

**PROGRAMA DE REHABILITACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS Y
COSTEROS DEGRADADOS, CONSERVACIÓN DE ESPECIES Y BIODIVERSIDAD MARINA DE
LA BAHÍA DE CARTAGENA.**

Propuesta desarrollada por:

Universidad EAFIT

Proyecto de investigación aplicada sobre las Interacciones entre Cuencas, Mar y Comunidades en la zona costera de Cartagena: Proyecto BASIC "Construyendo Resiliencia en la Bahía Cartagena."

En el marco del Convenio No 006 del 2021 entre EAFIT y CARDIQUE.

CARDIQUE

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique

Cartagena de Indias, Colombia.

Agosto 30 de 2021

Última actualización: noviembre 15 de 2021

Contenido

1	MARCO CONTEXTUAL.....	1
1.1	Dimensión Socioeconómica y política	1
1.1.1	Actividades económicas.....	1
1.1.2	Contexto político	3
1.2	Dimensión Física	4
1.2.1	Geología y geomorfología	4
1.2.1.1	Unidades geomorfológicas de la bahía de Cartagena.....	4
1.2.1.1.1	Playones	5
1.2.1.1.2	Llanuras de inundación	5
1.2.1.1.3	Zonas de Manglar.	6
1.2.1.1.4	Ciénagas	7
1.2.1.1.5	Espigas.....	7
1.2.1.1.6	Playas	8
1.2.1.1.7	Lomas y colinas.....	8
1.2.1.1.8	Llanuras Costeras.....	8
1.2.1.1.9	Plataformas de abrasión elevadas	9
1.2.1.1.10	Terrazas marinas.....	9
1.2.2	Climatología e hidrología	9
1.2.3	Sedimentos y calidad de aguas	10
1.3	Dimensión Biológica y Ecológica	14
1.3.1	Biomás y ecosistemas	14
1.3.1.1	Halohelobiomas (manglares)	16
1.3.1.2	Psamobiomas (playas)	16
1.3.1.3	Xerobiomas y subxerobiomas (bosque seco)	16
1.3.2	Biodiversidad	17
1.3.2.1	Fitoplancton.....	18
1.3.2.2	Perifiton	18
1.3.2.3	Zooplancton.....	20
1.3.2.4	Bentos marino.....	20
1.3.2.5	Ictiofauna.....	21
1.3.2.5.1	Especies en categoría de amenaza.....	26
1.3.2.5.2	Especies migratorias	28
1.3.2.6	Aves marinas y costeras	28
1.3.3	Poblaciones y áreas especiales	30
1.3.3.1	Mamíferos acuáticos (cetáceos, sirénidos y carnívoros)	31
1.3.3.2	Aves marinas y playeras	32
1.3.3.3	Tortugas marinas	32
1.3.3.4	Crocodílidos	32
1.3.3.5	Peces.....	32
1.3.3.6	Crustáceos (langostas, camarones y cangrejos)	33
1.3.3.7	Moluscos (bivalvos, caracoles, pulpos y calamares)	33
1.4	Delimitación de la Bahía de Cartagena	34
2	ECOSISTEMAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA.....	36
2.1	Corales	36

2.1.1	Distribución	37
2.1.2	Estado.....	38
2.1.3	Determinantes.....	40
2.1.4	Disturbios	41
2.2	Manglares	43
2.2.1	Distribución	45
2.2.2	Estado.....	46
2.2.3	Determinantes.....	49
2.2.4	Disturbios	51
2.3	Pastos Marinos	52
2.3.1	Distribución	53
2.3.2	Estado.....	54
2.3.3	Determinantes.....	55
2.3.4	Disturbios	56
2.4	Playas.....	58
2.4.1	Distribución	58
2.4.2	Estado.....	59
2.4.3	Determinantes.....	61
2.4.4	Disturbios	61
2.5	Ecosistemas acuáticos de la bahía	62
2.5.1	Distribución	63
2.5.2	Estado.....	65
2.5.3	Determinantes.....	65
2.5.4	Disturbios	66
2.6	Especies Invasoras	69
3	INDICADORES DE ESTADO	71
3.1	Indicadores de estado en los Corales.....	71
3.2	Indicadores de estado en los Manglares.....	74
3.3	Indicadores de estado en los Pastos marinos	76
3.4	Indicadores de estado en las Playas.....	77
3.5	Indicadores de estado en los Ecosistemas acuáticos costeros	79
3.5.1	Indicadores de estado de la calidad del Agua de la bahía de Cartagena	81
4	PRIORIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS PARA LA RESTAURACIÓN	83
5	REQUERIMIENTO DE UNA LÍNEA BASE DE LOS ECOSISTEMAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA	85
6	OBJETIVOS DE RESTAURACIÓN, METAS E INDICADORES.....	86
6.1	Corales de la bahía de Cartagena	86
6.2	Manglares de la bahía de Cartagena.....	87
6.3	Pastos Marinos de la bahía de Cartagena.....	88
6.4	Playas de la bahía de Cartagena.....	88
6.5	Ecosistemas acuáticos costeros de la bahía de Cartagena	89

7	ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN.....	91
7.1	Corales	94
7.2	Manglar.....	97
7.3	Pastos Marinos	99
7.4	Playas	101
7.5	Ecosistemas acuáticos de la bahía	103
8	ACTORES	106
9	PROYECTOS DE LINEA BASE ECOSISTEMAS DE LA BAHIA DE CARTAGENA	110
9.1.1	Proyecto 1: Evaluación del estado actual de los corales de Varadero y occidente de Tierra Bomba. 110	
9.1.2	Proyecto 2: Actualización de la caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares en la bahía de Cartagena	111
9.1.3	Proyecto 3: Evaluación del estado actual de los pastos marinos en la bahía de Cartagena ...	113
9.1.4	Proyecto 4: Evaluación del estado de las playas de la bahía de Cartagena.....	114
9.1.5	Proyecto 5: Evaluación del estado de ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena. 116	
10	PROYECTOS DE RESTAURACION	117
10.1	Línea estratégica corales.....	117
10.1.1	Proyecto 1: Restauración de poblaciones de coral con cultivos naturales cerca del área afectada. 117	
10.1.2	Proyecto 2: Restauración de corales con estructuras artificiales	119
10.2	Línea estratégica Manglares	120
10.2.1	Proyecto 3: Recuperación y protección de áreas de manglar	120
10.2.2	Proyecto 4: Programa de mantenimiento y limpieza en los ecosistemas de manglares	122
10.2.3	Proyecto 5: Establecimiento de un vivero comunitario para la reforestación de los manglares 123	
10.3	Línea estratégica Pastos marinos	125
10.3.1	Proyecto 6: Recuperando los ecosistemas de pastos marinos de la bahía de Cartagena.....	125
10.4	Línea estratégica Playas	126
10.4.1	Proyecto 7: Protección y rehabilitación de playas	126
10.4.2	Proyecto 8: Programa de educación ambiental y limpieza de playas	127
10.5	Línea estratégica ecosistemas acuáticos de la bahía	129
10.5.1	Proyecto 9: Programa de monitoreo del estado de salud de las ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena	129
10.5.2	Proyecto 10: Programa de restauración física de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía en áreas con mayor actividad humana: urbanización, industria, puertos, vertimientos de aguas servidas, obstrucción de flujos hídricos y rellenos de escombros	130
10.6	Línea estratégica vertimientos de la bahía de Cartagena	132
10.6.1	Proyecto 11: Manejo de vertimientos generados por actividades de acuicultura, agroindustria y ganadería.....	132
10.6.2	Proyecto 12: Manejo de vertimientos de actividades de elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebidas.....	134
10.6.3	Proyecto 13: Manejo de vertimientos de ARD (servicios, oficinas, restaurantes, viviendas). 137	

10.6.4	Proyecto 14: Manejo de vertimientos de actividades de hidrocarburos y generación de energía.	138
10.6.5	Proyecto 15: Manejo de vertimientos de la fabricación y manufactura (químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón)	141
10.6.6	Proyecto 16: Manejo de vertimientos generados por la fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón)	143
10.6.7	Proyecto 17: Manejo de vertimientos de las operaciones portuarias	145
10.6.8	Proyecto 18: Manejo de vertimientos de las fuentes difusas	147
11	CRONOGRAMA	153
12	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155

Lista de figuras

Figura 1. Mapa geomorfológico de la bahía de Cartagena. Fuente: INVEMAR, 2007 en Aqua & Terra, 2016.	6
Figura 2. Ecosistemas de la bahía de Cartagena según el mapa de Ecosistemas continentales, Costeros y Marinos de Colombia.....	15
Figura 3. Ecosistemas marinos y costeros de la bahía de Cartagena. Fuente: Invemar, 2018.....	17
Figura 4. Áreas coralinas de la bahía de Cartagena. Fuente: Invemar, 2018.....	38
Figura 5. Distribución de los manglares en la bahía de Cartagena. Fuente: Invemar, 2018.	46
Figura 6. Zonas de manglar y zonas potenciales para la recuperación de los manglares en la bahía de Cartagena.	47
Figura 7. Distribución de las praderas de pastos marinos en la bahía de Cartagena en el periodo comprendido entre 1935 – 1945 (a) y el 2001 (b). Fuente: Díaz y Gómez (2003), modificado de Aqua & Terra, 2016.	54
Figura 8. Distribución de las Playas en la bahía de Cartagena. Fuente: Invemar, 2018	59
Figura 9. Distribución de los sistemas acuáticos (lagunas, ciénagas y ensenadas) en la bahía de Cartagena. Fuente: Invemar, 2018.....	64
Figura 10. Áreas prioritarias para la restauración de ecosistemas en la bahía de Cartagena (Modificado de INVEMAR, 2018).....	84
Figura 11. Secuencia y relaciones de los pasos para la restauración ecológica de los ecosistemas costeros (Vargas et al., 2012)	93
Figura 12. Acciones generales para la restauración ecológica de ecosistemas de corales (Jaap 2000 y Vargas et al., 2012).....	96
Figura 13. Acciones de restauración para los ecosistemas de pastos marinos en la bahía de Cartagena. Tomado de Vargas et al., 2012).....	100
Figura 14. Pasos para la regulación hídrica de los humedales costeros.....	105

Lista de tablas

Tabla 1. Listado de especies de peces en la Bahía de Cartagena. Fuente: Aqua & Terra, 2016 y REFICAR, 2019	25
Tabla 2. Especies de corales escleractinios registrados por Marrugo y Alvarado (2014) en el canal de Varadero, Cartagena.....	39
Tabla 3. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas coralinos de la bahía de Cartagena.....	42
Tabla 4. Clasificación y estado de los manglares en la bahía de Cartagena. Fuente: Modificado de CARDIQUE, 2007.	48
Tabla 5. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas de manglar en la bahía de Cartagena.	52
Tabla 6. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas pastos marinos de la bahía de Cartagena.	57
Tabla 7. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas de playas de la bahía de Cartagena.....	61
Tabla 8. Principales disturbios y sus consecuencias para el ecosistema acuático de la bahía de Cartagena.	68
Tabla 9. Atributos para evaluar el estado de los corales en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018)	72
Tabla 10. Indicadores de estado del ecosistema coralino que requieren levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018)	73
Tabla 11. Atributos para evaluar el estado de los manglares de la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018)	75
Tabla 12. Indicadores de estado de los manglares que requieren levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018)	75
Tabla 13. Indicadores de estado del ecosistema de pastos marinos que requiere levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018)	76
Tabla 14. Atributos para evaluar el estado de las playas en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).....	77
Tabla 15. Indicadores de estado de las playas que requieren levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018)	79
Tabla 16. Atributos para evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos (Ciénagas, lagunas, ensenadas) (INVEMAR, 2018).....	79
Tabla 17. Rangos de calificación del impacto generado por vertimientos en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018)	82
Tabla 18. Priorización de los objetos de restauración en los ecosistemas marinos y costeros de la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).....	83
Tabla 19. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de ecosistemas coralinos en la bahía de Cartagena.....	86
Tabla 20. Objetivos, metas e indicadores para la restauración los manglares en la bahía de Cartagena.....	87
Tabla 21. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de los pastos marinos en la bahía de Cartagena.	88
Tabla 22. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de las playas en la bahía de Cartagena	89
Tabla 23. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de los ecosistemas acuáticos en la bahía de Cartagena.	89
Tabla 24. Pasos para la restauración ecológica de los ecosistemas costeros (Vargas et al., 2012).....	94
Tabla 25. Lista de actores que intervienen en el uso, gestión y manejo de la bahía de Cartagena.	107
Tabla 26. Cronograma para el desarrollo de los proyectos de recuperación, rehabilitación y restauración de la bahía de Cartagena.....	153

Presentación

La Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique –CARDIQUE–, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” –INVEMAR– y la Universidad EAFIT a través del Proyecto BASIC (Proyecto de investigación aplicada sobre las Interacciones entre Cuencas, Mar y Comunidades en la zona costera de Cartagena: “Construyendo Resiliencia en la Bahía Cartagena”) vienen trabajando en los últimos años en la bahía de Cartagena con la misión de levantar información sobre el estado de la bahía y generar herramientas para la gestión ambiental de la bahía de Cartagena.

Desde 2014 el proyecto BASIC viene realizando estudios de hidrología costera enfocados en el monitoreo de la calidad del agua y de los sedimentos en la Bahía de Cartagena. El análisis de parámetros físico químicos, microbiológicos y de contaminantes ha permitido la evaluación del impacto de actividades humanas y de la variación climática sobre la bahía, además de generar mapas de vulnerabilidad de calidad de las aguas. Toda esta información ha sido incorporada en la modelación hidrodinámica para pronosticar la dispersión de agua dulce del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena bajo escenarios futuros de la cuenca Magdalena. Todos estos esfuerzos logísticos y de investigación buscan generar herramientas de adaptación para el manejo integrado de los recursos hídricos en la zona costera de Cartagena dirigidas hacia la reducción de riesgos de contaminación, la conservación de servicios ecosistémicos y la adaptación al cambio climático.

En este sentido, El proyecto BASIC y CARDIQUE presentan el Programa de Rehabilitación y Restauración de Ecosistemas Marinos y Costeros Degradados, Conservación de Especies y Biodiversidad Marina de la Bahía de Cartagena, con el propósito de rescatar los pocos ecosistemas marinos de la bahía, ampliar sus coberturas, mejorar su estado de salud, disminuir los tensores ambientales y reducir la contaminación de la bahía.

Solo el trabajo interdisciplinario con los diferentes actores que intervienen en la bahía de Cartagena: entidades del Gobierno, empresarios, universidades, centros de investigación, ONGs nacionales e internacionales y las comunidades locales lograrán el objetivo de una bahía resiliente con mayor capacidad de adaptación de los ecosistemas frente al cambio climático y las presiones antrópicas y con una mayor oferta de biodiversidad y de servicios ecosistémicos.

1 MARCO CONTEXTUAL

1.1 Dimensión Socioeconómica y política

1.1.1 Actividades económicas

Cartagena actualmente es fuente de industria y progreso al contar con una zona portuaria donde se mueve el 60% del comercio marítimo del país, con más de 2500 industrias que aportan el 6 % del PIB nacional, y con crecientes inversiones en turismo que la consolidan como una de las ciudades de mayor proyección internacional en Colombia (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014). Asimismo, Cartagena cuenta con 28297 empresas, concentrando el 86.6% del tejido empresarial en los municipios de la jurisdicción de la Cámara de Comercio de Cartagena, de las cuales aporta más del 92% al empleo generado en la región, y el 97% por concepto de activos e ingresos por ventas (Cámara de Comercio de Cartagena, 2015). Este comportamiento ha sido impulsado por la importancia de Cartagena como cuarta ciudad industrial de Colombia, mayor productora de sustancias químicas (más del 50 % de la producción nacional), mejor puerto del Caribe, líder en turismo de cruceros y convenciones y con la refinería de petróleo más moderna de Latinoamérica (REFICAR S.A.), cuya construcción demandó la mayor inversión de recursos públicos del país en un proyecto productivo en los últimos 15 años, y cuya operación aumentará el PIB nacional en 1%, y el PIB de Bolívar en 11%, según estimaciones del Banco de la República (Cámara de Comercio de Cartagena, 2015).

La industria se concentra en el conglomerado localizado en la zona de Mamonal, distribuido principalmente en 2539 empresas. Este sector representa el 95% del PIB del Cuarto Informe Técnico Convenio 659 - Código PRY-BEM-016-17 71 industria del departamento de Bolívar y aporta el 6% al PIB nacional. Las principales áreas de desarrollo que se desenvuelven allí son: el petróleo y sus derivados, el plástico, las materias primas industriales, los productos químicos y, en menor importancia, el sector de bebidas y alimentos (Cámara de Comercio de Cartagena, 2015). La infraestructura portuaria de Cartagena es una de las más completas del país, en la cual se maneja el 60% de la carga total en contenedores. Los muelles privados de servicio público entre los que cuentan la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena (SPRC) y la Sociedad Portuaria de Mamonal, Compas y Contecar manejan cerca del 20% de la carga total movilizada por Cartagena. El resto es manejado directamente por más de 20 muelles privados de las empresas de Mamonal. Cartagena ha venido ganando espacio a nivel nacional y a partir del año 2000 se ubicó como el puerto número uno de la costa Caribe (Acosta, 2012).

Cartagena maneja el 66% de la carga contenerizada del país y el 59% de las operaciones de aduanas; y el 40% de la carga origen y destino Pacífico que transita por el país. Existen siete puertos de carga pública y 53 concesiones portuarias privadas. En este sentido, la profundidad de la bahía de hasta 20.5 metros, que le confiere una buena capacidad receptora de barcos PostPanamax. Sumado a las diferentes actividades productivas ya mencionadas, Cartagena de Indias por su riqueza histórica y paisajística es considerada la capital turística de Colombia, donde se realiza el turismo patrimonial y el de sol y playa, que son ventajas comparativas. Además, la ciudad ha venido consolidando otras líneas de servicios turísticos como, por ejemplo, la organización de congresos, rondas de negocios y la recepción de cruceros, entre otros. Según la Cámara de Comercio de Cartagena (2014) el sector turismo cuenta con 2610 empresas principales y activos por \$1.6 billones, siendo la apuesta productiva con mayor número de empresas identificadas en el Plan de Competitividad para la ciudad y el departamento, donde la tasa de ocupación hotelera de 2013 superó el 65 % (Cámara de Comercio de Cartagena, 2015).

Las 95 empresas ubicadas en el área de estudio de la bahía de Cartagena, de las cuales se obtuvo información de las caracterizaciones de vertimientos, representan siete actividades económicas de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme-CIIU revisión 4 adaptada para Colombia: 1) actividades de acuicultura, agroindustria y ganadería; 2) Aguas residuales domésticas - ARD (servicios, oficinas, restaurantes y viviendas); 3) elaboración y procesamiento de alimentos y bebidas; 4) fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón); 5) fabricación de productos (químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón); 6) hidrocarburos y generación de energía y, 7) operaciones portuarias (INVEMAR-MINAMBIENTE, 2018).

En las actividades económicas menores, pero de gran impacto socioeconómico para los pequeños centros poblados de la isla Tierra Bomba, se observa una dinámica económica asociada a los procesos productivos del sector primario dependiendo en gran medida de la pesca artesanal. No obstante, existen otras dinámicas productivas menores asociadas a la actividad agropecuaria, el turismo y las artesanías. La pesca artesanal es la principal actividad asociada a la productividad del sector primario, además de tener el significado cultural más importante para las comunidades negras de la bahía (Aqua & Terra, 2016).

1.1.2 Contexto político

La ciudad de Cartagena contó con 973.045 habitantes en el 2018 y 1.003.685 millones de habitantes en el 2019. De acuerdo a esta proyección Cartagena llegará a una población de 1.028.736 en 2020; 1.043.926 en el 2021; 1.055.035 en el 2022 y 1.065.570 en el 2023. Se encuentra en el quinto lugar de los municipios con mayor población de Colombia y el segundo para las ciudades del Caribe después de Barranquilla; contribuyendo con un 2.7 % a la población del país (DANE, 2021). Por su parte, el plan de desarrollo de Cartagena “primero la gente” 2016-2019, insta al ordenamiento del territorio basado en la sostenibilidad ambiental, apuntando a la revitalización de los espacios urbanos y rurales asociados a los cuerpos de agua, mitigando los impactos de los riesgos asociados del cambio climático adaptando el territorio frente al mismo. Dicho plan de desarrollo contempla en su eje estratégico nominado “medio ambiente y gestión del riesgo”, los programas: 1) Cartagena Competitiva y Compatible con el Clima 4C, 2) Monitoreo Control, Vigilancia y Seguimiento Ambiental, 3) Educación Ambiental, 4) Gestión Integral del Recurso Hídrico, 5) Vegetación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos y 6) Negocios Verdes Producción y Consumo Sostenible (Alcaldía Distrital de Cartagena de Indias D.T. y C., 2016).

Por su parte, existen comunidades asentadas sobre la Isla Tierra Bomba en donde se encuentran pequeños centros poblados como Bocachica, Caño del Oro e Isla Arena. Estas comunidades presentan una situación crítica en lo relativo al acceso de servicios públicos debido a la inexistencia de la mayoría de estos servicios, situación que afecta la calidad de vida. El servicio que presenta la más alta cobertura, es el servicio de energía, pero el servicio de agua y alcantarillado es inexistente.

El suministro de agua para consumo se desarrolla en condiciones informales a través de embarcaciones cisterna proveniente de la Ciudad de Cartagena. El agua es dispuesta en tanques para su almacenamiento y luego es distribuida a la población para su consumo a través de motos adaptadas en su parte posterior o con una carreta que soporte un tanque de agua. De la misma manera, a través de baldes y bongos se almacena agua lluvia para el desarrollo de las actividades propias del hogar. El agua para consumo humano, es comercializada y tiene un costo por pimpina o lata de \$100 pesos. Este servicio es prestado por personal de la comunidad y representa una fuente de ingresos de algunas familias en la población. También se accede al agua para consumo a través de la compra en botella o bolsa del agua que se comercializa en tiendas y restaurantes. En ambas comunidades existen pozos de agua dulce de los cuales pocas familias extraen el recurso agua para uso domiciliario (Aqua & Terra, 2016).

Con relación al servicio de alcantarillado, la disposición de aguas negras se realiza en inodoro con pozo séptico, también prevalece la utilización de letrinas o disposición a cielo abierto, generando un riesgo para las comunidades por la posibilidad de contraer enfermedades como diarrea y cólera, que en muchos de los casos puede ser mortal. En algunos sectores de los Corregimientos, se evidencia zonas para el desagüe de aguas residuales expuestas, que como disposición final llegan a la bahía de Cartagena (Aqua & Terra, 2016).

1.2 Dimensión Física

1.2.1 Geología y geomorfología

La bahía de Cartagena se caracteriza por presentar rocas sedimentarias, en su mayoría de origen marino, tanto profundo como litoral, con edades que van desde el Paleoceno hasta depósitos recientes, influenciados por movimientos tectónicos transpresivos (contracción) a lo largo del cinturón Sinú-San Jacinto (INGEOMINAS, 2001). De igual forma, la bahía es considerada un depósito de ambiente sedimentario moderno, influenciado por procesos continentales y oceánicos y variaciones espaciales significativas en cuanto a composición y clasificación textural de los sedimentos. Las características geológicas actuales de la cuenca son el resultado del continuo aporte de sedimentos de origen continental transportados a través del Canal Dique, donde en un período de 24 años la bahía de Cartagena pasó de poseer un fondo caracterizado por arenas, lodos y limos con dominio de las facies limo biolitolástico, lodo litoclástico y litobiolitolástico (CIOH, 1983) al presentar un dominio marcado por las facies arcillas y lodo litoclásticas identificadas en el estudio de Franco et al. (2013). Las unidades geomorfológicas bajas en la bahía de Cartagena, corresponden a playas y playones antiguos, llanuras costeras conformadas por depósitos aluviales sobre antiguos ambientes marinos consolidados; llanuras intermareales y manglares; planos aluviales, formados a partir de la deposición de los drenajes y arroyos; ciénagas y lagunas costeras de baja profundidad y arrecifes coralinos de tipo franjeantes. En cuanto a unidades geomorfológicas de relieve estructural, se destacan las lomas y colinas entre 10 y 150 m, como las encontradas en Tierra Bomba en los cerros de Guanguí, Picón y la loma La Vigía (Aqua & Terra, 2016).

1.2.1.1 Unidades geomorfológicas de la bahía de Cartagena

El ámbito geográfico de la Bahía de Cartagena comprende parte de la ciudad de Cartagena, Mamonal, Pasacaballos y Ararca. La Bahía es catalogada como una laguna costera de origen tectónico, delimitada y separada del mar por la isla de Tierrabomba y las espigas de Bocagrande y El Laguito. Tiene una configuración elongada de 82 km² y una profundidad promedio de 30 m. El fondo es

interrumpido por arrecifes de 15 a 20 m de altura. La descripción de las unidades geomorfológicas (Figura 1) corresponde al levantamiento de información del POT de Cartagena (2000).

1.2.1.1.1 Playones.

Estas expresiones de topografía baja, localizados en el sector nororiental de Cartagena, se extienden en forma continua a manera de franjas angostas entre el barrio Crespo y la zona norte de Mamonal, encerrando en su interior caños de forma alargada. Localizados en el sector este y oeste de la isla de Tierra Bomba, estos playones están constituidos por arenas calcáreas de color crema, grano fino a grueso, asociadas a playas antiguas. Está en contacto hacia la parte posterior por colinas y hacia el mar define un escarpe de 0.50 m de altura.

El otro playón, localizado al noroeste de la isla, está delimitado en sus costados por terrazas marinas. Hacia la parte posterior está en contacto con una zona de manglar y hacia el mar con una playa de 10 m de amplitud, las cuales muestran signos erosivos como escarpes de 0,50 m de altura. Sobre el playón se localizan dunas de 0,80 m de altura semivegetadas.

1.2.1.1.2 Llanuras de inundación.

Se localizan a lo largo del costado oriental de la bahía de Cartagena en el sector industrial de Mamonal. En algunos sitios limitan hacia el continente con antiguos playones, las llanuras costeras y las colinas. Presentan su máxima amplitud de 160 m en las piscinas de Álcalis y la menor amplitud de 12 m al sur de la Bahía. Actualmente estas geoformas han sido modificadas por rellenos para las instalaciones portuarias e industriales.

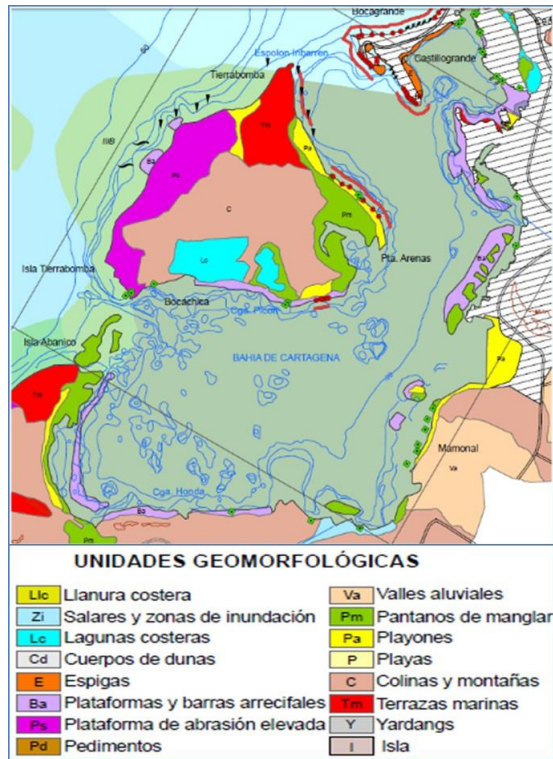


Figura 1. Mapa geomorfológico de la bahía de Cartagena. Fuente: INVEMAR, 2007 en Aqua & Terra, 2016.

1.2.1.1.3 Zonas de Manglar.

Afloran a manera de parches a todo lo largo del costado este de la bahía de Cartagena. En algunos sitios están asociadas a las zonas de inundación mientras que en otros aparecen colonizando antiguas terrazas coralinas. La zona de manglar más extensa en Tierra Bomba se localiza al oeste de la isla, donde aparece encerrando una serie de ciénagas internas de diferentes tamaños, entre Bocachica y Punta Arenas. Se presenta en forma paralela a todo lo largo de la espiga de Punta Arena y se prolonga hacia el sur hasta alcanzar amplitudes de 600 a 1000 m.

En el sur de la Bahía, sobre la costa norte de Barú aparecen bordeando las ciénagas e islotes, colonizando los cordones litorales de Ciénaga Honda, como franjas discontinuas demarcando la línea de costa y bordeando las ciénagas de Coquito.

1.2.1.1.4 Ciénagas.

Corresponden a zonas bajas inundables que se encuentran restringidas al noreste de la isla de Tierra Bomba, en la parte posterior de la espiga de Punta Arenas. Se presentan de diferentes formas y tamaños, rodeadas por manglar. La de mayor extensión presenta forma alargada, está en proceso de colmatación y adicionalmente está siendo intervenida antrópicamente al ser rellenada con escombros, con el fin de construir sobre ella.

En el área de Barú se presentan las ciénagas Honda y Coquito. La Ciénaga Honda, localizada en el costado oeste la población de Pasacaballos, con una extensión de 1400 m, está separada de la bahía de Cartagena por un cordón o barra arrecifal de 1.250 m de longitud, colonizada por manglar, presentando un canal de acceso a la ciénaga en el sector occidental. Hacia el este de esta ciénaga se encuentran camaroneras.

Al oeste de la anterior se localiza la Ciénaga de Coquito, de forma alargada, con amplitud promedio de 600 m. Se encuentra rodeada por manglar y se comunica con la Bahía de Cartagena a través de una boca ubicada al oeste. Al igual que en la anterior, también se presentan camaroneras al sur.

1.2.1.1.5 Espigas.

Esta geoforma, correspondiente a la espiga de Bocagrande, se desprende desde la punta Santo Domingo en dirección noreste-suroeste en una longitud aproximada de 3.5 km. En su extremo distal se desarrolla la forma de gancho dando lugar al sector de El Laguito y cambia a dirección noroeste-sureste generando la espiga de Castillogrande que se extiende una longitud de 2 km.

La espiga de Punta Arena, que se presenta como un cuerpo arenoso con forma de gancho, se proyecta desde la terraza marina en dirección este-oeste en una longitud de 3.900 m y una amplitud de 220 m, con altura hasta de 1 m. Está constituida por fragmentos coralinos y arena de grano fino a medio, color crema; se encuentra limitando hacia el sur con zonas de manglar y ciénagas internas. A todo lo largo de la espiga se aprecia una serie de playas con evidencia erosiva reflejada por el fenómeno de overwash. Asociadas a esta espiga están las playas denominadas "playas doradas", que se constituyen en las playas de mayor afluencia turística de la isla.

1.2.1.1.6 Playas.

Estos depósitos de material no consolidado dispuestos a manera de franjas paralelas a la línea de costa, en el área están asociados a antiguos playones, espigas y, en menor proporción, a las terrazas coralinas. En la descripción de la zona urbana se describieron las playas correspondientes.

En el resto de la Bahía se presentan en La isla de Manzanillo y en forma continua en los sectores de Tierra Bomba, Bocachica, a todo lo largo de la espiga de Punta Arenas y a manera de parches en el sector oeste de la isla. Sus amplitudes varían entre 2 y 20 m, siendo las más angostas las ubicadas cerca del poblado de Tierra Bomba y las de mayor amplitud se localizan en la espiga de Punta Arenas, al ser controladas por espolones. Están constituidas por arenas calcáreas de grano fino a muy grueso, de color crema a amarillo; se formaron como producto de la degradación de los corales como consecuencia del fuerte oleaje.

1.2.1.1.7 Lomas y colinas.

En la descripción de la zona urbana se presentaron las lomas existentes allí. Se señalarán aquí las del resto de la Bahía.

En la isla de Tierra Bomba las lomas y colinas constituyen la unidad de mayor extensión y se presenta en forma alargada en sentido norte-sur, con alturas que no sobrepasan los 80 m, donde sobresalen los cerros de Guanguí, Picón y La Vigía. Las lomas de menor altura están constituidas por sedimentos detríticos (areniscas friables de grano fino y color café). Desarrollan una morfología suavemente ondulada, mientras que las mayores alturas están asociadas a las calizas arrecifales (bancos de calizas de 2 y 3 m de altura y areniscas calcáreas). Al suroeste de la Bahía de Cartagena estas expresiones topográficas constituyen un relieve ondulado e irregular formado por la Loma Coquito, Loma Mohán y Cuchilla El Barranco que se extiende desde el oeste del Canal del Dique hasta el sur de la ciénaga de Portonaito en Barú.

1.2.1.1.8 Llanuras Costeras.

Corresponden a zonas de topografía baja susceptibles a inundación. Están constituidas por material arcilloso y fragmentos de conchas. Aparecen en el centro y sur del sector de Mamonal como dos cuerpos aislados que se extienden entre 1.5 y 2.6 km en dirección este-oeste. Están en contacto con las colinas y limitan hacia el mar por las zonas anegadizas.

1.2.1.1.9 Plataformas de abrasión elevadas.

En su mayoría, estas superficies planas desarrollan alturas entre 2 y 8 m sobre el nivel del mar actual, formando acantilados y paleoacantilados. Aparecen en la isla de Tierra Bomba donde conforman un cuerpo alargado en dirección noroeste-sureste, extendiéndose en una longitud de 2.900 m y amplitud promedio de 400 m. Hacia el norte está en contacto con la terraza coralina, al sur con una zona de manglar y al este las colinas. En la isla las plataformas definen el perfil costero en forma acantilada que alcanzan los 7 m de altura en su parte septentrional y 1.50 m al sur, cortados a todo lo largo por hendiduras o "notches" y cavernas, estas últimas labradas sobre la roca a lo largo del acantilado como resultado de la acción marina que aprovecha las zonas de debilidad y la litología de la misma. Los notches se encuentran a 4 m sobre el nivel del mar y representan antiguos niveles del mar.

Al sur de Punta Varadero esta geoforma se extiende en dirección noreste, alcanzando alturas de 6 m en promedio, con desarrollo de cavernas y notches o hendiduras que evidencian antiguos niveles del mar.

1.2.1.1.10 Terrazas marinas.

Constituyen superficies planas, escarpadas y levemente inclinadas hacia el mar. Según Richard et Broecker 1963; Burel et al, 1981, estas geoformas se formaron durante la última transgresión marina con edades comprendidas entre 3.000 y 1.500 años AP. Es importante anotar que, a diferencia de las plataformas de abrasión que se originan por procesos erosivos, estas unidades se formaron por depositación marina. Esta geoforma aparece como un cuerpo aislado de forma triangular conformando la isla Manzanillo localizada al este de la bahía de Cartagena, con alturas variables entre 0.50 y 2 m, constituida por fragmentos coralinos (*Porites porites*) de color blanco cementados en una matriz arenosa.

La de mayor altura (entre 20 y 25 m) aflora al noroeste de la isla Tierrabomba. En el extremo noroeste de la isla se presenta otro nivel de terraza más bajo, con alturas entre 1 y 4 m, infrayacida por arcillolitas fuertemente fracturadas.

1.2.2 Climatología e hidrología

El clima de la bahía de Cartagena, está regido por las condiciones climatológicas del Caribe colombiano, donde se presentan tres condiciones climáticas anuales: lluviosa (septiembre-noviembre), seca (diciembre- marzo) y de transición (mayo-julio), establecidas por la posición de la Zona de

Convergencia Intertropical (ZCIT), estando influenciadas por la aparición de los vientos Alisios del noreste (Andrade, 1993; CIOH, 2004). Durante la época seca, el viento presenta sus máximos con valores promedio provenientes del norte y la precipitación es mínima, mientras que de mayo a noviembre (época húmeda), el viento es más débil, con procedencia en su mayoría del norte (con componentes de noroeste y oeste) e incrementos en la precipitación (Bernal, et al., 2006). De igual forma se ha identificado que las épocas climáticas condicionan la hidrodinámica de la bahía, por ejemplo la circulación, ya que durante la época seca el agua marina ingresa a la bahía por el norte a través de Bocagrande, mientras que en el Canal del Dique se registran los menores aportes de caudal, ocasionando que la columna de agua se estratifique; mientras que en época de transición y de lluvias, el flujo se invierte, dirigiéndose la corriente hacia el norte, debido al debilitamiento de los vientos Alisios y al incremento de los caudales del Canal del Dique, generando una mezcla de la columna de agua (Lonin y Giraldo, 1996; Franco et al., 2013; Restrepo et al., 2013).

1.2.3 Sedimentos y calidad de aguas

Los estudios realizados por el proyecto BASIC permiten hacer una buena descripción de los sedimentos y la contaminación de la bahía de Cartagena. Los sedimentos en su mayoría están conformados por lodos litoclásticos pobremente clasificados, cuya textura está determinada por la dinámica fluvial del Canal del Dique, el cual ha sido el responsable de la introducción de estos sedimentos finos de origen terrígeno que dominan la bahía (Restrepo, et al., 2013). Los sedimentos de grano más fino se encuentran en la zona de Mamonal y área de influencia del Canal del Dique, mientras que las de mayor grano se ubican en Tierrabomba, Bocagrande, playa Castillogrande y Bocachica (INVEMAR-MINAMBIENTE. 2018).

El Canal del Dique transfiere a la bahía de Cartagena las aguas dulces que fluyen a través del río Magdalena desde su nacimiento en las montañas andinas. Estas aguas traen consigo los sedimentos arrastrados de los terrenos de la cuenca del Magdalena, la cual cubre un área de 260 000 km², el 25% del país y algunas de las zonas más desforestadas e industrializadas de Colombia. Consecuentemente, la cantidad de sedimentos descargada en el mar a través del Canal del Dique es significativa. Este flujo varía en las temporadas de lluvia y sequía, con un rango entre 500 y 6500 toneladas de sedimentos son descargadas del canal a la bahía de Cartagena diariamente (Tosic et al., 2018, 2019a). Más preocupante todavía es que a lo largo de la última década, el flujo de sedimentos en el canal se ha incrementado en un 48% y se proyecta aumentar hasta un 260% en el año 2020 (Restrepo et al., 2018).

Por medio de grandes plumas de turbidez, las aguas dulces y los sedimentos del Canal del Dique se dispersan a través de la bahía de Cartagena. Los sedimentos más gruesos gravitan hasta el fondo de ella, donde se acumulan en grandes cantidades que requieren remoción frecuente por dragado para permitir el tránsito de buques. Mientras tanto, los sedimentos menos gruesos se quedan suspendidos en las aguas superficiales de la bahía debido al fuerte gradiente de densidad que mantiene las aguas dulces por encima de las más densas aguas salinas. Las plumas de aguas turbias se extienden en diferentes patrones, según las condiciones de vientos y caudal del canal. Entre enero y abril, el bajo caudal y viento fuerte del norte empujan las plumas hacia el suroeste de la bahía, donde salen mar afuera por el estrecho de Bocachica; mientras que, entre septiembre y diciembre, el viento débil y el impulso fuerte del caudal las dirigen a la parte central de la bahía, desde donde se dispersan hasta cubrir la bahía completa. Durante el pico del caudal, las concentraciones de sedimentos suspendidos alcanzan hasta 50 mg/l en el sector de Bocagrande (proyecto BASIC; Tosic, 2019b).

El exceso de sedimentos presenta impactos directos sobre los ecosistemas marinos. En tanto los sedimentos bajan por la columna del agua, caen sobre los ecosistemas del fondo como los arrecifes de coral y los pastos marinos. Por su baja altura, los corales pueden estar cubiertos y ahogados prontamente por la sedimentación. Aunque los pastos son menos vulnerables a la sedimentación, también tienen un límite de resistencia. En el caso de la bahía de Cartagena, este límite fue sobrepasado, trayendo como consecuencia la erradicación de sus corales y pastos marinos. Los sedimentos suspendidos en las aguas superficiales también impactan indirectamente los ecosistemas marinos al reducir la claridad del agua. Las plumas del Canal del Dique tienen un efecto enorme en la bahía de Cartagena, donde reducen la transparencia en 80% aproximadamente. Los organismos fotosintéticos, como los corales y pastos, dependen de la luz para su alimentación y representan la base del ecosistema marino. Pero cuando las plumas de turbidez limitan el sustento y crecimiento de estos organismos, el ecosistema se degrada (proyecto BASIC; Tosic, 2019b).

El Canal del Dique también transfiere a la bahía de Cartagena una gran carga de nutrientes, como nitrógeno y fósforo. Estos nutrientes provienen de fuentes diversas de la cuenca del Magdalena, como las aguas residuales domésticas e industriales, además de los fertilizantes agregados al suelo en las zonas de agricultura que se han expandido significativamente en las últimas décadas. Sin embargo, las fuentes locales en la zona costera de la bahía Cartagena, como las aguas residuales domésticas e industriales, son una fuente significativa de nitrógeno y materia orgánica también (Tosic et al., 2018). De forma similar a los sedimentos, los nutrientes son compuestos naturales siempre presentes en

ambientes acuáticos. Pero cuando se encuentran en concentraciones excesivas, se consideran contaminantes por el impacto perjudicial que tienen sobre el ecosistema marino derivado del proceso de “eutrofización”.

