zea. 1995. Los arrecifes coralinos de la Isla de San Andrés, Colombia: estado actual y perspectivas para su conservación. Primera Edición. Editora Guadalupe Ltda. Colombia. 147 p.
- Environmental Protection Agency - EPA. 1996. Método 3052. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. Washington, DC, U.S. 20 p. <http://www.epa.gov.co>
- EPA. 1996. The SW-846 Compendium: Method 3540C-Soxhlet Extraction. Environmental Protection Agency of US.
- FAO. 2020.. Módulos de Educación Ambiental con enfoque de Conectividades Socioecosistémicas. Conexión Biocaribe, FAO, GEF, SIRAP. 156 p.
- Folk R. Y W Ward. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3-27.
- Garay, J., G. Ramírez; J. Betancourt; B. Marín; B. Cadavid; L.Panizzo; J. Lesmes; H. Sánchez y A. Franco. 2003. Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos y Contaminantes Marinos: Aguas, Sedimentos y Organismos. INVEMAR. Serie Documentos Generales N° 13. Santa Marta, 177 p.
- Garay, J.A. y A.M. Vélez. 2004. Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar – PNICM. INVEMAR, Santa Marta. 110 p.
- Garcés-Ordóñez O., Castillo-Olaya V.A., Granados-Briceño A.F., Blandón-García L.M., Espinosa-Díaz L.F., 2019. Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean, Mar Pollut Bull, 145: 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.058>
- Garcés-Ordóñez O., Espinosa L., Pereira R., Muniz M., 2020. Impact of tourism activity on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. Mar Pollut Bull, 160: 111558. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>.
- Garcés-Ordóñez O., M. Bayona-Arenas, V. Castillo, R. Rueda-Bernal, A. Granados y B. Durán. 2018a. Evaluación de impactos de microplásticos sobre el ecosistema de manglar en la ciénaga grande de santa marta. 197-226 p. En: INVEMAR-MINAMBIENTE. 2018. Informe técnico final. Convenio Interadministrativo 659 de 2017. Código PRY-BEM-016-17. Santa Marta, Colombia. 374 p.

- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa L., Costa Muniz M., Salles-Pereira L., Meigikos dos Anjos R., 2021. Abundance, distribution, and characteristics of microplastics in coastal surface waters of the Colombian Caribbean and Pacific. Environ Sci Pollut Resear, 28 p. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13723-x>.
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, L. Perdomo, A. Rodríguez, D. Romero, D. BallesterosContreras, D. Gómez-López, A. Melo, L. Chasqui, M. A. Ocampo, D. Alonso, J. García, C. Peña, M. Bastidas y C. Ricaurte. 2015. Portafolio “Áreas de arrecifes de coral, pastos 192 Informe Técnico marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia”. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 79, Santa Marta. 69 p.
- Gómez-López, D., A. Acosta, J. D. González, L. Sánchez-Valencia, R, Navas-Camacho y D. Alonso. 2020. Reporte del estado de los arrecifes coralinos y pastos marinos en Colombia (2018-2019). Serie de publicaciones periódicas del Invemar, Santa Marta. 81 p.
- Granizo, T., Molina, M., Secaira, E., Herrera, B., Benítez, S., Maldonado, O., Libby, M. Arroyo, P., Isola, S., Castro, M. 2006. Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA. Quito. 206 p
- Heck Jnr, K., Hays, G., & Orth, R. J. 2003. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. Marine Ecology Progress Series, 253, 123-136.
- Hidalgo-Ruz, V. y Thiel, M. 2013. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. Mar. Environ. Res., 87-88: 1-7.
- Hidalgo-Ruz, V., D. Honorato-Zimmer, M. Gatta, P. Nuñez, I. Hinojosa y M. Thiel. 2018. Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. Marine Pollution Bulletin, 126: 516-524. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.014>.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2019. Estudio Nacional del agua 2018. Bogotá, 452 p.
- IDEAM. 2022a. Boletín Climatológico Mensual. Febrero de 2022. Bogotá D.C. 8pp
- IDEAM. 2022b. Boletín Climatológico Mensual. Marzo de 2022. Bogotá D.C. 8pp
- IDEAM. 2022c. Boletín Climatológico Mensual. Mayo de 2022. Bogotá D.C. 8pp
- International Standard Organization- ISO. 2014. ISO 11464:2006 Soil quality — Pretreatment of samples for physico-chemical analysis.
- INVEMAR. 2007. Ordenamiento ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico. Informe Final. Editado por: A. López. Invemar – CRA. Santa Marta. 588 p.