Por una parte, el aumento de nutrientes perturba el equilibrio natural de los corales que están acostumbrados a bajas concentraciones de estos. De otro lado, las aguas enriquecidas por nutrientes favorecen las macroalgas que compiten con los corales por espacio y luz, y en casos extremos, los nutrientes pueden causar la muerte de los corales. Por otra parte, las concentraciones excesivas de nutrientes resultan en el florecimiento del fitoplancton. Estas algas microscópicas viven en la columna de agua y cuando florecen, generan un pigmento verde que reduce su claridad. En otras palabras, los nutrientes contribuyen a la turbidez del agua por el florecimiento que producen. En la bahía de Cartagena, las mediciones del pigmento verde de fitoplancton (la clorofila-a) muestran que los florecimientos son más pronunciados entre enero y abril debido al menor tamaño de las plumas turbidas en esta época, que permite llegar más luz a la columna de agua donde el fitoplancton realiza la fotosíntesis. Las concentraciones promedio de nitrato-nitrógeno (118.2 µg/l), fosfato-fósforo (38.1 µg/l) y clorofila-a (4.4 µg/l) en las aguas superficiales de la bahía de Cartagena entre 2014-2016 la clasifican en “mala condición” según los criterios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos para aguas del Caribe (Tosic et al., 2019b).

Al final del proceso de eutrofización, el fitoplancton muere y el agua se queda con una abundancia de materia orgánica que requiere descomposición. Además, la bahía recibe un aporte de entre 4.2 y 27.6 toneladas diarias de materia orgánica provenientes del Canal del Dique, las aguas residuales de la zona industrial Mamonal y de las zonas urbanas sin tratamiento alrededor de la bahía (Tosic et al., 2018). El proceso natural de descomposición consume oxígeno del agua, sin embargo, una carga de materia orgánica tan grande implica una deficiencia de oxígeno para el ecosistema marino.

Los bajos niveles de oxígeno disuelto son comunes en las aguas de la bahía de Cartagena donde se han observado concentraciones por debajo de la norma nacional (4 mg/L) a partir de los cinco metros desde la superficie hasta el fondo de la bahía. La limitación de oxígeno, o condición hipóxica, puede ser aliviada gracias a la circulación generada por los vientos, sin embargo, entre los meses de mayo y diciembre, cuando los vientos son débiles, la bahía carece de suficiente circulación para compensar la pérdida de oxígeno por la descomposición de materia orgánica (Tosic et al., 2019c). El oxígeno es un elemento esencial y su ausencia limita el crecimiento y reproducción de los organismos marinos.

Dadas las condiciones hipóxicas observadas en la bahía de Cartagena, es probable que la falta de oxígeno sea uno de los factores involucrados en la disminución del recurso pesquero en los años recientes, en adición a otros factores como derrames químicos y petrolíferos, la sobrepesca, así como el alcantarillado de la ciudad.

El flujo de sedimentos del río Magdalena arrastra al mar los metales presentes en la tierra de las cordilleras de los Andes. En la bahía de Cartagena, la contaminación por mercurio ha sido identificada en los sedimentos, organismos marinos, aves y poblaciones humanas a través de muchos estudios. Investigaciones recientes encontraron varios metales en altas concentraciones en los sedimentos de la bahía, incluyendo no solo el mercurio, sino también el cromo, cobre y níquel. Varios metales se encuentran en los sedimentos de la parte central de la bahía con concentraciones superiores a los niveles de impacto potencial (TEL), incluyendo el cadmio, cromo, cobre, níquel y mercurio (Tosic et al., 2019b).

La contaminación por metales en la bahía de Cartagena es una problemática compleja y multifactorial. Además del Canal del Dique, otra fuente de los metales es la zona industrial de Mamonal alrededor de la bahía. Análisis comparando las concentraciones de estos metales en el Canal del Dique con los sedimentos en la zona industrial del Mamonal sugieren que el Canal del Dique es la fuente principal del cadmio, plomo y níquel; el sector industrial del Mamonal es la fuente principal del cromo; el mercurio se debe principalmente a la contaminación histórica debajo de la bahía; mientras ambos el Canal del Dique y el sector Mamonal son fuentes principales del cobre, arsénico y zinc (Proyecto Basic, en curso, 2021). Igualmente, concentraciones comparables de mercurio (entre 0.01 y 0.12 mg/kg) también han sido encontradas en los sedimentos del río Magdalena (Tejeda-Benítez et al., 2016). No obstante, actualmente no hay suficiente información sobre los vertimientos industriales para concluir sobre fuentes específicas en esta zona. Aun así, existe un referente de un caso histórico de contaminación por mercurio causado por una planta de cloralkali que operaba en la bahía entre 1967 y 1978, dejando concentraciones peligrosas de 33.2 mg/ kg en los sedimentos.

En adición a los sedimentos, nutrientes, materia orgánica y metales, la bahía de Cartagena también tiene problemas de bacterias, hidrocarburos y plaguicidas. La contaminación bacteriana se observa durante las temporadas de lluvia cuando la calidad sanitaria de las aguas de la bahía no cumple con los estándares nacionales e internacionales para recreación, incluyendo normas colombianas (coliformes fecales: >200 NMP/100 ml) y de la Organización Mundial de Salud (enterococos: >40

UFC/100 ml). Esto se debe a las aguas residuales domésticas de las poblaciones costeras sin servicio de alcantarillado, las cuales aportan entre 2.8 y 10.6×10^{15} NMP de coliformes fecales por día, además del sistema de alcantarillado de la ciudad que desborda a la bahía bajo condiciones de lluvia (Tosic et al., 2018). Mientras tanto, investigaciones han demostrado el impacto de hidrocarburos y plaguicidas sobre organismos marinos en la bahía, que podría esperarse en consideración de la gran cantidad de agricultura en la cuenca del Magdalena y las actividades perpetuas de tráfico marino.

Para poder asimilar tanta contaminación, las aguas de la bahía requerirían de una enorme circulación que promoviera su recambio por las aguas del mar. Sin embargo, los modelos hidrodinámicos muestran que la bahía se caracteriza por la baja frecuencia de recambio de las aguas. Durante la época de vientos, se genera bastante circulación y las aguas de la bahía pueden renovarse en un tiempo en unos 70 días. No obstante, en el resto del año, la renovación demora unos 97-99 días. Este bajo recambio de las aguas implica un limitante para la bahía ya que la renovación natural no es suficiente para contrarrestar los altos aportes de contaminación (Tosic et al., 2019c).

1.3 Dimensión Biológica y Ecológica

1.3.1 Biomas y ecosistemas

La bahía de Cartagena, de acuerdo al mapa de Ecosistemas continentales, Costeros y Marinos de Colombia pertenece al Gran bioma del bosque seco tropical (Figura 2). Este gran bioma se encuentra entre los 0 y 800 msnm y presenta una extensión total de 7.658.131 ha, encontrándose en él zonas de climas cálido seco y cálido muy seco. Su pluviosidad media anual fluctúa entre los 500 y 1.000 mm, alcanzando precipitaciones de hasta 2.000 mm en algunas regiones. El área de influencia costera ocupa dos (2) biomas, a saber: el Halobioma del Caribe y el Zonobioma seco tropical del Caribe. En estos biomas se identifican ecosistemas naturales y transformados a escala de trabajo 1:5.000. Así mismo, se establece influencia en la zona marina, se encuentra dentro de la Provincia del mar Caribe o de las Antillas, la ecozona es la Plataforma continental del Caribe, la ecorregión Galerazamba (ga) y Archipiélagos coralinos (ARCO). En la ecorregión (ga) predomina el paisaje marino plataforma lodosa de la ecorregión Galerazamba y la cobertura de Lagunas costeras; en la ecorregión (ARCO) predomina el paisaje marino plataforma lodosa de la ecorregión Archipiélagos coralinos con la cobertura de fondos someros de arenas y cascajo (Aqua & Terra, 2016).

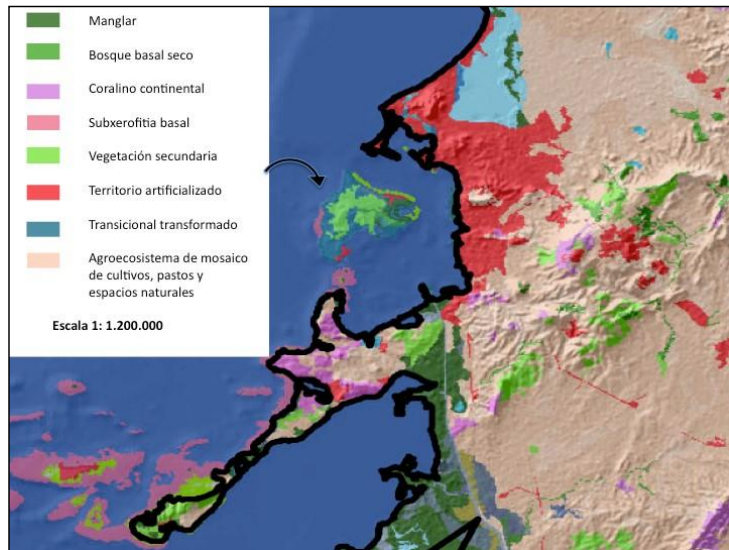


Figura 2. Ecosistemas de la bahía de Cartagena según el mapa de Ecosistemas continentales, Costeros y Marinos de Colombia.

La ecorregión Galerazamba abarca desde Bocas de Ceniza hasta la bahía de Cartagena, y su zona costera es de morfología variable y muy dinámica, generando procesos de erosión y acreción. Se caracteriza por presentar un descenso gradual a partir de los 20 m de profundidad entre la plataforma y el talud. Esta ecorregión presenta cuatro paisajes de fondo marino: banco lodo-arenoso y plataformas arenosas, lodosa y lodo-arenosa (Aqua & Terra, 2016).

La ecorregión Archipiélagos coralinos se caracteriza por presentar cerca de la costa domos diapíricos (tectonismo sin-sedimentario), colonizados por arrecifes vivos orientados en dirección este-oeste, conformando los archipiélagos del Rosario y San Bernardo y amplios mosaicos en los que se combinan bajos y bancos. Esta ecorregión presenta como paisajes del fondo marino bajos, bancos y plataformas en tres categorías: arenoso, lodoso y lodoarenosa (Aqua & Terra, 2016).

Los biomas en términos generales se definen como el conjunto de ecosistemas que poseen una fisionomía similar, que crecen bajo condiciones climáticas similares y que poseen especies de fauna y flora adaptadas a las condiciones (Ulloa-Delgado, 2010). Aunque existen categorías regionales que aplican para la Bahía de Cartagena y zonas aledañas, específicamente se identifican 3 biomas que

son afectados por las actividades y contaminación que se genera en la zona, en especial por los sedimentos del Canal del Dique.

1.3.1.1 Halohelobias (manglares)

Son pedobias azonales, es decir dependen más del suelo, que del clima y la altitud y son considerados los ecosistemas arbóreos más productivos del mundo al ser exportadores de materia y energía, que sustentan ecosistemas aledaños. Igualmente son clasificados como humedales dominados por especies vegetales llamadas mangles generadoras de bienes y servicios. Por su singularidad y ubicación en la línea intermareal de los litorales están dentro de los bienes de uso público más importantes para la protección de los litorales y de los cuerpos de agua como la Bahía de Cartagena. Su uso es restringido y lo cubre una normatividad específica para su conservación.

1.3.1.2 Psamobias (playas)

También son pedobias azonales y se refieren a las playas que marcan el límite entre el ambiente marino y el continental, cuya función ecológica se destaca por ser el hábitat de muchos organismos y soportar una vegetación particular. También son bienes de uso público con una legislación especial para su uso y generadores de bienes y servicios.

1.3.1.3 Xerobias y subxerobias (bosque seco)

Son zonobias que corresponden al bosque seco y son de génesis climática cuyo suelo y baja precipitación definen su composición florística y su funcionamiento. En el Zonobioma Seco Tropical se presentan diferentes climas: el cálido árido, el cálido semiárido y el cálido seco, entendiendo de esta manera que la evapotranspiración es mayor que la precipitación, por ende, en estos periodos hay una pérdida del follaje por parte de la vegetación como estrategia adaptativa frente al déficit del recurso hídrico como lo menciona Hernández-Camacho y otros (Halffter, 1992) Este tipo de zonobioma, domina en suelos consolidados de las islas de Barú y Tierra Bomba. Igualmente se localizan en las inmediaciones del litoral continental de la Bahía de Cartagena haciendo parte integral de la franja marino costera y de la vegetación insular.

En cuanto a los ecosistemas marinos y costeros dentro de la bahía, se observan pequeños bosques de manglar fragmentados por las presiones antrópicas; lagunas costeras; pequeños parches de praderas de pastos marinos en condiciones subóptimas; playas restringidas en sectores como Punta

Arenas y Bocagrande y otras pequeñas playas en algunos sectores de Tierra Bomba; áreas coralinas en los sectores de Varadero y la franja litoral del costado occidental de Tierra Bomba (Figura 3).



Figura 3. Ecosistemas marinos y costeros de la bahía de Cartagena. Fuente: Invermar, 2018.

1.3.2 Biodiversidad

“La biodiversidad se refiere a todas las formas de vida que existen en el planeta y a la manera funcional como estas se integran con el medio físico”. Para el Caribe colombiano aún no se cuenta con cifras concretas en biodiversidad, pero dada su complejidad ecosistémica representada por varios pisos térmicos y varios ecosistemas se sospecha de cifras significativas. En un catálogo de biodiversidad del Caribe de Mesa et al. (2016), se registra información sobre ecosistemas y especies de fauna y flora del Caribe con algunas particularidades sobre su historia natural y su estado de conservación. Muchas de estas especies se localizan en la Bahía de Cartagena y zonas aledañas y en este sentido

serán tenidas en cuenta posteriormente para su análisis, ya que, de manera específica, para esta bahía la información es fragmentada y la mayoría de registros se relacionan más con las zonas aledañas, como es el caso de la Ciénaga de la Virgen, Delta del Canal del Dique y Corales del Rosario. Aun con poca información sobre la biodiversidad de la bahía de Cartagena se realizó una descripción de los diferentes grupos taxonómicos de flora y fauna.

1.3.2.1 Fitoplancton

El fitoplancton tiene gran importancia ecológica en los ecosistemas marinos debido a que son los productores primarios del océano y, por tanto, proveen la primera fuente de alimento para la vida. Los cambios dependientes del tiempo en la biomasa del fitoplancton (dinámica del fitoplancton) son inducidos por un interjuego complejo de procesos físicos, químicos y biológicos. En los trópicos, donde la luz solar adecuada está disponible durante todo el año, la dinámica del fitoplancton es controlada por la concentración de nutrientes suministrados a las capas oceánicas más superficiales (Aqua & Terra, 2016).

En los sectores de Bocachica y Caño del Oro, Aqua & Terra, 2016 identificó un total de 16 taxa distribuidas en las divisiones Bacillariophyta (diatomeas) y Pyrrophytophyta (dinoflagelados). El grupo de las diatomeas fue el más representativo, presentándose en todos los puntos de monitoreo con un total 14 taxa correspondientes a *Bacteriastrum* sp., *Bacteriastrum* sp2., *Chaetoceros* sp1., *Chaetoceros* sp2., *Chaetoceros* sp3., *Chaetoceros* sp4., *Chaetoceros* sp5., *Coscinodiscus* sp., *Guinardia* sp., *Nitzschia* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Rhizosolenia* sp., *Skeletonema* sp., y *Thalassionema* sp. Con relación a lo anterior es importante mencionar que el grupo de las diatomeas o División Bacillariophyta constituyen el grupo más importante del fitoplancton debido a que son fuente principal de alimento para los siguientes eslabones de la red trófica, y debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los sistemas. Estas microalgas predominan por sobre otros grupos fitoplanctónicos, ya que se ven especialmente favorecidas por los eventos de surgencia que aportan aguas frías y ricas en nutrientes hacia la superficie (Aqua & Terra, 2016).

1.3.2.2 Perifiton

El perifiton es un componente fundamental de las comunidades bióticas acuáticas donde juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su

composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas. Es importante identificar que estos organismos necesitan de un sustrato para ubicarse, por lo que existen diferentes grupos, según el tipo de sustrato sobre el cual crecen los microorganismos, ya que pueden colonizar superficies de animales (epizoon), rocas (epilíton) y pedazos de madera (epixílon); teniendo en cuenta que la zona en donde se encuentran estos sustratos pertenece a la región litoral (Montoya et al., 2013). La comunidad de Microalgas perifíticas en algunos puntos del sur de la bahía de Cartagena estuvo conformada por organismos de las Clases Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Coscinodiscophyceae y Conjugatophyceae y nueve (9) familias (Naviculaceae, Oscillatoriaceae, Bacillariaceae, Pleurosigmaaceae, Surirellaceae, Tabellariaceae, Coscinodiscaceae, Melosiraceae y Mesotaeniaceae (REFICAR, 2019).

Dentro de las Diatomeas se encuentra *Surirella* sp., quien es característica de aguas limpias, aunque también pueden vivir en presencia de desechos ricos en fenoles, ácido sulfhídrico, cobre o residuos de fábricas de papel (Ramírez, 2000). *Nitzschia* indica un ambiente con tendencia a la oligotrofia, es propio de aguas someras y litorales (Pinilla, 2000), y es un organismo que produce olor a geranio, cuando están en pequeñas cantidades, y a tierra cuando sucede todo lo contrario (Ramírez, 2000). De otro lado *Navicula* sp., hace referencia a hábitats limpios, resistente a la polución originada por residuos de fábricas de papel y fenol. La mayoría de estas especies indican, generalmente, la presencia de alguna sustancia (ácido, metales), dentro del agua como cromo, fenol, aceite y ácido sulfhídrico. Otras indican una salinidad alta y un pH bajo y otras más tienen la facultad de causar obstrucción a filtros y/o tuberías (Ramírez, 2000). Por su parte las algas verdes (Chlorophyta) con el taxa *Netrium* sp, quienes son células esféricas, siempre solitarias, con presencia de membranas muy finas y envoltura gelatinosa delgada. Es característica del plancton de lugares estancados. (Streble y Krauter 1987). Finalmente, las algas verde azules con *Phormidium* sp y *Oscillatoria* sp demuestran aguas ricas en nutrientes, con concentraciones elevadas de materia orgánica. En conjunto los grupos reportados en esta comunidad se puede encontrar en todo tipo de ecosistemas acuáticos bajo cualquier condición organoléptica, no obstante, su presencia está altamente relacionada con cuerpos de agua eutróficos (Pinilla, 2000).

1.3.2.3 Zooplancton

Para la comunidad zooplanctónica, Aqua & Terra (2016) identificó la presencia de varios grupos taxonómicos en los sectores de Bocachica y Caño del Oro distribuidos en seis clases taxonómicas correspondientes a Branchiopoda, Ciliata, Gastropoda, Malacostraca, Maxillopoda y Bivalvia. La clase Maxillopoda presentó la mayor riqueza de organismos con un total de cuatro (4) especies distribuidas dentro de los órdenes Cyclopoida, Harpacticoida y Calanoida, estos organismos tienen la facilidad de desplazamiento en la columna de agua realizando migraciones de tipo vertical en busca de su fuente de alimento correspondiente al fitoplancton el cual se puede hallar en las capas más someras en horas de intensa luminosidad.

De acuerdo con los muestreos realizados durante el año 2008 por el INVEMAR, y cuyos datos fueron ajustados por la consultora Araujo-Ibarra & Asociados para el plan de manejo de REFICAR, cerca al borde costero de Mamonal se identificaron 53 familias, las cuales hacen parte de 20 órdenes, 15 clases y 11 phylum. La mayor riqueza de familias identificadas estuvo dentro del phylum de los Arthropoda, reuniendo el 77% del total de familias. Los demás phylum tuvieron representaciones desde el 5,66 % para los Chordata y de 1,89% para los otros grupos. De las 10 familias más abundantes seis (6) pertenecen a artrópodos (Luciferidae, Halocyprinidae, zoeas de Porcellanidae, Paguridae y Dioginidae y nauplio de Copépodo); dos (2) a cnidarios (Geryoniidae, Olindidae) y una (1) a cordados (Oikopleuridae) y moluscos (Limacinidae) (REFICAR, 2019).

Las mayores densidades y número de taxa se observaron en agosto, en particular en la zona sur, las cifras disminuyen para los taxa en noviembre; en tanto marzo, que corresponde al período de mayor incidencia de aguas marinas sobre la Bahía, muestra de forma clara registros menores. Estos resultados muestran, por un lado, variaciones temporales con mayor desarrollo de la comunidad durante las épocas de transición y lluvias, y por otro, espaciales con indicadores más altos en inmediaciones del área de mayor incidencia del Canal del Dique. Unos y otros resultados (espaciales y temporales) denotan mayor desarrollo de la comunidad en zonas con incidencia de aguas continentales (REFICAR, 2019).

1.3.2.4 Bentos marino

Se denomina bentos al conjunto de organismos que habita o se encuentra asociado al fondo de los cuerpos de agua. De acuerdo con su hábitat específico, estos pueden ser clasificados como hiperbentos (organismos con buena capacidad de nado, que pueden realizar migraciones verticales

en la columna del agua); epibentos (organismos que habitan únicamente sobre la superficie del sustrato), y endobentos (organismos que viven enterrados en el sustrato). Los organismos del bentos también pueden clasificarse de acuerdo con su tamaño en: macrobentos ($< 500 \mu\text{m}$ y $> 63 \mu\text{m}$) y microbentos (Pech-Pool & Ardisson Herrera, 2010).

La fauna béntica marina es de gran importancia, ya que constituyen una de las comunidades marinas más diversas y así mismo promueven el establecimiento y crecimiento de nuevas especies que de una u otra manera son benéficas para las poblaciones y/o asentamientos humanos.

Para el ensamble de la comunidad de fauna béntica, Aqua & Terra, 2016, identificó en las inmediaciones de Bocha Chica y Caño del Oro un total de 46 taxa, distribuidas en seis (6) clases, correspondientes a Gastropoda, Granuloreticulosea, Sedentaria, Bivalvia, Maxillopoda y Scaphopod. La clase Gastropoda estuvo presente en todos los puntos de muestreo y fue el grupo más diverso, puesto que aportó la mayor cantidad de taxa al ensamble con un total de 19, correspondientes a *Acmaea* sp., *Acteocina* sp., *Atys* sp., *Caecum* sp., *Cerithiopsis* sp., *Crassispira* sp., *Crucibulum* sp., *Cyclostremiscus* sp., *Melanella* sp., Morfo 101, Morfo 102, Morfo 176, Morfo 86, *Odostomia* sp., *Olivella* sp., *Pisania* sp., *Prunum* sp., *Rissoina* sp., y *Turbonilla* sp.

Por su parte, la Refinería de Cartagena S.A, durante 2008 y 2009 identificó un total de 47 familias, pertenecientes a cinco (5) phylum, siete clases (7) y 21 órdenes. De acuerdo con la riqueza específica (S'), la clase con la mayor representación correspondió a los Polychaeta (Annelida), con un 36,36% de las familias identificadas, seguido por Malacostraca (Arthropoda) que agrupó el 22,73% y Bivalvia con 18,18%. Los demás órdenes tuvieron porcentajes de riqueza del 9% al 4,5%. Las familias de mayor relevancia de acuerdo con la densidad corresponden a Cirratulidae, Spionidae, Paraonidae y Cossuridae, todas ellas correspondientes a anélidos poliquetos, las cuales alcanzaron el 29.7% de las densidades totales (REFICAR, 2019).

1.3.2.5 Ictiofauna

En el estudio de impacto ambiental de obras de protección en Tierra Bomba, Aqua & Terra (2016) identificó dos órdenes de peces correspondientes a Mugiliformes y Perciformes, de los cuales el más dominante fue Perciformes con cuatro familias (Gerreidae, Lutjanidae, Carangidae y Lobotidae), por el contrario, el orden Mugiliformes estuvo representado por una única familia relacionada con Mugilidae a través del taxón *Mugil curema*.

Las familias del orden Perciformes estuvieron constituidas de la siguiente manera: Gerreidae estuvo conformada por las especies *Gerres cinereus* y *Eugerres plumieri*; por su lado Lutjanidae por *Lutjanus apodus*; Carangidae por *Caranx hippos*; y finalmente Lobotidae por *Lobotes* sp.

Con relación a lo anterior es importante resaltar que el grupo de los Perciformes pertenecen a ecosistemas de aguas salobres costeras, donde muchos de ellos se encuentran adaptados para soportar cambios en la concentración de sales que puedan llegar a presentar estos sistemas.

Es importante mencionar que el taxón *Mugil curema* (Mugilidae) presento mayor frecuencia de muestreo, puesto que se encontró en cada uno de los puntos. Este espécimen es eurihalino, se encuentran desde agua dulce hasta aguas de salinidad superior a los 40 ups. Los juveniles son frecuentes en el interior de las lagunas litorales mientras que los adultos se encuentran en aguas claras oceánicas y con arrecifes coralinos, en áreas estuarinas de aguas salobres y en la desembocadura de los ríos realizan migraciones locales relacionadas con su reproducción.

Las familias Lutjanidae, Carangiade y Lobotidae fueron las menos representativas en todos los puntos de muestreo presentando una abundancia muy baja y estando presentes en pocos puntos, lo cual las hace menos representativas y puede estar relacionado en que algunas de estas suelen estar asociadas a formaciones coralinas y rocosas donde se protegen de los depredadores razón por la cual en las faenas de pesca fue menos probable capturarlas.

Respecto a categorías de amenaza, la especie *Eugerres plumieri*, se encuentra registrada como Vulnerable según el Libro de Peces Marinos de Colombia (Mejía y Acero, 2002). Se identificaron algunos hábitos tróficos para las especies, donde se destacan los hábitos tróficos omnívoro, carnívoro y herbívoro. Todas las especies identificadas son de consumo, sin embargo, *Caranx hippos* fue la única que reportó uso ornamental. Respecto al tipo de migración, solo la especie *Mugil curema* presenta migraciones desde aguas continentales y costeras hacia mar afuera a desovar.

Puesto que muchas especies de peces marinos se han utilizado no solo para consumo, sino también para otro tipo de actividades económicas como de tipo ornamental (*Caranx hippos*), es de gran importancia conocer e identificar los organismos que habitan estos ecosistemas ya que algunas de ellas tienen la capacidad de migrar a ambientes de condiciones diferentes con el fin de llevar a cabo sus actividades biológicas lo cual implica encontrar una gran diversidad de especies en ambientes como los manglares o estuarios, sin embargo su importancia también radica en el papel que juega

cada uno de estos organismos dentro del ecosistema, ya que su ausencia puede generar impactos negativos dentro del mismo, a partir de lo cual se generan programas de conservación no solo de especies sino también de ecosistemas con el fin de mantener el funcionamiento normal del mismo.

Por su parte, a través de la actualización del estudio de impacto ambiental de REFICAR (2019), se identificaron 14 especies, pertenecientes a seis órdenes y 11 familias. Por frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa (42%), el orden Mugiliformes fue el más representativo para el Canal Policarpa, siendo encontrado en el total de estaciones; seguido por los órdenes Perciformes (28%), Siluriformes (19%) y en menor proporción Characiformes, Clupeiformes (4%) y Elopiformes (3%). Con respecto al canal interno dentro del Puerto, el único orden encontrado fue Cyprinodontiformes.

En la zona de Mamonal y caños aledaños se registraron las especies: *Anchoa* sp. (Anchoa), *Triportheus magdalenae* (Arenca), *Roeboides cf dientonito* (Dientudo), *Cathorops mapale* (Barbudo), *Pimellodus cf blochii* (Nicuro), *Mugil liza* (Lisa), *Selene* sp. (Mojarra), *Centropomus undecimalis* (Robalo), *Centropomus parallelus* (Robalo), *Gobiomorus dormitor* (Bocón), *Dormitator maculatus* (Dormilón manchado), *Bathygobius soporator* (Moroncillo), *Megalops atlanticus* (Sábalo), *Poecilia reticulata* (Gupi).

Teniendo como base la variable de riqueza específica, los órdenes con mayor representación de especies en aguas continentales y estuarinas, es Perciformes, el cual agrupó el 42,86%, seguido por los Characiformes y Siluriformes, cada uno con 14,29% del total de especies identificadas.

Las especies encontradas en el canal Policarpa son de tipo diadromo (que habitan en aguas tanto dulces como marinas), marinas y dulceacuícolas. Dentro de las de tipo diadromo se hallaron las siguientes especies: *Mugil liza* (Lisa), la cual fue hallada en todas las estaciones y presentó el mayor número de individuos (30 en total), siendo así la especie más representativa del muestreo. *Centropomus undecimalis* y *C. parallelus* (Róbalo), especies de importancia comercial; *Gobiomorus dormitor* (Bocón); *Dormitator maculatus* (Dormilón manchado), *Bathygobius soporator* (Moroncillo), *Selene* sp (Mojarra), *Cathorops mapale* (Barbudo) y *Megalops atlanticus* (Sábalo), estas últimas especies de consumo por parte de las poblaciones humanas aledañas. Por su parte, las especies dulceacuícolas encontradas fueron: *Triportheus magdalenae* (Arenca), *Roeboides cf dientonito* (Dientudo), *Pimellodus cf blochii* (nicuro) y *Poecilia reticulata* (Gupi). Todas nativas de la cuenca del río Magdalena, excepto *P. reticulata* que es introducida para Colombia. Finalmente, dentro del tipo de

especies marinas fue encontrada *Anchoa* sp especie que, aunque es principalmente marina, ocasionalmente puede ser encontrada en zonas estuarinas.

La taxonomía y nombres comunes de los peces marinos se describen en la Tabla 1, el orden con la mayor representación de especies, al igual que para los peces continentales y estuarinos, correspondió a los Perciformes, agrupando el 70,45%, seguido por los Siluriformes con 11,36% y por Clupeiformes que agrupo el 6,82% (Tabla 1). Los demás grupos tuvieron riquezas del 2,27% respectivamente (REFICAR, 2019).

Tabla 1. Listado de especies de peces en la Bahía de Cartagena. Fuente: Aqua & Terra, 2016 y REFICAR, 2019.

N°	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
1	Elopiformes	Elopidae	<i>Elops saurus</i>	Macabi, Macaco
2	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Opisthonema oglinum</i>	Chopa
3		Engraulidae	<i>Anchoa spinifer</i>	Anchoa de charco
4		Pristigasteridae	<i>Pellona harroweri</i>	Sardinata
5	Siluriformes	Ariidae	<i>Ariopsis sp</i>	Chivo cabezón
6			<i>Bagre bagre</i>	Bagre
7			<i>Bagre marinus</i>	Bagre playero
8			<i>Cathorops mapale</i>	Barbudo de playa
9			<i>Sciades proops</i>	Chivo
10	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>	Lagarto playero
11	Perciformes	Carangidae	<i>Caranx crysos</i>	Cojinúa
12			<i>Caranx hipos</i>	Jurel
13			<i>Caranx latus</i>	Casabito
14			<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	Sietecueros
15			<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	Palometa
16			<i>Oligoplites saurus</i>	Jorobado
17			<i>Selene setapinnis</i>	Pez luna
18		Centropomidae	<i>Centropomus ensiferus</i>	Róbalo congo
19			<i>Centropomus undecimalis</i>	Róbalo
20		Gerreidae	<i>Diapterus rhombeus</i>	Mojarra amarilla
21			<i>Eucinostomus gula</i>	Mojarra
22			<i>Gerres cinereus</i>	Mojarra blanca
23		Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i>	Ronco
24			<i>Haemulon bonariense</i>	Ronco prieto
25			<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	Coroncoro gris
26		Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	Chino
27		Serranidae	<i>Mycteroperca bonaci</i>	Mero negro
28		Scianidae	<i>Bairdiella ronchus</i>	Corvineta
29			<i>Cynoscion jamaicensis</i>	Corvinata
30			<i>Cynoscion leiarchus</i>	Corvinata blanca
31			<i>Cynoscion steindachneri</i>	Corvinata
32			<i>Isopisthus parvipinnis</i>	Corvinata aletacorta
33			<i>Larimus breviceps</i>	
34			<i>Micropogonias furnieri</i>	Boquita de sábalo

35			<i>Stellifer stellifer</i>	Corvinata
36			<i>Umbrina coroides</i>	Roncador
37		Polynemidae	<i>Polydactylus virginicus</i>	Barbudo
38		Trichuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	Sable
39		Scombridae	<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	Sierra
40			<i>Scomberomorus cavalla</i>	Carite
41		Stromateidae	<i>Pepilus paru</i>	Pampanilla
42	Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil incilis</i>	Liza
43	Scorpaeniformes	Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i>	Gallineta
44	Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Syacium gunteri</i>	Pega pega

1.3.2.5.1 Especies en categoría de amenaza

Gracias a su comportamiento estuarino, constituyen un resguardo para aquellas especies que dependen de un hábitat con tales características para el desarrollo de su ciclo de vida; este es el caso de la mayoría de las especies halladas en la bahía de Cartagena, en donde son representativas *Cathorops mapale*, *Mugil liza*, *Centropomus undecimalis* y *Megalops atlanticus*, dada su condición de especies presentes en categoría de amenaza. Del listado de especies marinas, una de ellas está clasificada como amenazada, el mero negro *Mycteroperca bonaci*. Esta especie, se clasifica dentro de la categoría de Vulnerable (VU), es una especie ampliamente distribuida en el Caribe colombiano y se encuentra amenazada por sobrepesca y deterioro de su hábitat, específicamente los arrecifes coralinos (Chasqui et al., 2017 en REFICAR, 2019).

La lisa (*M. liza*), es una especie catadroma, es decir que nace en el mar, pero debe migrar hacia aguas dulces, donde se desarrolla, llega a su madurez sexual y posteriormente retorna a los mares donde desova. Mientras están en su fase de desarrollo en ríos o zonas estuarinas, generalmente forman "escuelas" o grupos de más de 100 individuos como estrategia anti-predadora (Cervigón, 1991), lo cual explica la mayor abundancia de esta sobre las demás especies obtenidas durante el muestreo de REFICAR (2019), siendo además un recurso pesquero utilizado por la comunidad de pescadores de la zona. Alonso y Pineda (1997), evaluaron la bioacumulación y biomagnificación del mercurio proveniente de las actividades industriales desarrolladas en la Bahía de Cartagena y la Ciénaga Grande de Santa Marta, en dos especies icticas, una de ellas es la Lisa, encontrando que esta presentaba concentraciones importantes de mercurio en sus tejidos; sin embargo la biomagnificación en esta resulta ser más baja, esto está dado por el nivel trófico de la especie (detritívora), ya que a

mayor nivel (omnívoros, piscívoros) la biomagnificación es más alta; aun así, esto evidencia las diferentes presiones bajo la que están sujetas las comunidades acuáticas por el desarrollo industrial de la región (Alonso & Pineda, 1997).

Por su parte, el sábalo (*Megalops atlanticus*) depende de igual forma que la lisa de zonas estuarinas para llevar a cabo una fase de su ciclo de vida; sin embargo, esta es de manera contraria, ya que nace en los ríos o estuarios y migra al mar donde se desarrolla, aunque al parecer prefiere concentrarse en zonas estuarinas o salobres. Mediante estudios realizados se ha encontrado que la vejiga natatoria de esta se encuentra unida al esófago, permitiéndoles de este modo tener un mejor aprovechamiento del oxígeno en lugares con bajas concentraciones de este (García y Solano, 1995). Su dieta es piscívora y entre los ítems reportados como su dieta se encuentran especies que fueron colectadas en la misma estación, estas son *Centropomus undecimalis*, *Anchoa* sp., mojarras e invertebrados como cangrejos y camarones. Esta especie, puede llegar a medir 2,50m y tener hasta 130 kg de peso, razón por la cual tiene un gran valor en la pesca tanto deportiva como artesanal (Cervigon, 1991). Otras especies como *Chatorops mapale* (perteneciente a la única familia de bagres marinos), *Centropomus undecimalis*, *C. parallelus*, tienen el mismo comportamiento reproductivo que *M. atlanticus*, por lo que necesita de zonas estuarinas para llevar a cabo el desove. Estas, representan un recurso importante ya que también hacen parte de la lista de peces consumidos y comercializados por parte de la comunidad pesquera, especialmente el Robalo (*C. undecimalis*, *C. parallelus*) (Chasqui et al., 2017). En general, las especies encontradas en la bahía de Cartagena dependen fuertemente de hábitats estuarinos, ya sea para su reproducción, su desarrollo (como la especie *Bathigobius soporator*) o como su único lugar de residencia. También es el caso de las especies que no migran hacia aguas marinas y pertenecen estrictamente a sistemas dulceacuícolas, como *Triportheus magdalenae*, y *Roeboidea cf. dientonito* (Aguilera, 2006 en REFICAR, 2019).

Por otro lado, el reporte del Cyprinodontiforme (*Poecilia reticulata*) resulta ser un indicador de lo que ocurre en un sistema dado en relación a las condiciones ambientales, reflejándose en varios aspectos de su Biología. El gupi, especie introducida en los ambientes dulces de Colombia, se encuentra generalmente en aquellos ecosistemas alterados por actividades de tipo antrópico; su estrategia reproductiva (tipo r) se caracteriza por presentar varias épocas reproductivas y un alto número de crías (esto dado por su vivíparismo), permitiendo que una sola hembra fecundada genere un gran número de individuos que colonizan nuevas áreas y fundan poblaciones exitosamente (Fernández et al, 2006). Esta especie, además, es característica por su tolerancia y adaptabilidad frente a condiciones de baja

calidad de agua, por lo que tiene una gran capacidad de dispersión, tolerando bajas condiciones de oxígeno disuelto, aprovechando oxígeno del aire, y viviendo en rangos de pH de 5.5-8.5 y temperaturas de 20-30°C (Da Silva et al., 1999).

1.3.2.5.2 Especies migratorias

Dentro de los registros ictiológicos de la bahía de Cartagena, cuatro especies realizan migraciones, el sábalo (*Megalops atlanticus*), el Jurel (*Caranx hippos*), el chino (*Lutjanus synagris*) y la lisa (*Mugil incilis*). Todas llevan a cabo migraciones de tipo local e intrageneracional (Amaya-Espinel & Zapata, 2014). El Sábalo migra desde aguas costeras y dulceacuícolas, hasta áreas oceánicas al borde de la plataforma continental. El desove se produce fuera de la costa (Smith, 2002). El jurel, junto con el chino, llevan a cabo sus migraciones para realizar sus eventos reproductivos; no obstante, su ruta migratoria es aún desconocida (Smith-Vaniz, 2002). Finalmente, la lisa, inicia sus migraciones en octubre (Ciénaga Grande de Santa Marta), cuando la especie sale al mar a desovar, regresando hacia enero ya desovados (Sánchez-Ramírez et al., 1998).

1.3.2.6 Aves marinas y costeras

Las aves netamente marinas y playeras son muy frecuentes en todos los playones mangláricos y en aquellos cubiertos con vegetación psammófila, están representadas por los Chorlos (*Arenaria interpres morinella*) y playeros (*Actitis macularia*), de distinta familia, pero del mismo orden charadriformes. Los pelícanos (*Pelecanus occidentalis*), son aves pescadoras residentes de hábitos diurnos y comunes en todos los manglares, playas y zonas aledañas. Se les ve en solitario o en grupos, vuelan en escuadra o se posan sobre el manglar, boyas y playones. Otras especies diurnas y pescadoras son *Sula leucogaster* y *Fregata magnificens*, que frecuentemente son observadas por la línea de costa. La familia Laridae conforma otro grupo numeroso de especies acuáticas y muy voladoras que de manera frecuente son observadas en los complejos cenagosos, Tanga (*Larus atricilla*) y gaviotas (*Sterna hirundo hirundo*, *S. maxima* y *S. albifrons*) (Ulloa-Delgado, 2006).

Son comunes algunas especies del orden Ciconiformes y de las familias Ardeidae y Threskiornithidae, cuyos ejemplares semiacuáticos de tamaño medio a grande, son tal vez las especies más conspicuas y continuas visitantes de los manglares, incluyendo algunos playones y zonas someras de la franja litoral con características salobres en donde suelen concentrarse y exponer su vuelo lento. Advirtiéndose que algunas de ellas también suelen ser abundantes en los humedales dulceacuícolas del interior de la llanura costera. Son abundantes las garzas diurnas: real (*Casmerodius albus* o *Egretta alba*),

calzada (*Egretta thula*) y morena (*Hidranassa tricolor*) y las especies nocturnas o crepusculares, garza copetiamarilla (*Nyctanassa violacea*) es poco común y solitaria, al igual que el baco (*Tigrisoma lineatum*) (Ulloa-Delgado, 2006).

En áreas abiertas de rastrojos, es frecuente observar el garcípalo verde (*Butorides striatus*) y la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), aunque ambas también se observan dentro del manglar, igual que el corocoro ó ibis blanco (*Eudocimus albus*) que suele ser muy abundantes en ciertas épocas. Eventualmente se observan individuos solitarios de especies migratorias como el garzón cenizo (*Ardea herodias*) y la garza real (*Ardea coco*) (Ulloa-Delgado, 2006).

Crotophaga ani, o garrapatero común, es una especie muy abundante y habita en todos los sectores y en todos los biomas, desde los manglares hasta los matorrales subxerófilos. Se alimenta de insectos y en algunos casos de pequeños frutos y como dato curioso, Dugand (1947) registró para la zona Caribe atlanticense, que esta especie posee nidos comunales y que los fabrica en medio de la espinosa y abundante palma de corozo o lata (*Bactris minor*). Bandadas de varias decenas han sido observadas durmiendo sobre ramas de *Rhizophora mangle* en los caños mangláricos de la Bahía de Cispatá (Ulloa-Delgado, 2006).

Una especie residente es *Himantopus himantopus mexicanus*, que vive a orillas de las ciénagas o playones salobres y se alimenta de invertebrados acuáticos. Son abundantes en el mes de mayo y viven casi siempre en pequeños grupos. Los cormoranes o pato cuervo o buzo (*Phalacrocorax olivaceus*) y el pato aguja (*Anhinga anhinga*), son quizás las aves pescadoras acuáticas más comunes en las ciénagas y las que forman las bandadas más numerosas del litoral y de las lagunas dulceacuícola continentales, inclusive son indeseables para los acuicultores que no dudan en eliminarlas. Otras aves acuáticas abundantes en los manglares dulceacuícolas y en general a los humedales o jagüeyes de la Planicie Caribe, son los gallitos de ciénaga (*Jacana jacana*) y los alcaravanes (*Vanellus chilensis*) los cuales son de hábitos diurnos y crepusculares que se alimentan de insectos y otros invertebrados pequeños (Ulloa-Delgado, 2006).

Las insectívoras viuditas acuáticas (*Fluvicola pica*), aunque son arborícolas, permanecen en la vegetación ribereña. Los patos, barraquetes (*Anas discors*), reales (*Cairina moschata*), viuditas (*Dendrocygna viudita*) y pisingos (*Dendrocygna autumnalis*) son frecuentes en todos los humedales internos y costeros de la llanura caribeña colombiana en donde se podría considerar las especies más

cazadas de la avifauna visitante y algunos de ellos como el pisingo, uno de los más abundantes. Se detectan cazadores especializados, en los principales humedales desde el sur de la Ciénaga de Tesca o Virgen en la ciudad de Cartagena hasta la depresión monposina, cobijando el Delta del Canal del Dique, Bajo Sinú, Bajo Magdalena, Zapatosa, La Mojana, la Ciénaga Grande de Santa Marta, entre otros lugares del Caribe (Ulloa-Delgado *et al.* 2006).

Otros ictiófagos asociados a cuerpos de aguas salobres y dulceacuícolas, son los martines pescadores, sobre todo el de mayor tamaño (*Ceryle torquata*), que al parecer es el más abundante y generalmente se observa en las orillas a las ciénagas, posado sobre árboles de *Rhizophora mangle*, de donde inicia sus vuelos de ubicación y “clavado” en busca de peces (Ulloa-Delgado *et al.* 2006).

Sobresalen dos aves arborícolas de poco porte asociadas a la zona costanera, de hábitos diurnos y que habitan exclusivamente áreas de manglar: son el colibrí manglero (*Lepidopygia coeruleugularis*) y el canario también manglero (*Dendroica petechia*), el primero poco común y generalmente solitario, el segundo más frecuente, pero la especie requiere de ajustes taxonómicos, pues se presume que pueden existir varias especies o subespecies (*Verbatim*, Mono Hernández, 2000). Igualmente se localizan dentro del manglar y ecosistemas arbóreos aledaños, pájaros carpinteros (*Chrysomitris punctigula* y *Melanerpes rubricapillus*) (Ulloa-Delgado *et al.* 2006).

La maría mulata (*Quincallas mexicanus*) es un pájaro simbólico en la Costa Caribe y en especial en la ciudad de Cartagena, en donde fue motivo de inspiración del escultor y pintor Juan Grau. Su tolerancia al hombre lo ha hecho merecedor del estatus cultural, aunque se advierte que en ocasiones es una especie dañina y un fuerte depredador de huevos y polluelos de *Eudocimus albus*, *Columba leucocephala* y *Hidranassa tricolor*, en la Isla el Tesoro del Parque Nacional Corales del Rosario y San Bernardo. Otro arborícola, que además de insectívoro es nectarívoro y frugívoro es el azulejo o mielero (*Coereba flaveola*), y que ocasionalmente es observado en los ecotonos mangláricos xerófilos y subxerófilos (Ulloa-Delgado *et al.* 2006).

1.3.3 Poblaciones y áreas especiales

En la Bahía de Cartagena se localizan algunos sitios de congregación de aves marinas y playeras, así como eventualmente puede ser visitada por delfines, hacia el sector de Bocachica. Por las condiciones de estuarinidad, es posible encontrar babillas en el sector de Pasacaballos sobre el Canal del Dique, así como eventualmente se localizan sitio de desove de tortugas marinas en playas de Barú y de Tierra

Bomba. Moluscos y crustáceos son recolectados por la comunidad en los litorales de la Bahía, así como es frecuente la pesca permanente con métodos artesanales.

En general se comprometen varios ecosistemas, como manglares, arrecifes, praderas de fanerógamas, sitios de surgencias y fondos duros y blandos. Y en este sentido la presencia o diversidad de especies puede ser interpretada como indicador de una buena calidad del ambiente o de los ecosistemas.

Para todas estas poblaciones y áreas especiales, existe un vacío en la información científica y por lo tanto la necesidad de estudios de caracterización y diagnosticados y en este sentido se requerirá de procesos de ordenamiento con la participación de las comunidades locales. Es importante determinar: sitios de desove; de crianza; de congregación y pesca; surgencias productivas o agregación de pelágicos, banco de ostras perlíferas y modalidades de uso por parte de las comunidades.

No obstante, con lo anterior, el sitio de El Varadero, en la entrada de la Bahía de Cartagena, en Bocachica entre las islas de Barú y Tierra Bomba posee dos lugares de importancia ecológica que merece y requiere que se involucren en procesos de conservación: 1- Los manglares de El Varadero en la isla de Barú, en inmediaciones de la propiedad Polonia de la empresa Argos y 2- Los corales de Varadero en las inmediaciones de Bocachica.

1.3.3.1 Mamíferos acuáticos (cetáceos, sirénidos y carnívoros)

Delfines (*Sotalia fluviatilis*, *Tursiops truncatus*), manatíes (*Trichechus manatus*) y nutrias (*Lontra longicaudis*) son los mamíferos marinos o acuáticos asociados con la Bahía de Cartagena y zonas aledañas. En ocasiones se han observado grupo de delfines cerca de Bocachica, presumiblemente en jornadas de alimentación. Igualmente, los manatíes están presentes en los humedales del Canal del Dique, así como las nutrias también.

Es importante determinar poblaciones locales, sitios de permanencia o rutas migratorias, igualmente datos poblacionales, abundancias relativas y densidades son datos deseables, ya que todas ellas en general son sensibles a varias actividades antrópicas (turismo, pesca, cacería, actividad marítima). Su presencia y estabilidad se relacionan con una buena calidad de hábitat (oferta de alimento) y con la calidad del agua.

1.3.3.2 Aves marinas y playeras

Las aves en general es el grupo de vertebrados mejor inventariado y más abundante en las zonas marino costeras, aunque muchas de ellas son migratorias, lo importante es mantener un inventario actualizado, ya que además por ser susceptibles de disturbios humanos, son indicadores de la calidad del hábitat.

Es importante determinar sitios de anidación y reproducción, conocer los mecanismos de alimentación, determinar dormideros y descanso temporal de migración. Muchos de los manglares de la bahía de Cartagena albergan cientos de aves y en Bazurto los pelicanos (*Pelicanus occidentalis*) y goleros (*Coragyps atratus*) se alimentan de desechos de peces.

1.3.3.3 Tortugas marinas

Todas las tortugas marinas están en peligro de extinción y aunque ya no se observan en la Bahía de Cartagena, algunos ejemplares habitan zonas de corales aledañas y en más de una ocasión se ha registrado ovoposiciones de carey (*Eretmochelys imbricata*) y de tortuga blanca o verde (*Chelonia mydas*), en las playas de la isla de Barú y las islas del Rosario. Existen normas específicas para su protección y la zona de pastos marinos y corales son parte de sus hábitats de alimentación.

1.3.3.4 Crocodílidos

Colombia es el país más diverso en crocodílidos con 6 especies, de las cuales 2 se localizan en las inmediaciones de la bahía de Cartagena (Babillas = *Caiman crocodilus fuscus* y caimanes = *Crocodylus acutus*). Sobre todo, en la cueca del Canal del Dique, con algunos registros esporádicos de babillas en la desembocadura cerca de Pasacaballos. El uso sostenible de estas especies ha dado origen a la zootría en ciclo cerrado, constituyéndose en un reglón de la economía nacional y una alternativa para su conservación.

1.3.3.5 Peces

Los manglares constituyen verdaderos refugios de peces y sitios de pesca artesanal, por parte de las comunidades locales de Caño del Oro, Tierra Bomba y Bocachica en la isla de Tierra Bomba y de la comunidad de Santa Ana y Ararca en la isla de Barú. Igualmente, cientos de pescadores de Pasacaballos diariamente pescan en la desembocadura del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena.

Todas estas comunidades mantienen una alta presión sobre el recurso, que de acuerdo con investigaciones dentro del proyecto BASIC, presenta por lo menos dos inconvenientes: 1 - no se respetan las tallas mínimas y 2- en algunas especies se detectaron niveles de mercurio y otros metales pesados que podría generar problemas de salud pública.

1.3.3.6 Crustáceos (langostas, camarones y cangrejos)

Camarones (*Penaeus spp.*, *Xiphopenaeus sp.*), jaibas (*Callinectes spp.*) y especialmente el cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) están dentro de las múltiples especies de uso por parte de las comunidades locales. Advirtiendo que todos estos recursos desde hace varios años han venido perdiendo calidad por su sobreexplotación. Igualmente, para las islas del Rosario, en ocasiones se observa la venta de langostas de tamaño prohibido, presumiblemente recolectadas en los corales del Parque Nacional Natural o en los corales de Varadero cerca de Bocachica.

1.3.3.7 Moluscos (bivalvos, caracoles, pulpos y calamares)

Los moluscos hacen parte de la biodiversidad de la Bahía de Cartagena, que de manera local los pescadores son sus principales usuarios o beneficiados. Inclusive para el caso de la ostra (*Crassostrea rhizophorae*), la presión es mayor por el mercado tradicional para los turistas, pero la forma de aprovechamiento no es el más adecuado por la destrucción de las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*). El caracol copa de burro (*Melongena melongena*), es una de las especies de disminución silenciosa, con alto valor de uso y venta también a los turistas.

1.4 Delimitación de la Bahía de Cartagena

La bahía de Cartagena está localizada al noreste en el Caribe colombiano, entre 10°16' - 10°26'N y 75°36' - 75°30'W. Está separada del mar Caribe por la isla de Tierrabomba, y corresponde a una cuenca somera de ~82 km² de extensión, con profundidades promedio y máximas de 16 y 26 m, respectivamente. Se comunica con el Mar Caribe a través de los canales de Bocagrande, por el norte y Bocachica por el sur (Andrade y Thomas, 2012). El canal de Bocagrande está limitado por una escollera submarina construida en la época de la Colonia. Sus profundidades varían entre 0,6 y 2,1 m. El canal de Bocachica alcanza profundidades máximas de 15 m en el sitio donde comienza el canal navegable. La marea en la bahía es mixta, principalmente diurna, con un rango micromareal cuyas variaciones pocas veces exceden 0,5 m (Molares, 2004).

Se considera por definición geológica como una Bahía; no obstante, tiene una fuente significativa de aguas fluviales provenientes del Canal del Dique. Éste aporta aguas desde el río Magdalena por el extremo sur de la Bahía; orientadas en tal modo que, su aporte influencia fuertemente a la bahía dependiendo de la época del año. De diciembre a abril se presenta su época seca, momento en el que la salinidad es mayor; mientras que, durante la época de lluvias (septiembre a noviembre), donde aumentan los aportes de agua dulce desde el río Magdalena (Andrade-Amaya et al., 1988).

Estas lagunas costeras, como ciénagas y bahías, son fundamentales en la dinámica ecológica y el ciclo de vida de la biodiversidad. Estos ecosistemas albergan una amplia diversidad de especies, siendo el hábitat para especies temporales, transitorias o permanentes; algunas de ellas llegan allí para llevar a cabo sus eventos reproductivos, otras para alimentarse y refugiarse y, algunas nacen y se desarrollan en sus aguas para luego migrar (Ospina-Arango et al., 2008).

Dentro de Cartagena confluyen varias zonas: el área turística, los sectores populares y la ciudad portuaria o industrial. Ésta última, se concentra en el sector de Mamonal donde se ubica gran parte de la industria química nacional, se realiza el procesamiento de recursos pesqueros y existe un gran movimiento de carga y transporte de materias primas. Históricamente, por causa del desarrollo industrial, este sector ha generado una serie de problemas ambientales como la destrucción de manglares, relleno de terrenos de bajamar y depresiones costeras, así como la contaminación de las aguas por vertimiento de desechos industriales, residuos oleosos e hidrocarburos provenientes de la actividad portuaria (PNUMA, 2009).

Su condición de puerto natural y su ubicación estratégica, definen el uso portuario como el más relevante. Esta actividad propicia el desarrollo turístico, industrial y comercial de la ciudad, y favorece las actividades recreativas de la población. Por sus características, la Bahía de Cartagena es escenario de actividades de transporte marítimo internacional, nacional, cabotaje mayor y menor, turismo, pesca y deportes náuticos. El suelo del territorio que rodea a la Bahía ha sido dedicado completamente a los usos propios de una ciudad que ha crecido alrededor de las actividades portuaria, turística e industrial, complementadas con actividades sociales e institucionales. El suelo está totalmente urbanizado, con la excepción de pequeñas porciones del territorio ubicadas al sur este del centro poblado de Pasacaballos y en Membrillal, y las Islas de Tierra Bomba y Barú. Hoy los procesos territoriales y las tendencias en curso se caracterizan por la expansión de la actividad industrial y portuaria, la densificación residencial y el desarrollo turístico. Las actividades portuarias e industriales se han ubicado a lo largo de la margen al este de la Bahía, entre la Isla de Manga atravesando el sector del Bosque hasta el extremo sur de Mamonal. En la Bahía interna se encuentran dos terminales de carga general, el muelle turístico y un terminal especializado en productos químicos (Algranel). Siguiendo la línea litoral desde el Bosque hasta Pasacaballos se encuentran 56 terminales donde se desarrollan diversos tipos de actividades portuarias comerciales e industriales. Las actividades industriales se localizan al este de la Bahía: la industria liviana, desde el Bosque aproximadamente hasta el sector conocido como Bellavista, poco antes del poblado de Albornoz.; a partir de este sector se ubica la industria mediana bordeando hacia el sur las lomas de Albornoz; y la industria pesada, desde el extremo sur de estas lomas hasta el límite sur del perímetro urbano. En general la industria pesada ocupa un espacio del territorio que la separa de los otros usos urbanos, conformando una zona industrial con características homogéneas. En la zona definida actualmente como de industria mediana existen diferentes núcleos urbanos, asentados algunos hace más de 20 años. La Bahía, además, después del decenio de los años 50, ha sido usada para el vertimiento tanto de las aguas residuales de la actividad portuaria e industrial como del 40 % de las aguas servidas de la ciudad, sinningún tipo de tratamiento. Los efectos del vertimiento de las aguas servidas urbanas conjuntamente con el impacto hidráulico y los aportes sedimentológicos y orgánicos del Canal del Dique, cuya desembocadura en la Bahía fue posibilitada por el hombre dentro de su visión de desarrollo portuario, son actualmente los dos principales factores perturbadores de las condiciones de este cuerpo de agua, que originalmente era de características marinas (POT Cartagena, 2001).

Los diferentes usos de la Bahía sin tener en cuenta la capacidad limitada del medio ambiente, y sin una definición formal de prioridades orientada a lograr la combinación óptima de los usos, conduce a la degradación de este recurso e inevitablemente a un conflicto entre los diferentes usuarios. En la Bahía de Cartagena se manifiestan además actividades de pesca artesanal comercial y de subsistencia y de recreación y turismo, usos que requieren condiciones de calidad de agua que exigen el establecimiento de medidas efectivas de ordenamiento y control ambiental. Los lugares más reconocidos para el turismo son los dotados de playas: Bocagrande, Tierra Bomba y Barú. Más recientemente el turismo cultural y la valoración del patrimonio histórico y arquitectónico han potencializado los usos turísticos en el centro histórico de la ciudad, reforzados con instalaciones hoteleras y actividades comerciales complementarias. Dentro de la Bahía de Cartagena pescan los pescadores de los poblados internos como Caño del Oro, Pasacaballos, Cartagenita (Zapatero) y algunos de Bocachica, utilizando anzuelos (POT Cartagena, 2001).

En general, la bahía de Cartagena se encuentra delimitada por el norte con los sectores de Bocagrande, Manga y Manzanillo. Hacia el oriente con el sector industrial-residencial de Mamonal y Pasacaballos. En el extremo sur con la península de Barú, destacándose algunas áreas como las ciénagas de Honda y Coquitos y el canal de Varadero. Y en el extremo occidental se encuentra la isla Tierra Bomba y el canal de Bocachica.

2 ECOSISTEMAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA

2.1 Corales

Los ecosistemas coralinos y en especial los arrecifes son la expresión más avanzada de la evolución ecosistémica marina. Los corales son animales coloniales del grupo de los cnidarios, que viven en simbiosis con algas microscópicas llamadas zooxantelas. El sistema que forman acumula, a lo largo de siglos nutrientes y estructuras de carbonato de calcio de sus esqueletos, hasta cambiar la topografía marina y acumular recursos vitales (Ruppert y Barnes, 1996).

Los ecosistemas coralinos son formaciones de coral que van desde simples coberturas discontinuas (comunidades y alfombras de coral), hasta inmensos complejos arrecifales (Márquez 1996, López-Victoria y Díaz 2000). Un arrecife es una estructura construida por organismos vivos que modifica sustancialmente la topografía del lecho marino y cuya dimensión es tal que influencia las propiedades físicas y por ende ecológicas del medio circundante; su consistencia es lo suficientemente compacta

para resistir las fuerzas hidrodinámicas y por lo tanto, está en la capacidad de conformar un hábitat duradero, estable y característicamente estructurado para albergar organismos especialmente adaptados (Shuhmacher 1982).

La bahía de Cartagena ha sido sometida desde el siglo XV a una perturbación continua de las entradas de agua dulce y sedimentos del Canal del Dique, un canal excavado por los españoles para conectar la bahía con el río Magdalena, que es la principal ruta fluvial utilizada desde la colonia a la fecha para el comercio con las regiones interiores andinas. Este canal generó cambios sustanciales en la calidad del agua, causando una alta turbidez y sedimentación, transformando la Bahía en un sistema eutrófico y causando una gran pérdida de cobertura de coral en el área y otros lugares cercanos como las islas del Rosario (López-Victoria et al., 2015). Las pocas formaciones de coral que se ubicaron en el área han sufrido el dragado continuo y el tráfico de grandes embarcaciones comerciales (Wade, 2016; Pizarro et al., 2017).

La Bahía posee relictos coralinos de poca extensión, dentro de los cuales se encuentran especies como *Porites porites*, *Agaricia spp*, *Meandrina meandrites*, *Acropora cervicornis*, *A. palmata* y *Montastrea spp*, las cuales pueden distribuirse tanto en los bajos, como en la parte supra-litoral de las orillas bordeadas por las terrazas arrecifales del cuaternario (Ospina-Arango et al., 2008).

2.1.1 Distribución

Los arrecifes de coral se distribuyen hasta una profundidad de 60 m. el número de especies disminuye con la profundidad y la curva está estrechamente relacionada con la iluminación (Ruppert y Barnes, 1996). En la bahía de Cartagena, existe un arrecife franjeante en el área de Bocachica que llega hasta la península de Barú (Figura 4). Igualmente, desde el 2013 fue hallada una cobertura arrecifal de aproximadamente 1 Km² de extensión en la zona de Varadero (Pizarro et al., 2017).

Este ecosistema es de especial interés porque se encuentra en buen estado, a pesar de las diferentes presiones a las que ha estado sometido, principalmente la cercanía de las descargas del Canal del Dique, que aportan constantemente agua dulce y sedimento, teniendo en cuenta que la mayoría de arrecifes que se encontraban al interior de la bahía desaparecieron con la apertura de dicho canal (Alvarado et al., 1986). No obstante, su principal amenaza son los dragados que se han realizado para ampliar el canal de acceso a la bahía.



Figura 4. Áreas coralinas de la bahía de Cartagena. Fuente: Invermar, 2018.

Finalmente, se encuentra otra zona de coral ubicada al oeste de la isla Tierra Bomba, ecosistema más expuesto a las corrientes marinas y con una menor influencia del Canal del Dique. Aunque Tierra Bomba es un área que no se ha caracterizado completamente, de acuerdo a la información recopilada por Invermar (2018), se tiene conocimiento de una buena cobertura y estado de los corales en algunas zonas de esta isla.

2.1.2 Estado

En el arrecife de Varadero Manrique-Rodríguez et al. (2019) registraron 14 especies de gorgonáceos pertenecientes a cuatro familias (Briareidae, Anthothelidae, Plexauridae y Gorgoniidae). De las 10 especies registradas en los transectos, se contabilizaron 187 individuos. Las especies más abundantes fueron *Erythropodium caribaeorum* ($12,33 \pm 2,60$ colonias \times m⁻²), *Briareum asbestinum* ($12,4 \pm 3,92$ colonias \times m⁻²), *Plexaurella grisea* ($4,75 \pm 1,55$ colonias \times m⁻²) y *Eunicea touneforti* ($15 \pm 0,0$ colonias \times m⁻²), que en conjunto constituyeron 91% de la abundancia. Otras especies como

Plexaurella nutans y *Antillogorgia acerosa* registraron valores muy bajos ($3,5 \pm 1,3$ y $1,5 \pm 0,25$ colonias \times m-2 respectivamente). Cabe señalar que algunas especies de uso comercial en la región, como las plumas de mar del género *Antillogorgia* (*A. acerosa* y *A. bipinnata*), no excedieron 2,6 % de la abundancia relativa total (Manrique-Rodríguez et al., 2019; Manrique et al., 2007). Además, ninguno de los gorgonáceos registrados está incluido en la lista roja de especies amenazadas en Colombia (Ardila et al., 2002).

Por su parte, las científicas Marrugo y Alvarado (2014) realizaron muestreos en el canal de Varadero y registraron 18 especies de corales escleractinios, pertenecientes a las familias Astrocoeniidae, Pocilloporidae, Agariciidae, Siderastreidae, Poritidae, Faviidae, Meandrinidae y Mussidae (Tabla 2). En el mismo informe se reporta la enfermedad de banda blanca como una de las más severas para el ecosistema coralino.

Tabla 2. Especies de corales escleractinios registrados por Marrugo y Alvarado (2014) en el canal de Varadero, Cartagena.

Suborden	Familia	Especie
ASTROCOENIINA	ASTROCOENIIDAE	<i>Stephanocoenia intersepta</i>
ASTROCOENIINA	POCILLOPORIDAE	<i>Madracis mirabilis</i>
UNGIINA	AGARICIIDAE	<i>Agaricia tenuifolia</i>
FUNGIINA	AGARICIIDAE	<i>Agaricia agaricites</i>
FUNGIINA	AGARICIIDAE	<i>Agaricia humilis</i>
FUNGIINA	AGARICIIDAE	<i>Agaricia grahamae</i>
FUNGIINA	AGARICIIDAE	<i>Agaricia lamarcki</i>
FUNGIINA	AGARICIIDAE	<i>Helioseris cucullata</i>
FUNGIINA	SIDERASTREIDAE	<i>Siderastrea siderea</i>
FUNGIINA	PORITIDAE	<i>Porites porites</i>
FUNGIINA	PORITIDAE	<i>Porites astreoides</i>
FAVIINA	FAVIIDAE	<i>Colpophyllia natans</i>
FAVIINA	FAVIIDAE	<i>Montastraea annularis</i>
FAVIINA	FAVIIDAE	<i>Montastraea cavernosa</i>
FAVIINA	MEANDRINIDAE	<i>Meandrina meandrites</i>
FAVIINA	MUSSIDAE	<i>Scolymia lacera</i>
FAVIINA	MUSSIDAE	<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>
FAVIINA	MUSSIDAE	<i>Mycetophyllia danaana</i>

En el arrecife del costado oeste de Tierra Bomba aún no se tiene información sobre el estado actual de las especies de coral y del ecosistema coralino. Pero su presencia aporta al sostenimiento de la biodiversidad marina y como refugio de diversas especies marinas.

2.1.3 Determinantes

El desarrollo de un arrecife coralino es un proceso que tarda de cientos a miles de años, y es el resultado de la labor colectiva de numerosos organismos y de complejos procesos físicos y geológicos. Las larvas de los corales pétreos pueden establecerse con éxito únicamente sobre un fondo duro, bien iluminado y en aguas relativamente cálidas y bien oxigenadas. Con el tiempo se forma sobre el fondo un mosaico irregular de colonias coralinas aisladas que sirve de hábitat para otros corales y organismos sésiles (esponjas, octocorales, moluscos, gusanos, algas, etc.), formándose lo que se conoce como “tapete coralino”. El crecimiento hacia arriba y hacia los lados de los “núcleos de condensación” del arrecife, inicialmente aislados unos de otros, hace que éstos se fusionen entre sí y se compacten, levantándose paulatinamente el conjunto hacia la superficie y dando origen a un verdadero arrecife (Díaz et al., 2000).

El desarrollo coralino depende de varias condiciones fisicoquímicas como: la profundidad, luz, temperatura, salinidad, sedimentación, complejidad estructural y estabilidad física, concentraciones y disponibilidad de nitrógeno y fósforo, y la hidrodinámica del área coralina. Sin embargo, existen parámetros más esenciales como la luz debido a que los arrecifes de coral requieren aguas claras, poco turbias y de baja productividad. La temperatura del agua restringe la distribución de los corales. Por lo tanto, los parámetros físicos más importantes para los ecosistemas de arrecifes coralinos son, aguas templadas (20-28°C) y luz (aguas claras) (Ruppert y Barnes, 1996).

La profundidad, la luz y el grado de exposición al oleaje, inciden en la estructura de los arrecifes y en los esquemas de abundancia y distribución de las especies de coral que lo forman (Díaz-Pulido et al., 2004). Estas condiciones aportan un determinado nivel de resiliencia a los arrecifes e inciden en su capacidad de supervivencia y recuperación ante las principales amenazas que le impone el mundo moderno: la sobrepesca, el desarrollo costero y el cambio climático global (Lesser et al., 2007).

Las principales características o condiciones fisicoquímicas y biológicas que determinan la presencia y desarrollo de las especies coralinas en la bahía de Cartagena son:

Salinidad: Debido a sus características marinas, los corales presentan un rango óptimo de crecimiento en salinidades entre 34 y 36 (Solano et al., 1993).

Temperatura: Teniendo en cuenta que se han reportado mortandades masivas de corales por el aumento de la temperatura del mar, y que presentan un rango óptimo de crecimiento entre los 25-29°C (Solano et al., 1993)

Nutrientes: Estos sistemas ecológicos se encuentran principalmente en aguas oligotróficas, por lo tanto, la pérdida de cobertura coralina se ha atribuido a los incrementos en las cargas de nutrientes y sedimentos provenientes de aguas continentales, los cuales favorecen la capacidad de las macroalgas en la competencia por el sustrato bentónico.

Aguas claras y someras: La mayoría de ecosistemas coralinos se encuentran en profundidades entre 5-20 m, algunos pueden superar los 40 m. Las aguas deben ser claras y con poca turbidez, concentraciones de solidos suspendidos totales por encima de 5 mg/L puede afectar a las especies de coral.

Presencia de gremios tróficos clave: La abundancia de peces de importancia ecológica son fundamentales para la conservación de los arrecifes coralinos, por ejemplo, los peces herbívoros, son los principales consumidores de algas en estos ecosistemas, cumpliendo una función crítica al controlar las poblaciones de algas que compiten con los corales. Igualmente, se ha demostrado que la protección de los herbívoros aumenta la resiliencia arrecifal promoviendo la recuperación del ecosistema (Invemar, 2018).

2.1.4 Disturbios

La baja abundancia y riqueza de las especies registradas en Varadero es probablemente causada por la alta sedimentación, producida por los vertimientos del Canal del Dique y las actividades marítimas, que son agentes importantes del declive de los corales, que controlan en gran medida la distribución y estructura de la comunidad de octocorales de aguas someras, efecto evidenciado en otras áreas del Caribe (Yoshioka y Yoshioka, 1989). Si en algún momento se decidiera dragar el canal de Varadero para el paso de grandes embarcaciones; la resuspensión de sedimentos que se puede generar con el dragado podría causar un deterioro letal en la sobrevivencia de la comunidad de gorgonáceos y demás especies marinas asociadas a la comunidad coralina (Pizarro et al., 2017).

La contaminación de la bahía de Cartagena debido a los diferentes vertimientos de la ciudad y el canal del Dique, aportan diversas sustancias peligrosas y acumulan materia orgánica, nutrientes, plaguicidas y metales pesados que alteran la estructura de las comunidades coralinas (Tabla 3).

Otra presión antropogénica que puede estar afectando a los gorgonáceos locales es la extracción de las plumas de mar (por ejemplo, el género *Antillogorgia*) para su uso en la elaboración de artesanías y otros suvenires, que tienen una gran demanda en la región (Manrique-Rodríguez et al., 2019; Manrique et al., 2007; Camargo et al., 2008), y que se comercializan en la población vecina de Bocachica. En la tabla 3 se detalla las diferentes fuentes de presión, sus causas y consecuencias para los ecosistemas coralinos.

Tabla 3. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas coralinos de la bahía de Cartagena.

Fuente de presión	Causas	Consecuencias sobre el ecosistema
Aguas servidas	Deficiencias en el sistema de alcantarillado de la ciudad	Incrementa los niveles de nutrientes, acumulación de sustancias peligrosas, muerte de especies sensibles
	Vertimientos directos de hogares sin sistema de alcantarillado	
	Vertimientos del sector industrial	
Aumento de la temperatura	Cambios climáticos regionales y globales	Muerte de algunas especies
Desarrollo costero	Crecimiento urbano e industrial	Fragmentación del ecosistema, invasión de áreas coralinas, incremento de residuos, aumento de contaminantes.
Dragado y rellenos	Dragado frecuente de los sedimentos del canal del Dique	Sedimentación, Incremento de la turbidez del agua, muerte de especies sensibles, remoción de contaminantes peligrosos.
Malas prácticas de pesca	Falta de control institucional	Disminuye las poblaciones de peces coralinos, extracción de especies claves para el ecosistema, afecta la estructura y composición de la comunidad coralina
	Desarrollo de la pesca insostenible	
	Falta de educación	
	Falta de equipamiento adecuado para la pesca	
Polución (hidrocarburos, metales pesados)	Vertimientos de las industrias locales y del canal del Dique	Afectación a las comunidades coralinas, muerte de especies

		sensibles, acumulación de contaminantes.
Eutrofización	Vertimientos del canal del Dique, industria y aguas residuales	Afecta el estado de salud del ecosistema y la biodiversidad. Exceso de nutrientes en el ecosistema.
Sedimentación	Aportes de sedimentos del Canal del Dique	Incremento de la turbidez del agua, Entierro de corales, muerte de especies coralinas.
Aguas dulces	Aporte de aguas dulces del canal del Dique	Disminuye la salinidad, letal para las especies.
Residuos sólidos	Mal manejo de los residuos sólidos de la ciudad, falta de control y educación ambiental.	Afectación del paisaje coralino, ingesta de plástico, muerte de algunas especies.
Especies invasoras	Introducción de especies exóticas por el humano, mal manejo de aguas de lastre.	Afecta la estructura y composición de las comunidades, pérdida de biodiversidad.

2.2 Manglares

Los manglares son las formaciones vegetales intermareales características de litorales tropicales y subtropicales, se hace referencia a estas como bosques costeros, bosques mareales o bosques de mangle (manglar) (Saenger 2002), ubicadas en áreas protegidas de las fuertes olas, playas lodosas, fangosas o cenagosas, que están sujetos a intrusiones de aguas saladas y salobres (INVEMAR, 2014).

Las áreas de manglar tienden a dar la impresión de estar dominadas por especies arbóreas, pero dentro de los planos intermareales donde se desarrollan, con un sustrato lodoso, inundado diariamente, inmerso en una densa red de raíces aéreas y neumatóforos, como adaptaciones del mangle a este tipo de ambientes, brindan innumerables hábitats, que resaltan su importancia en términos de ser ecosistemas altamente productivos y diversos, ya que desde el dosel hasta las raíces y los sedimentos, están colonizados por gran variedad de vertebrados, invertebrados, entre otros grupos taxonómicos (Feller y Sitnik, 2002: Odum y Heald, 1972).

Estas áreas, en su mayoría se encuentran compuestas por especies de manglar que son una taxa característica, pero los términos comunidad de manglar, pantanos de manglar, ecosistemas de

manglar son comúnmente usados para describir tanto las especies de verdaderos mangles como la fauna y flora asociada en su conjunto (Tomlinson, 1986).

Los bosques de manglar son uno de los ecosistemas más productivos del mundo, generan gran productividad que exportan hacia los ecosistemas vecinos como los pastos marinos y los arrecifes de coral (Kathiresan y Bingham 2001; Krumholz y Jadot 2009; Valle et al., 2011), no obstante, estos bosques son uno de los más amenazados por el intenso aprovechamiento de su madera, la explotación minera y las construcciones con fines turísticos (Álvarez-León, 2003).

La actualización y ajuste de la zonificación de manglares de Cardique identifica como manglar el área permanente o periódicamente inundada con diferentes proporciones de aguas dulces y salobres, con una cobertura forestal continua o discontinua de una o más de las asociaciones vegetales dominadas por las especies reconocidas en la región como mangles: - Mangle rojo (*Rhizophora mangle*) - Mangle salado (*Avicennia germinans*) - Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) - Mangle zaragosa (*Conocarpus erecta*) - Mangle piñuelo (*Pelliciera rizophorae*) (CARDIQUE, 2007).

Estas especies de mangle presentan adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, que les permiten establecerse en ambientes anóxicos, a fluctuaciones en la salinidad, suelos inundados e inestables y alta radiación (Sánchez, 2009; Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983; Sánchez-Páez, 1994). Entre las adaptaciones más importantes se destaca la presencia de raíces zancos para colonizar substratos inestables, tolerancia al agua salada o salobre sin ser plantas halófitas obligadas, presencia de estructuras denominadas lenticelas o neumatóforos para la respiración y estrategias reproductivas como la presencia de semillas vivíparas (propágulos) que pueden flotar durante largos periodos (Field, 1997).

Las especies de mangle se pueden agrupar y distribuir de diferentes maneras dentro de su hábitat por preferencias en la salinidad y en el tipo de suelo, razón por la cual hay especies que ocupan tierras bajas que dan hacia el mar y otras especies viven en zonas más elevadas lejos del agua. Esto se conoce como 'zonación'. En el Caribe desde el mar hasta las zonas más elevadas, los manglares se distribuyen así: 1. *Rhizophora mangle* o mangle rojo 2. *Avicennia germinans* o mangle negro 3. *Laguncularia racemosa* o mangle blanco 4. *Conocarpus erectus* o mangle Zaragoza (Mejía Quiñones, 2014).

2.2.1 Distribución

La longitud total de la costa, de la bahía de Cartagena cubierta por manglares es estimada de 60 Km. El manglar se extiende desde Punta Arenas-Bocachica, Isla Draga, canal del Dique Isla brujas, isla Maparaná, El Cocosolo, Ciénaga las Quintas (Figura 5). La mayor parte de los manglares del área urbana han sido destruidos, quedando arbustos en las orillas de los canales y un bosque de buen porte en el sector de Manga que llega a los 5 o 6 m de altura y diámetros que en ocasiones superan los 15 cm., el cual va disminuyendo su cobertura en la medida que se avanza hacia el noreste (CARDIQUE, 2007).

La Bahía de Cartagena en su orilla continental presenta características particulares en cuanto a cinturones e islotes de *R. Mangle* que han sido intervenidos por las actividades de la zona industrial de Mamonal, por talas en pequeños sectores y contaminación de residuos tóxicos o petróleo en accidentes ocasionales. No obstante, se presentan sectores o franjas colonizadas por mangle, donde predomina *Rhizophora mangle*, seguida por *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y en algunos lugares *Pelliciera rhizophorae*. Esta última especie se encuentra localizada en cercanía de los terminales de Malterías de Colombia y ECOPETROL, así mismo en la isla Glorita donde se encontraba localizada vikingos. Hacia el sur se encuentran franjas de mangle hasta punta amazonas en la boca del Norte del Canal de Dique y continua en ciénaga Honda y ciénaga Coquitos en la cual *R. mangle* se establece con alturas de hasta 7 m, asociado con *L. racemosa* y *A. germinans*, y hacia la Isla de Tierra Bomba se observan pequeñas franjas de manglar desde Punta Arena, localizada frente a Isla Glorita, hasta Bocachica, con especial predominio de *R. mangle* de bajo porte, *L. racemosa* y *C. erecta* (CARDIQUE, 2007).



Figura 5. Distribución de los manglares en la bahía de Cartagena. Fuente: Invermar, 2018.

2.2.2 Estado

Los manglares de la bahía de Cartagena están totalmente intervenidos y muchos sectores totalmente extirpados, pues en general gran parte de ellos se podrían considerar, como formaciones mangláricas urbanas en peligro de extinción. Igualmente, sus componentes Bióticos que lo conforman, como la fauna y flora acuática, que se asocia con las raíces del mangle rojo, los cuales también están alteradas y muchas de ellas desaparecidas.

Para el año 1998 CARDIQUE presentó las unidades de manejo, según “Diagnóstico y Zonificación de los Manglares del Departamento de Bolívar”, donde diferentes áreas de existencia de manglar fueron clasificadas en varias unidades de manejo que fueron aprobadas por el MAVDT (actualmente MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y adoptadas en el POT Cartagena (2001);

considerando la zona de Mamonal y manzanillo como zona de manejo especial. En ella se encuentran formaciones de manglar poco significativas en términos de extensión o cobertura, más no en función ecológica. Sin embargo, las actividades de desarrollo que se realizan en ellas o en sus cercanías resultan muy importantes para el beneficio colectivo. En estas zonas es posible la realización de obras de infraestructura, cumpliendo y aplicando las normas básicas para su desarrollo y minimizando los impactos generados por la planeación, instalación y funcionamiento de las obras en mención (CARDIQUE, 2007).

Las áreas recientes de manglar al interior de la bahía de Cartagena corresponden a: Zona de Manglar Zona Norte, Zona de Manglar Bahía Oriente, Zona de Manglar Barú Norte y Zona de Manglar Tierra Bomba. Del mismo modo, alrededor de estas áreas, se observan zonas potenciales para la restauración y/o rehabilitación de los manglares de la bahía (Figura 6) (CARDIQUE, 2007).

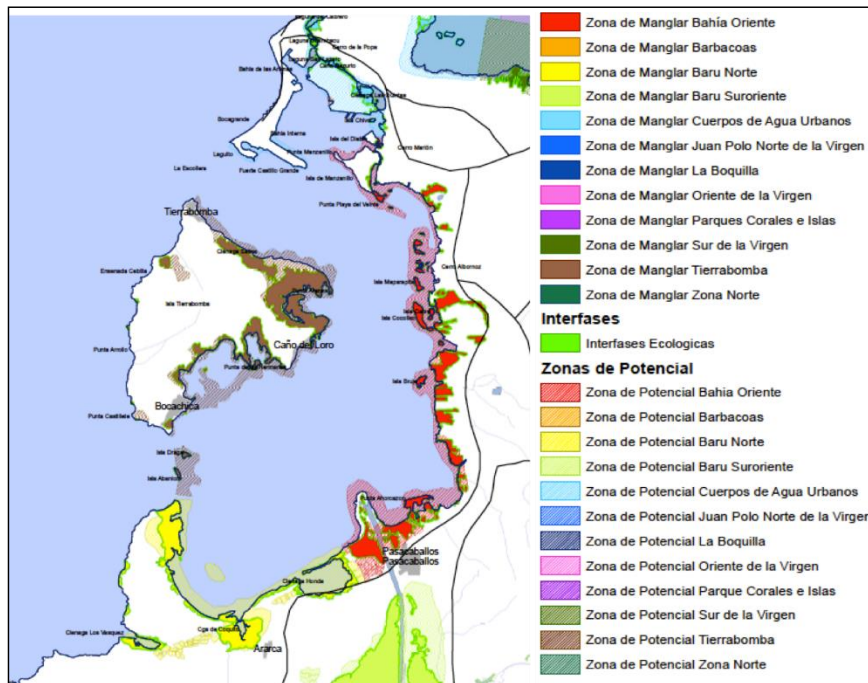


Figura 6. Zonas de manglar y zonas potenciales para la recuperación de los manglares en la bahía de Cartagena.