- INVEMAR. 2014. Elementos técnicos que permitan establecer medidas de manejo control uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Convenio interadministrativo No 190 de 2014 entre el MADS y el INVEMAR. Código ACT-BEM-001-014. 303 p.
- INVEMAR. 2022. Análisis histórico 2001-2021 de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Paola Obando y Luisa Espinosa (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico 2021. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 208 p.
- INVEMAR-CRA. 2017. Acciones interinstitucionales de investigación básica y aplicada sobre los recursos marinos y costeros que soporten la planificación y gestión ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico. Convenio CRA 002 de 2017. Código PRY-CAM-010-17 – ITF. Santa Marta. 130 p + Anexos
- INVEMAR-MINAMBIENTE. 2018. Cuarto Informe técnico. Convenio Interadministrativo 659 de 2017. Santa Marta, Colombia. 374 p. + anexos
- Ivar do Sul J., M. Costa, J. Silva-Cavalcanti y M. Araujo. 2014. Plastic debris retention and exportation by a mangrove forest patch. Marine Pollution Bulletin, 78: (1-2), 252-257. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.011.
- Knox, G.A. 2001. The ecology of seashore. CRC Press. Boca Raton. 557 p.
- Kovač, M., A. Palatinus, Š. Koren, M. Peterlin, P. Horvat y A. Kržan. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. J. Vis. Exp. (118), e55161. <https://doi.org/10.3791/55161>.
- Lapointe, B.E., P.J. Barile y W.R. Matzie. 2004. Anthropogenic nutrient enrichment of seagrass and coral reef communities in the Lower Florida Keys: discrimination of local versus regional nitrogen sources. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 308: 23-58.
- Lema, L. y J. Polanía. 2007. Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. Rev. Biol. Trop., 55 (1): 11-21.
- Marín, B. 2001. Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Informe Técnico Final de Proyecto. 45p.
- Marinas de Colombia S.A.S. 2013. Ztupará, riqueza Mokaná. Barranquilla, Colombia. 300p.

- Martínez, B. 2007. Características y estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés del Archipiélago sabana - Camagüey, Cuba. [Tesis de Doctorado]. Universidad de la Habana, 137 p.
- Martínez-Daranas, B. Cano Mallo, M. Clero Alonso, L. 2009. Los pastos marinos de Cuba: estado de conservación y manejo. Serie Oceanológica, 5: 24-44.
- McLeod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M., & Silliman, B. R. 2011. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552-560.
- MinAmbiente. 2015. Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015. Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, 653 p.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Educación Nacional. 2002. Política Nacional de Educación Ambiental. Bogotá, 69p
- MMA-Ministerio del Medio Ambiente (Ed.).2002. Agenda Ambiental del Municipio de Tubará. Sistema de Gestión Ambiental Municipal. Min. Medio Ambiente. Vol 5. Bogotá, 50 p.
- Naji, A., Z. Esmaili, S. Mason y A. Vethaak. 2017. The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 24 (25): 20459-20468. doi: 10.1007/s11356-017-9587-z.
- Nellemann, C., & Corcoran, E. (Eds.). 2009. Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment. UNEP/Earthprint.
- OSPAR, 2010. Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area. London. 84 p. https://www.ospar.org/ospar-data/1002e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf. ISBN 9036319739.
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S. & Magonigal, P. 2012. Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PloS one*, 7(9), e43542.
- Pertuz-Montoya, I.J., Vizcaíno-Tamayo, L.S., 2020. Evaluación de la Calidad Ambiental en Función de los Microplásticos, Residuos Sólidos en Arena y Residuos Sólidos Flotantes de las playas de Caño Dulce y Puerto Velero, en el Departamento del Atlántico. Corporación Universidad de la Costa - CUC, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Barranquilla, Colombia. 161p.
- PNUMA. 2008. Guía para el muestreo, preparación y análisis de contaminantes orgánicos en muestras ambientales (agua, suelos/sedimentos y biota). Manual del Programa de