Mediante resolución No. 0694 de 10 de Julio de 2000 del MAVDT se solicitó un ajuste con respecto a la zonificación de los manglares del departamento de Bolívar, en donde para las áreas de manglar de la bahía de Cartagena se definieron: Zona de Recuperación Isla Tierra Bomba, Zona de Recuperación Sector Ciénaga del Coquito, Zona de Recuperación Sector Mamonal y Manzanillo, Zona de Preservación Islas de la Bahía de Cartagena (Tabla 4) (CARDIQUE, 2007).

Tabla 4. Clasificación y estado de los manglares en la bahía de Cartagena. Fuente: Modificado de CARDIQUE, 2007.

Clasificación	Área	Características a 2007	Tensores
Zonas de Recuperación	Isla Tierra Bomba	Formaciones arbóreas y arbustivas de <i>R. mangle</i> , <i>L. racemosa</i> , <i>A. germinans</i> , <i>C. erecta</i> y <i>P. rhizophorae</i> . Limitados a franjas estrechas por la topografía del terreno.	Deterioro evidente de los rodales de manglar por acciones de tala rasa, relleno y aterramiento, interrupción de los flujos hídricos normales y uso como basureros.
	Ciénaga de Coquito a la Carbonera	Bosques mixtos de <i>R. mangle</i> , <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y en algunos casos <i>P. rhizophorae</i> . La estructura es heterogénea, reflejando cierto nivel de alteración.	Altamente intervenidos por procesos urbanísticos, tala y en algunos casos por actividad camaronera.
	Sector Mamonal y Manzanillo	Comprende una serie de formaciones de manglar discontinuas a lo largo de la línea de costa desde la desembocadura del canal del Dique hasta Manzanillo. Estas formaciones están compuestas por <i>R. mangle</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>C. erecta</i> . Presentan coberturas relativamente pequeñas.	Las alteraciones están relacionadas en gran medida con las actividades industriales y/o urbanísticas que se llevan a cabo en sus alrededores. Fuertemente tensionados por efecto de la contaminación química, interrupción de flujos hídricos, eutrofización, vertimiento de aguas calientes, tala, aterramiento.
Zonas de Preservación	Islas de la Bahía de Cartagena	Comprende las islas de Maparapita, Brujas, Cocosolo y otras menos representativas en términos de área, pero significativas en su cobertura de manglar. Los bosques pueden ser mixtos o monoespecíficos compuestos por <i>R. mangle</i> , <i>L. racemosa</i> , <i>A. germinans</i> , <i>C. erecta</i> y <i>P. rhizophorae</i> . Los rodales	Actividades industriales y zonas portuarias, principalmente en Mamonal y Manzanillo.

		presentan un buen desarrollo y en algunos casos presentan estados fitosanitarios deficientes como reflejo de los procesos que se dan en su alrededor	
	Sector de Varadero	Bosques mixtos y maduro de <i>R. mangle</i> , <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> de buen porte y desarrollo, con una alta proporción de individuos de categorías diamétricas superiores.	Presenta poca intervención antrópica
	Caños y lagunas internas	Incluye las lagunas de las Quintas, Cabrero y San Lázaro y los caños que de ellas se derivan. Son formaciones mixtas de <i>R. mangle</i> , <i>L. racemosa</i> , <i>A. germinans</i> , <i>C. erecta</i> y en algunos sitios <i>P. rhizophorae</i> . La especie dominante es <i>A. germinans</i> . En algunos sectores el predominio se alterna con <i>R. mangle</i> y <i>L. racemosa</i> .	Contaminación por vertimientos, Invasiones de viviendas, residuos sólidos y alta urbanización.

2.2.3 Determinantes

Los manglares pueden vivir en el agua y en la tierra (anfibia) y tienen adaptaciones en sus raíces, hojas y tronco, con los que pueden crecer en terrenos inestables, sin oxígeno e inundados con agua de mar (Sánchez et al., 2000). La distribución, establecimiento y desarrollo de los bosques de mangle depende de numerosos factores físicos, químicos y biológicos tanto en agua como en suelos. Los factores que ejercen mayor influencia en el desarrollo estructural, zonación, composición, abundancia y tipo de manglar, son los relacionados principalmente con los regímenes hídricos como las mareas, la salinidad, la temperatura del agua, las corrientes fluviales, los aportes de nutrientes, la frecuencia y magnitud de las inundaciones, las características edáficas; y con las características del terreno: microtopografía, tipo de suelo, pH, potencial de óxido reducción, entre otros (Cintrón & Schaeffer, 1983; McKee, 1993; Sánchez-Páez 1994; Sánchez, 2009).

Para obtener altas probabilidades de éxito en el proyecto, es necesario que, con la implementación de las acciones para la eliminación o mitigación de los tensores y sus efectos, se garanticen condiciones ambientales similares a las del ecosistema de referencia (Steer et al., 1997), o sencillamente condiciones ambientales que propicien el desarrollo de los bosques de manglar como:

Temperaturas medias mayores a 20 grados centígrados y medias mínimas no inferiores a 15 grados centígrados.

Terreno aluvial de grano fino: las áreas de manglar más extensas están a lo largo de los litorales, deltas, esteros y lagunas costeras, que constan de fondos de limo y arcilla. El sustrato juega un papel importante en la zonación. Por ejemplo *A. germinans* no tiene mucho éxito en sustratos inestables porque el agua y el fango cubren sus raíces y no le permite respirar, mientras que *R. mangle* tiene raíces en forma de zancos que le da mucha estabilidad en este tipo de suelos (Mejía Quiñones, 2014).

Riberas libres de la fuerte acción de las olas y vientos: extensas formaciones se desarrollan en sitios protegidos dentro de estuarios y lagunas costeras.

Límite de marea y suave inclinación de la costa: el amplio límite de marea horizontal se considera una condición importante debido a que, con un gradiente suave de la costa, el sustrato no se erosiona durante los cambios de marea y permite el encharcamiento o inundación favorecido por las mareas.

Agua salada: el agua salada no es un requerimiento esencial, dado que los manglares toleran amplios rangos de salinidad del suelo y agua, sin embargo, pueden ser desplazados por la competencia con otras plantas en humedales de agua dulce. De otro lado, los manglares requieren de agua dulce para su normal desarrollo, con el fin de mantener un adecuado balance iónico y recibir nutrientes inorgánicos (Prahl, Cantera, & Contreras, 1990).

Para evaluar las condiciones ambientales se deben seleccionar variables que sean fáciles de medir, que no requieran muchos recursos de personal, tiempo y financieros, y que sean un buen indicador del objetivo de restauración planteado. El esfuerzo de medición de las condiciones ambientales (número y frecuencia de medición) varía a razón de los objetivos del proyecto y del área de restauración. Es necesario contar con información periódica, como mínimo una medición relacionada con cada época climática y por lo menos durante la totalidad de ejecución del proyecto, adicionalmente, se deben establecer puntos de medición sistemáticamente distribuidos por toda el área de restauración, de tal forma que se consideren los gradientes salino y de inundación, típicos de un ecosistema de manglar, para ello se recomiendan series de puntos de muestreo dispuestos en línea recta perpendicular al cuerpo de agua principal (Minambiente y ASOCARS, 2016).

2.2.4 Disturbios

Las zonas de mangle más gravemente afectadas en el departamento de Bolívar son las de Punta Barbacoas y los que están en el sector del Canal del Dique; también los que habitan cerca de la construcción de empresas camaroneras y piscícolas que impiden el crecimiento del mangle porque interrumpen los flujos de agua y provocan un exceso de salinidad que mata a los árboles de mangle (Sánchez-Páez et al., 2000). Específicamente, los manglares de la bahía de Cartagena se ven afectados por malas planificaciones para construir casas, actividades industriales, hoteleras, turísticas y comerciales, todo esto asociado al desarrollo social y económico de la región (Sánchez-Páez et al., 2000). Los principales disturbios y sus consecuencias sobre los manglares de la bahía se observan en la tabla 5.

Tabla 5. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas de manglar en la bahía de Cartagena.

Fuente de presión	Causas	Consecuencias sobre el ecosistema
Hipersalinización	Interrupción del flujo hidrodinámico debido a la tala y obras físicas	Desplazamiento y muerte de especies
Contaminación por residuos sólidos	Mal manejo de las basuras, Falta de educación ambiental, falta de medidas de control y sanción	Degradación del ecosistema, afectación del paisaje natural
Vertimientos domésticos	Algunos hogares sin cobertura de alcantarillado	Incremento de nutrientes y materia orgánica, eutrofización.
Vertimientos industriales	vertimientos directos sin tratamiento de aguas al 100% ó sin ningún tratamiento	Incremento de sustancias peligrosas, contaminación, muerte de especies
Erosión costera	Deforestación de vegetación costera, infraestructura urbana.	Perdida del hábitat, fragmentación del ecosistema.
Expansión frontera urbanística y turismo no planificado	Construcciones de infraestructura urbana, Falta de planeación y control del turismo	Fragmentación del ecosistema, pérdida de especies.
Potrerización, parcelación y loteo.	Falta de control en la planeación territorial y usos del suelo	Fragmentación del ecosistema, pérdida de especies.
Cambio en la dinámica hídrica	Construcción de canales, muelles, puertos, viviendas y empresas en las orillas de la bahía	Cambios en la estructura y composición del ecosistema, muerte de algunas especies.

2.3 Pastos Marinos

Las praderas de pastos marinos (praderas de fanerógamas) son ecosistemas muy similares a las praderas terrestres que se desarrollan sobre fondos arenosos y fangosos costeros (Márquez 1996). Están compuestas por plantas monocotiledóneas típicamente de hojas largas con forma de tira (strap), pero no son verdaderos pastos (Hogarth 2007). Los pastos marinos pertenecen al nivel taxonómico de las angiospermas (clase) que viven totalmente sumergidas y conforman el único grupo de plantas vasculares que han evolucionado de la tierra firme al mar en etapas progresivas de adaptación al agua dulce, aguas salobres y finalmente al agua marina (Hartog, 1970).

Los pastos marinos se extienden bajo el fondo marino por medio de tallos horizontales llamados

rizomas. Este rizoma puede romperse o fragmentarse. De esta manera, una misma planta puede consistir en secciones de rizomas independientes llamados clones, ya que tienen la misma identidad genética (UNAM, 2010). Las partes más visibles de los pastos marinos son sus hojas verdes, que surgen por encima del fondo marino. Las hojas tienen forma de cinta (p.e., *Thalassia*) o son cilíndricas (p.e., *Syringodium*), con una base semi-transparente envainada, que sirve como protección de los tejidos en desarrollo. Una vez muerta una hoja, la vaina puede persistir como tejido fibroso (p.e., *Thalassia*). Las especies de *Halophila* tienen hojas ovaladas fijadas al rizoma por medio de un pecíolo, el cual presenta escamas en su base (UNAM, 2010).

Las praderas de pastos marinos fueron hace varias décadas uno de los ecosistemas más desarrollados, ocupando grandes extensiones en el litoral como en los bajos someros e interviniendo significativamente en los procesos físicos, químicos, geomorfológicos y biológicos de la bahía de Cartagena (Díaz y Gómez, 2003). La intervención significativa se debe a que este ecosistema juega un papel importante en la dinámica de los fondos, pues sus raíces y tallos contribuyen a la estabilidad del sustrato arenoso y las hojas ayudan a reducir la turbulencia y resuspensión generada por la acción de las olas y las corrientes (Castro y Huber, 2003). Esta reducción en la turbulencia resulta en que las partículas de sedimento fino se asienten y consecuentemente se reduzca la turbidez de la columna de agua. Estas condiciones físicas, junto con la estructura tridimensional de los pastos, ofrecen áreas de refugio y asentamiento para varias especies marinas, razón por la cual generalmente se encuentra un mayor número de organismos habitando las praderas de fanerógamas que los fondos blandos desnudos a su alrededor (Díaz y Gómez, 2003).

2.3.1 Distribución

En las últimas décadas, la cobertura de los pastos marinos en la bahía de Cartagena se ha reducido en un 92,5%, pasando de ocupar 1.011 ha aproximadamente entre 1935 y 1945 a ocupar únicamente 76 ha en 2001. La pérdida ha sido mayor en la parte interna de la bahía que en la parte exterior o hacia mar afuera, siendo de 93,1% en la primera y de 89,1% en la segunda (Figura 7). La reducción de área de los pastos marinos fue mayor entre 1940 y 1960, estimándose un declive en cobertura de 40 ha/año aproximadamente, siendo la parte suroriental de la bahía la que presentó mayor disminución de cobertura (Díaz y Gómez, 2003).

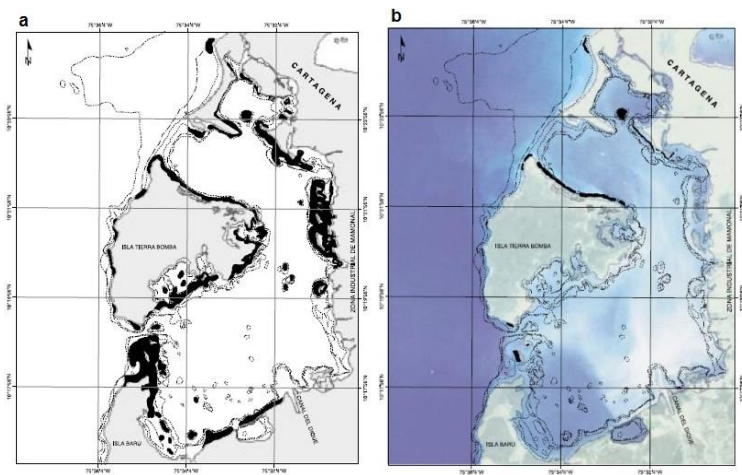


Figura 7. Distribución de las praderas de pastos marinos en la bahía de Cartagena en el periodo comprendido entre 1935 – 1945 (a) y el 2001 (b). Fuente: Díaz y Gómez (2003), modificado de Aqua & Terra, 2016.

Se observa claramente que hace 70 años los pastos marinos habitaban en toda la bahía de Cartagena y desde hace 20 años su cobertura disminuyó drásticamente debido a la ampliación del canal del Dique y a las actividades de dragado. La distribución actual de los pastos marinos queda relegada a unos cuantos parches ubicados mayormente en el norte de la Isla Tierra Bomba y en menor medida entre el sector de Manzanillo y el Laguito (Figura 7).

2.3.2 Estado

Recientemente se desconoce el estado de las praderas de fanerógamas marinas de la bahía de Cartagena, las áreas donde todavía se encuentran pastos marinos en la bahía están dominadas por *Thalassia testudinum*, aunque también se encuentran *Syringodium filiforme* y *Halophila decipiens*. En 2001, Díaz y Gómez (2003) encontraron que sobre estas praderas predominaba una diversidad de macroalgas asociadas conformadas por *Codium* spp., *Caulerpa* spp., *Halimeda opuntia*, *Gracilaria* spp. y *Enteromorpha intestinalis*, las cuales se encontraron en una proporción relativamente alta, que pudo llegar a equivaler al 50% en el interior de la bahía. De igual manera, hallaron una macrofauna

epibentónica de 19 especies, entre las que se destacaron por su frecuencia y abundancia los gasterópodos *Modulus carchedonius* y *Vasum muricatum*, los cangrejos *Calcinus tibicen* y *Pilumnus sayi* y el ascidiáceo colonial *Botrylloides* sp., éste último recubriendo conspicuamente las hojas de *Thalassia*. En los sitios afuera de la bahía registraron un total de 33 especies, entre las que predominaron varias esponjas (*Amphimedon erina*, *Niphates erecta*, *Cynachyrella* sp., entre otras), el gasterópodo *Strombus raninus* y el erizo *Lytechinus variegatus*.

Debido a la falta de información actual sobre estos ecosistemas de pastos marinos en la bahía, es necesario realizar muestreos sobre la cobertura de las praderas marinas y su fauna asociada para establecer los cambios en la composición y estructura de las comunidades y su relación con los tensores antrópicos, principalmente asociados a los efectos del canal del Dique y al incremento de la contaminación en la bahía.

2.3.3 Determinantes

Las praderas de fanerógamas marinas requieren principalmente de luz solar, agua y nutrientes. La luz, que se atenúa rápidamente con la profundidad de la columna de agua, limita la distribución de los pastos marinos a las zonas someras con aguas relativamente transparentes, aunque algunas especies pueden encontrarse aisladamente a más de 50 metros de profundidad (Díaz y Gómez, 2003). En general, están limitados a una estrecha franja desde la zona intermareal hasta los 25 m. de profundidad en las costas tropicales. Estas plantas pueden crecer en áreas expuestas a un fuerte oleaje, sobre sustratos de arenas gruesas y en salinidades óptimas entre 25 y 45 UPS (Dawes, 1986). Su presencia se limita a las condiciones en el aporte de agua dulce de los grandes ríos, la turbidez del agua, la falta de sustratos adecuados y la alta dinámica del agua (INVEMAR, 2003; Ospina-Hoyos et al., 2010).

Los pastos marinos crecen sobre fondos arenosos y lodosos en áreas costeras desde la zona intermareal hasta una profundidad de > 50 m. En el Atlántico tropical occidental, los pastos marinos forman densas praderas en las aguas someras (< 10 m) de los sistemas arrecifales, los estuarios, y las costas abiertas relativamente protegidas de oleaje. En las aguas más profundas (15-50 m), la vegetación es más escasa. Su distribución en estos ambientes está limitada por las mareas, las fuerzas hidrodinámicas, la salinidad y la luz (Ospina-Hoyos et al., 2010). Cada especie tiene una preferencia o tolerancia diferencial a una combinación de estos factores. Los nutrientes

(principalmente nitrógeno y fósforo) cambian el balance competitivo entre los pastos marinos y otros productores primarios tales como las algas marinas y el fitoplancton (UNAM, 2010).

2.3.4 Disturbios

Los ecosistemas de pastos marinos están desapareciendo de las zonas costeras del país debido a una serie de factores que los afectan. La deforestación y el cambio de uso de suelo en las partes altas de las cuencas provoca una cantidad muy grande de materia orgánica y sedimento en suspensión que incrementa la turbidez en el agua y disminuye el desarrollo de los pastos. La agricultura y ganadería generan una cantidad excesiva de nutrientes que provoca un crecimiento anormal y muy acelerado de las algas resultando en el ahogamiento de los pastos y cambiando la constitución de las praderas y la urbanización e industrialización en la zona costera que invaden el espacio de este valioso ecosistema de gran importancia para la conectividad ecológica.

Las principales presiones sobre los pastos marinos corresponden a:

- 1) Aumento gradual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) aumentando el estrés fisiológico lo que tiene como impacto la pérdida de cobertura.
- 2) Los aportes continentales (cambios drásticos en: sedimentación, salinidad y transparencia) generando mayor efitismo que a su vez produce una pérdida de cobertura (por disminución de área para la fotosíntesis).
- 3) Anclaje de embarcaciones (daño físico) provoca remoción de vástagos por daño físico y una pérdida de cobertura.
- 4) La sobrepesca (extracción de recursos pesqueros para alimento y para comercialización como recordatorios, "souvenirs") y explotación de las poblaciones de tortuga verde y el caracol pala
- 5) La construcción de puertos y muelles conlleva a la pérdida de cobertura vegetal en los pastos marinos y a la fragmentación de la pradera.

En la siguiente tabla se evidencia los recientes disturbios identificados en la bahía de Cartagena y que están afectando la presencia de los pastos marinos, su biodiversidad y los servicios del ecosistema (Tabla 6).

Tabla 6. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas pastos marinos de la bahía de Cartagena.

Fuente de presión	Causas	Consecuencias sobre el ecosistema
Aportes de agua dulce	Aguas del Canal del Dique	Reduce la salinidad afectando a las especies, muerte de especies marinas.
Sedimentación	Sedimentos del canal del Dique, actividades de dragado	Estrés fisiológico en las especies, entierra los pastos marinos, reduce drásticamente la cobertura de los pastos marinos, pérdida de especies
Eutrofización por aportes externos de nutrientes	Vertimientos directos de aguas residuales e industriales, vertimientos del canal del Dique	Exceso de nutrientes alterando la estructura y composición del ecosistema, afectación en la calidad del agua, Pérdida de la biodiversidad
Vertimientos industriales	vertimientos directos del sector industrial de la bahía	Contaminación, acumulación de sustancias peligrosas, eutrofización, afectación sobre las especies del ecosistema
Vertimientos Domésticos	Viviendas e invasiones sin alcantarillado, irregularidades del sistema de alcantarillado de la ciudad	Eutrofización, mayor reproducción de algas y bacterias que afectan el ecosistema.
Residuos sólidos	Mal manejo de las basuras, falta de recolección de los desechos sólidos que ingresan a la bahía por corrientes marinas y esorrentía, falta de educación ambiental, algunas viviendas sin servicio o sistema de recolección de basuras	Degradación del paisaje en el ecosistema, contaminación, ingesta de plástico por algunas especies.
Obras de infraestructura costera	Construcciones de muelles y puertos	Fragmentación del hábitat, cambios en la estructura y composición de las especies, deterioro del ecosistema
Transporte acuático industrial, turístico y deportivo	Flujo de embarcaciones, incremento del turismo, transporte marítimo local.	El paso de embarcaciones y anclaje remueve los sedimentos, arranca los pastos marinos, fragmentación del ecosistema, contaminación por derrame de hidrocarburos y aceites, aleja a algunas especies marinas

El declive y la pérdida de los pastos marinos de la bahía de Cartagena se atribuyen a tres factores principalmente. El primer factor fue la apertura del canal de Dique, lo que significó un aporte mayor de

agua dulce y sedimentos a la bahía, alterando las condiciones de salinidad, transparencia y sedimentación. Como segundo factor está la creación del complejo industrial de Mamonal donde se removieron amplias extensiones de terreno, se dragó el fondo para permitir el acceso de embarcaciones de gran calado y hubo eventos de vertimientos de aguas residuales, hidrocarburos, metales pesados, nitratos, fosfatos y organoclorados a la bahía. El tercer factor considerado fue el inicio del funcionamiento del sistema de alcantarillado de Cartagena, el cual evacuaba alrededor de 60.000 m³/día de aguas servidas, aportando a la bahía gran cantidad de materia orgánica que ha contribuido con la eutrofización del sistema (Aqua & Terra, 2016).

2.4 Playas

Las playas se definen como la acumulación de sedimentos no consolidados (arena, grava o canto rodado) que se sitúa entre la línea de máximo alcance del oleaje en temporal y pleamar viva y una profundidad que corresponde a la zona donde deja de producirse un movimiento activo de sedimentos debido a la acción del oleaje. Las playas se enmarcan dentro de la Zona Costera, que comprende el área de la plataforma continental y de la costa en la que los procesos morfodinámicos vienen determinados por la dinámica marina. Su desarrollo hacia tierra y hacia el mar depende, por lo tanto, de la tipología de la costa, de la plataforma continental, y del clima marítimo de la zona (CEPAL, 2012).

Las playas de la bahía de Cartagena presentan muchas formas y tamaños, constituidas por arenas finas aunque en algunas partes se acumula arena gruesa y grava. Su amplitud depende de la morfología de la costa, la distancia a los aportes de arena y las condiciones oceanográficas.

2.4.1 Distribución

Las playas de la bahía se observan en varios sectores de la isla Tierra Bomba, en el sector de Bocachica, se evidencian algunos parches, así como en el sector oeste de la isla donde alcanzan amplitudes que varían entre 20 y 28m. A lo largo de la costa, a manera de parches se aprecian zonas de marismas, en donde se observan relictos de bosques de manglar (Aqua & Terra, 2016).

También se pueden observar clastos y fragmentos derivados de corales y conchas, los depósitos de arenas que colindan con la estructura del fuerte de San Fernando presentan pendientes suaves, se encuentran cubiertas parcialmente de vegetación herbácea y algunas palmeras (Aqua & Terra, 2016).



Figura 8. Distribución de las Playas en la bahía de Cartagena. Fuente: Invemar, 2018.

En el sector nororiental de Cartagena, se extienden en forma continua a manera de franjas angostas entre el barrio Crespo y la zona norte de Mamonal, encerrando en su interior caños de forma alargada, otra playa importante dentro de la bahía corresponde al sector del sur de Bocagrande y Castillo Grande (POT Cartagena, 2001).

En general, las principales playas de la bahía de Cartagena se encuentran en Bocagrande, Castillo grande, Punta Arenas y Tierra Bomba Occidente (Figura 8).

2.4.2 Estado

Las playas de la bahía de Cartagena son afectadas por el desarrollo urbano de la ciudad, la contaminación por aguas residuales e industriales, los residuos sólidos, la turbidez del agua provocada por los sedimentos del canal del Dique y el turismo incontrolado. En el sector de Bocagrande las playas tienen buena amplitud, pero allí las dunas no son tan desarrolladas. En el sector amurallado hay un

malecón que no permite el desarrollo de playas. En El Laguito las playas son incipientes (3 a 20 m) no obstante están protegidas por espolones. Las pendientes del frente de playa van de 5 a 8 grados (INVEMAR, 2018).

Las playas de Castillogrande están protegidas por espolones y rompeolas. Entre las avenidas frente al Hospital alcanzan amplitudes hasta de 50 m, mientras hacia el Club Naval la amplitud no supera los 10 m. Las playas en las islas de Manga y Manzanillo (parte interna de la bahía de Cartagena). Están constituidas por fragmentos de coral y concha, tienen de 1 a 3 m de amplitud y las pendientes del frente de playa van de 5 a 10 grados (INVEMAR, 2018).

En el resto de la Bahía se presentan en forma continua en los sectores de Tierra Bomba, Bocachica, a todo lo largo de la espiga de Punta Arenas y a manera de parches en el sector oeste de la isla. Sus amplitudes varían entre 2 y 20 m, siendo las más angostas las ubicadas cerca del poblado de Tierra Bomba y las de mayor amplitud se localizan en la espiga de Punta Arenas, al ser controladas por espolones. Están constituidas por arenas calcáreas de grano fino a muy grueso, de color crema a amarillo; se formaron como producto de la degradación de los corales como consecuencia del fuerte oleaje (POT cartagena, 2001).

En las playas del Laguito y Tierra Bomba se evidencia una vulnerabilidad alta y media, debido a que están expuestas a la contaminación producida en el sector del Laguito, a la presión del turismo y a la falta de saneamiento básico principalmente en Tierra Bomba (INVEMAR, 2018). Algunos estudios demuestran que los bañistas pasan más tiempo en la playa que en el agua, y los microorganismos se depositan en la arena de playa, actuando como reservorios o vectores de infecciones (Nelson y Botteril, 2002).

En el año 1994, se tomaron medidas preventivas de cierre de playas de Castillo y El Laguito, por la contaminación que presentaban con altas concentraciones de coliformes fecales y totales que sobrepasaban el índice de contaminación establecido por el Ministerio de Salud. Estudios realizados en el 2004 comprueban que las playas de la bahía vienen presentando una degradación visual y paisajística, presencia de residuos sólidos en gran magnitud y de heces en una proporción menor pero las concentraciones de coliformes continúan siendo altas, algunas zonas sobrepasan los límites permisibles por el Ministerio de Salud (INVEMAR-MADS, 2017).

2.4.3 Determinantes

Las playas son ecosistemas muy modificables debido a la acción que ejercen algunos factores físicos como el oleaje, la corriente y los vientos. Se diferencian de acuerdo con la dinámica eólica y el grado de exposición al oleaje. Los principales factores ambientales que determinan la composición y la diversidad biológica en las playas son: a) la granulometría, porosidad y naturaleza del sustrato, b) la acción del oleaje y las mareas, c) contenido de gases disueltos, principalmente el oxígeno, d) la temperatura, e) la salinidad y, f) la iluminación (Díaz-Pulido; 1997).

Al igual que en otras partes del mundo, las playas de la bahía de Cartagena son cuerpos dinámicos de arena que cambian su forma en periodos cortos de tiempo. Su equilibrio dinámico está controlado por cuatro (4) factores: la energía de las olas, la forma de la playa, el aporte de arena y el nivel del mar. Cuando uno de los factores cambia los otros tres se modifican.

En la bahía de Cartagena la energía de las olas se incrementa en los periodos sequía local (diciembre-abril) y especialmente en los mares de leva. Ante estos eventos las playas responden cambiando su forma, allanando el perfil y construyendo barras exteriores.

2.4.4 Disturbios

Los asentamientos humanos causan una de las mayores afectaciones en las playas, debido a la generación de vertimientos de residuos sólidos y de aguas residuales domésticas que llegan de manera directa o indirecta a la zona costera o al mar a través de caños y ríos que reciben diferentes aportes a lo largo de su cauce; poniendo en riesgo la biodiversidad y a los bañistas que potencialmente pueden contraer enfermedades como gastroenteritis e infecciones del tracto respiratorio superior, ojos, oídos y piel (Phillips et al., 2011). Adicionalmente, pueden llegar al ecosistema de playas contaminantes por escorrentías urbanas y rurales que se incrementan en época de lluvias, así como por la misma actividad turística, por el alto número de usuarios que aumentan la presión sobre el sistema (INVEMAR, 2020).

Los principales disturbios sobre las playas de la bahía de Cartagena se deben a la contaminación por aguas residuales, los residuos sólidos, la contaminación por hidrocarburos, la erosión y sedimentación antrópica y la congestión periódica de las playas debido al turismo recreativo de playa (Tabla 7).

Tabla 7. Principales disturbios y sus consecuencias para los ecosistemas de playas de la bahía de Cartagena.

Fuente de presión	Causas	Consecuencias sobre el ecosistema
Contaminación por aguas residuales	Viviendas e invasiones sin alcantarillado, irregularidades del sistema de alcantarillado de la ciudad	Degradación y afectación de la calidad de las playas, contaminación del agua. Afectación a las comunidades bentónicas
Contaminación por residuos sólidos	Mal manejo de las basuras, falta de recolección de los desechos sólidos que ingresan a la bahía por corrientes marinas y escorrentía, falta de educación ambiental, algunas viviendas sin servicio o sistema de recolección de basuras	Degradación y afectación de la calidad de las playas.
Contaminación por hidrocarburos	Flujo de embarcaciones, incremento del turismo, transporte marítimo local.	Degradación y afectación de la calidad de las playas, contaminación del agua. Afectación a las comunidades bentónicas
Erosión costera y sedimentación	Crecimiento urbano desconociendo las dinámicas de las playas	Modificación geomorfológica de las playas, afectación de la dinámica de las playas, disminución de la capacidad de retención de arenas, pérdida de arenas, incremento de inundaciones.
Congestión turistas	Turismo insostenible sin tener en cuenta la capacidad de carga	Contaminación periódica de la playa, incremento de residuos sólidos

2.5 Ecosistemas acuáticos de la bahía

Las lagunas son definidas como cuerpos permanentes de agua de baja profundidad. Las ciénagas, por el contrario, son cuerpos de agua originados por la acción de las corrientes de los ríos, que dan lugar a la formación de cuencas mediante la deposición de sedimentos y por la acción erosiva de diferentes agentes. En el caso de las lagunas, todo su espacio es potencialmente colonizable por macrófitas acuáticas arraigadas (zona litoral), sin una diferenciación entre región litoral y profunda. La dirección del agua va en un solo sentido. Las ciénagas se localizan en depresiones poco profundas y conectadas al río mediante estrechos canales meandriformes. La dirección del flujo del agua va en dos sentidos, de la ciénaga al río y de este a la ciénaga (INVEMAR, 2000).

Para propósitos de este informe, el ecosistema acuático abarca la columna de agua de la bahía, las ensenadas y lagunas costeras, incluyendo ciénagas y humedales; y en general, la columna de agua de la bahía. Son cuerpos de agua próximos al mar separados aparentemente por una barrera arenosa

o de cantos, dominadas por la dinámica del litoral, presentando salinidades variables, en función de la influencia tanto de las aguas marinas como continentales o subterráneas (Soria y Sahuquillo, 2009). Asimismo, estos sistemas reciben aporte de nutrientes de origen continental como oceánico, lo cual constituye una fuente de nutrientes fundamental para el mantenimiento de la red trófica que se desarrolla en sus aguas (Salat, 2002). Específicamente, la Bahía de Cartagena se caracteriza por presentar un mayor número de ciénagas y lagunas costeras con respecto a otras bahías del Caribe colombiano (INVEMAR, 2018).

2.5.1 Distribución

Las lagunas, cienagas y ensenadas de la bahía de Cartagena se distribuyen hacia el norte, centro y sur de la bahía. Al norte de la bahía se localizan la Laguna de San Lázaro y Ciénaga de las Quintas, corresponden a sistemas acuáticos cerrados y semicerrados con menor renovación de sus aguas y alta concentración de contaminantes, en especial los vertimientos del mercado de Bazurto.

En el centro de la bahía y hacia el costado Este de la isla Tierra Bomba se encuentran cienagas y lagunas de diferentes formas y tamaños, rodeadas por manglar. La de mayor extensión presenta forma alargada, está en proceso de colmatación y adicionalmente está siendo intervenida antrópicamente al ser rellenada con escombros, con el fin de construir sobre ella. En esta zona se identifican la laguna de Punta Arenas, Ensenada Salada y Ensenada de Picón (Figura 9).



Figura 9. Distribución de los sistemas acuáticos (lagunas, ciénagas y ensenadas) en la bahía de Cartagena. Fuente: Invermar, 2018.

En el sur de la bahía se encuentran las ciénagas Honda y Coquito. La Ciénaga Honda, localizada en el costado oeste de la población de Pasacaballos, con una extensión de 1400 m, está separada de la bahía de Cartagena por un cordón o barra arrecifal de 1.250 m de longitud, colonizada por manglar, presentando un canal de acceso a la ciénaga en el sector occidental. La Ciénaga de Coquito, de forma alargada, con amplitud promedio de 600 m. Se encuentra rodeada por manglar y se comunica con la Bahía de Cartagena a través de una boca ubicada al oeste. Hacia el este de esta ciénagas se ubicaron antiguas camaroneras que afectaron la hidrodinámica y sedimentación de la ciénagas (INVERMAR, 2018).

2.5.2 Estado

El estado de los ecosistemas acuáticos de la bahía de Cartagena se describe en INVEMAR (2018), según el autor, la Laguna de San Lázaro y Ciénaga de las Quintas tienen una fuerte presión antrópica. El primero a pesar de estar delimitado por la ciudad amurallada, presenta pérdida de su espejo de agua y se encuentra expuesto a actividades que generan una gran cantidad de residuos que podrían afectar la calidad de sus aguas. El segundo tiene una influencia del mercado de Bazurto, lavados de autos, tala de bosque y relleno de escombros sobre su cuerpo de agua, que provoca colmatación de la ciénaga.

En la parte Sureste y Este de Tierra Bomba, se encuentra la Ensenada de Picón y Ensenada Salada, ambas presentan poca intervención antrópica, mientras que la Laguna de Punta Arena ubicada al Este de Tierra Bomba, debido a la expansión hotelera y la implementación de Diques artesanales, está experimentando una disminución de su espejo de agua.

En la parte sur de la bahía se encuentra la Ciénaga Honda y Ciénaga Coquito, ambas a pesar de estar influenciada por las aguas del Canal del Dique, asentamientos humanos y vertimientos domésticos no presentan alteración en su espejo de agua.

2.5.3 Determinantes

Los estuarios, lagunas costeras, ciénagas y ensenadas del borde costero se caracterizan por la variabilidad de las condiciones físicas (iluminación, temperatura, turbidez, pH, corriente), químicas (oxígeno disuelto, minerales, salinidad, residuos industriales, etc.) y biológicas (densidad de las poblaciones, presencia de plancton y necton inconstantes, etc.), los que en su conjunto presentan cambios en cuanto a su distribución espacial y temporal. Los estuarios se comportan como cubetas mezcladas del agua de los ríos, sirviendo de residencia a una gran variedad de especies (INVEMAR 2000).

El ambiente físico (clima, geomorfología, presencia de agua, sal) es el determinante primario del tipo de ecosistema acuático costero. Las lagunas costeras y estuarios presentan características sobresalientes: son semicerradas con una conexión al mar y protegidas por algún tipo de barrera, esta condición semicerrada es importante porque los efectos oceánicos son amortiguados permitiendo el desarrollo de un ambiente único. Hay entradas de agua dulce que aportan materiales disueltos y suspendidos (Lara et al., 2011).

Son afectadas por las mareas, ejerciendo una gran influencia en la circulación y mezcla. Son poco profundas, por lo que una parte del fondo es afectado por la turbulencia superficial. Los patrones de circulación del agua son generalmente complejos y se ven afectados fuertemente por los vientos, los ríos, mareas y la geomorfología. En las lagunas costeras y estuarios existen cambios geomorfológicos relativamente rápidos debido a la fuerte energía física por el movimiento de los sedimentos.

El grado de salinidad en la mayoría de las lagunas están dentro de un intervalo entre 10 y 30 ups lo que indica una dominancia de aguas de meso a polihalinas. La temperatura del agua es una función de la ubicación latitudinal de las lagunas y estuarios, aunque por la localización entre latitudes tropicales y subtropicales, no existen valores extremos en esta variable. La temperatura presenta valores elevados similares a lo largo del año, fluctuando entre los 25°y los 30°C.

La concentración de oxígeno disuelto es tan importante para la vida acuática como lo es para la vida terrestre, por lo que aguas con bajos niveles de oxígeno o sin éste caracterizan a las “zonas muertas” o sin oxígeno en la plataforma continental adyacente. Los valores promedio de oxígeno disuelto en los sistemas costeros de lagunas y estuarios fluctúa entre 3.0 y 7.0 mg/L. El contenido de oxígeno en estos sistemas está generalmente relacionado con los procesos de descomposición de la materia orgánica (Lara et al., 2011).

2.5.4 Disturbios

Las presiones antrópicas sobre estos ecosistemas se describen desde el norte hasta el sur de la bahía de Cartagena:

La laguna de San Lázaro y la Ciénaga las Quintas presentan un estado fuera de la variación aceptable, principalmente por la pérdida del tamaño de su espejo de agua que es del (60 %) y (40%) respectivamente. Con relación a la presión se determina que existen valores muy altos de sedimentación de vertimientos industriales, domésticos residuos sólidos, pérdida de la dinámica hídrica, rellenos para la ampliación turística y construcciones urbanas, estos cuerpos de agua se encuentran fuertemente influenciadas por los residuos y aguas negras de San Diego, el Centro, el barrio Martínez Martelo, barrio Chino y el mercado de Bazurto.

La Laguna Punta Arena se encuentra con alta prioridad o urgente para restaurar, en este ecosistema se identifica una alta presión debido a los valores muy altos de eutrofización por aportes externos de

nutrientes, los vertimientos industriales, domésticos, residuos sólidos, incremento de la salinidad, estrangulamiento del flujo lagunar, interrupción en el intercambio de agua, rellenos para las construcciones urbanas, anoxia en la columna de agua y el transporte turístico (Tabla 8), esta laguna se encuentra fuertemente intervenida por la construcción de diques para ampliar el desarrollo turístico y/o de viviendas, existen procesos de cercado y establecimiento de muros para este fin. Su estado es pobre principalmente por la pérdida o deterioro de su espejo de agua.

En la Ensenada Picón, la presión sobre el ecosistema es media debido a los valores muy altos de sedimentación, vertimientos domésticos, residuos sólidos y los rellenos para la ampliación de construcciones, sin embargo, su estado se encuentra ecológicamente estable, destacándose los atributos buenos de oxígeno disuelto, fosfatos, nitrato y tipo de sedimento, además la pérdida del espejo de agua solo representa un (2%).

La Laguna Salada presenta una presión baja a pesar de poseer valores muy altos de eutrofización, vertimientos industriales, domésticos, residuos sólidos, estrangulamiento del flujo lagunar, anoxia en la columna de agua e interrupción del intercambio de agua.

La Ciénaga Honda presenta una presión media debido a los valores altos de sedimentación, residuos sólidos, los rellenos para la ampliación de construcciones urbanas y la anoxia en la columna de agua, para INVEMAR (2018) esta ciénaga se determina como no priorizada y no es necesario realizar labores de restauración urgentes, ya que su estado se encuentra en condiciones ecológicamente deseables, debido a los valores de oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, tiempo de residencia, pesca y cambios en el espejo de agua.

La ciénaga Coquito posee una presión media, siendo pertinente disminuir las fuentes de presión de sedimentación, eutrofización, vertimientos industriales y domésticos, residuos sólidos, estrangulamiento del flujo lagunar y el relleno para la ampliación de construcciones urbanas. Sin embargo, el ecosistema se determina como una zona en buen estado que no requiere acciones de restauración dados los valores muy buenos de oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, tipo de sedimento, pesca y cambios en el espejo de agua.

En cuanto a los vertimientos, las zonas con mayor afectación a las descargas directas e indirectas de aguas residuales, por su cercanía y acumulación es la zona de Mamonal, y con menor grado de influencia por corrientes y dispersión se encuentran las zonas de Ensenada, Bocagrande y Punta

Arenas, el resto de zonas presentan un grado de influencia o alcance de los vertimientos y descargas moderado.

Tabla 8. Principales disturbios y sus consecuencias para el ecosistema acuático de la bahía de Cartagena.

Fuente de presión	Causas	Consecuencias sobre el ecosistema
Sedimentación	Sedimentos del canal del Dique, actividades de dragado	Estrés fisiológico en las especies bentónicas, pérdida de especies, pérdida de la biodiversidad bentónica.
Eutrofización por aportes externos de nutrientes	Vertimientos directos de aguas residuales e industriales, principalmente vertimientos del canal del Dique	Exceso de nutrientes alterando la estructura y composición de la fauna bentónica, afectación en la calidad del agua de la bahía, Pérdida de la biodiversidad, incremento de especies no deseables para el ecosistema
Vertimientos industriales	vertimientos directos del sector industrial de la bahía	Contaminación, acumulación de sustancias peligrosas, eutrofización, afectación sobre la fauna bentónica
Vertimientos Domésticos	Viviendas e invasiones sin alcantarillado, irregularidades del sistema de alcantarillado de la ciudad	Eutrofización, mayor reproducción de algas y bacterias que alteran la calidad del agua.
Residuos sólidos	Mal manejo de las basuras, falta de recolección de los desechos sólidos que ingresan a la bahía por corrientes marinas y esorrentía, falta de educación ambiental, algunas viviendas sin servicio o sistema de recolección de basuras	Degradación del paisaje natural en la bahía, contaminación, ingesta de plástico por algunas especies, acumulación de residuos en ciénagas y lagunas de la bahía
Estrangulamiento del flujo en el sistema lagunar y pérdida de la dinámica hídrica	Actividades de dragado, interrupción del flujo hídrico por muelles y puertos, aportes de sedimentos del canal del Dique	Disminución de la renovación del agua de ambientes acuáticos cerrados o semiabiertos en la bahía, acumulación de contaminantes, aumento de la eutrofización, cambios hidromorfológicos, menor oxigenación, estrés fisiológico en las especies acuáticas, deterioro de la bahía

Construcciones en la barra litoral de vías terrestres, diques y canales	Desarrollo de la infraestructura vial, diques y canales sin tener en cuenta la hidrodinámica de la bahía	Disminución de la renovación del agua de ambientes acuáticos cerrados o semiabiertos en la bahía, acumulación de contaminantes, aumento de la eutrofización, cambios hidromorfológicos, menor oxigenación, estrés fisiológico en las especies acuáticas, deterioro de la bahía
Rellenos para la ampliación de construcciones urbanas, industriales y puertos	Ampliación en las orillas de la bahía para el crecimiento urbano, portuario e industrial	Degradación y pérdida de vegetación en las orillas de la bahía, incremento de la erosión, alteración del flujo del agua.
Transporte acuático industrial, turístico y deportivo	Flujo de embarcaciones, incremento del turismo, transporte marítimo local.	Remoción de sedimentos por el paso de embarcaciones y anclaje, contaminación por derrame de hidrocarburos y aceites

De acuerdo a las dinámicas socioeconómicas que se desarrollan alrededor y dentro de la bahía, se establecen como principales disturbios la sedimentación, eutrofización por aporte de nutrientes, vertimientos domésticos e industriales, residuos sólidos, estrangulamiento del flujo y afectación de la hidrodinámica, construcciones, rellenos para ampliación de terrenos y el transporte acuático.

2.6 Especies Invasoras

Hasta el momento solo se conoce el registro de una especie invasora en la bahía de Cartagena, específicamente en las áreas coralinas de Varadero, se trata del pez León (*Pterois volitans*), originario del Indo Pacífico, habita en ecosistemas con arrecifes. Se ha registrado su introducción en las costas del mar Pacífico y el mar Caribe del país a partir del año 2008. Por ser un pez carnívoro, es depredador de especies nativas de importancia para la actividad pesquera y para la diversidad biológica, además aumenta el desequilibrio del ecosistema (Gracia et al., 2011).

Diagnóstico del pez León: presenta espinas venenosas en las aletas dorsal y anal. Aleta dorsal con 13 espinas y 11 (raramente 12) radios blandos, aleta anal con 3 espinas y 7 (raramente 8) radios blandos. A menudo, con largos tentáculos sobre los ojos. Membranas de las aletas con manchas. Cuerpo de color blanco o crema con rojo y franjas verticales café-rojizo a negruzco. Las franjas verticales alternan

de anchas a muy delgadas (siendo las líneas delgadas más numerosas). Talla máxima 38 cm y 1,10-1,20 kg (Froese y Pauly, 2008).

Hábitat: pez marino asociado a ecosistemas arrecifales, que usualmente se presenta en regiones tropicales en aguas con temperaturas entre 22-28°C. Con un ámbito de profundidad de 2-55 m. En el día se esconde en lugares no expuestos. Los estados tempranos pueden desplazarse grandes distancias arrastrados por las corrientes, siendo esta una de las razones de su amplia distribución geográfica (Froese y Pauly, 2008). Presenta un comportamiento tímido, pero no se asusta ante la presencia de los buzos. Se le ha observado en parches de coral rodeados por arenas.

Registros en Colombia: la especie *Pterois volitans* fue registrada por primera vez a finales del año 2008, por buzos recreativos en la isla de Providencia quienes informaron a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA), que como autoridad ambiental del Departamento reportó el avistamiento en la base de datos del Servicio Geológico de EE.UU. (USGS) con el fin de aportar la información al mapa de dispersión de la invasión del pez león en el Gran Caribe (USGS-NAS, 2011). Posteriormente, González et al. (2009) registraron la especie por primera vez para el área continental colombiana, en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT). Actualmente, se sabe que se encuentra a lo largo de toda la extensión de la costa Caribe colombiana y sus aguas insulares.

Impactos potenciales: según Schofield (2009), en este momento no son claros los efectos que tendrá la incorporación de esta especie en las comunidades nativas, debido a que la invasión es reciente y existen pocos estudios ecológicos de su impacto. Este es un pez carnívoro que puede causar cambios perjudiciales en los ecosistemas arrecifales coralinos a través de la depredación de peces e invertebrados nativos, así como por la competencia con los depredadores nativos. Por otra parte, puede tener efectos económicos mediante la reducción de las poblaciones de especies de importancia comercial como el mero (Albins y Hixon, 2008). Experimentos llevados a cabo bajo condiciones controladas en las Bahamas demostraron que el pez león fue el responsable por la reducción de casi el 80% en el reclutamiento de peces arrecifales (Albins y Hixon, 2008).

Estrategias de control: hasta la fecha se han venido adelantando algunas actividades tendientes al control de la especie. La primera fue su inclusión en los listados nacionales de especies exóticas. Posteriormente se han generado otras medidas como la adopción del protocolo para la extracción y control de la especie exótica invasora pez león (*Pterois volitans*) en las áreas del Sistema de Parques

Nacionales Naturales. Actualmente para enfrentar la invasión, el MADS, el apoyo organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, está elaborando el "Programa de investigación y monitoreo de la presencia del pez león (*Pterois volitans*) en el Caribe colombiano". En éste se establece que la investigación sobre la especie debe centrarse en el conocimiento biológico y ecológico, seguimiento (espacial y temporal); evaluación de los impactos de su presencia en la región Caribe colombiana, tanto a nivel ambiental como social y finalmente en la evaluación de los posibles usos de la especie.

3 INDICADORES DE ESTADO

Los indicadores de estado de los ecosistemas en la bahía de Cartagena fueron establecidos por INVEMAR (2018), teniendo en cuenta la metodología propuesta en el "Manual de planificación para la conservación de áreas," PCA desarrollado por TNC (Granizo et al., 2006), en el cual se consideran 3 categorías principales que se definen a continuación:

Contexto paisajístico: Es una medida integral de dos atributos: los regímenes y procesos ambientales dominantes que establecen y mantienen la localización del objeto de conservación y la conectividad (Granizo et al., 2006).

Condición: Medida integral de la composición, estructura e interacciones bióticas que caracterizan un objeto de restauración. Esto incluye atributos "internos" o inherentes al objeto.

Tamaño: Medida del área o abundancia de las localizaciones del objeto de conservación. Puede simplemente ser una medida del área del parche o de la cobertura geográfica en el caso de sistemas ecológicos y comunidades. Con base en las definiciones anteriores y la revisión de información secundaria para cada categoría, se definieron atributos e indicadores por ecosistema para evaluar el estado de los ecosistemas. Así mismo, de acuerdo a la información disponible se establecieron rangos de evaluación para cada indicador, basado en la variación natural de estos.

3.1 Indicadores de estado en los Corales

Dentro de los criterios seleccionados para la evaluación del estado del ecosistema de corales, se definieron atributos para el contexto paisajístico y condición, la categoría Tamaño no fue tomada en cuenta por INVEMAR, 2018 debido a la ausencia de información cartográfica actualizada (Tabla 9). Los principales atributos para los ecosistemas coralinos corresponden a:

Salinidad: Los corales presentan un rango óptimo de crecimiento en salinidades entre 34 y 36

Temperatura: El rango de temperatura óptima para el crecimiento de los corales está entre los 25-29°C.

Tabla 9. Atributos para evaluar el estado de los corales en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

Criterios de evaluación								
Categoría	Peso Cate.	Atributo	Peso atri.	Indicador	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno
Contexto Paisajístico	0.6	Salinidad	0.1	UPS	< 20	20 - 34	34-35	35-36
		Cambio temperatura del agua	0.1	Temperatura agua °C	< 24°C; >31°C	24-30	25-29	28-29
		NO3	0.3	Concentración (µg/L)	>310	50-310	20-50	<20
		PO4	0.3	Concentración (µg/L)	> 90	50-90	20-50	<20
Condición	0.4	Dominancia de coral vivo	0.3	Cobertura de coral vivo en la unidad analizada	< 5	5-19.	20-40	>40
		Presencia y abundancia de gremios tróficos clave	0.2	Abundancia de peces herbívoros - APH (ind/60m2)	≤ 5.3	5.4-8.2	8.3-11.8	≥11.9
		Presencia y abundancia de gremios tróficos clave	0.2	Abundancia de peces comerciales-APC (ind/60m2)	≤ 1.2	1.2-1.6	1.7-2.2	≥ 2.3

Nutrientes: Los corales desarrollan mejor en aguas oligotróficas, la pérdida de cobertura coralina se ha atribuido a los incrementos en las cargas de nutrientes y sedimentos provenientes de aguas continentales, los cuales favorecen la capacidad de las macroalgas en la competencia por el sustrato bentónico. Las altas concentraciones de nitrato y ortofosfatos son indicadores de una inadecuada calidad del agua para el desarrollo de estos organismos

Cobertura de coral vivo: Cuanto mayor es el área cubierta por coral vivo mejor es el estado del ecosistema. En las últimas décadas, los arrecifes coralinos han presentado una disminución drástica de la cobertura de coral vivo, principalmente por factores tales como la depredación, enfermedades, sobre crecimiento algal, disminución de herbívoros, aumento de la temperatura superficial del agua y actividades antropogénicas (Zarza-González y PNN, 2011).

Presencia de gremios tróficos clave: La abundancia de peces de importancia ecológica son fundamentales para la conservación de los arrecifes coralinos, por ejemplo, los peces herbívoros, son

los principales consumidores de algas en estos ecosistemas, cumpliendo una función crítica al controlar las poblaciones de algas que compiten con los corales. Igualmente, se ha demostrado que la protección de los herbívoros aumenta la resiliencia arrecifal promoviendo la recuperación del ecosistema (Zarza-González y PNN, 2011).

Debido a la escasa información sobre el estado actual de los corales en la bahía de Cartagena, INVEMAR (2018) propone que se levante información sobre el blanqueamiento coralino, la cobertura coralina y de macroalgas, la abundancia de peces y la extensión coralina (Tabla 10).

Tabla 10. Indicadores de estado del ecosistema coralino que requieren levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

INDICADOR	ACCIONES SUGERIDAS
Blanqueamiento coralino	Monitoreo continuo en todas las áreas coralinas y evaluaciones puntuales durante eventos de blanqueamiento, para conocer el porcentaje de colonias afectadas
Cobertura coralina y cobertura de macroalgas frondosas	Monitoreo continuo en todas las áreas coralinas, que incluya la estimación del porcentaje de cobertura de coral pétreo vivo y cobertura de macroalgas
Abundancia de peces herbívoros y comerciales (familias Acanthuridae, Scaridae, Lutjanidae y Serranidae)	Monitoreo continuo en todas las áreas coralinas, que incluya variables relativas a la abundancia de peces (e.g. densidad - individuos por especie; biomasa - kg por especie)
Extensión de la cobertura coralina	Actualización de la línea base nacional sobre áreas coralinas, con énfasis en la evaluación del área total cubierta por corales pétreos vivos

3.2 Indicadores de estado en los Manglares

El indicador de mayor importancia y que refleja en gran medida el éxito del proceso de restauración ecológica en el corto plazo, es el reclutamiento de plántulas y la regeneración natural de las especies de mangle, las cuales en el mediano o largo plazo aportarán a la estructura y cobertura del ecosistema de manglar restaurado (Minambiente y Asocars, 2016). Por su parte, Invemar 2018 estableció los siguientes atributos para la evaluación del estado de los manglares en la bahía de Cartagena (Tabla 11):

- **Conexión con sistemas adyacentes:** Este atributo busca evaluar el grado de desconexión de los parches de manglar y otros ecosistemas adyacentes causados por la presencia de estructuras artificiales, asentamientos humanos, carreteras, cultivos, espolones o muelles que pueden interrumpir la conexión del sistema con otros adyacentes, limitando su estabilidad ecológica. Para la identificación de presencia de barreras INVEMAR (2018) realizó un análisis espacial identificando la ubicación del ecosistema y su proximidad a estructuras artificiales con el uso de sobreposiciones y reclasificación de capas ráster.
- **Atributos estructurales del bosque:** El área basal (AB) representa el espacio ocupado por los troncos de los árboles en una unidad de área determinada e indica el grado de madurez del bosque (Schaeffer-Novelli y Cintrón-Molero, 1986) mientras que, la densidad muestra el número de individuos en una unidad de área (Schaeffer-Novelli y Cintrón-Molero, 1986)- El área basal y la densidad fueron calculadas a partir de observaciones en campo.
- **Condiciones Ambientales inherentes:** Considerando que los manglares son ecosistemas acuáticos establecidos en zonas intermareales de costas en donde se presentan amplias fluctuaciones de salinidad, se tuvieron en cuenta los límites de tolerancia a la salinidad de las diferentes especies de manglares identificadas en la zona. El rango de calificación se estableció a partir de los valores fisiológicos aceptados mundialmente como aptos para el desarrollo de diversas especies de manglar.
- **Cobertura de la tierra:** En este atributo se evaluaron los cambios de la cobertura de los bosques de manglar, en términos de porcentaje de pérdida, analizando imágenes satelitales correspondientes a los años 2005 y 2018 (INVEMAR, 2018).

Tabla 11. Atributos para evaluar el estado de los manglares de la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

Criterios de evaluación								
Categoría	Peso Cate.	Atributo	Peso atri.	Indicador	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno
Contexto paisajístico	0.35	Desconexión con sistemas adyacentes	1	Presencia de barreras	Grandes estructuras artificiales; asentamientos humanos, carreteras, cultivos, espolones, muelles, dragados, canalización	Pequeñas estructuras artificiales; caminos rurales, caseríos dispersos	Pequeñas estructuras artificiales; caminos rurales poco transitados	Sin estructuras artificiales; ecosistemas totalmente conectados
Condición	0.3	Atributos estructurales del bosque	0.3	AB (m2/ha1)	< 0.8	0.9 -2.5	2.6 - 6.0	> 7.0
			0.3	Densidad (ind/ha-1)	< 104	105 - 273	274 - 442	> 443
		Condiciones ambientales inherentes	0.4	Salinidad	Mayor a 60	45 - 60 ó menor de 3	35 -45	Menor a 35 y mayor a 3
	0.35	Cobertura de la tierra	1	Cambios de cobertura asociados a bosques de manglar (%)	Pérdida mayor o igual al 25%	Pérdida entre 6 % y el 25%	Pérdida entre el 2% y el 6%	Pérdida menor al 2%

Los indicadores que requieren un mayor levantamiento de información para establecer el estado actual de los manglares en la bahía de Cartagena son: área basal, salinidad de los suelos manglaricos y cambios de cobertura vegetal en los bosques de manglar (Tabla 12)

Tabla 12. Indicadores de estado de los manglares que requieren levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

INDICADOR	ACCIONES SUGERIDAS
Atributos estructurales: AB (m2 /ha) y densidad (ind/ha)	Siguiendo los lineamientos del protocolo nacional de monitoreo de manglares, se debe implementar de una red de monitoreo para evaluar los atributos estructurales de los bosques de manglar.
Salinidad intersticial de los suelos de manglar	Fortalecimiento de la red de monitoreo de la calidad del agua de los manglares, según los lineamientos del protocolo nacional de monitoreo de manglares.
Cambios de cobertura asociados a bosque de manglar	Estudios multitemporales y comparación con datos preexistentes, para cuantificar cambios por pérdida o ganancia de las coberturas de manglar a nivel departamental, de ser posible a escala 1:25.000

3.3 Indicadores de estado en los Pastos marinos

Debido al conocimiento incipiente sobre el estado de las praderas de fanerógamas marinas en la bahía de Cartagena no se ha establecido indicadores para evaluar su estado, pero INVEMAR (2018) propuso que se debe levantar información sobre la densidad de vástagos por época climática, la presencia-ausencia de fauna asociada, la cobertura, épocas de floración y fructificación y la presencia de enfermedades o especies indeseables para el ecosistema (Tabla 13).

Tabla 13. Indicadores de estado del ecosistema de pastos marinos que requiere levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

INDICADOR	ACCIONES SUGERIDAS
Densidad de vástagos por época climática	Determinación de los cambios naturales del ecosistema para diferenciar el efecto de las problemáticas del comportamiento natural
Presencia / ausencia de fauna asociada	Registro de fauna asociada conspicua, especialmente por grupos tróficos, para determinar cambios en la función ecológica del ecosistema
Cobertura	Determinación del área cubierta actualmente por pastos marinos
Identificación de épocas de floración y fructificación	Estudios sobre la fenología de las plantas, para enfrentar con éxito las actividades de restauración natural y como indicador del buen estado de las plantas
Presencia de enfermedades o abundancia de especies que afecten la supervivencia de las especies de pastos marinos	Caracterización de los niveles de afectación de las plantas respecto a este indicador, con el fin de tomar precauciones o mitigar actividades que puedan poner en riesgo el bienestar y supervivencia de la pradera.

3.4 Indicadores de estado en las Playas

Para la evaluación del estado del ecosistema de playas, INVEMAR (2018) definió los asentamientos humanos, el microplástico en las playas, la erosión, el aumento del nivel del mar, la intervención, presencia de especies y la cobertura, como principales atributos en las playas de la bahía de Cartagena (Tabla 14).

Tabla 14. Atributos para evaluar el estado de las playas en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

Criterios de evaluación								
Categoría	Peso Cate.	Atributo	Peso atrib.	Indicador	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno
Contexto paisajístico	0.4	Asentamientos humanos	0.2	Presencia de viviendas (Num. Habitantes)	Altamente poblado	Medianamente poblado	Poca construcción	Ninguna construcción
		Microplásticos en sedimentos de las playas	0.2	Microplásticos/m ²	> 126 microplásticos/m ²	16 - 126 microplásticos/m ²	1 - 16 microplásticos/m ²	Sin Basuras
		Erosión	0.3	Pérdida/ Ganancia de Playa	Erosión Alta (más de 1 m/año)	Erosión media-baja (menos de 1 m/año)	Estabilidad	Acumulación
		Aumento del Nivel del Mar	0.3	Cambios en el nivel del mar	Aumento > 1 mm/año	Aumento 0,5 - 1 mm/año	Aumento < 0,5 mm/año	Estabilidad relativa
Condición	0.3	Intervención	0.4	Presencia de barreras	Grandes estructuras artificiales; carreteras, espolones, muelles, dragados, canalización	Medianas estructuras artificiales; caminos rurales, espolones	Pequeñas estructuras artificiales; caminos rurales poco transitados	Sin estructuras artificiales; ecosistemas totalmente conectados
		Presencia de aves playeras	0.3	Ocurrencia/Diversidad de aves playeras	Ningún evento Sin especies	Estacional (1-3 meses) 1 especie	Estacional (3-6 meses) 2 especies	Estacional (6-12 meses) >3 especies
		Anidamiento de Tortugas marinas	0.3	Eventos de anidación de Tortugas marinas	Ningún evento	1 evento	2 eventos	>3 eventos
Tamaño	0.3	Cobertura	1	Ancho de playa	< 10 m	10 - 25 m	25 - 50 m	> 50 m

Asentamientos humanos: El indicador de este atributo está representado por la presencia de viviendas en la playa y su número de habitantes. Se consideró como criterio de evaluación ya que el avance de los asentamientos humanos en la playa produce importantes transformaciones en la dinámica costera y afecta el ciclo natural de estas.

Basura marina - microplásticos: la presencia de basuras en las playas, especialmente plásticos, deterioran la calidad de las aguas y sedimentos, producen morbilidad y mortalidad en animales marinos por enredo y consumo, entre otros efectos que alteran el estado del ecosistema (INVEMAR et al., 2017).

Erosión: representa uno de los principales indicadores de calidad de las playas ya que este pone en evidencia las causas naturales o antrópicas que influyen en el deterioro de las mismas, dentro de las cuales sobresalen los eventos naturales y el crecimiento de la población (Carranza, 2009).

Aumento del nivel del mar: el cambio en el nivel del mar contribuye al aumento de las inundaciones, procesos de erosión y pérdida de ecosistemas costeros, lo cual se ve reflejado en las afectaciones ocasionadas a la comunidad y en la variación de los procesos naturales que se presentan en las playas (Nagy et al., 2019).

Intervención: Las modificaciones artificiales en las playas perturban los procesos naturales de transporte de material arenoso que se dan naturalmente en estas zonas (Posada et al., 2008).

Presencia de aves playeras: entre los criterios que permiten indicar la condición y la calidad del ecosistema de playas se encuentra la ocurrencia y la variedad de aves que arriban en la zona costera, debido a que son uno de los principales indicadores de la riqueza y diversidad de estas (Ruiz et al., 2008).

Anidamiento de Tortugas marinas: los eventos de anidación de tortugas marinas indican el potencial o calidad de las playas para la congregación de estas, las cuales son importantes objetos de conservación de los ecosistemas de playas.

Cobertura: para el estudio se tomó como indicador la variación del ancho de la playa ya que factores como el viento, el oleaje y la intervención humana alteran la morfología de esta, ocasionando que se mantengan en constante cambio.

De igual forma, el INVEMAR recomienda que se debe actualizar la información sobre el balance sedimentario, la calidad ambiental de las playas y la presencia de fauna en las playas de la bahía de Cartagena (Tabla 15).

Tabla 15. Indicadores de estado de las playas que requieren levantamiento o actualización de información en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

INDICADOR	ACCIONES SUGERIDAS
Balance sedimentario	Monitoreo continuo de la dinámica y transporte litoral debido a la variabilidad intrínseca de los procesos meteomarineros
Calidad ambiental	Estudios orientados a la cuantificación de residuos sólidos en las playas de arena
Aves playeras	Actualización de inventario de especies presentes y realización de estudios específicos por playas
Tortugas marinas	

3.5 Indicadores de estado en los Ecosistemas acuáticos costeros

Los atributos seleccionados por INVEMAR (2018) que permiten evaluar el estado de las ciénagas, lagunas, ensenadas y en general, el cuerpo de agua de la bahía de Cartagena corresponde a variables fisicoquímicas como el oxígeno disuelto, los fosfatos, nitratos, tipo de sedimento; así como, el tiempo de residencia, las corrientes, la pesca y la variación del espejo de agua (Tabla 16).

Tabla 16. Atributos para evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos (Ciénagas, lagunas, ensenadas) (INVEMAR, 2018).

Criterios de evaluación								
Categoría	Peso Cate.	Atributo	Peso atrib.	Indicador	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno
Contexto paisajístico	0.4	Oxígeno disuelto	0.3	Concentración (mg/L)	>4 - >8.9	4 -6.5	6.5-7	7-8.9
		Fosfatos	0.3	Concentración (mg/m3)	>190	90-190	90-65	65-25
		Nitratos	0.3	Concentración (mg/m3)	>160	30-160	5 - 30.	1.5-5
		Tipo de sedimento	0.1	Granulometría	Arenas muy gruesas (Arenas gruesas (1-0.05 mm)	Arenas gruesas mediana (125-63 µm)	Arenas finas (>125 µm)
Condición	0.2	Tiempo de residencia	0.4	días	>30	10 a 30	5 a 10	<5
		Corrientes	0.4	Velocidad de corrientes	>0.01	0.01 a 0.02	0.02-0.03	<0.03
		Pesca	0.2	Faena/Km2	>208	120-208	40-120	<40
Tamaño	0.4	Variación espejo de agua	1	Cambios del espejo de agua a través del tiempo	Pérdida y/o deterioro mayor al 50%	Pérdida y/o deterioro entre el 50% y el 20%	Pérdida y/o deterioro entre el 20% y el 5%	Pérdida y/o deterioro menor al 5%

Oxígeno Disuelto: El contenido de (OD) es una medida de la capacidad del agua para sostener la vida acuática, así mismo, define en gran parte la biodiversidad; (Vivas-Aguas et al., 2011). El contenido de oxígeno en estos sistemas está generalmente relacionado con los procesos de descomposición de la materia orgánica, por lo que aguas con bajos niveles de oxígeno o sin éste caracterizan a las “zonas muertas” o sin oxígeno en la plataforma continental adyacente (Domínguez-Lara et al., 2011).

Fosfatos: Concentraciones elevadas de fosfatos pueden promover la proliferación de algas y promover procesos de eutrofización de las fuentes de agua

Nitratos: La presencia de niveles altos de las formas nitrogenadas en algunos cuerpos de agua indica aportes antropogénicos como la contaminación, ya que el nitrato es el producto final de la estabilización de los desechos (Vivas-Aguas et al., 2011).

Tipo de sedimento: el tamaño del grano del sedimento caracteriza la forma geológica natural de este ecosistema y las posibles variaciones generadas por presiones naturales y antrópicas.

Tiempo de residencia: la determinación de este valor permite conocer el tiempo de renovación del agua en un sistema. A mayor tiempo hay más probabilidades de que los contaminantes persistan por el poco movimiento en el lugar, acentuando su evaporación y calentamiento (Farreras, 2004). Los rangos se determinaron y valoraron a partir de los resultados del balance hídrico realizado por INVEMAR (2017b) y por otros estudios (Restrepo y Tosic, 2017).

Corrientes: las bajas velocidades de las corrientes se encuentran muy relacionadas con el tiempo de residencia del agua en el sistema, por lo que la circulación será muy lenta, presentándose problemas en el transporte y la mezcla o intercambio de sustancias naturales (Farreras, 2004).

Pesca: la intensidad pesquera se utiliza como criterio para evaluar el nivel de presión al que se encuentra sometido por el sobreuso de esta actividad, o si por el contrario no hay capturas, podría indicar la pobreza de especies presentes.

Cambio del espejo de agua: La variación del espejo de agua en los cuerpos costeros o interiores, refleja los procesos de sedimentación y aumentos de salinidad al que se ve sometido el sistema por presiones tales como vertimientos, construcciones y actividades que aportan sólidos que provocan la colmatación y reducción del espejo de agua (INVEMAR, 2000 y 2016). Para la identificación del cambio del espejo de agua se realizó un análisis sobre los cambios en estas con el uso de sobreposiciones y reclasificación de capas ráster.

3.5.1 Indicadores de estado de la calidad del

Agua de la bahía de Cartagena.

La calidad del agua de la bahía de Cartagena se encuentra afectada principalmente por las aguas del canal del Dique y los distintos vertimientos de la ciudad. La mala calidad del agua, es el mayor problema ambiental de la bahía, afecta a todos los niveles ecológicos: especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes, como también, las interacciones socioculturales y socioeconómicas.

Para que el programa de restauración de los ecosistemas tenga éxito, se debe dar prioridad a las acciones encaminadas a la descontaminación de la bahía: caracterización, monitoreo, control, sanciones normativas y educación ambiental. Los indicadores de calidad del agua establecidos por INVEMAR (2018) permiten evaluar el impacto de los vertimientos sobre la bahía de Cartagena (Tabla 17).

Tabla 17. Rangos de calificación del impacto generado por vertimientos en la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

Estado	Criterios	Indicador	Variables	Crítico	Moderado	Irrelevante
Estado cuerpo receptor	Aguas	Orgánico/inorgánico	Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	<4.00	4.00-6.5	6.5-8.9
			Nitrato (µg N-NO ₃ /L)	60-160	30-60	1.5-30
			Amonio (µg N-NH ₄ /L)	>35	*12-35	8.7-12
			Ortofosfatos (µg P-PO ₄ /L)	90-190	40-90	25-40
			SST (mg/L)	160-290	160-75	75-15
			DBO ₅ (mg/L)	4.0-7.00	<1.5-4.0	<1.5
			HPDD (µg/L Equivalentes de criseno)	>15≤50	>10≤15	≤10
		Microbiológico	CTT (NMP/100mL)	2300-5000	200-2300	<200
		Metales Pesados	Cromo VI (µg Cr ₆₊ /L)	1100	50	0-50
			Cadmio (µg Cd/L)	40	8.8	≤0,46
	Sedimentos	Metales Pesados	Plomo Total (µg Pb/g)	112	30.2-112	30.2
			Cadmio Total (µg Cd/g)	4.2	0.68-4.2	0.68
			Cobre Total (µg Cu/g)	108	108-18,7	18.7
			Cinc Total (µg Zn/g)	271	271-124	124
			Niquel Total (µg Ni/g)	42.8	15.9-42.8	15.9
			Mercurio Total (ng Hg/g)	0.7	0.7-0.13	0.13
			Cobre Total (µg Cu/g)	50	5400	<5400
	Organismos		Mercurio Total (ng Hg/g)	100	200	<200
Estado Ecosistemas	Predominancia del estado de los ecosistemas por zonas		Ecosistemas (Manglar, lagunas costeras, corales y playas)	≥1 ecosistema pobres	>1 ecosistema con estado regular sin ecosistemas pobres	>2 ecosistema en buen estado sin ecosistemas pobres
Presión	Relación de acumulación, alcance y severidad		Resultado de la valoración por zona	2.5-3.0	1.5-2.49	0-1.,49
Significancia	Relación de magnitud, extensión, duración, reversibilidad y probabilidad		Resultado de la valoración por zona	>70	25-70	<25

4 PRIORIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS PARA LA RESTAURACIÓN

En todos los ecosistemas marinos y costeros de la bahía de Cartagena se deben realizar proyectos de rehabilitación y/o restauración, pero en términos de darle prioridad a las áreas más afectadas, se establecieron zonas con baja, mediana y alta prioridad (INVEMAR, 2018).

Para la priorización de los ecosistemas marinos y costeros de la bahía de Cartagena, el INVEMAR (2018) analizó la distribución espacial, homogeneidad, relación social, ambiental y económica (Objetos de restauración u objetos de análisis) y de acuerdo a esta información, definieron 22 objetos de restauración codificados y distribuidos en los siguientes ecosistemas: 8 para manglares, 3 para arrecifes de coral, 4 para playas y 7 para lagunas costeras, ciénagas y ensenadas de la bahía (Tabla 18).

Tabla 18. Priorización de los objetos de restauración en los ecosistemas marinos y costeros de la bahía de Cartagena (INVEMAR, 2018).

Ecosistema	Objetos de restauración	Cod.	Priorización
Manglares	Manglar Mamonal	M1	Zona alternativa para restaurar
	Manglar Manzanillo	M2	Zona alternativa para restaurar
	Manglar Manga	M3	Zona con alta prioridad para restaurar
	Manglar Ciénaga Honda y Coquito	M4	Zona no priorizada
	Manglar Varadero	M5	Zona alternativa para restaurar
	Manglar Ensenada	M6	Zona no priorizada
	Manglar Bocachica	M7	Zona alternativa para restaurar
	Manglar Punta Arenas	M8	Zona con alta prioridad para restaurar
Corales	Coral Tierra Bomba	C1	Zona alternativa para restaurar
	Coral Varadero 1	C2	Zona no priorizada
	Coral Varadero 2	C3	Zona no priorizada
Playas	Playa Punta arenas	P1	Zona con alta prioridad para restaurar
	Playa Tierra Bomba Occidente	P2	Zona no priorizada
	Playa Castillo Grande	P3	Zona alternativa para restaurar
	Playa el Laguito	P4	Zona alternativa para restaurar
Lagunas costeras, ciénagas y ensenadas	Laguna de San Lázaro	A1	Zona con alta prioridad para restaurar
	Ciénaga Las Quintas	A2	Zona con alta prioridad para restaurar
	Ensenada de Picón	A3	Zona no priorizada
	Ensenada Salada	A4	Zona no priorizada
	Laguna de Punta Arena	A5	Zona con alta prioridad para restaurar
	Ciénaga Honda	A6	Zona no priorizada
	Ciénaga Coquito	A7	Zona no priorizada

Es evidente que las áreas con mayor prioridad para la restauración de ecosistemas en la bahía se encuentran en los sectores con mayor intervención antrópica. La laguna de San Lázaro y la ciénaga Las Quintas presentan los más altos índices de contaminación por vertimientos de origen doméstico e industrial, al igual que La laguna de Punta Arenas y los manglares asociados. La mayor intervención y pérdida del manglar se presenta en el sector industrial de Mamonal. En general todas las áreas son prioritarias para la restauración, pero las más afectadas se encuentran en el este y norte de la bahía de Cartagena (Figura 10).

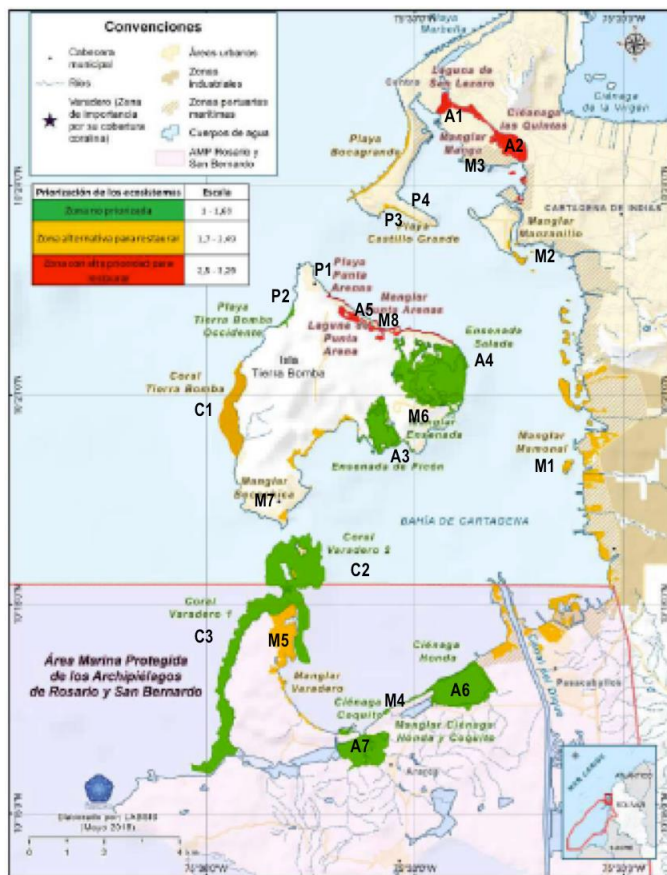


Figura 10. Áreas prioritarias para la restauración de ecosistemas en la bahía de Cartagena (Modificado de INVEMAR, 2018).

5 REQUERIMIENTO DE UNA LÍNEA BASE DE LOS ECOSISTEMAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA

En la restauración ecológica, el término línea base se usa de dos maneras muy distintas. En los estándares de la Sociedad Ecológica para la Restauración, la línea base se refiere a la condición de un sitio al inicio del proceso de restauración. En otros contextos, la línea base describe un ecosistema antes de la degradación (p. ej., como lo utiliza el Convenio sobre la Diversidad Biológica). Este último uso del término también se aplica al concepto de líneas base cambiantes (o en declive), que describen cómo algunos ecosistemas pueden estar más degradados de lo que se pensó previamente, o cuando los observadores actuales definen como no degradados a ecosistemas que observadores previos considerarían degradados. El concepto de líneas base cambiantes ha sido particularmente bien estudiado en ecosistemas marinos y pesquerías. En el contexto de la Sociedad Ecológica para la Restauración, el concepto de líneas base cambiantes se debe considerar al usar sitios de referencia para desarrollar un modelo de referencia para la restauración ecológica, ya que un sitio de referencia se puede percibir como no degradado o con degradación mínima, pero, aun así, puede haber perdido especies o funciones importantes. Las fallas en considerar que los sitios de referencia pueden estar deteriorados pueden dar como resultado modelos de referencia menos exactos (Gann et al, 2019).

En general, el inventario de línea base describe los componentes bióticos y abióticos actuales del sitio, incluidos sus atributos de composición, estructura y función, así como las amenazas y subsidios externos. El proceso de elaborar un inventario es un paso inicial clave para entender qué es deseable y posible en un sitio degradado en términos de objetos, objetivos, metas e indicadores de restauración. El inventario se usa posteriormente para detectar cambios a lo largo del tiempo en relación con la condición de línea base (Gann et al, 2019).

La línea base existente sobre los ecosistemas de la bahía de Cartagena, está basada en información secundaria y en los estudios de Invemar (2018). Aunque la información analizada da una idea general y en algunos casos específica sobre el estado de los ecosistemas, se recomienda mejorar la línea base con levantamiento de información primaria antes de realizar cualquier actividad de restauración. Los objetivos de línea base se deben centrar en:

- Evaluar el estado actual del ecosistema coralino en los sectores de Varadero y Occidente de Tierra Bomba.

- Evaluar el estado actual de los manglares en la bahía de Cartagena.
- Evaluar el estado actual de los ecosistemas de pastos marinos en la bahía de Cartagena.
- Evaluar el estado actual de las playas en la bahía de Cartagena
- Evaluar el estado actual de los ecosistemas acuáticos de la bahía: Lagunas, ciénagas y ensenadas.

6 OBJETIVOS DE RESTAURACIÓN, METAS E INDICADORES

El principal objetivo del programa de restauración en la bahía de Cartagena consiste en lograr el mayor nivel de recuperación posible de los ecosistemas de corales, manglares, pastos marinos, playas, ciénagas, ensenadas y lagunas; y reducir la contaminación de las aguas de la bahía. De acuerdo con la información existente sobre los ecosistemas de la bahía, se proponen los siguientes objetivos de restauración que deberán ser ajustados una vez se realice la línea base sobre los ecosistemas de la bahía.

6.1 Corales de la bahía de Cartagena

Los corales de la bahía de Cartagena se encuentran representados en el sector de Varadero y en el costado oeste de la isla Tierra Bomba, para su restauración se proponen los objetivos de la Tabla 19.

Tabla 19. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de ecosistemas coralinos en la bahía de Cartagena

Objetivos	Metas	Indicadores
Reproducir artificialmente colonias de algunas especies coralinas locales, por medio de reproducción asexual (fragmentación mecánica), para propagar corales en unidades artificiales de cultivo temporales y luego repoblar zonas del arrecife que han perdido sus poblaciones de corales.	Repoblar el 50% de las áreas coralinas degradadas en un periodo de 10 años.	Número de individuos rehabilitados
		Número de individuos trasplantados al arrecife
		Número de individuos vivos rehabilitados en el ecosistema
		Número de individuos muertos en el proceso de rehabilitación
		Tamaño del área rehabilitada
		Talla de los individuos rehabilitados (cm)
		Número de especies colonizadoras en los cultivos naturales
		Porcentaje de cobertura de las especies colonizadoras en los cultivos
		Enfermedades y área afectada en los cultivos naturales

Recuperar y ampliar las zonas de amortiguación de los corales en la bahía de Cartagena empleando estructuras artificiales.	Ampliar la cobertura de las zonas de amortiguación entre un 60% en un periodo comprendido de 5 años	Número de arrecifes artificiales instalados
		Área cubierta con arrecifes artificiales
	Aumentar en un 50% la diversidad y abundancia de especies marinas en los arrecifes artificiales en un periodo comprendido de 10 años	Número de especies colonizadoras
		Abundancia de individuos de la fauna marina en los arrecifes artificiales
		Abundancia y diversidad de especies coralinas colonizadoras del arrecife artificial

6.2 Manglares de la bahía de Cartagena

Los manglares de la bahía están sufriendo una fuerte presión antrópica, en especial los relictos de manglar que se encuentran en dirección norte y noreste de la bahía de Cartagena. Los objetivos generales para la restauración ecológica de los manglares se proponen en la Tabla 20.