- Monitoreo Costero del Proyecto GEF-REPCar. PNUMA, Programa Ambiental de Caribe. Kingston, Jamaica. 121p.
- R Core Team. 2012. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Rasmussen, J.R., B. Olesen y D. Krause-Jensen. 2012. Effects of filamentous macroalgae mats on growth and survival of eelgrass, *Zostera marina*, seedlings. *Aquat. Bot.*, 99: 41-48.
- Riascos, J., Valencia, N., Peña, E. & Cantera, J. (2019). Inhabiting the technosphere: The encroachment of anthropogenic marine litter in Neotropical mangrove forests and its use as habitat by macrobenthic biota. *Mar. Pollut. Bull.*, 142, 559-568. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.010>
- Ruiz, T. 2017. Análisis comparativo de índices de eutrofización en lagunas costeras del estado de Sonora, México. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias, Centro de Investigaciones Biológicas de Noreste, S.C. La Paz, Baja California, 120 p.
- Short, F. T., & Neckles, H. A. 1999. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany*, 63(3), 169-196.
- Short, F.T., McKenzie, L.J., Coles, R.G., Vidler, K.P. y Gaeckle, J.L. 2008. SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat, Spanish edition. University of New Hampshire Publication. 75 p.
- Short, F.T., T. Carruthers, W. Dennison y M. Waycott. 2006. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 350: 3-20
- Smith, J.E., W. Runcie, C.M. Smith. 2005. Characterization of a largescale ephemeral bloom of the green alga *Cladophora sericea* on the coral reefs of West Maui, Hawai'i. *Mar Ecol Progr Ser*;302:77-91.
- Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla Triple A S.A. E.S.P. 2020. Programa de Prestación del Servicio de Aseo. Municipio de puerto Colombia. Última actualización: diciembre de 2020. Versión 07 de 07.
- Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla Triple A S.A. E.S.P., 2018. Programa de Prestación del Servicio de Aseo. Municipio de Tubará. Zona Costera, Corregimientos de Guaimaral y Cuatro Bocas. Última actualización: enero de 2018. Versión 02 de 02.
- Strickland J y T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada. Segunda Edición. Ottawa. 328 p.
- Toro, J. Martinez, R. Arrieta, G. 2013. Métodos de evaluación de impacto ambiental en Colombia. *Rev. Investigación agraria y ambiental.* 4:43 – 53.

- Torres Bejarano, F., Cantero Rodelo, R., Díaz-Solano, B., Mendoza-Lozano, J. M., & López Mejía, Y. F. (2014). Análisis socioambiental de las playas Puerto Velero y Caño Dulce en Tubará, Atlántico, Colombia. *Teoría y Praxis*, 161–179.
- Torres, F. Cantero, R. Diaz-Solano, B. Mendoza, J. Lopez F. 2014. Análisis socioambiental de las playas de Puerto Velero y Caño Dulce en Tubará, Atlántico. *Teoría y Praxis*, pp. 161-179
- Troncoso, W., L. Vivas-Aguas, J. Sánchez, S. Narváez, L. Echeverry y J. Parra. 2009. Fuente de contaminación caso estudio Cartagena. 37-45. En: *Diagnostico y evaluación de la calidad ambiental marina del Caribe y Pacífico colombianos*. INVEMAR, Santa Marta, 185 p
- UNESCO, 1984. Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. *Manuales y guías No. 13 de la COI*. 87 p.
- Unión Europea. 2006. Directiva (UE) 2006/7/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/EEC. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L64/37, 04 de marzo de 2006, 1- 15 p.
- Uribe, J. y L. Urrego. 2009. Gestión Ambiental de los ecosistemas de manglar: aproximación al caso colombiano. *Revista Gestión y Ambiente*, 12 (2): 57-72
- Valdelamar-Villegas, J., y Olivero-Verbel, J. 2017. Bioecological Aspects and Heavy Metal Contamination of the Mollusk *Donax denticulatus* in the Colombian Caribbean Coastline. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 234-239. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2203-6>
- Valle, A., A. Osorno-Arango y D. Gil-Agudelo. 2011. Estructura y regeneración del bosque de manglar de la ciénaga de Cholón, isla Barú, Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 4 (19): 115-130.
- Viloria-Villegas, M. I., Cadavid, L., y Awad, G. 2018. Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 121–156 p.
- Vivas-Aguas, L. J. y S.M. Navarrete-Ramírez. 2014. Protocolo Indicador Calidad de Agua (ICAMPFF). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). INVEMAR, GEF y PNUD. *Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 69*, Santa Marta. 32 p.
- Vivas-Aguas, L.J. 2011. Formulación del índice de calidad de aguas costeras (ICAM) para los países del Pacífico Sudeste. Documento Metodológico. Proyecto -SPINCAM. INVEMAR. Santa Marta. 42 p.

- Vivas-Aguas, L.J., Obando-Madera P.S., Córdoba-Meza T.L., Castillo-Viana M.J., Espinosa L.F., Arriaga-Rodríguez A.M., Acosta-Rivera, J.A. 2022. Boletín estadístico Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Reporte año 2021. INVEMAR. Santa Marta. 28 p.
- Walker, D., Kendrick, G., & McComb, A. 2006. Decline and Recovery of Seagrass Ecosystems—The Dynamics of Change SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION (pp. 551-565): Springer Netherlands.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Hughes, A. R. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(30), 12377-12381.
- Wu N., Y. Zhang, X. Zhang, Z. Zhao, J. He, W. Li, Y. Ma y Z. Niu. 2019. Occurrence and distribution of microplastics in the surface water and sediment of two typical estuaries in Bohai Bay, China. Environmental Science, Processes & Impacts, 21: 1143-1152. doi: 10.1039/C9EM00148D.