Tabla 20. Objetivos, metas e indicadores para la restauración los manglares en la bahía de Cartagena

Objetivos	Metas	Indicadores
Recuperar y proteger las áreas de manglar en la bahía de Cartagena	Restaurar en un 60% las áreas de manglares degradadas en un periodo de 5 años	Número de individuos sembrados
		Cubiertas de áreas recuperadas
		Supervivencia de juveniles de mangle
		Crecimiento de los manglares restaurados
		Grado de salinidad
Establecer un programa de mantenimiento y limpieza en los ecosistemas de manglar.	Mejoramiento de la calidad del paisaje	Numero de áreas limpias
	Mayor conciencia ciudadana en el cuidado y manejo de los manglares	Cantidad de residuos sólidos retirados del manglar
		Número de personas capacitadas
		Número de jornadas de limpieza

	Participación de las comunidades locales en jornadas de limpieza	Número de participantes locales
Establecer un vivero con la participación de las comunidades locales para la restauración de los manglares	Producir una cantidad suficiente de plántulas viables para el repoblamiento de las áreas de manglar degradadas en un periodo de 5 años	Número de personas beneficiadas con el manejo del vivero
		Numero de semillas de mangle en los viveros
		Número de plantas aptas para el trasplante
		Número de plantas de mangle sembradas en el ecosistema natural

6.3 Pastos Marinos de la bahía de Cartagena

Los pastos marinos representan el ecosistema más afectado y poco conocido al interior de la bahía de Cartagena, para su restauración se proponen los objetivos de la Tabla 21.

Tabla 21. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de los pastos marinos en la bahía de Cartagena.

Objetivos	Metas	Indicadores
Recuperar áreas degradadas de pastos marinos en la bahía de Cartagena	Aumentar en un 50% las áreas de pastos marinos degradadas de la bahía de Cartagena en un periodo de 10 años.	Numero de ápices
		Supervivencia de unidades trasplantadas
		Densidad del tallo
		Área restaurada

6.4 Playas de la bahía de Cartagena

Las playas de la bahía de Cartagena han disminuido sus funciones ecológicas por la pérdida de vegetación de playa debido al desarrollo urbano, turístico, portuario e industrial. Como ecosistema es el que menos importancia ecológica tiene en la bahía de Cartagena, pero su conservación es esencial para el sostenimiento de la fauna meso e inframarino. En términos paisajísticos, socioculturales y económicos, las playas de la bahía representan uno de los escenarios turísticos de la ciudad de Cartagena.

La restauración de las playas de la bahía de Cartagena tiene como objetivo principal la conservación del entorno natural costero, considerando medidas de adaptación para resolver la problemática que se presenta con diversos factores como inundaciones, eventos de huracanes, tormentas, aumento en

el nivel del mar, uso desmedido de las playas, entre otros. Para la restauración de las playas se proponen los objetivos de la Tabla 22.

Tabla 22. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de las playas en la bahía de Cartagena

Objetivos	Metas	Indicadores
Rehabilitar las playas de la bahía de Cartagena para reducir los riesgos de erosión y deterioro	Mantener la cantidad de arena de las playas en un 100% de su estado actual	Volumen de arenas
		Ancho de la playa
Rehabilitar la calidad microbiológica de las aguas de recreación de las playas en la bahía de Cartagena.	Realizar monitoreo de la calidad microbiológica de las aguas de recreación con una frecuencia mensual como mínimo.	Numero de muestras analizadas mensualmente para los parámetros de coliformes fecales y totales.
	Mantener el cumplimiento de la calidad microbiológica de las aguas en un mínimo de 80%	% de cumplimiento de la concentración de coliformes fecales y totales según Decreto No. 1594 del 1984.
Establecer un programa de mantenimiento y limpieza de playas en la bahía de Cartagena.	Disminución de los residuos sólidos en las playas	Densidad de residuos sólidos en las playas
	Mayor conciencia ciudadana en el cuidado y manejo de las playas	Número de voluntarios en las jornadas de limpieza
	Participación de las comunidades locales, sector turístico e industrial en jornadas de limpieza	Número de personas capacitadas Número de jornadas de limpieza

6.5 Ecosistemas acuáticos costeros de la bahía de Cartagena

Los ecosistemas acuáticos costeros entendidos como la presencia de ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena, están sometidos a una fuerte presión por la sedimentación y contaminación de la bahía. Para la rehabilitación y/o restauración de estos ecosistemas acuáticos se proponen los objetivos de la Tabla 23.

Tabla 23. Objetivos, metas e indicadores para la restauración de los ecosistemas acuáticos en la bahía de Cartagena.

Objetivos	Metas	Indicadores
Restablecer los regímenes hidrológicos y las funciones		Número de obras hidráulicas para la recuperación del flujo hidrológico

ecológicas de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía en áreas con mayor actividad humana: urbanización, industria, puertos, vertimientos de aguas servidas, obstrucción de flujos hídricos y rellenos de escombros.	En 5 años deben estar restablecidos los regímenes hidrológicos y las funciones ecológicas de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía	Cantidad de escombros o demás elementos físicos retirados de los ecosistemas acuáticos
		Cobertura de los ecosistemas acuáticos intervenidos con medidas de restauración
		Numero de trampas de sedimentos o filtros instalados
		Numero de orillas, caños y canales recuperados
Implementar un programa de control monitoreo frecuente y transparente de los vertimientos industriales y domésticos afectando a la bahía de Cartagena.	Realizar monitoreo de la calidad de aguas y sedimentos en los vertimientos industriales y domésticos afectando a la bahía de Cartagena, con una frecuencia mensual como mínimo y el reporte público de los resultados.	Numero de resultados de la calidad de aguas y sedimentos reportados mensualmente para los parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018.
Asegurar la actualización y cumplimiento de los planes de manejo de las actividades económicas que generan vertimientos afectando a la bahía de Cartagena.	Revisión anual de la actualización cumplimiento de los planes de manejo según la legislación vigente.	Número de planes de manejo revisados.
		Porcentaje planes de manejo cumplidos con la legislación vigente.
		Numero de medidas de mitigación y compensación realizadas.
		Número de matrizes de riesgo de afectación a ecosistemas marino-costeros actualizados semestralmente.
Reducir la contaminación por vertimientos industriales y domésticos en la bahía de Cartagena a través de medidas de manejo para la prevención, control y mitigación.	Lograr un cumplimiento de 80% en un periodo de 5 años y un cumplimiento de 100% en un periodo de 10 años de la calidad de aguas y sedimentos en los vertimientos industriales y domésticos afectando a la bahía de Cartagena según los parámetros	Porcentaje de cumplimiento de los parámetros de aguas y sedimentos exigidos por la resolución 0883 de 2018.
		Número de programas e iniciativas para la prevención y mitigación formulados e implementados en respuesta de resultados incumplidos según la resolución 0883 de 2018.

	exigidos por la resolución 0883 de 2018.	
--	--	--

7 ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN

La restauración ecológica es el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Forma parte de una gama o familia de actividades recuperativas que pueden concebirse como parte de un continuo, dentro del cual el grado de distinción entre un tipo de actividad y otro es muy pequeño, pero al considerar desde la acción más elemental hasta la más avanzada, la distinción es bastante significativa. Una actividad recuperativa es aquella que apoya o logra directa o indirectamente la recuperación de atributos del ecosistema que se han perdido o degradado. El continuo restaurativo proporciona un contexto para comprender cómo las diferentes actividades se relacionan entre sí, al tiempo que ayuda a identificar las prácticas que más se adaptan a un contexto particular. El continuo incluye cuatro categorías principales de prácticas recuperativas: (1) impactos sociales reducidos (es decir, en acciones que reducen los impactos por medio de formas menos dañinas de consumir y usar los servicios ecosistémicos a través de todos los sectores); (2) remediación (p. ej., de sitios contaminados); (3) rehabilitación (p. ej., de áreas que incluyen las usadas para la producción o los asentamientos humanos; y (4) restauración ecológica.

En el caso de la rehabilitación, es un término genérico que se utiliza para las actividades de reparación ecológica orientadas a restaurar el funcionamiento del ecosistema más que la biodiversidad e integridad de un ecosistema de referencia nativo designado. Las actividades de rehabilitación se adaptan bien a una variedad amplia de sectores de gestión terrestre y acuática, donde la recuperación significativa de los ecosistemas nativos no es posible o deseable debido a necesidades humanas legítimas en competencia. La rehabilitación es una de las muchas actividades recuperativas alineadas a lo largo de un continuo que incorpora a la restauración ecológica y sus actividades aliadas y complementarias, todas las cuales contribuyen a mejorar la integridad ecosistémica y la resiliencia socio-ecológica

La restauración ecológica y las actividades aliadas pueden verse como un todo integrado en un amplio paradigma de sostenibilidad, más que como actividades desconectadas o en competencia. Las

actividades recuperativas son acumulativamente beneficiosas, mejorando los resultados de un nivel al siguiente (Gann et al, 2019).

Las acciones de restauración ecológica están diseñadas para ayudar a los procesos naturales de recuperación que al final se realizan por los efectos del tiempo en los procesos físicos y las respuestas e interacciones de la biota a lo largo de sus ciclos de vida. Las actividades de restauración se centran en restablecer los componentes y las condiciones adecuadas para que se reanuden estos procesos y apoyan la recuperación de atributos del ecosistema, incluida la capacidad de autoorganización y la resiliencia del ecosistema a tensiones futuras (Gann et al, 2019).

Las actividades para la restauración de los ecosistemas costeros en la bahía de Cartagena deben iniciar por reducir los disturbios sobre los ecosistemas y restablecer las condiciones del hábitat con la participación de las comunidades locales (Figura 11, Tabla 24) y distintos actores. Hasta que no se desarrolle la línea base de los ecosistemas de la bahía de Cartagena no se puede especificar sobre el conjunto de acciones de restauración en cada sitio afectado, sin embargo, es posible conocer la serie de pasos generales para la restauración de los ecosistemas Tabla 24. Las acciones de restauración específicas para cada ecosistema se mencionan en las fichas técnicas de los proyectos de restauración propuestos en este documento.

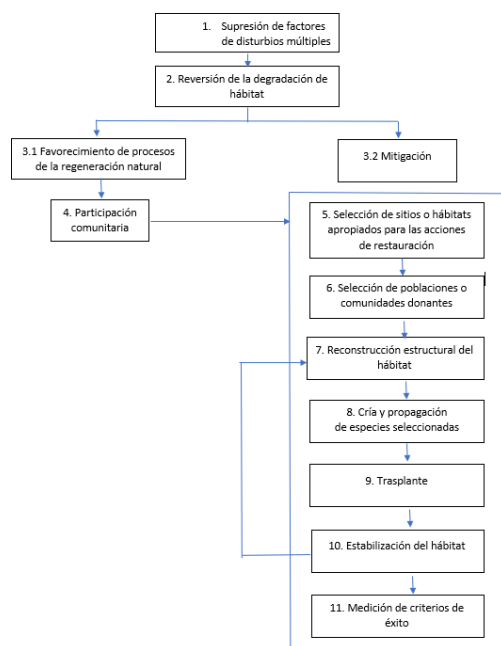


Figura 11. Secuencia y relaciones de los pasos para la restauración ecológica de los ecosistemas costeros (Vargas et al., 2012).

Las actividades de restauración ecológica para los ecosistemas de la bahía de Cartagena se proponen según las guías técnicas del Ministerio de Ambiente (MADS) para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia (Vargas et al., 2012).

Tabla 24. Pasos para la restauración ecológica de los ecosistemas costeros (Vargas et al., 2012).

Paso 1. Supresión de factores de disturbio múltiples	Se deben suspender todas aquellas actividades que generan impacto en los ecosistemas costeros. Algunos de los factores de disturbio operan en forma simultánea; sin embargo, los efectos de estos también se combinan en el tiempo independientemente de su ocurrencia.
Paso 2. Reversión de la degradación del hábitat	Se debe restablecerse el régimen hidrológico y descontaminar el agua y el sustrato.
Paso 3. Favorecimiento de procesos de regeneración natural (3.1)	Observar la capacidad de reclutamiento de nuevos individuos, eliminar barreras físicas que impiden la dispersión y establecimiento de propágulos, intervenir en la adecuación de las condiciones físicas para propiciar los procesos de dispersión, establecimiento y persistencia de organismos.
Paso 3. Mitigación (3.2)	En los casos en los cuales la situación no permite la regeneración natural ni la intervención del hombre a través de acciones de restauración, se establecen opciones de mitigación; programas de educación ambiental o implementación de acciones de restauración en otros sitios degradados para compensar los daños producidos en áreas afectadas.
Paso 4. Participación comunitaria	Acción conjunta de comunidades que utilizan y aprovechan los recursos de los ecosistemas. Es el caso de pescadores y artesanos cuya participación y capacitación es herramienta fundamental en los procesos de restauración. Integrado a los pasos posteriores.
Paso 5. Selección de sitios o hábitats apropiados	Los sitios deben ofrecer las condiciones propicias para garantizar la efectividad de los métodos y acciones empleados en la restauración.
Paso 6. Selección de poblaciones o comunidades donantes	Los organismos deben seleccionarse de hábitats o ecosistemas en buen estado de conservación, evitando que su extracción involucre cambios severos o drásticos en la supervivencia y viabilidad de las poblaciones donantes.
Paso 7. Reconstrucción estructural del hábitat	La mayoría de organismos dominantes en los ecosistemas costeros requieren de sustratos estables para desarrollarse.
Paso 8. Cría y propagación de especies seleccionadas	En los ecosistemas costeros existen especies clave para la restauración. Existen métodos de cría y propagación específicos para cada uno de estos organismos.
Paso 9. Trasplante	Los organismos criados y propagados son implantados en el sitio o hábitat seleccionado.
Paso 10. Estabilización del hábitat	En algunos casos la reconstrucción estructural del hábitat y trasplante es insuficiente para garantizar la viabilidad de las poblaciones y debe recurrirse a técnicas de estabilización con el fin de que los organismos prosperen.
Paso 11. Medición de criterios de éxito	Se establecen aquellos parámetros o atributos útiles en la evaluación y monitoreo de la restauración. De acuerdo a las condiciones iniciales del ecosistema se hará el seguimiento de estos parámetros.

7.1 Corales

De acuerdo con Pretch (2006) la restauración ecológica de los ecosistemas de coral debe comenzar por evaluar y tener presentes los siguientes puntos, con la finalidad de establecer en un sitio específico los beneficios de la restauración, según la capacidad de los recursos y servicios del área para recuperarse naturalmente:

- La sensibilidad y vulnerabilidad de recursos y/o servicios afectados.
- El potencial reproductivo y de reclutamiento de las especies.

- La resistencia y resiliencia (estabilidad) del ambiente afectado.

De acuerdo con lo anterior y a pesar de la vulnerabilidad de los ecosistemas de coral y situaciones de riesgo extremas es necesario un examen minucioso sobre:

- Costos de las alternativas a emplear.
- Alcances esperados de acuerdo a alternativas planteadas y metas y objetivos propuestos para retornar los recursos y servicios naturales afectados.
- Probabilidades de éxito de las alternativas.
- Alcance de las alternativas para prevenir degradaciones como resultado de incidentes futuros.
- Prevención de degradaciones colaterales como resultado de la implementación de las alternativas.

Todo proceso de restauración de ecosistemas de corales debe comenzar por la supresión de los disturbios (Figura 12), independientemente de la elección de alternativas pasivas o activas. De inmediato, si las condiciones son óptimas los arrecifes y otras formaciones se regeneran por sí solos. Cuando esto ocurre las mejores alternativas son de carácter pasivo y corresponden básicamente al aislamiento y mantenimiento del área degradada, su monitoreo y todas las acciones necesarias para lograrlo (Vargas et al., 2012).

Cuando la regeneración natural no resulta por condiciones adversas del medio y/o bajo reclutamiento de organismos, debe recurrirse a la restauración activa. Esto comprende acciones diferentes dependiendo del tipo de alteración ocurrida en el ecosistema. De forma general, debe recurrirse a poblaciones o comunidades donantes de las cuales se obtienen organismos como esponjas y corales para su cría, propagación y posterior trasplante en los sitios afectados. En el caso específico de derribamiento de formaciones coralinas por embarcaciones, las acciones de restauración que deben emprenderse se enumeran a continuación (Jaap 2000):

- Rescatar los recursos afectados tan rápido como es posible y movilizarlos a un lugar seguro hasta tener la posibilidad de trasplantarlos en el arrecife implicado (es la acción más importante de todas).
- Realizar la investigación preliminar del daño y proveer un estado de priorización (en emergencia), de los recursos bentónicos afectados.

- Enderezar los corales derribados y recuperar los fragmentos de coral para almacenarlos en un lugar seguro temporalmente.
- Trasladar formaciones grandes con la ayuda de tornos portátiles y bolsas especiales de levantamiento. Las cajas plásticas son útiles para trasladar y almacenar fragmentos pequeños de coral entre dos buzos.
- Permanecer en labor intensiva por dos mil o tres mil horas para evaluar todo el campo afectado.
- En áreas con fuertes corrientes y oleaje trasladar el material de inmediato a un lugar fuera de peligro (aguas más profundas o tierra).

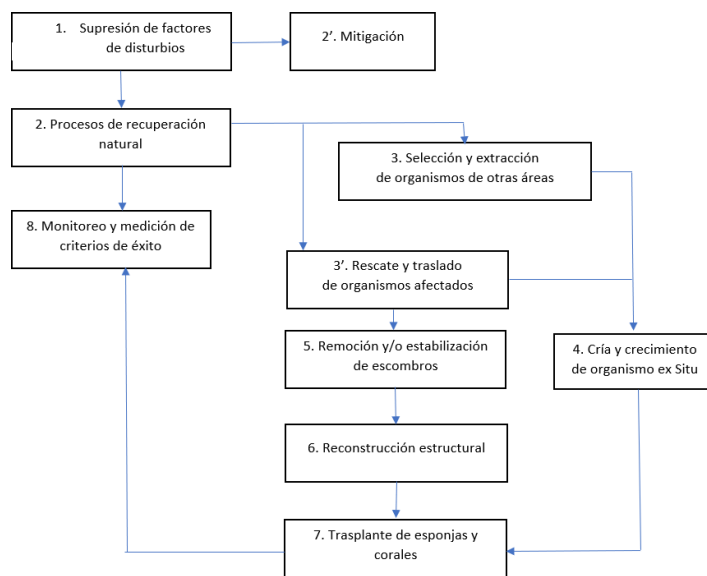


Figura 12. Acciones generales para la restauración ecológica de ecosistemas de corales (Jaap 2000 y Vargas et al., 2012).

En casos especiales en los cuales no es viable realizar acciones de restauración ecológica por dificultades de acceso al sitio, por condiciones de oleaje y profundidad, la alternativa real es la

implementación de acciones de mitigación (Figura 12). Esto incluye programas de educación ambiental, mejora de ayudas o guías para navegación, compensación en sitios adyacentes degradados (sin acciones de restauración implementadas por los responsables del daño o disturbio) e investigación en restauración y monitoreo. El monitoreo de la restauración puede hacerse a través de observaciones directas, registro fotográfico o de video y experimentos a través de la medición de criterios de éxito como (Jaap 2000):

Estabilidad: los elementos reconstruidos deben ser lo suficientemente resistentes a olas y corrientes.

Toxicidad: si hay zonas alrededor de las estructuras restauradas donde plantas y animales mueren o muestran signos de estrés.

Estética: si es factible las características del ecosistema restaurado deben ser lo más semejantes posibles al hábitat natural sin emplear materiales de residuo (barcos y aviones hundidos).

Trasplante de organismos: inspección del estado de organismos a través de observación visual, fotografía y video. Evaluación de color, blanqueamiento, competencia con algas bentónicas, enfermedades y porcentaje de cobertura de grupos funcionales.

Reclutamiento de corales: observaciones visuales, fotografía, video y experimentos para evaluar la colonización y ocupación espacial de áreas degradadas por parte de organismos bentónicos sésiles.

7.2 Manglar

La guía de restauración de ecosistemas de manglar en Colombia define que durante todo el proceso de restauración ecológica de manglares se debe contar con la participación y aceptación de las comunidades y usuarios del ecosistema, no debe limitarse su participación solamente a la implementación del proyecto. Ellos son fundamentales desde el momento mismo de la identificación y priorización de los valores y de los bienes, servicios y productos a restaurar, ya que serán los beneficiarios directos del ecosistema restaurado, además su conocimiento del área y su experiencia empírica será fundamental durante el desarrollo de acciones de restauración activa y monitoreo. De este modo se tendrá mayor probabilidad de éxito en los proyectos de restauración ecológica (Vargas et al., 2012). Los lineamientos propuestos por el MADS para desarrollar proyectos de restauración ecológica en el manglar constan de:

1. Seleccionar y priorizar áreas con potencial de restauración.
2. Identificar los tensionantes que causaron la degradación del ecosistema, especialmente los que impidan los procesos de regeneración natural (Elster y Polanía 2000).
3. Priorizar los tensionantes que impactan los ecosistemas de manglar.
4. Desarrollar las acciones para eliminar o mitigar los tensores priorizados que impactan el manglar objeto de restauración.
5. Evaluar de forma periódica los factores ambientales que regulan y controlan la distribución y establecimiento de los propágulos y el desarrollo del bosque (monitoreo condiciones ambientales). Evaluar periódicamente los procesos de reclutamiento y regeneración natural después de la eliminación del tensor (monitoreo regeneración natural). Es necesario conocer la ecología de las especies de mangles que reclutan, sus patrones de reproducción, la distribución de propágulos y el éxito de establecimiento de plántulas.
6. Favorecer los procesos de regeneración natural (Lema-Vélez y Polanía 2005).
7. Implementar acciones de restauración activa, si la regeneración natural no ocurre.
8. Monitoreo de las acciones de restauración implementadas

Si los seis primeros pasos son implementados y no son suficientes para favorecer la regeneración natural, es necesario proceder con el desarrollo de las acciones de restauración activa. El trasplante de propágulos a través de la colección y cultivo de plántulas se requiere cuando el reclutamiento natural, no provee suficiente cantidad de plántulas establecidas con éxito, o las tasas de establecimiento y crecimiento no cumplen con las metas de restauración planteadas (Lewis, 2005). En esta acción la participación comunitaria es fundamental cuando se decide construir viveros comunitarios temporales para la producción de plántulas (Ulloa et al. 2004).

Finalmente, para garantizar el éxito del proyecto se requiere de la evaluación y seguimiento de los resultados del mismo. En esta instancia es útil la implementación de parcelas experimentales en las cuales se tengan réplicas y controles a través de los cuales parámetros como la supervivencia del mangle y las tasas de colonización y crecimiento de las especies puedan ser registrados (Sánchez 2009).

7.3 Pastos Marinos

Antes de iniciar cualquier plan de restauración de praderas de pastos marinos es fundamental impedir la disminución de estas. Los planes de conservación deben identificar y resolver problemas a escalas que permitan la interconectividad entre los ecosistemas costeros y los mecanismos que afectan a las praderas y producen su disminución. Una vez cumplido esto se evaluará la capacidad de recuperación natural de las praderas (Orth et al. 2006). Es importante mantener sitios de referencia prístinos para el estudio científico a través de acciones como el cierre de áreas al tránsito de embarcaciones motorizadas, lo cual también permitirá el éxito de programas de restauración sin riesgos de impacto adicionales. Antes de emprender cualquier acción de restauración deben determinarse al menos los siguientes parámetros del sitio a ser restaurado: historia de la pradera (composición de especies, causas de pérdida), exposición al aire, olas y corrientes; tipo de sustrato y alta presencia de sedimentos orgánicos; tasa de sedimentación, presencia de disturbios por animales; requerimientos de personal y cronogramas con presupuestos (Vargas et al., 2012).

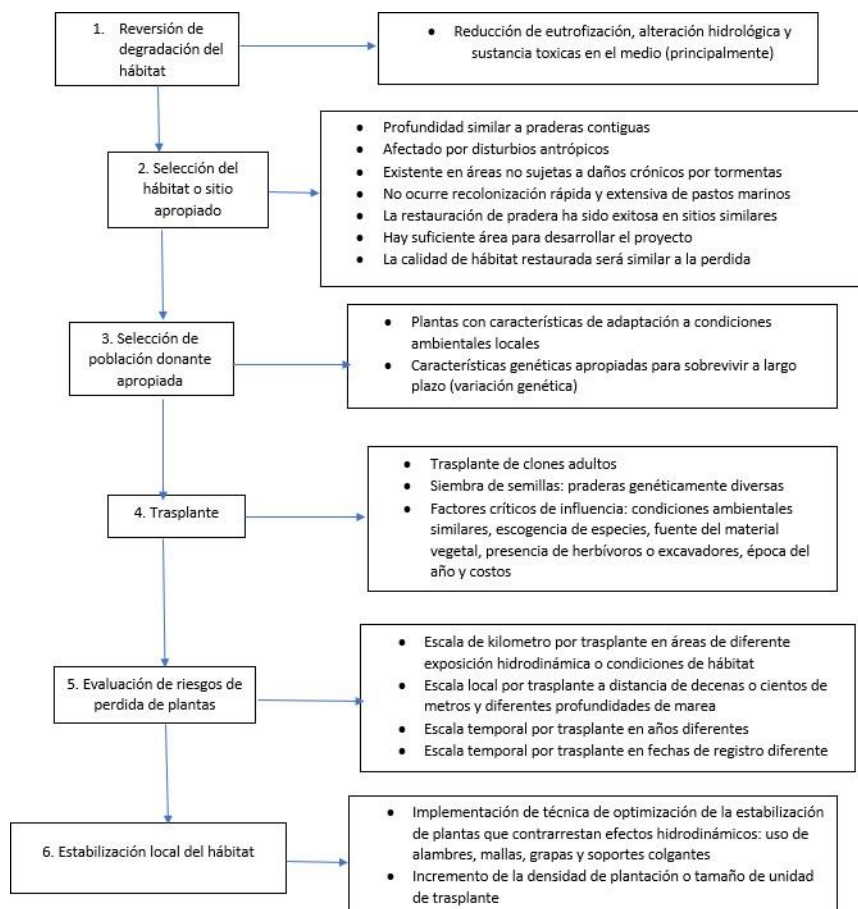


Figura 13. Acciones de restauración para los ecosistemas de pastos marinos en la bahía de Cartagena. Tomado de Vargas et al., 2012).

Las acciones para la restauración de las praderas de pastos marinos se exponen y resumen en la figura 13. Los métodos de plantación clasificados por Fonseca et al. (2002) comprenden: métodos libres de sedimentos, métodos de pastos marinos con sedimentos, siembra de semillas y estirpes cultivadas en laboratorio. La implementación de estos métodos depende de factores como la extensión

del área en proceso de restauración y su distancia con respecto a praderas donantes, naturaleza del sustrato, dificultades de transporte, costos e impactos.

7.4 Playas

Las actividades de restauración en las playas de la bahía de Cartagena se pueden realizar siguiendo las consideraciones de Lugo et al. (2017). Se tienen tres opciones para lidiar con el aumento en el nivel del mar: elegir el enfrentamiento al mar, la retirada de la costa o no hacer nada. Cada una tiene consecuencias que se pueden anticipar. Quizás la mejor estrategia es una combinación de las tres opciones entendiendo que cada una tiene su lugar y ninguna resuelve el problema por sí sola. Utilizando múltiples estrategias debemos asegurar que cada acción es la más correcta para cada situación particular. La lista de herramientas para estas estrategias incluye:

Uso de estructuras antropogénicas:

- Acorazando la costa
- Geotextiles/Geotubos
- Arrecifes artificiales
- Reforzando estructuras existentes

Protección con sistemas no-antropogénicos:

- Importando arena a la playa
- Restauración de dunas
- Uso de vegetación costera
- Arrecifes artificiales

Retirada planificada:

- Utilizando conceptos de planificación
- Acatando los límites de uso permisibles dentro de la zona marítimo terrestre
- Considerando los eventos extremos

En cualquiera de los casos, la estrategia seleccionada, su planificación y ejecución debe incluir un análisis holístico de la situación. Es necesario comenzar con un diagnóstico de las playas y basado en este entendimiento proceder con un enfoque que busque la resiliencia de las playas. Resiliencia es

la habilidad de prepararse antes del evento, planificar para absorber y recobrase de eventos extremos y adaptarse a los eventos más adversos que puedan afectar a las playas.

Los pasos para seguir un enfoque holístico serían:

- Identificar la condición de la playa.
- Identificar la causa de este comportamiento.
- Elegir estrategias que solucionen el problema a partir del escenario local enfocado en el concepto de resiliencia.
- Atacar el problema de erosión desde múltiples puntos de vista y a distintas escalas de análisis y acción.

En el caso de combatir la erosión costera es importante tener en cuenta los siguientes pasos:

- Determinar las tasas de erosión costeras presentes y proyectar las futuras a nivel insular.
- Hacer estudios puntuales de erosión costera al momento de tomar acciones específicas.
- Manejar los sedimentos a niveles regionales y locales.
- Desarrollar y adoptar estándares de compatibilidad de sedimentos.
- Identificar mecanismos de financiación sustentables para lidiar con los problemas de erosión.
- Integrar mecanismos de mantenimiento a los proyectos de manejo de erosión e infraestructura.
- Fortalecer la colaboración entre las organizaciones con aportes significativos en asuntos relacionados al manejo de las costas
- Modificar regulaciones, códigos de construcción y enfoques tradicionales de ingeniería para lidiar con los problemas costeros.
- Desarrollar guías sobre las mejores prácticas de ingeniería costera.

De igual forma, es importante involucrar a las comunidades locales y centros turísticos en programas de manejo de vertimientos, limpieza y uso sostenible de las playas de Castillogrande, El Laguito, Punta Arenas, Caño del Oro y Bocachica.

7.5 Ecosistemas acuáticos de la bahía

La restauración es un componente de la planificación nacional para la conservación y uso racional de los humedales. De acuerdo con la 8ª reunión de la Conferencia de las partes contratantes en la convención sobre humedales (Ramsar, Irán) (2002) se establecen principios y lineamientos para la restauración de humedales en el documento Ramsar COP8 Resolución VIII.16. A continuación, se enuncian algunos de estos principios de restauración que pueden ser aplicados en las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía de Cartagena:

1. Comprensión y declaración clara de metas, objetivos y criterios de rendimiento.
2. Planificación detenida para reducir posibilidades de efectos secundarios indeseados.
3. Examen de procesos naturales y condiciones reinantes durante la selección, preparación y elaboración de proyectos.
4. Planificación a escala mínima de cuenca de captación, sin desestimar el valor de hábitats de tierras altas y los nexos entre estos y hábitats propios de humedales costeros.
5. Tomar en cuenta principios que rigen la asignación de recursos hídricos y el papel que la restauración puede desempeñar en el mantenimiento de las funciones ecológicas de los humedales costeros.
6. Involucrar a todos los interesados directos en un proceso abierto.
7. Gestión y monitoreo continuos (custodia a largo plazo).
8. Incorporar el conocimiento de la gestión tradicional de los recursos que contribuyen a la configuración del paisaje.
9. Aplicar el principio de manejo adaptable.
10. Emplear proyectos eficaces como ejemplo y aliento para la participación y formulación de nuevos proyectos.
11. Ejecutar actividades complementarias con medidas para promover la concienciación

En la planeación del proceso de restauración de ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía de Cartagena se deben analizar los sitios a restaurar en cuanto a aspectos ecológicos y sociales, se define un modelo de respuesta y se contemplan opciones de restauración junto con la definición de metas y objetivos.

Para lograr la restauración o rehabilitación de un humedal costero se requiere en primer lugar del restablecimiento del régimen hidrológico, lo cual depende de actividades que consisten principalmente

en eliminar obras de infraestructura que impidan el flujo de agua al humedal costero, o tubos y canales que drenan el agua de este. Sin embargo, la regulación hídrica del humedal también se relaciona con actividades de control de la entrada de sedimentos, residuos sólidos y flujos contaminantes y la reconfiguración geomorfológica del sitio (Figura 14).

El régimen hidrológico puede recuperarse de manera indirecta si se controla la calidad del agua a partir de las concentraciones de nutrientes, la explotación de acuíferos y manantiales abastecedores y se mantiene la cobertura vegetal en las partes altas de las cuencas. Dado que el aporte de sedimentos está relacionado con el régimen hidrológico, en ocasiones es necesario construir gaviones o estructuras de retención de suelo. En otros casos se deben quitar las presas que retienen el sedimento o construir playas y dunas protectoras.

Otro de los factores relacionados con el ambiente físico es la restitución de la microtopografía del sustrato, que determina la variación de factores como el potencial de oxidoreducción y temperatura, y/o la distribución y establecimiento de las especies (Collins et al. 1982, Titus 1990). La reconformación física del humedal involucra técnicas de empleo de maquinaria y manuales, para estabilizar la geoforma y al mismo tiempo propiciar la heterogeneidad en el relieve.

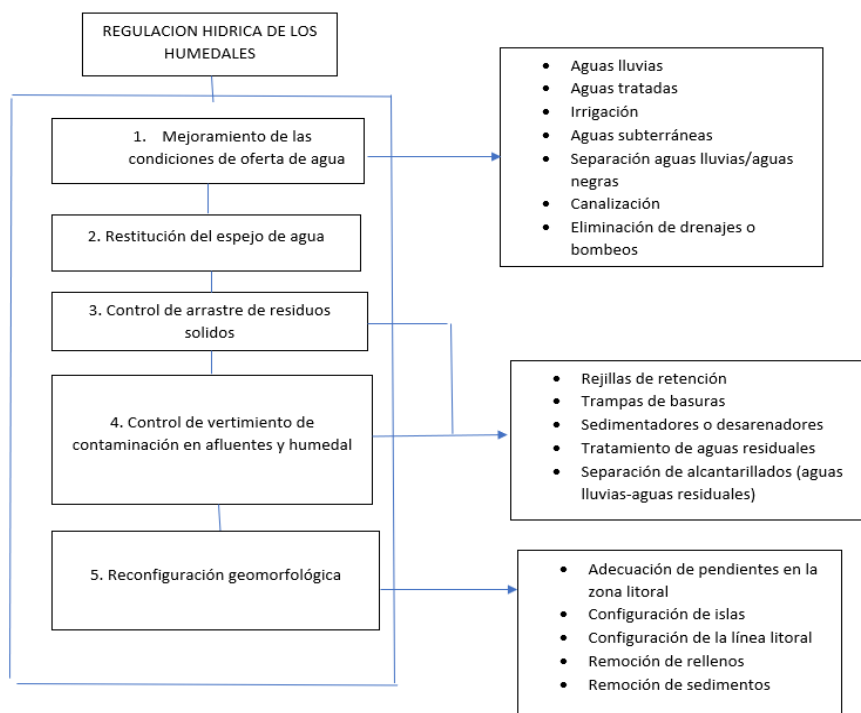


Figura 14. Pasos para la regulación hídrica de los humedales costeros.

Finalmente, la acción más importante para restaurar los ecosistemas acuáticos de la bahía de Cartagena es el control y regulación de los vertimientos de aguas residuales, industriales y los provenientes del canal del Dique.

8 ACTORES

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible junto con otras entidades, crearon El Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas. Este comité recientemente comenzó a funcionar y está conformado por el Ministerio, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), INVEMAR, IDEAM, CARDIQUE, CORMAGDALENA, EPA Cartagena, la Alcaldía Distrital, Gobernación de Bolívar, la Procuraduría Ambiental, sector privado, sector académico y representantes de las comunidades (Tabla 25).

Tabla 25. Lista de actores que intervienen en el uso, gestión y manejo de la bahía de Cartagena.

Actores	Injerencia o funciones
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Máxima autoridad ambiental y quien preside el Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas
Gobernación del Departamento de Bolívar	La Gobernación por sus funciones departamentales administrativas, de coordinación, de complementariedad de la acción municipal, de intermediación entre la Nación y los Municipios y de prestación de los servicios que determinen la constitución y las leyes y la Alcaldía Distrital por su carácter administrativo, entre otras por sus funciones de ordenar los gastos municipales de acuerdo con el plan de inversión y el presupuesto.
Alcaldía Distrital de Cartagena de Indias	La Alcaldía Distrital por su carácter administrativo, entre otras por sus funciones de ordenar los gastos municipales de acuerdo con el plan de inversión y el presupuesto.
Establecimiento Público Ambiental (EPA)	EPA Cartagena es una entidad pública del orden distrital, encargada de administrar y orientar el ambiente y los recursos naturales renovables, que favorece acciones orientadas a la conservación, restauración y desarrollo sostenible, propendiendo por una mejor calidad de vida y el aseguramiento del desarrollo sostenible, garantizando así la participación de la comunidad y los criterios de equidad y participación ciudadana.
Corporación Autónoma Regional del Canal del DIQUE (CARDIQUE)	Máxima autoridad ambiental en su área de jurisdicción, encargada de administrar el ambiente y los recursos naturales, realizando la planificación, gestión y ejecución de planes, programas y proyectos ambientales, utilizando su capacidad técnica, tecnológica, humana e investigativa, por el desarrollo sostenible con enfoque ecosistémico en sus tres (3) ecorregiones: Canal del Dique, zona marino costera y cuenca Ciénaga de La Virgen y Montes de María.
Corporación Autónoma Regional del río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA)	Su jurisdicción abarca la desembocadura del canal de Dique, dentro de sus funciones que la comprometen con la bahía de Cartagena está la preservación del medio ambiente.

Continuación tabla 25.

Actores	Injerencia o funciones
Dirección General Marítima– DIMAR	"La misión de la Autoridad Marítima Colombiana es ejercer la Autoridad en todo el territorio marítimo, dirigiendo, coordinando y controlando las actividades marítimas, fluviales y costeras con seguridad integral y vocación de servicio, con el propósito de contribuir al desarrollo de los intereses marítimos y fluviales de la Nación De acuerdo con el artículo 5to del Decreto Ley 2324 de 1984, dentro de sus funciones están las de Coordinar con la Armada Nacional el control de tráfico marítimo; regular, autorizar y controlar las concesiones y permisos en las aguas, terrenos de bajamar, playas y demás bienes de uso público de las áreas de su jurisdicción; adelantar y fallar investigaciones por siniestros marítimos, por violación a las normas de Marinplayasa Mercante por contaminación del medio marino y fluvial de su jurisdicción, por construcciones indebidas o no autorizadas en los bienes de uso público y terrenos sometidos a la Jurisdicción de la Dirección General Marítima, etc."
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	Es la encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del País.
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM)	El IDEAM es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilite la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general.
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR)	Levantamiento de información y herramientas para la gestión marino y costera del país
Representantes de la Sociedad Civil	Aportes en el conocimiento ambiental y problemáticas de la bahía de Cartagena
Representantes de las comunidades negras designados por los concejos comunitarios de la zona.	Representación de las comunidades negras para el manejo sostenible de los recursos naturales
Representantes de las comunidades pesqueras de la zona.	Representación de las comunidades de pescadores para el manejo sostenible de los recursos naturales
Representantes del sector académico	Universidad con experiencia en la problemática de la bahía, asignados por la Asociación Colombiana de Universidades.
Representantes del sector privado (asignado por ellos mismos)	La contaminación de la bahía se debe en gran parte a las actividades socioeconómicas que se desarrollan en el borde costero, la presencia de un representante de este sector es indispensable para las decisiones de manejo integrado de la bahía.

Personas naturales y jurídicas invitadas por el comité	El comité podrá invitar a personas naturales y jurídicas con experiencia en temas relacionados en investigación y manejo ambiental y/o experiencia en asuntos marino-costero
--	--

Continuación tabla 25.

Actores	Injerencia o funciones
Las organizaciones no gubernamentales (ONG)	Desarrollan diferentes roles orientados tanto a mejorar la sociedad en que viven, como a conservar y valorar su entorno ambiental. Por mencionar algunos participantes se cuenta con: Fundación Planeta Azul (FUPAC), Colegio Montessori, Fundación Serena del Mar, Fundación por la Educación Multidimensional (FEM), Arquitectura sin fronteras, Salvemos Varadero, Huella sustentable y Paraíso Drive Cartagena.
Observatorio fondo de agua Cartagena	Es un instrumento de reflexión, educación, investigación y participación, en donde se expresan los actores sociales, institucionales y privados que junto al Fondo buscan articular acciones de conservación y manejo de las áreas estratégicas del bajo Canal del Dique, áreas de las cuales proviene el agua de consumo de la ciudad de Cartagena.
Universidades e investigadores	En el territorio se identifican avances científicos por parte de diferentes grupos académicos locales que pueden aportar a la toma de decisiones. Actualmente la Universidad EAFIT viene realizando estudios hidrologicos y monitoreo de la calidad del agua en la bahía de Cartagena para generar herramientas de gestión ambiental en la bahía. Es el autor intelectual de la creación del Programa de Rehabilitación y Restauración de Ecosistemas Marinos y Costeros Degradados, Conservación de Especies y Biodiversidad Marina de la Bahía de Cartagena.

9 PROYECTOS DE LINEA BASE ECOSISTEMAS DE LA BAHIA DE CARTAGENA

La información existente no es suficiente para establecer el estado actual de los ecosistemas, por esa razón, se proponen los siguientes proyectos de línea base

9.1.1 Proyecto 1: Evaluación del estado actual de los corales de Varadero y occidente de Tierra Bomba.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Se desconoce el estado actual de los corales de la bahía de Cartagena en cuanto a su composición, estructura, distribución, gremios tróficos e importancia de las especies coralinas asociadas al ecosistema. No se puede iniciar un programa de restauración y/o rehabilitación sin conocer el estado actual de las especies coralinas.
Objetivo general	Evaluar el estado actual del ecosistema coralino en los sectores de Varadero y Occidente de Tierra Bomba..
Objetivos específicos	Determinar la estructura y composición de las especies coralinas
	Determinar la estructura, composición y gremios tróficos de las especies marinas asociadas al ecosistema coralino
	Identificar y cuantificar las enfermedades coralinas para establecer el estado de salud del ecosistema coralino.
	Determinar las áreas, distribución y cartografía detallada de los corales en la Bahía de Cartagena.
Actividades	Preparación logística (personal, materiales y equipos)
	Delimitación del área coralina
	Diseño metodológico y selección de los sitios de muestreo
	Campañas de muestreo en los ecosistemas coralinos
	Elaboración de informes de resultados
	Preparación y entrega del documento final.
Resultados esperados	Actualización del estado de los ecosistemas coralinos
	Contribución al estado actual de la biodiversidad en los ecosistemas coralinos.
Indicador (es)	Número de especies coralinas
	Número de especies asociadas al ecosistema coralino
	Cantidad de gremios tróficos
	Área del ecosistema
	Numero de enfermedades coralinas
	Área afectada por enfermedades coralinas

Duración	14 meses
Lugares prioritarios	Corales de Varadero y occidente de Tierra Bomba.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución(es) competente(s)	Comité Interinstitucional
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	200 millones
Prioridad	Corto plazo.

9.1.2 Proyecto 2: Actualización de la caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares en la bahía de Cartagena.

ITEM	DESARROLLO
Justificación	La última actualización sobre la zonificación de los manglares de la bahía de Cartagena se realizó en 2007, han pasado 14 años en los que se han presentado cambios en la cobertura de los manglares y su degradación actual es severa en algunos sectores de la bahía debido a la expansión urbana y al crecimiento industrial. Para realizar acciones de restauración, rehabilitación y recuperación de los manglares, es necesario conocer su estado actual y las áreas que requieren mayor intervención.
Objetivo general	Evaluar el estado actual de los manglares en la bahía de Cartagena.
Objetivos específicos	Caracterizar los manglares de la bahía
	Diagnosticar el estado de los manglares
	Zonificar y cartografiar los manglares de la bahía
	Evaluar el estado de las poblaciones de manglares.
Actividades	Revisión y evaluación de las zonificaciones y estudios existentes
	Formulación de la metodología de zonificación
	Formulación de estrategia de socialización integral y transversal
	Construcción del modelo de zonificación
	Adquisición y procesamiento de la cartografía, aerofotos, e imágenes satelitales
	Elaboración de un instrumento (formato) de evaluación de manglares

	Sistematizar la información disponible y levantar información complementaria si es necesario
	Análisis y caracterización de las relaciones ecológicas de los manglares dentro de la estructura ecológica principal regional.
	Análisis de los factores y procesos de alteración de los manglares del área de estudio.
	Caracterización de relaciones de representación, uso y apropiación.
	Elaboración de la zonificación actualizada y complementada.
	Actualización de la cartografía georreferenciada.
	Sistematizar la información SIG y levantar nueva información en caso de ser necesario
	Análisis prospectivo de procesos y escenarios de manejo
	Formulación de lineamientos y estrategias de manejo Análisis de los requisitos técnicos, jurídicos y administrativos.
	Diseño de estrategia básica de monitoreo y evaluación del estado y la dinámica de los manglares.
	Líneas de acción para futura formulación y establecimiento de Planes de Manejo y programas locales
	Formulación de lineamientos para dinamización (actualización automática) de la zonificación
	Estudio de fauna asociada a los manglares
	Determinación de la estructura y composición de los manglares
	Determinación de características fisiológicas, área basal, diámetro, altura.
	Determinación de la estructura poblacional de los manglares
Resultados esperados	Diagnóstico del estado actual de los manglares
	Conocimiento sobre la estructura y composición y estado de las poblaciones de manglares
	Cartografía actual de los manglares
Indicador (es)	Cambios en cobertura de los manglares
	Densidad (Número de individuos por hectárea)
	Área basal
	Desconexión con otros sistemas (presencia de barreras)
	Grado de salinidad en los suelos
Duración	1 año
Lugares prioritarios	Todos los manglares de la bahía, en especial los ubicados al norte y oriente de la bahía.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.

Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
esupuesto estimado	600 millones
Prioridad	Corto plazo.

9.1.3 Proyecto 3: Evaluación del estado
actual de los pastos marinos en la
bahía de Cartagena

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Los pastos marinos cumplen funciones ecosistemas importantes para la bahía de Cartagena, sobre estos ecosistemas se tiene muy poca información en la bahía a tal punto que sus áreas de degradación aumentan cada día como producto de este desconocimiento por parte de entidades ambientales y comunidades locales. Parece no reconocerse como un ecosistema marino importante como lo son los manglares y los corales. Para conservar y restaurar los ecosistemas de pastos marinos es necesario establecer su estado actual.
Objetivo general	Evaluar el estado actual de los ecosistemas de pastos marinos en la bahía de Cartagena.
Objetivos específicos	Determinar la estructura y composición de las praderas marinas
	Determinar el estado de salud del ecosistema de pastos marinos
	Determinar la estructura y composición de la fauna asociada
	Determinar la distribución y cartografía de los pastos marinos
	Evaluar las condiciones fisiológicas de los pastos marinos
	Difundir la importancia de las praderas de pastos marinos como ecosistemas costeros a través de la participación comunitaria y la educación ambiental.
Actividades	Preparación logística (personal, materiales y equipos)
	Delimitación de las praderas marinas
	Diseño metodológico y selección de los sitios de muestreo
	Campañas de muestreo en las praderas marinas
	Determinación de las condiciones fisicoquímicas y sedimentos
	Campañas de educación ambiental
	Elaboración de informes de resultados

	Preparación y entrega del documento final.
Resultados esperados	Conocimiento amplio sobre los pastos marinos de la bahía de Cartagena
	Identificación del estado de salud y áreas prioritarias para la restauración
	Concienciación en las comunidades locales sobre la importancia de los ecosistemas de pastos marinos
Indicador (es)	Densidad de vástagos por época climática
	Presencia / ausencia de fauna asociada
	Cobertura de pastos marinos
	Identificación de épocas de floración y fructificación
	Presencia de enfermedades o abundancia de especies que afecten la supervivencia de las especies de pastos marinos
Duración	1 año
Lugares prioritarios	Se desconoce el estado de los pastos marinos por lo tanto todos los lugares con presencia de pastos es prioridad.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	100 millones
Prioridad	Corto plazo.

9.1.4 Proyecto 4: Evaluación del estado de las playas de la bahía de Cartagena.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	<p>En la última década el desarrollo urbano y turístico ha incrementado considerablemente la demanda de la zona costera. En ese sentido, un adecuado manejo de esta importante zona implica un conocimiento amplio de los procesos oceanográficos como la intensidad del viento, oleaje, corrientes, mareas, sedimentos, además de otros fenómenos de la zona litoral</p> <p>Las playas son de gran importancia ambiental y económica para la bahía de Cartagena, ya que el turismo de sol y playa es un importante motor de la economía local. Es necesario</p>

	comenzar con un diagnóstico de las playas y basado en este entendimiento proceder con un enfoque que busque la restauración y la resiliencia de las playas en la bahía de Cartagena.
Objetivo general	Evaluar el estado de las playas en la bahía de Cartagena
Objetivos específicos	Zonificar la playa en función de las actividades presentes.
	Comprender la morfología y dinámica de las playas
	Comprender los procesos oceanográficos que afectan a las playas
	Determinar las tasas de erosión y acreción de playas
	Determinar la fauna asociada a las playas de la bahía
Actividades	Evaluación de tensores ambientales
	Realizar perfiles de playa
	Evaluación de la línea de costa
	Evaluación del viento , corrientes, mareas, oleaje y sedimentos.
	Monitoreo de fauna en las playas
Resultados esperados	Entendimiento de la dinámica de las playas en la bahía de Cartagena.
	Conocimiento sobre el estado actual de las playas
Indicador (es)	Presencia de viviendas (Numero Habitantes)
	Microplásticos/m²
	Pérdida/ Ganancia de Playa
	Cambios en el nivel del mar
	Presencia de barreras
	Ocurrencia/Diversidad de aves playeras
	Eventos de anidación de Tortugas marinas
	Ancho de playa
Duración	1 año
Lugares prioritarios	Playas de Castillogrande, El Laguito y Punta Arenas
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.

Presupuesto estimado	500 millones
Prioridad	Corto plazo.

9.1.5 Proyecto 5: Evaluación del estado de
ciénagas, lagunas y ensenadas en la
bahía de Cartagena.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Los ecosistemas acuáticos costeros como las lagunas, ciénagas y ensenadas de la bahía de Cartagena, son cuerpos de agua próximos al mar separados aparentemente por una barrera arenosa o de cantos, dominadas por la dinámica del litoral, presentando salinidades variables, en función de la influencia tanto de las aguas marinas como continentales o subterráneas. Asimismo, estos sistemas reciben aporte de nutrientes de origen continental como oceánico, lo cual constituye una fuente de nutrientes fundamental para el mantenimiento de la red trófica que se desarrolla en sus aguas. Actualmente se conoce que estos cuerpos de agua presentan una alta contaminación, por lo tanto, es necesario realizar estudios sobre su estado antes de realizar actividades de restauración para comparar y hacer seguimiento de los posibles cambios positivos
Objetivo general	Conocer el estado actual de los ecosistemas acuáticos de la bahía: Lagunas, ciénagas y ensenadas.
Objetivos específicos	Caracterizar los sedimentos y fauna asociada a los ecosistemas acuáticos de la bahía
	Evaluar las condiciones morfológicas e hidrodinámicas de los ecosistemas acuáticos de la bahía.
	Determinar las condiciones fisicoquímicas de la columna de agua
	Evaluar las comunidades planctónicas de la columna de agua
	Determinar la diversidad y abundancia de peces
	Determinar la actividad pesquera en los ecosistemas acuáticos de la bahía
Actividades	Obtención y análisis de muestras de sedimentos
	Extracción y análisis de la fauna en los sedimentos
	Mediciones hidrodinámicas y fisicoquímicas
	Evaluación del plancton y los peces de la columna de agua
Resultados esperados	Diagnóstico de los ecosistemas acuáticos de la bahía
Indicador (es)	Concentración de Oxígeno disuelto

	Concentración de Fosfatos
	Concentración de Nitratos
	Tipo de sedimento
	Tiempo de residencia
	Corrientes
	Pesca
	Variación espejo de agua
	Abundancia y diversidad de comunidades planctónicas
	Abundancia y diversidad de peces
	Abundancia y diversidad de especies bentónicas
Duración	1 año
Lugares prioritarios	Todos los sitios, en especial los cuerpos de agua en el norte de la bahía por presentar mayor contaminación.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	600 millones
Prioridad	Corto plazo.

10 PROYECTOS DE RESTAURACION

Los proyectos de rehabilitación y/o restauración de los ecosistemas marinos y costeros de la bahía de Cartagena se agrupan en líneas estratégicas por cada ecosistema de la bahía.

10.1 Línea estratégica corales

10.1.1 Proyecto 1: Restauración de poblaciones de coral con cultivos naturales cerca del área afectada.

ITEM	DESARROLLO
------	------------

Justificación	Los corales son organismos modulares que crecen mediante la replicación de unidades multicelulares parcialmente <i>auto mantenidas</i> conocidas como pólipos. Este aspecto único de su biología permite a los corales seguir siendo viables incluso cuando una parte de su número total de pólipos en los corales muere o se desprende. El potencial de los pólipos individuales para establecerse como colonias independientes ha servido de base a muchas estrategias de conservación para aumentar la abundancia de la población local. Por ejemplo, la jardinería de corales, una de las alternativas actuales y más comunes empleadas para propagar las especies de consiste en recoger ramas individuales de colonias silvestres y cultivarlas en unidades de vivero.
Objetivo general	Reproducir artificialmente colonias de algunas especies coralinas locales, por medio de reproducción asexual (fragmentación mecánica), para propagar corales en unidades artificiales de cultivo temporales y luego repoblar zonas del arrecife que han perdido sus poblaciones de corales.
Objetivos específicos	Determinar las especies coralinas aptas para el repoblamiento
	Determinar los métodos adecuados para el establecimiento de cultivos in situ.
	Establecer los cultivos naturales en áreas cercanas al arrecife.
	Repoblar las áreas degradadas en el arrecife coralino
	Evaluar y monitorear las áreas rehabilitadas.
Posibles Actividades	Gestionar los permisos para la manipulación de especies coralinas y realizar los cultivos en áreas cercanas al arrecife con buenas condiciones fisicoquímicas.
	Diseño metodológico y elección del personal calificado
	Elección de sitios adecuados para la siembra in situ de corales
	Diseño de estructuras para el montaje del cultivo
	Elección de materiales duraderos y de bajo costo para los montajes de cultivos
	Selección y recolección de fragmentos coralinos en áreas coralinas cercanas para sembrar en el sitio de cultivo
	Distribución de colonias en los cultivos con suficiente espacio para evitar que se unan las colonias.
	Trasplante y repoblamiento en las áreas a restaurar
	Evaluación y elección de las técnicas de trasplante
	Monitoreo y mantenimiento de los cultivos in situ
	Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua en el cultivo y en el área a rehabilitar.
Resultados esperados	Éxito de crecimiento en los cultivos naturales
	Rehabilitación de áreas degradadas en el ecosistema coralino
Indicador (es)	Número de individuos rehabilitados
	Número de individuos trasplantados al arrecife

	Número de individuos vivos rehabilitados en el ecosistema
	Número de individuos muertos en el proceso de rehabilitación
	Tamaño del área rehabilitada
	Talla de los individuos rehabilitados (cm)
	Número de especies colonizadoras en los cultivos naturales
	Porcentaje de cobertura de las especies colonizadoras en los cultivos
	Enfermedades y área afectada en los cultivos naturales
Duración	5 años
Lugares prioritarios	Occidente de Tierra Bomba y corales de Varadero.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	5000 millones
Prioridad	Corto-Mediano plazo

10.1.2 Proyecto 2: Restauración de corales con estructuras artificiales

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	El uso de arrecifes artificiales en ambientes acuáticos se describe por sus efectos positivos sobre la biota local y las actividades económicas relacionadas con ella. Además de ofrecer un hábitat adecuado para varios invertebrados y peces, los arrecifes artificiales tienen una alta densidad de organismos, proporcionando alimento para especies de todos los niveles tróficos y aumentando la productividad de los peces (peces, crustáceos). Asimismo, estas estructuras suelen instalarse con el objetivo de recuperar y / o mantener el stock de peces, beneficiando a los pescadores artesanales. De igual forma, estos arrecifes artificiales sirven de amortiguación y protección para los arrecifes naturales de Varadero y occidente de Tierra Bomba.
Objetivo general	Recuperar y ampliar las zonas de amortiguación de los corales en la bahía de Cartagena con estructuras artificiales.
Objetivos específicos	Evaluar los fondos coralinos para el establecimiento de arrecifes artificiales
	Identificar y diseñar las estructuras artificiales adecuadas para cada tipo de sustrato coralino.

	Establecer los arrecifes artificiales en las áreas coralinas priorizadas para la restauración
	Evaluar y monitorear las áreas restauradas con arrecifes artificiales
Posibles Actividades	Caracterización de los fondos coralinos
	Estudio de corrientes y flujo de sedimentos
	Elección de sitios adecuados para el establecimiento de arrecifes artificiales
	Diseño y elaboración de los arrecifes artificiales.
	Instalación de los arrecifes artificiales en las áreas seleccionadas
	Monitoreo y mantenimiento de los arrecifes artificiales
	Evaluación de la colonización de especies
Resultados esperados	Conservación de las especies asociadas al sistema coralino
	Restauración de áreas degradadas en el ecosistema coralino
Indicador (es)	Número de arrecifes artificiales instalados
	Área cubierta con arrecifes artificiales
	Número de especies colonizadoras
	Abundancia de individuos en los arrecifes artificiales
	Abundancia y diversidad de especies coralinas colonizadoras del arrecife artificial
Duración	1 año de instalación y 2 años de seguimiento: 3 años
Lugares prioritarios	Occidente de Tierra Bomba y corales de Varadero.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	4000 millones
Prioridad	Corto-Mediano plazo

10.2 Línea estratégica Manglares

10.2.1 Proyecto 3: Recuperación y protección de áreas de manglar

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	El bosque de manglar es un ambiente muy codiciado para desarrollar actividades e industrias que pueden provocar su destrucción; como la construcción de las granjas camaroneras, marinas, puertos y otras actividades de desarrollo de la bahía de Cartagena. Además, grandes áreas de manglar se han visto perjudicadas de forma indirecta por obras que han afectado el curso de los ríos y de las aguas que van hacia estas, tales como carreteras, presas, canales y dragados. Por esta razón se debe pensar en cómo revertir este proceso de degradación del bosque de manglar y encontrar las medidas para detenerlo.
Objetivo general	Recuperar y proteger las áreas de manglar en la bahía de Cartagena
Objetivos específicos	Recuperar las áreas degradadas en los ecosistemas de manglar
	Restaurar el flujo hidrodinámico en los ecosistemas de manglar
	Reducir los disturbios que impiden la regeneración natural de los manglares
	Promover actividades económicas sostenibles en las comunidades.
	Desarrollar programas encaminados a reforzar la conciencia pública con respecto a la importancia y el buen manejo del manglar
	Revisar y ajustar la legislación vigente para lograr su correcta y eficaz aplicación en las zonas de manglar.
	Desarrollar programas de monitoreo de las condiciones de los manglares para evitar su deterioro.
Posibles Actividades	Coordinación con las autoridades competentes y las comunidades
	Identificación y evaluación del área a reforestar.
	Conocer las partes bajas y altas del terreno
	Conocer las corrientes y salinidad del área a restaurar
	Identificación del tipo de suelo
	Identificación de las especies presentes en cada área a restaurar
	Preparación y limpieza del terreno a restaurar
	Colección de semillas de mangle
	Siembra directa
	Dispersión de semillas
	Estacado: cortar estacas de ramas maduras y sembrarlas directamente en el lugar.
	Encajonamiento: Consiste en sembrar la plántula dentro de un tubo PVC.
	Reforestación con plantas de vivero
Resultados esperados	Recuperación de las áreas de manglar más afectadas por factores antrópicos
	Mayor cobertura del bosque de manglar

	Comunidades conscientes sobre la importancia de los manglares
Indicador (es)	Número de individuos sembrados
	Áreas recuperadas
	Supervivencia de juveniles de mangle
	Crecimiento de los manglares restaurados
	Grado de salinidad
	Dirección y velocidad de las corrientes
Duración	5 años
Lugares prioritarios	Todos los manglares de la bahía, en especial los ubicados al norte y oriente de la bahía.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	5000 millones
Prioridad	Mediano y largo plazo.

10.2.2 Proyecto 4: Programa de
mantenimiento y limpieza en los
ecosistemas de manglares.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Los manglares son depósitos de materia orgánica y sedimentos pero recientemente estas áreas naturales reciben grandes cantidades de residuos sólidos, principalmente plásticos de origen marino y continental, estos residuos generan un impacto negativo en los ecosistemas manglaricos, generando malos olores, acumulación de basuras y deterioro del entorno.
Objetivo general	Establecer un programa de mantenimiento y limpieza en los ecosistemas de manglar.
Objetivos específicos	Concienciar a las comunidades locales sobre el cuidado, respeto e importancia de las ecosistemas de manglar.
	Establecer jornadas de limpieza de manglares con personal técnico capacitado y voluntarios.

	Gestionar y dar una adecuada disposición final a los residuos sólidos retirados de los manglares.
Posibles Actividades	Talleres de capacitación con personal técnico contratado
	Talleres de capacitación con comunidades locales
	Jornadas frecuentes de limpieza de manglares
	Gestión de maquinaria y materiales para el retiro de los residuos sólidos
	Monitoreo de las áreas limpias
	Aprovechamiento de los residuos sólidos.
Resultados esperados	Mejoramiento de la calidad del paisaje en los ecosistemas de manglar
	Disminución de los residuos sólidos en los manglares
	Mayor conciencia ciudadana en el cuidado y manejo de los manglares
	Participación de las comunidades locales en jornadas de limpieza
Indicador (es)	Numero de áreas limpias
	Cantidad de residuos sólidos retirados del manglar
	Número de personas capacitadas
	Número de jornadas de limpieza
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Manglares de la bahía de Cartagena, en especial los manglares del norte y oriente de la bahía.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	8000 millones
Prioridad	Corto y largo plazo.

10.2.3 Proyecto 5: Establecimiento de un
vivero comunitario para la
reforestación de los manglares

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Los ecosistemas de manglar sufren una fuerte presión antrópica que degrada al ecosistema y acaba con las áreas de manglar, una de las alternativas de restauración y conservación de los manglares consiste en realizar viveros para la cría de plántulas con la participación de comunidades locales para asegurar el éxito de la restauración. El establecimiento y desarrollo de viveros es una actividad que facilita la producción de plántulas en áreas donde las condiciones no permiten que se produzcan de manera natural, y al mismo tiempo, ha permitido realizar proyectos de restauración y reforestación.
Objetivo general	Establecer un vivero comunitario con la participación de las comunidades locales para la restauración de los manglares.
Objetivos específicos	Integrar a las comunidades locales en la construcción de viveros comunitarios para la propagación de plántulas de mangle.
	Realizar campañas de siembra con las comunidades locales
	Generar conciencia en el manejo y conservación de los ecosistemas de manglares
Posibles Actividades	Integración de comunidades locales
	Ubicación e instalación de los vivero lo más cercano a la zona de reforestación.
	Colecta de propágulos en el mismo día en que se sembrarán en el vivero
	Siembras en el vivero
	Selección del sitio a restaurar
	Trasplante de la planta con el tamaño adecuado para soportar los niveles de inundación
Resultados esperados	Integración de comunidades locales para el cuidado del manglar
	Establecimiento de viveros comunitarios
	Siembra de manglar en áreas degradadas
Indicador (es)	Número de personas participantes en el manejo del vivero
	Numero de viveros comunitarios
	Numero de semillas de mangle en los viveros
	Número de plantas aptas para el trasplante
	Número de plantas de mangle sembradas en el ecosistema natural
Duración	5 años
Lugares prioritarios	Comunidades de Tierra Bomba, norte de la bahía, Mamonal y Pasacaballos.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.

Responsables de ejecución: Institución(es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	600 millones
Prioridad	Corto y mediano plazo.

10.3 Línea estratégica Pastos marinos

10.3.1 Proyecto 6: Recuperando los ecosistemas de pastos marinos de la bahía de Cartagena.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Los pastos marinos es uno de los ecosistemas con menor información en la bahía de Cartagena, pero en las praderas marinas conocidas, se observa un grave deterioro debido a la acumulación de sedimentos y contaminación del agua. Los métodos de plantación comprenden: métodos libres de sedimentos, métodos de pastos marinos con sedimentos, siembra de semillas y estirpes cultivadas en laboratorio. La implementación de estos métodos depende de factores como la extensión del área en proceso de restauración y su distancia con respecto a praderas donantes, naturaleza del sustrato, dificultades de transporte, costos e impactos. Es esencial iniciar un programa de restauración de pastos marinos para recuperar en la medida de lo posible las áreas degradadas y restablecer las funciones ecológicas del ecosistema.
Objetivo general	Recuperar las áreas degradadas de pastos marinos en la bahía de Cartagena
Objetivos específicos	Determinar los métodos adecuados para la restauración del ecosistema
	Establecer la población donante apropiada para el trasplante.
	Repoblar las áreas degradadas en el ecosistema
	Evaluar y monitorear las áreas rehabilitadas.
Posibles Actividades de restauración	Medición de parámetros fisicoquímicos y nutrientes en las praderas marinas
	Selección de los sitios apropiados para la restauración
	Selección de las poblaciones donantes
	Trasplante de plantas
	Evaluación de riesgos y pérdida de plantas

	Estabilización local del hábitat
	Registro audiovisual de las praderas restauradas
	Monitoreo y Evaluación de las praderas marinas restauradas
Resultados esperados	Aumento en la cobertura de pastos marinos
	Rehabilitación de las áreas degradadas en el ecosistema
Indicador (es)	Numero de ápices
	Supervivencia de unidades trasplantadas
	Densidad del tallo
	Cobertura areal
Duración	4 años
Lugares prioritarios	Todos los sitios dentro de la bahía tienen prioridad para la restauración
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	4000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.4 Línea estratégica Playas

10.4.1 Proyecto 7: Protección y rehabilitación de playas

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Se prevé que los riesgos costeros aumenten en las próximas décadas, por las amenazas crecientes del cambio climático como la subida del nivel del mar y los cambios en las tormentas, pero también por un mayor desarrollo costero y urbano, el crecimiento demográfico y los cambios geomorfológicos de las costas. Las playas de la bahía de Cartagena requieren de acciones de restauración para desacelerar la pérdida de las playas.
Objetivo general	Rehabilitar las playas de la bahía de Cartagena para reducir los riesgos de erosión, deterioro y pérdida de la calidad ambiental.

Objetivos específicos	Determinar la técnica de protección costera más apropiada para cada playa de la bahía de Cartagena.
	Implementar el uso de arrecifes artificiales para disipar el oleaje
	Rehabilitar las playas degradadas o con pérdida de material.
	Considerar la importación de arena de playa y áreas donantes
	Considerar la revegetalización de las playas en áreas de bajo impacto turístico.
Posibles Actividades	Elección e instalación de estructuras de protección costera
	Fabricación de arrecifes artificiales tipo ball
	Instalación de arrecifes artificiales
	Evaluación de las estructuras de protección
Resultados esperados	Recuperación de las playas de la bahía de Cartagena
	Rehabilitación de las playas
Indicador (es)	Ganancia de arenas
	Ancho de la playa
	Disminución de la energía del oleaje
Duración	1 año
Lugares prioritarios	Todas son importantes pero Castillo grande y Punta Arenas tienen una fuerte presión turística.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía, sector turístico.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	10000 millones
Prioridad	Largo plazo.

10.4.2 Proyecto 8: Programa de educación ambiental y limpieza de playas

ÍTEM	DESARROLLO
------	------------

Justificación	El manejo de playas requiere de la participación de distintos actores para realizar actividades de limpieza y mantenimiento con el fin de mantener una buena calidad de las playas. Es importante involucrar a las comunidades locales y centros turísticos en programas de manejo de vertimientos, limpieza y uso sostenible de las playas de Castillogrande, El Laguito, Punta Arenas, Caño del Oro y Bocachica.
Objetivo general	Establecer un programa de mantenimiento y limpieza de playas en la bahía de Cartagena.
Objetivos específicos	Concienciar a las comunidades locales y prestadores de servicios turísticos sobre el cuidado y protección de las playas.
	Establecer jornadas de limpieza de playas con comunidades locales, prestadores de servicios turísticos y voluntarios.
	Gestionar y dar una adecuada disposición final a los residuos sólidos retirados de las playas.
Posibles Actividades	Talleres de capacitación con personal coordinador
	Talleres de capacitación con comunidades locales, prestadores de servicios turísticos y voluntarios.
	Jornadas continuas de limpieza de playas
	Gestión de maquinaria y materiales para el retiro de los residuos sólidos
	Monitoreo de las playas limpias
	Aprovechamiento de los residuos sólidos.
Resultados esperados	Mejoramiento de la calidad del paisaje las playas
	Disminución de los residuos sólidos en las playas
	Mayor conciencia ciudadana en el cuidado y manejo de las playas
	Participación de las comunidades locales en jornadas de limpieza
Indicador (es)	Numero de áreas limpias
	Cantidad de residuos sólidos retirados de las playas
	Número de voluntarios en las jornadas de limpieza
	Número de personas capacitadas
	Número de jornadas de limpieza
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Manglares de la bahía de Cartagena, en especial los manglares del norte y oriente de la bahía.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.

Presupuesto estimado	4000 millones
Prioridad	Corto y largo plazo.

10.5 Línea estratégica ecosistemas acuáticos de la bahía

10.5.1 Proyecto 9: Programa de monitoreo del estado de salud de las ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	El monitoreo continuo de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía de Cartagena es importante para establecer la evolución o cambios de la contaminación y su relación con las medidas de restauración de la bahía
Objetivo general	Establecer Programa de monitoreo del estado de salud de las ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena.
Objetivos específicos	Determinar y analizar las variables más importantes para el programa de monitoreo
	Diseñar una metodología para el monitoreo a largo plazo
	Realizar el monitoreo de calidad de aguas, sedimentos y organismos
	Evaluar en el largo plazo, la evolución de la calidad del agua y la eficiencia de las medidas que se implementen en los ecosistemas acuáticos de la bahía.
	Establecer un sistema de alertas tempranas en tiempo real de la calidad de las aguas de las ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena.
Posibles Actividades	Monitoreo de la calidad del agua
	Monitoreo de fauna y flora acuática
	Monitoreo hidrológico
	Diseño de una app para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua
	Monitoreo de las actividades de pesca en las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía de Cartagena.
Resultados esperados	Establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo
Indicador (es)	Concentración de Oxígeno disuelto
	Concentración de Fosfatos

	Concentración de Nitratos
	Tipo de sedimento
	Tiempo de residencia
	Corrientes
	Pesca
	Variación espejo de agua
	Abundancia y diversidad de comunidades planctónicas
	Abundancia y diversidad de peces
	Abundancia y diversidad de especies bentónicas
	Número de visitas en la app de alertas tempranas (indicador de uso de la aplicación)
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Todos los ecosistemas acuáticos de la bahía de Cartagena
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	10000 millones
Prioridad	Mediano y largo plazo.

10.5.2 Proyecto 10: Programa de restauración física de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía en áreas con mayor actividad humana: urbanización, industria, puertos, vertimientos de aguas servidas, obstrucción de flujos hídricos y rellenos de escombros.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	La contaminación de la bahía de Cartagena debido principalmente a vertimientos locales y los vertimientos del canal del Dique, afecta en gran medida a los ecosistemas acuáticos de la bahía: ciénagas, lagunas y ensenadas. Estos ecosistemas requieren con urgencia medidas de restauración para minimizar los impactos antropogénicos de la bahía de Cartagena.

Objetivo general	Contribuir con la funcionalidad ecológica de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía en áreas con mayor actividad humana: urbanización, industria, puertos, vertimientos de aguas servidas, obstrucción de flujos hídricos y rellenos de escombros.
Objetivos específicos	Restablecer los regímenes hidrológicos de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía de Cartagena.
	Rehabilitar las funciones ecológicas de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía relacionadas con los servicios ambientales prestados a los entornos urbanos y rurales.
	Diseñar acciones para el establecimiento de la vegetación característica de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía por selección e introducción de especies y colonización natural. (Estas acciones se asocian a la recuperación de manglares y pastos marinos).
Posibles Actividades	Realización de obras hidráulicas para la recuperación de la hidrodinámica.
	Retiro de obras de infraestructura, residuos sólidos y/o escombros que interrumpan la hidrodinámica del ecosistema
	Construcción e instalación de trampas de sedimentos o filtros en algunos sitios específicos de descarga de sedimentos y aguas contaminadas.
	Recuperación de orillas, caños, canales con vegetación natural autóctona
	Adecuación física de orillas, caños y canales de los ecosistemas acuáticos
Resultados esperados	Rehabilitación y restauración de los ecosistemas acuáticos de la bahía de Cartagena
Indicador (es)	Número de obras hidráulicas para la recuperación del flujo hidrológico
	Cantidad de escombros o demás elementos físicos retirados de los ecosistemas acuáticos
	Cobertura de los ecosistemas acuáticos intervenidos con medidas de restauración
	Numero de trampas de sedimentos o filtros instalados
	Numero de orillas, caños y canales recuperados
Duración	5 años
Lugares prioritarios	Ecosistemas acuáticos del norte y oriente de la bahía.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	15000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6 Línea estratégica vertimientos de la bahía de Cartagena

En esta línea estratégica se adicionan los programas de evaluación y monitoreo de vertimientos diseñados por INVEMAR (2018) para la bahía de Cartagena.

10.6.1 Proyecto 11: Manejo de vertimientos generados por actividades de acuicultura, agroindustria y ganadería.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante establecer los mecanismos para reducir la contaminación de la bahía generada por vertimientos de aguas residuales de las actividades de acuicultura, agroindustria y ganadería.
Objetivo general	Definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales, generadas por las actividades de acuicultura, agroindustria y ganadería.
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en agua y sedimentos.
	Controlar el impacto sobre los ecosistemas generados por los vertimientos
	Minimizar afectaciones sobre la flora y fauna por vertimientos domésticos e industriales
	Reducir las posibles afectaciones a la comunidad como consecuencia de los vertimientos domésticos e industriales.
Actividades: Medidas de Prevención	Restringir los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento previo
	Se debe incluir como requisito para otorgar los permisos de vertimientos, alternativas del punto de descarga de los vertimientos teniendo en cuenta los ecosistemas presentes en el área de influencia y su grado de sensibilidad.
	Formular objetivos de calidad del recurso hídrico que garanticen la conservación de los ecosistemas marinos y costeros influenciados por los vertimientos del sector acuicultura, agroindustria y ganadería.
	Definir indicadores de descarga a la bahía de Cartagena en kilogramos contaminante/toneladas producidas, que permita fijar los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos para cada sector productivo.
	Se recomienda implementar por lo menos sistemas de tratamientos secundarios o biológicos de aguas residuales para la remoción de bacterias y nutrientes, con base en los resultados de la caracterización del vertimiento.
	Restringir el uso de compuestos químicos con alto grado de toxicidad (fertilizantes, plaguicidas, antibiótico, bisulfito de sodio, etc.) en áreas lindantes con cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros, en su lugar se recomienda utilizar productos biodegradables de bajo nivel de toxicológico o biológico.

	Almacenar productos como abonos, medicamentos y reactivos en cuartos cerrados y lejos de zonas con riesgo de inundación y/o escorrentía.
	Se debe contar con trampas de grasas para las aguas residuales generadas en por la cría de ganado y aves.
	Se deben hacer la limpieza y mantenimiento de las trampas de grasa, trampas de arena, tanques de lodos activados, canales de desagüe y perimetrales (mensual a anual)
	Se debe evaluar la capacidad ambiental (mezcla, dilución y dispersión) para la aprobación de los permisos de vertimientos para los efluentes de actividades acuícolas.
	Se deben restringir los vertimientos en zonas cercanas a ecosistemas de manglar u otro ecosistema estratégico con bajo nivel de conservación.
	Cerrar los circuitos evitando vertimientos y reutilizando el agua del proceso. Medición y control de la calidad fisicoquímica del agua
	Separación y recuperación de los productos (disolvente y plastisol)
Medidas de mitigación y control	Realizar seguimiento y monitoreo de la calidad del recurso hídrico y de los vertimientos del área de influencia de la Bahía de Cartagena.
	Realizar seguimiento y caracterización de los compuestos químicos utilizados para el desarrollo de las actividades de acuicultura, agroindustria y ganadería.
	Se recomienda reducir los recambios de agua, o implementar aireación u oxigenación para la reducir las cargas del vertimiento
	Registrar el mantenimiento periódico que se realiza a las plantas de tratamiento de aguas residuales
	Disponer adecuadamente los residuos peligrosos a través de empresas autorizadas para ello.
	Cumplir los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.
	Diseñar e implementar programas e iniciativas de prevención y mitigación de contaminación a ecosistemas marinos costeros según la actividad desarrollada.
Resultados esperados	Buen manejo y reducción de vertimientos generados por actividades acuicultura, agroindustria y ganadería.
Indicador (es)	Matriz anual de riesgo de afectación a ecosistemas marinos costeros y actualización semestral de la misma.
	Números de programas e iniciativas para la prevención y mitigación formulados e implementados anualmente.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
	Parámetros que sobrepasen la norma, que pueden generar daño en el medio natural/ parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Manga, Manzanillo, Mamonal y Ensenada
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía, sector de turismo.

Responsables de ejecución: Institución(es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía de Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.2 Proyecto 12: Manejo de vertimientos
de actividades de elaboración y
procesamiento de productos
alimenticios y bebidas

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales, generadas por la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebidas con el fin de reducir la contaminación de la bahía
Objetivo general	Definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales, generadas por la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebidas.
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en el agua y sedimentos por la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebida.
	Controlar el impacto sobre los ecosistemas generados por los vertimientos procedentes de la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebida en la zona marino costera de la bahía de Cartagena.
	Minimizar afectaciones sobre la flora y fauna por vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales de la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebida en la bahía de Cartagena.
	Reducir las posibles afectaciones a la comunidad como consecuencia de los vertimientos de las aguas residuales domésticas e industriales procedente por la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebida en la bahía de Cartagena.
	Reducir las concentraciones de contaminantes en el aire por emisiones de material particulado y gases contaminantes generados por la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebida.
Actividades:	Restringir los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento procedentes de por la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebidas en la bahía de Cartagena.
Medidas de prevención	Evitar realizar procesos de lavado de materia prima a orilla de canales, drenajes, caminos o a campo abierto que conduzca a cuerpo de agua.

	Evitar derrames de leche
	Recolectar el rumen en seco, reduce notablemente el arrastre de materia orgánica a los vertimientos, con la consecuente disminución de la DBO5 en los mismos. Adicionalmente, es aconsejable instalar mallas en los desagües para retener sólidos que fueron removidos por el agua de lavado.
	Se recomienda que para las tareas de limpieza del sector cárnico se mantenga la temperatura del agua en un rango de 5 a 40°C, ya que permite disolver las grasas evita coagulación de las proteínas y se utiliza menor cantidad de jabón, lo que ayuda a mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales.
	Definir indicadores de descarga a cuerpos de agua natural en kilogramos contaminante/toneladas producidas, que permita establecer límites que consideren además de la cantidad de contaminante, el desarrollo económico de la industria en cada uno de los sectores productivos
	Formular objetivos de calidad del recurso hídrico que garanticen la conservación de los ecosistemas marinos y costeros influenciados por los vertimientos del sector alimentos y bebidas.
	Se recomienda sustituir jabones y desinfectantes, usados convencionalmente en el proceso de limpieza y desinfección de superficies, por otros biodegradables y de alta eficiencia.
	Reutilizar el agua residual y lluvia, siempre que sea posible y después de ser tratada, en el riego de áreas verdes y limpieza exterior de los vehículos de transporte
	Separar las aguas de enfriamiento de las aguas de proceso y lavado, recirculándolas en el proceso, permitiendo disminuir el volumen de agua a verter.
	Se recomienda la implementación de sistemas de tratamiento (terciario o avanzado) de aguas residuales domésticas, que permita la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos y exceso de materia orgánica, de acuerdo al plan de reconversión a tecnologías limpias, acorde a la normatividad vigente.
Medidas de mitigación y control	Se recomienda a las empresas productoras de alimentos y bebidas o productos cárnicos utilizar tratamientos biológicos anaerobios y aerobios para remoción de material orgánico de las aguas residuales
	Se recomienda desarrollar infraestructura de retención de agua (cisternas, lagunas, etc.) que permita aumentar el tiempo de residencia del agua residual.
	Se recomienda utilizar métodos de limpieza secos para mejorar la calidad de los vertimientos y ahorrar agua.
	Reducir las concentraciones de los vertimientos realizados a la zona marino costera.
	Realizar seguimiento y caracterización de los compuestos químicos utilizados para el desarrollo de las actividades industriales.
	Realizar registro y seguimiento del mantenimiento realizado a las plantas de tratamiento de aguas residuales.

	Diseñar red de drenaje de derrame de sustancias químicas, estas no deben desembocar en la bahía de Cartagena. Deben llegar a un colector, del cual puedan sacarse los desechos por medio de una bomba u otro sistema
	Cumplir los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.
	Aplicación de Programas de ahorro y uso eficiente del agua a todas las actividades económicas. Por ejemplo, utilizar en los procesos de producción, agua a presión para el lavado de equipos y mejorando el recorrido del agua en el proceso productivo.
	Elaborar matrices de evaluación de riesgo para el desarrollo de las actividades sobre el recurso hídrico.
	Diseñar e implementar programas e iniciativas de prevención y mitigación de contaminación a ecosistemas marino costeros.
Resultados esperados	Buen manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales, generadas por la elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebidas.
Indicador (es)	Registro volumen (M3 /d) de aguas residuales tratadas vertidas al recurso hídrico.
	Porcentaje (%) de optimización de tratamiento de aguas residuales (%/mes)
	Porcentaje (%) de reducción de carga de contaminantes de aguas residuales en un semestre.
	Número de registros de mantenimiento de los puntos y plantas de tratamientos de aguas residuales en un año.
	Matriz anual de riesgo de afectación a ecosistemas marinos costeros y actualización semestral de la misma.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Manga, Manzanillo y Mamonal
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.3 Proyecto 13: Manejo de vertimientos
de ARD (servicios, oficinas,
restaurantes, viviendas).

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales domésticas generadas por la prestación de servicio de oficina, restaurante, entre otras. Con el fin de reducir la contaminación de la bahía de Cartagena.
Objetivo general	Definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales domésticas generadas por la prestación de servicio de oficina, restaurante, entre otras.
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en agua y sedimentos.
	Controlar el impacto sobre los ecosistemas generados por los vertimientos
	Minimizar afectaciones sobre la flora y fauna por vertimientos domésticos
	Reducir las posibles afectaciones a la comunidad como consecuencia de los vertimientos domésticos.
Actividades: Medidas de prevención	Restringir los vertimientos directos de aguas residuales domésticas procedentes de las viviendas y establecimientos que no cuentan con sistemas de alcantarillado
	Actualizar el plan de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) de Cartagena.
	Realizar seguimiento a la calidad de agua y sedimentos en las zonas con alta influencia de viviendas y asentamientos humanos sin sistemas de alcantarillado.
	En zonas donde no se cuente con sistema de alcantarillado, se deberán implementar sistemas de tratamientos alternos de tratamiento de aguas residuales domésticas, tales como pozos sépticos, trampa de grasas o membrana.
	Se debe restringir los vertimientos de grasas y aceites domésticos procedentes de establecimientos comerciales y viviendas en el recurso hídrico.
Medidas de mitigación y control	Formular objetivos de calidad por usos del recurso hídrico sectorial, conforme a la zonificación de los ecosistemas y ordenamiento del recurso hídrico.
	Aumentar la capacidad y cobertura del alcantarillado doméstico y pluvial.
	Elaborar matrices de evaluación de riesgo al recurso hídrico y a la calidad de playas por los vertimientos de aguas residuales domésticas generadas por los prestadores de servicios y viviendas.
	Diseñar e implementar programas e iniciativas de prevención y mitigación de contaminación a ecosistemas marino costeros.
	Capacitar, sensibilizar y educar a las comunidades, sobre la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales domésticas y los residuos sólidos.

	Cumplir los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.
Resultados esperados	Buen manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales domésticas generadas por la prestación de servicio de oficina, restaurante, entre otras.
Indicador (es)	Porcentaje (%) de aumento en la cobertura del alcantarillado en zonas carente de este.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
	Parámetros que sobrepasen la norma, que pueden generar daño en el medio natural/ parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
	Numero de campañas de sensibilización y educación realizadas, y registro de asistencia de las comunidades.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Manga, Mamonal, Punta Arenas, Ensenada, Tierra Bomba, Varadero, Honda y Ararca
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución(es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.4 Proyecto 14: Manejo de vertimientos
de actividades de hidrocarburos y
generación de energía.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales generadas por el sector de hidrocarburos y generación de energía. Con el fin de reducir la contaminación de la bahía de Cartagena.
Objetivo general	Definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales generadas por el sector de hidrocarburos y generación de energía
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en el agua y sedimentos.
	Controlar el impacto sobre los ecosistemas generados por los vertimientos.

	Minimizar afectaciones sobre la flora y fauna por vertimientos de aguas residuales domesticas e industriales.
	Reducir las posibles afectaciones a la comunidad como consecuencia de los vertimientos de las aguas residuales domesticas e industriales.
	Reducir las concentraciones de contaminantes en el aire por emisiones de material particulado y gases contaminantes
Actividades: Medidas de prevención	Concienciar, sensibilizar y educar a las comunidades y al personal de la empresa, donde se realizan las operaciones con hidrocarburos, sobre el manejo y disposición adecuada de residuos aceitosos y las aguas residuales procedentes del sector hidrocarburos y generación de energía.
	Restringir los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento procedentes del sector de hidrocarburos y generación de energía en la bahía de Cartagena.
	Sellamiento de fugas en los ductos que conectan con canales o cuerpos de aguas para evitar fugas de hidrocarburos, metales y/o grasas y aceites.
	Definir indicadores de descarga a cuerpos de agua natural en kilogramos contaminante/toneladas producidas, que permita establecer límites que consideren además de la cantidad de contaminante, el desarrollo económico del sector hidrocarburos y generación de energía.
	Se recomienda construir canales para aguas lluvias, trampas de grasas, y piscinas de contención en lugares donde se almacenen combustibles.
	Se deben capacitar a trabajadores y contratistas sobre manejo y disposición de residuos aceitosos
	Se recomienda que las aguas lluvias y de escorrentía de este sector se canalicen hacia la planta de tratamiento para reducir las cargas contaminantes antes de su vertimiento.
	Se debe restringir el vertimiento de aguas residuales con altas temperaturas provenientes de la generación de energía directamente al recuerdo hídrico, estas deben para por tanques de reposo antes de ser vertidas.
	Se debe restringir puntos de descarga de aguas residuales domesticas e industriales dentro de zonas de manejo ambiental especial como: manglares, lagunas o zona de amortiguamiento, o ecosistemas que, por su importancia ambiental, puedan ser afectados por el desarrollo de las actividades del sector hidrocarburos y generación de energía.
	Se recomienda implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales secundarios con base en los resultados de la caracterización del vertimiento.
	Los líquidos resultantes de la limpieza de derrames de combustibles, aceites y lubricantes, deben ser dispuestos como residuos líquidos especiales, así como los aceites usados serán recogidos, almacenados y evacuados de forma segura para su disposición.
	Se recomienda que las aguas lluvias y de escorrentía de este sector se canalicen hacia la planta de tratamiento para reducir las cargas contaminantes antes de su vertimiento.
Medidas de mitigación y control	Realizar seguimiento y monitoreo de la calidad del recurso hídrico y de los vertimientos del área de influencia de la Bahía de Cartagena.
	Realizar registro y seguimiento del mantenimiento realizado a las plantas de tratamiento de aguas residuales.

	Cumplir los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.
	Elaborar e Implementar planes de conservación y manejo paisajístico en las áreas aledañas a cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros afectados por las actividades de hidrocarburos y generación de energía.
	Capacitar, sensibilizar y educar a las comunidades, sobre la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales procedentes del sector hidrocarburos y generación de energía.
	Formular objetivos de calidad por usos del recurso hídrico para el sector de hidrocarburos y generación de energía.
	Manejo de la contaminación atmosférica mediante la optimización o mejora de los procesos industriales que generan dispersión de contaminantes en el aire.
	Realizar registro y seguimiento del mantenimiento realizado a las plantas de tratamiento de aguas residuales.
	Elaborar planes de gestión ambiental en los puntos críticos de contaminación ambiental por hidrocarburos o derivados.
	Elaborar e Implementar planes de conservación y manejo paisajístico en las áreas aledañas a cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros afectados por las actividades de hidrocarburos y generación de energía.
Resultados esperados	Buen manejo de la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales generadas por el sector de hidrocarburos y generación de energía.
Indicador (es)	Porcentaje (%) de reducción de carga de contaminantes de aguas residuales en un semestre.
	Números de planes de conservación y manejo paisajístico formulados e implementados anualmente.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
	Parámetros que sobrepasen la norma, que pueden generar daño en el medio natural/ parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Bocagrande, Manzanillo y Mamonal
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.5 Proyecto 15: Manejo de vertimientos
de la fabricación y manufactura
(químicos, caucho, pieles, abonos,
metales, plásticos y cartón).

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales procedentes de la fabricación y manufactura (químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón). Con el fin de reducir la contaminación de la bahía de Cartagena.
Objetivo general	Definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales procedentes de la fabricación y manufactura (químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón)
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en el agua y sedimentos.
	Controlar el impacto sobre los ecosistemas generados por los vertimientos.
	Minimizar afectaciones sobre la flora y fauna por vertimientos de aguas residuales domesticas e industriales.
	Reducir las posibles afectaciones a la comunidad como consecuencia de los vertimientos de las aguas residuales domesticas e industriales.
Actividades: Medidas de prevención	Restringir los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento procedentes de la fabricación y manufactura de químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón.
	Implementar técnicas de precipitación de contaminantes para remover metales como el Plomo y Cadmio, generados durante los procesos de fabricación y manufactura de químicos, caucho, pieles, abonos, metales y plásticos.
	Restringir el uso de compuestos químicos con alto grado de toxicidad en áreas lindantes a cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros.
	Utilizar materiales con menores contribuciones de carga nociva y mayor biodegradabilidad para reducir al mínimo la carga de sustancias perjudiciales en los vertimientos, adicionalmente para su almacenamiento, deben estar protegidos de la afluencia de aguas lluvias y por fuera de áreas inundables.
	Emplear procesos de lavado en contracorriente mediante la técnica de enjuague por inmersión en aguas estancadas empezando con las de mayor concentración para reducir el volumen de los vertimientos.
	Se recomienda definir objetivos de calidad y límites permisibles según su origen (actividad económica) y las características de las aguas residuales.
	Se debe analizar la posibilidad de unir las diferentes fuentes para minimizar el número de unidades de tratamiento.
	El diseño de los sistemas de tratamiento debe tener en cuenta, además de la remoción de los contaminantes requeridos legalmente, la remoción de contaminantes emergentes y microplásticos, como alternativas se propone implementar alguno de los siguientes sistemas de

	tratamientos u otro con la capacidad de remover estos contaminantes: integrado de detoxificación de las aguas residuales, biorreactores con membrana, procesos de oxidación avanzada (fotocatálisis nanoestructurada), nanofiltración con membranas, entre otros, tratamientos avanzados.
	Si no existe cobertura de alcantarillado se recomienda implementar sistemas de tratamiento en el sitio de origen (pequeñas, medianas y grandes empresas).
	Se recomienda fomentar programas de educación, investigación y capacitación, a través de incentivos académicos, para mejorar el control y manejo de los vertimientos, tanto a nivel de procesos como la construcción de un inventario de contaminantes emergentes y microplásticos que pueden encontrarse en el contexto local y de sistemas de tratamiento capaces de remover estos contaminantes.
	Evitar infiltrar los vertimientos, aunque sean tratados, si existen acuíferos cercanos.
	Los sistemas de disposición final de las aguas residuales deben ubicarse preferiblemente por encima del nivel freático y no deben ubicarse en zonas inundables.
	Se debe tener en cuenta en el diseño de los procesos y sistemas el reúso y la recirculación para minimizar el vertimiento, implementando las campañas para racionalización del uso del agua, disolventes y sustancias desengrasantes, así como las aguas residuales resultantes en los talleres o en lavadores de vehículos y maquinaria, deberán recibir un tratamiento primario por desarenado, retención de aceites, grasas y flotantes en general, antes de ser dispuestas o vertidas.
Medidas de mitigación y control	Cumplir como mínimo con los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.
	Se recomienda la formulación de objetivos de calidad que garanticen la calidad de los ecosistemas relacionados para la fabricación de productos (químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón, acorde con la resolución 631 de 2015 y 883 de 2018.
	Realizar registro y seguimiento del mantenimiento realizado a las plantas de tratamiento de aguas residuales.
	Almacenar productos o sustancias tóxicas en cuartos cerrados y lejos de zonas con riesgo de inundación y/o escorrentía.
	Realizar adecuada disposición de los residuos peligrosos con las empresas autorizadas.
	Utilizar extractores de aire con filtros para gases y sustancias tóxicas generadas en los procesos de fabricación y manufactura de químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón.
	Elaborar planes de gestión ambiental en los puntos críticos de contaminación ambiental por la fabricación y manufactura de químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón.
	Elaborar e Implementar planes de conservación y manejo paisajístico en las áreas aledañas a cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros afectados por la fabricación y manufactura de químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón.
	Capacitar, sensibilizar y educar a los empleados y comunidad en general, sobre la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales.
Resultados esperados	Buen manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales procedentes de la fabricación y manufactura (químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón)
Indicador (es)	Porcentaje (%) de reducción de carga de contaminantes de aguas residuales en un semestre.

	Porcentaje (%) de remoción de contaminantes (%/mes)
	Porcentaje (%) de reducción de uso material con alta de carga nociva en un semestre.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en (%).
	Numero de campañas de sensibilización y educación realizadas, y registro de asistencia de las comunidades.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Mamonal
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.6 Proyecto 16: Manejo de vertimientos generados por la fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón).

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante proponer medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales procedentes de la fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón). Con el fin de reducir la contaminación de la bahía de Cartagena.
Objetivo general	Proponer medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales procedentes de la fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón)
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en el agua y sedimentos.
	Controlar el impacto sobre los ecosistemas generados por los vertimientos
	Minimizar afectaciones sobre la flora y fauna por vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales.
	Reducir las posibles afectaciones a la comunidad como consecuencia de los vertimientos de las aguas residuales domésticas e industriales.
	Reducir las concentraciones de contaminantes en el aire por emisiones de material particulado y gases contaminantes

Actividades: Medidas prevención	de	Concienciar y sensibilizar a las comunidades y al personal de la empresa, donde se realizan los proyectos mineros y la operación de la planta, sobre la necesidad de controlar los vertimientos.
		Prevenir el acarreo y disposición de sedimentos al recurso hídrico, se sugiere instalar trampa se de grasas para sedimentos en puntos de descarga.
		Promover la educación y capacitación, a través de incentivos académicos, para el mejoramiento de los controles ambientales de vertimientos, tanto a nivel de procesos como en la propuesta de sistemas de tratamiento que permita la eliminación de contaminantes emergentes
		Restringir los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento procedentes de la fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón).
		Implementar Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de última generación acordes a los criterios de calidad definidos en la Resolución 631 de 2015 y 0883 de 2018, y que sean capaces de remover microplásticos y contaminantes emergentes.
		Utilizar materiales con menores contribuciones de carga nociva y mayor biodegradabilidad para reducir al mínimo la carga de sustancias perjudiciales en los vertimientos.
		Diseñar los sistemas de drenaje de acuerdo a la permeabilidad natural del terreno, tendencia, topografía y frecuencia de la precipitación pluvial, áreas de influencia y tiempos de concentración.
		Implementar Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de última generación acordes a los criterios de calidad definidos en la Resolución 631 de 2015 y 0883 de 2018, y que sean capaces de remover microplásticos y contaminantes emergentes
		Si no existe cobertura de alcantarillado se recomienda implementar sistemas de tratamiento en el sitio de origen (pequeñas, medianas y grandes empresas).
		Evitar infiltrar los vertimientos, aunque sean tratados, si existen acuíferos cercanos.
Medidas de mitigación y control		Se debe tener en cuenta en el diseño de los procesos y sistemas el reúso y la recirculación para minimizar el vertimiento, implementando las campañas para racionalización del uso del agua, disolventes y sustancias desengrasantes, así como las aguas residuales resultantes en los talleres o en lavadores de vehículos y maquinaria, deberán recibir un tratamiento primario por desarenado, retención de aceites, grasas y flotantes en general, antes de ser dispuestas o vertidas.
		Cumplir los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.
		Se deben formular los objetivos de calidad para el sector de fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón), limite las cargas para las fuentes individuales en relación con la capacidad de asimilación de la masa de agua garantizando la calidad de los ecosistemas relacionados.
		Realizar registro y seguimiento del mantenimiento realizado a las plantas de tratamiento de aguas residuales.
		Almacenar productos o sustancias tóxicas en cuartos cerrados y lejos de zonas con riesgo de inundación y/o escorrentía.
		Realizar adecuada disposición de los residuos peligrosos con las empresas autorizadas.
		Implementar extractores de aire con filtros para material particulado y gases generados en los procesos de fabricación.

	Elaborar planes de gestión ambiental en los puntos críticos de contaminación ambiental por la fabricación y manufactura de químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón
	Elaborar e Implementar planes de conservación y manejo paisajístico en las áreas aledañas a cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros afectados por la fabricación y manufactura de químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón.
	Capacitar, sensibilizar y educar a las comunidades, sobre la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales.
Resultados esperados	Buen manejo de la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales procedentes de la fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón)
Indicador (es)	Porcentaje (%) de reducción de carga de contaminantes de aguas residuales en un semestre.
	Número de registros de mantenimiento de los puntos y plantas de tratamientos de aguas residuales en un año.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en (%).
	Numero de campañas de sensibilización y educación realizadas, y registro de asistencia de las comunidades.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Mamonal
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.7 Proyecto 17: Manejo de vertimientos
de las operaciones portuarias.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales generadas por las operaciones portuarias. Con el fin de minimizar la contaminación de la bahía de Cartagena.
Objetivo general	Definir medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales generadas por las operaciones portuarias
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en el agua y sedimentos.

	Controlar el impacto sobre los ecosistemas generados por los vertimientos
	Minimizar afectaciones sobre la flora y fauna por vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales.
	Reducir las posibles afectaciones a la comunidad como consecuencia de los vertimientos de las aguas residuales domésticas e industriales.
	Reducir las concentraciones de contaminantes en el aire por emisiones de material particulado y gases contaminantes.
Actividades: Medidas de prevención	Restringir los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento previo
	Se debe evitar actividades de lavado, reparación y mantenimiento correctivo de embarcaciones y maquinaria portuaria o marítima en zonas cercanas al cuerpo hídrico y/o ecosistemas marino costeros.
	Se debe evitar que la maquinaria y demás piezas (que usen aceites y grasas) de los equipos y o embarcaciones entren en contacto directo con el recurso hídrico.
	Se debe contar con procedimientos que garanticen el abastecimiento seguro de combustible, evitando derrames al recurso hídrico.
	Formular objetivos de calidad del recurso hídrico que garanticen la conservación de los ecosistemas marinos y costeros influenciados por los vertimientos de las operaciones portuarias.
	Definir indicadores de descarga a la bahía de Cartagena en kilogramos contaminante/toneladas producidas, que permita fijar los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos para cada sector productivo.
	Se recomienda construir canales para aguas lluvias, trampas de grasas, y piscinas de contención en lugares donde se almacenen combustibles
	Se recomienda que las aguas lluvias y de escorrentía de este sector se canalicen hacia la planta de tratamiento para reducir las cargas contaminantes antes de su vertimiento.
	Se deben seleccionar todos los residuos generados en las embarcaciones mediante la utilización de recipientes con bolsas plásticas de diferentes colores.
	Se debe monitorear que la pluma de dispersión del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales y constatar que estos no afecten la zona costera y especialmente a los ecosistemas cercanos como manglares y playas.
	Se debe restringir el vertido de aguas residuales con trazas de metales pesados directamente sobre el recurso hídrico.
	Se debe evaluar la función histórica del hábitat (zonas de anidamiento de tortugas, área de cría, vía de migración, etc.) para implementar acciones o estrategias que permitan minimizar impactos indirectos
Medidas de mitigación y control	Se debe capacitar a trabajadores y contratistas sobre manejo y disposición de residuos aceitosos.
	Realizar seguimiento y monitoreo de la calidad del recurso hídrico y de los vertimientos del área de influencia de la Bahía de Cartagena.
	Cumplir los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.

	Elaborar e Implementar planes de conservación y manejo paisajístico en las áreas aledañas a cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros afectados por las actividades de hidrocarburos y generación de energía.
	Capacitar, sensibilizar y educar a las comunidades, sobre la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales generadas por las actividades portuarias
Resultados esperados	Buen manejo de la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos de aguas residuales generadas por las operaciones portuarias.
Indicador (es)	Números de planes de conservación y manejo paisajístico formulados e implementados anualmente.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
	Parámetros que sobrepasen la norma, que pueden generar daño en el medio natural/ parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en %.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Bocagrande, Manga y Mamonal
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución(es) competente(s)	Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.8 Proyecto 18: Manejo de vertimientos
de las fuentes difusas.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante establecer medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos no puntuales de aguas residuales domésticas e industriales. Con el fin de mitigar la contaminación de la bahía de Cartagena.
Objetivo general	Establecer medidas de manejo para la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos no puntuales de aguas residuales domésticas e industriales.
Objetivos específicos	Reducir las concentraciones de contaminantes en el agua y sedimentos por vertimiento de aguas residuales procedentes de fuentes difusas.
	Minimizar el las afectaciones y el impacto sobre los ecosistemas generado por los vertimientos de aguas residuales provenientes de fuentes difusas en la bahía de Cartagena.
Actividades:	Formular un programa de gestión de los vertimientos que llegan a los sistemas de canales y caños que se interconectan y descargan sobre los cuerpos receptores (ciénagas, lagunas y la

Medidas de prevención	de	bahía de Cartagena), que incluyan estrategias de sensibilización, capacitación, vigilancia y control, retroalimentación y remisión a otras entidades en los casos que aplique.
		Desarrollar e implementar un Programa de gestión costero orientado a identificar, monitorear y aplicar medidas de manejo que permita controlar la contaminación por fuentes difusas que llegan a la bahía de Cartagena.
		Se debería al momento de otorgar los permisos de vertimientos identificar qué otras actividades contaminantes se desarrollan sobre el cuerpo de agua y cuando sea posible, reubicar el vertimiento de tal manera que se minimice el potencial efectos acumulativos.
		Realizar el monitoreo de calidad de aguas, sedimentos y organismos, tanto en la bahía de Cartagena como el sistema de caños, ciénagas y lagunas que la comprenden, para evaluar en el largo plazo, la evolución de la calidad del agua y la eficiencia de las medidas que se implementen en la bahía, así como un sistema de alertas tempranas en tiempo real de la calidad de las aguas de la Bahía de Cartagena.
		Promover la implementación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de última generación acordes a los criterios de calidad definidos en la Resolución 631 de 2015 y 0883 de 2018, y que sean capaces de remover microplásticos y contaminantes emergentes.
		Se debe realizar el diagnóstico de las condiciones técnicas, legales, ambientales e institucionales que caracterizan la red de drenaje pluvial que actualmente sirve a la ciudad y diseño de las obras requeridas para mejorar la operación de esta red existente.
		Formular e implementar el Plan Maestro de Drenajes Pluviales, incluyendo criterios y recomendaciones de manejo institucional, técnico, económico, legal y ambiental.
		Diseño de las obras requeridas para mejorar y ampliar la cobertura de la red de drenaje existente a toda el área de suelo urbano.
		Considerar la interacción de la red de drenajes pluviales y alcantarillado con la red de drenaje natural (sistema de caños y lagunas del distrito: ciénaga de La Virgen, Juan de Angola, Marbella, laguna del Cabrero, laguna de Chambacú, laguna de San Lázaro, caño de Bazurto y ciénaga de las Quintas, caño de Zapatero) para el manejo de la aguas lluvias.
		Para reducir la contaminación de fuentes no puntuales, se recomienda actualizar articuladamente los planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas, que incluya como medidas de gestión: tratamiento de escorrentías, prevención de la erosión, control de inundaciones y disminución de las cargas contaminantes por fuentes puntuales.
		Prevenir la interacción entre la precipitación y los contaminantes, mediante la instalación de canales que desvíen las precipitaciones limpias de las escorrentías de lluvia con residuos de contaminantes.
		Diseñar un protocolo para realizar el seguimiento a las descargas de aguas pluviales, canales y caños que reciban vertimientos industriales o influyen el incumplimiento de los criterios de calidad del agua de las aguas de la Bahía de Cartagena
Medidas de mitigación y control		Realizar el inventario de las fuentes puntuales de vertimientos que llegan a cada cuerpo de agua que hace parte del sistema de caños, canales y lagunas de la Bahía de Cartagena.
		Diseñar y mantener actualizada una base de datos a partir del inventario de vertimientos, que incluya la caracterización, permisos, reportes de seguimiento y eventos de rebosamiento del sistema de alcantarillado
		Cumplir los valores máximos permisibles de los parámetros estipulados en la resolución 0883 de 2018 para vertimientos a cuerpos de aguas marinas.

	Formular objetivos de calidad por usos del recurso hídrico, conforme a la zonificación de los ecosistemas y ordenamiento del recurso hídrico.
	Ampliar la capacidad del alcantarillado pluvial para evitar rebosamiento, teniendo en cuenta las máximas precipitaciones históricas y las proyecciones de ascenso en el nivel del mar por el cambio climático, de acuerdo al plan 4C.
	Considerar en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos- PSMV, la sensibilidad de los ecosistemas y la calidad del cuerpo receptor.
	Prohibir descargas por parte de la autoridad ambiental en zonas de conservación y en los sistemas de caños, canales, ciénagas y lagunas de la bahía de Cartagena.
	Elaborar e Implementar planes de conservación y manejo paisajístico en las áreas aledañas a cuerpos de aguas y ecosistemas marino costeros afectados por los vertimientos.
	Establecer un programa de educación pública y divulgación que incluyan capacitaciones y actividades de sensibilización a la población en general (instituciones educativas, sector productivo, viviendas, autoridades, entre otros), en temas de manejo adecuado de residuos y el impacto que generan las aguas pluviales y residuales.
Resultados esperados	Buen manejo de la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos no puntuales de aguas residuales domésticas e industriales.
Indicador (es)	Número de acciones formuladas del Programa de gestión Vs el número de acciones realizadas.
	Parámetros cumplidos/parámetros exigidos por la resolución 0883 de 2018. Expresado en (%).
	Número de estaciones y parámetros evaluados en los cuerpos de aguas internos de la bahía de Cartagena (Número de caños, canales y lagunas de la bahía de Cartagena por año).
	Numero de campañas de sensibilización y educación realizadas, y registro de asistencia de las comunidades.
Duración	10 años
Lugares prioritarios	Mamonal, Manga, Tierra Bomba
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución (es) competente(s)	Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Más de 5000 millones
Prioridad	Corto plazo.

10.6.9 Proyecto 19: Evaluación de la viabilidad de restauración ecológica de la fauna marina y recursos hidrobiológicos en la Bahía de Cartagena a través de técnicas de repoblamiento y definición de las posibles especies con roles ecosistémicos de importancia para la dinámica ecológica de los ecosistemas evaluados.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es importante establecer medidas para el fomento del desarrollo de la biodiversidad y la recuperación de aspectos ambientales y ecológicos de los ecosistemas de la Bahía de Cartagena, a través de sus componentes biológicos.
Objetivo general	Evaluar la viabilidad de realizar actividades de repoblamiento de fauna marina y recursos hidrobiológicos en los ecosistemas de la Bahía de Cartagena.
Objetivos específicos	Fomentar el desarrollo de la biodiversidad en los ecosistemas objeto de estudio.
	Construir una propuesta de implementación de las actividades de restauración a través de repoblamientos
Actividades Principales	Evaluar la línea base pertinente para generar una propuesta metodológica para los objetivos propuestos.
	Entregar una propuesta metodológica para los objetivos propuestos.
	Ejecutar la propuesta metodológica para los objetivos propuestos.
	Proponer especies susceptibles a repoblar considerando su viabilidad de supervivencia y roles ecológicos.
	Construir una propuesta de repoblamiento para cada grupo taxonómico o funcional
Resultados esperados	Obtener orientaciones sobre la viabilidad de restauración ecológica de la fauna marina y recursos hidrobiológicos en la Bahía de Cartagena a través de técnicas de repoblamiento y definición de las posibles especies con roles ecosistémicos de importancia para la dinámica ecológica de los ecosistemas evaluados.
Indicador (es)	Porcentaje de avance según cronograma.
	Número de ecosistemas con especies definidas / Número de Ecosistemas priorizados.
Duración	1 año

Lugares prioritarios	Tierra Bomba, Varadero, zonas de pastos marinos, zonas de manglar por definir según línea base.
Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución(es) competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Presupuesto estimado	Por definir
Prioridad	Corto plazo.

10.6.10 Proyecto 20: Repoblamiento de fauna marina y recursos hidrobiológicos con roles ecosistémicos de importancia para la dinámica ecológica de los ecosistemas evaluados, según resultados de su viabilidad.

NOTA: la ejecución de este proyecto depende de la viabilidad determinada en el proyecto anterior.

ÍTEM	DESARROLLO
Justificación	Es necesario realizar repoblamientos según su viabilidad para promover el desarrollo de la biodiversidad de los ecosistemas priorizados y la facilitación de los servicios ecosistémicos acorde a la línea base de la Bahía de Cartagena.
Objetivo general	Realizar repoblamientos según su viabilidad para promover el desarrollo de la biodiversidad de los ecosistemas priorizados y la facilitación de los servicios ecosistémicos acorde a la línea base de la Bahía de Cartagena.
Objetivos específicos	Aportar al desarrollo de la biodiversidad
	Aportar a la recuperación de los servicios ecosistémicos, según la línea base de la Bahía de Cartagena.
Actividades principales:	Formular una propuesta para el repoblamiento de las especies identificadas y definidas según su viabilidad.
	Formular indicadores para el seguimiento de las especies objeto de repoblamiento.
	Formular un cronograma para los repoblamientos según sus características ecológicas y biológicas.
Resultados esperados	Buen manejo de la prevención, control y mitigación de la contaminación por vertimientos no puntuales de aguas residuales domésticas e industriales.
Indicador (es)	Por definir
Duración	2 años
Lugares prioritarios	Tierra Bomba, Varadero, zonas de pastos marinos, zonas de manglar por definir según línea base.

Población objetivo (beneficiarios)	Entidades ambientales de la bahía, Comunidades de pescadores, poblaciones costeras de la bahía.
Responsables de ejecución: Institución competente(s)	Comité Ambiental interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena y la bahía Barbacoas.
Otros participantes	Sector privado, institutos de investigación, investigadores independientes.
Prioridad	Corto plazo.

11 CRONOGRAMA

El cronograma para la realización de los proyectos de restauración y/o rehabilitación de ecosistemas se organiza por orden de prioridades de descontaminación de la bahía de Cartagena (Tabla 26).

Tabla 26. Cronograma para el desarrollo de los proyectos de recuperación, rehabilitación y restauración de la bahía de Cartagena.

Proyecto	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LINEA BASE										
Proyecto 1: Evaluación del estado actual de los corales de Varadero y occidente de Tierra Bomba	X									
Proyecto 2: Actualización de la caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares en la bahía de Cartagena.	X									
Proyecto 3: Evaluación del estado actual de los pastos marinos en la bahía de Cartagena	X									
Proyecto 4: Evaluación del estado actual de las playas de la bahía de Cartagena.	X									
Proyecto 5: Evaluación del estado actual de ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena.	X									
PROYECTOS DE RESTAURACION										
Proyecto 11: Manejo de vertimientos generados por actividades acuicultura, agroindustria y ganadería.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 12: Manejo de vertimientos de actividades de elaboración y procesamiento de productos alimenticios y bebidas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 13: Manejo de vertimientos de ARD (servicios, oficinas, restaurantes, viviendas).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 14: Manejo de vertimientos de actividades de hidrocarburos y generación de energía	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Proyecto	Año									
Proyecto 15: Manejo de vertimientos de la fabricación y manufactura (químicos, caucho, pieles, abonos, metales, plásticos y cartón).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 16: Manejo de vertimientos generados por la fabricación de productos de construcción (cemento, vidrio, cal, yeso, hormigón).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 17: Manejo de vertimientos de las operaciones portuarias.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 18: Manejo de vertimientos de las fuentes difusas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 10: Programa de restauración física de las ciénagas, lagunas y ensenadas de la bahía en áreas con mayor actividad humana: urbanización, industria, puertos, vertimientos de aguas servidas, obstrucción de flujos hídricos y rellenos de escombros.	X	X	X	X	X					
Proyecto 8: Programa de educación ambiental y limpieza de playas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 4: Programa de mantenimiento y limpieza en los ecosistemas de manglares.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 3: Recuperación y protección de áreas de manglar	X	X	X	X	X					
Proyecto 5: Establecimiento de un vivero comunitario para los manglares	X	X	X	X	X					
Proyecto 7: Protección y rehabilitación de playas	X									
Proyecto 9: Programa de monitoreo del estado de salud de las ciénagas, lagunas y ensenadas en la bahía de Cartagena.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyecto 6: Recuperando los ecosistemas de pastos marinos de la bahía de Cartagena.	X	X	X	X						
Proyecto 1: Restauración de poblaciones de coral con cultivos naturales cerca del área afectada.	X	X	X	X	X					
Proyecto 2: Restauración de corales con estructuras artificiales	X	X	X							

Proyecto	Año									
Proyecto 19: Evaluación de la viabilidad de restauración ecológica de la fauna marina y recursos hidrobiológicos en la Bahía de Cartagena a través de técnicas de repoblamiento y definición de las posibles especies con roles ecosistémicos de importancia para la dinámica ecológica de los ecosistemas evaluados.				X						
Proyecto 20: Repoblamiento de fauna marina y recursos hidrobiológicos con roles ecosistémicos de importancia para la dinámica ecológica de los ecosistemas evaluados, según resultados de su viabilidad. NOTA: la ejecución de este proyecto depende de la viabilidad determinada en el proyecto anterior.				x	X					

12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, M. 2006. El Canal del Dique y su subregión: Una economía basada en la riqueza hídrica. Editorial Banco de la República, Bogotá D.C.

Albins, M.A. y M.A. Hixon. 2008. Invasive Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 367: 233-238.

Alcaldía de Cartagena de Indias, MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, INVEMAR Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés", CDKNClimate and Development Knowledge Network y Cámara de Comercio de Cartagena. 2014. Plan 4C: Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima. Editores: Zamora Bornachera, Anny Paola; López Rodríguez, Angela; Trujillo Gedeón, Verónica; Martínez Zuleta, Claudia; Llinás, Guillermo y Lacoste, Mathieu. Cartagena. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 63. Santa Marta, 130 páginas.

Alcaldía Distrital de Cartagena de Indias D.T. y C. Sin fecha. Plan de Desarrollo 2016-2019. Cartagena. 125 p.

Alcolado P. M., Valle S., Claro R. y A. Hernández-Zanuy (2016). Potenciando la resiliencia en los arrecifes coralinos en Cuba mediante la Adaptación Basada en Ecosistemas. Instituto de Oceanología, La Habana. 18 pp. En línea: <http://www.cariberosos.org>. ISBN978-959-298-037-2. (El artículo formará parte del libro en preparación "Adaptación Basada en Ecosistemas para la gestión sostenible de los recursos marinos y costeros del Caribe").

Alonso, D., Pineda, P., Campos, N., Gonzalez, H., Procesos de bioacumulación y biomagnificación de mercurio en peces y sus concentraciones en sedimentos de la Bahía de Cartagena y la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Resúmenes IV Simposio Centroamericano y del Caribe sobre Química Analítica Ambiental y Sanitaria, Ciudad de Panamá, Panamá (1997) 50-51.

Álvarez-León, R. 2003. Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias. *Madera y Bosques*, 9 (1): 3-25.

Amaya-Espinel, J. D. & L. A. Zapata (Editores). 2014. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Insectos, murciélagos, tortugas marinas, mamíferos marinos y dulceacuícolas. Vol. 3. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. P. 370.

America's Wetland Foundation. 2012. Current Solutions. Recuperado 15 de Junio de 2014 de America's Wetland Foundation Resource Center: http://www.americaswetlandresources.com/background_facts/detailedstory/current.html.

Andrade Amaya, C. A. (1993). Análisis de la velocidad del viento en el Mar Caribe. *Boletín Científico CIOH*, (13), 33-44. <https://doi.org/10.26640/22159045.53>.

Andrade C., Arias F., y Thomas Y. (1988). Nota sobre la turbidez, circulación y erosión en la región de Cartagena (Colombia). *Boletín Científico CIOH*, No. 8, Cartagena, pp. 71-81.

Andrade, C. y Thomas Y.F. 2012 Geometría de los depósitos cuaternarios y actuales de la Bahía de Cartagena de Indias, Colombia. *Bol. Cient.* (30): 117-131.

Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2016. Estudio de impacto ambiental para la construcción de las obras de protección costera y marginal en Bocachica y Caño del Oro. Cartagena de Indias.

Ardila, N., G. R. Navas y J. Reyes. (Eds.). 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia.

Bernal G., Poveda, G., Roldán, P., Andrade, C.A. Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la Costa Caribe Colombiana. *En Revista Académica Colomb. Cienc.* 30 (115): 195 – 208. 2006.

Cámara de Comercio de Cartagena. 2015. Informe económico de los municipios de la Jurisdicción de la Cámara de Comercio de Cartagena. Centro de Estudios para el desarrollo y la Competitividad Cartagena. Cartagena. 48 p.

Camargo, C., J. H. Maldonado, E. Alvarado, R. Moreno-Sánchez, S. Mendoza, N. Manrique, A. Mogollón, J. D. Osorio, A. Grajales and J.A. Sánchez. 2008. Community involvement in management for maintaining coral reef resilience and biodiversity in southern Caribbean marine protected areas. *Biodiv. Cons.*, 18 (4): 935-956.

CARDIQUE, 2007. Actualización de la zonificación de manglares en la jurisdicción de CARDIQUE. Contrato de prestación de servicios No. 134-07. Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique CARDIQUE. Cartagena de Indias.

Carranza-Edwards, A. (2009). Causas y consecuencias de la erosión de playas. En A. Yáñez-Arancibia (Ed.) *Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera*. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, 2010.

Castro, P y Huber, M. 2003. Life on the continental shelf. En: Castro, Peter Y Huber, Michael E. *Marine Biology*. The McGraw-Hill Companies. USA. 2003. p. 277-296.

CEPAL, 2012. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe EFECTOS TEÓRICOS. Naciones Unidas, Santiago de Chile.

Cervigón F. 1991. Los peces marinos de Venezuela. Vol I. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. 425p.

Chasqui V., L., A. Polanco F., A. Acero P., P.A. Mejía-Falla, A.F. Navia, L.A. Zapata y J.P. Caldas (Eds.). 2017. Libro rojo de peces marinos de Colombia. Serie Publicaciones Generales Invermar 93, Santa Marta. 552 p.

Cintrón-Molero, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la ecología del manglar. ROSTLAC UNESCO. Montevideo (Uruguay), 109 p.

CIOH, 1983. Mapa de repartición de las facies sedimentarias - Bahía de Cartagena, Armada de la república de Colombia. Dirección General Marítima y Portuaria. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas y Misión Técnica Francesa. Cartagena. Colombia.

CIOH, 2004. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) (2004). Régimen de corrientes Bahía de Cartagena. Resultados modelo de derrames CIOH. www.cioh.org.co

Collins, S. L., J. V. Perino & J. L. Vankat. 1982. Woody vegetation and microtopography in the bog meadow association of Cedar Bog, a west central Ohio USA fen. *American Midland Naturalist* 108: 245-249.

DANE, 2021. Proyecciones de Población, DANE: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>.

Da Silva, E. M.; Navarro, M. F.; Barros, A. F.; Mota, M. F.; Chastinet, C. B. 1999. The utilization of *Poecilia reticulata* as a biomonitor in the environmental recovery of an aquatic ecosystem. *Ecotoxicology and Environmental Restoration* 2(2):51-55.

Díaz, J y Gómez D. 2003. Cambios históricos en la distribución y abundancia de praderas de pastos marinos en la bahía de Cartagena y áreas aledañas. En: *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 2003. vol. 32. P. 57-74.

Díaz, J. M., L. M. Barrios, M. H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. A. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 5, Santa Marta, 176p.

Díaz-Pulido, G. 1997. Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad en Colombia. Ecosistemas Marinos y Costeros. Santa Marta, 143 p.

Díaz-Pulido, G., J.A. Sánchez, S. Zea, J. M. Díaz, & J. Garzón. 2004. Esquemas de distribución espacial en la comunidad bentónica de arrecifes coralinos continentales y oceánicos del Caribe Colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 28(108), 337-347.

DOW, 2017. Modificación del plan de manejo ambiental para la planta de producción de plaguicidas de Cartagena. Capítulo 3 - caracterización del área de influencia. Proyecto No. 0356321.

Dugan, A. 1947. Aves del departamento del Atlántico, Colombia. *Caldasia* 4(20): 499-648.

Elster, C. & J. Polanía. 2000. Posibilidades de recuperación del manglar en la ciénaga grande de Santa Marta (Colombia). *Actual Biol* 22(72): 29-36.

Feller, I. C. y M. Sitnik (Ed.). 2002. *Mangrove ecology: a manual for a field course*. Smithsonian Institution. Washington D.C.

Fernández, E., G.; Navarrete-Salgado, N. A.; Fernández-Guzmán, J. L.; Contreras-Rivero, G. Crecimiento, abundancia y biomasa de *Poecilia reticulata* en el lago urbano del parque Tezozomoc de la ciudad de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, 2006, pp. 155-159.

Field, C. 1997. La restauración de ecosistemas de manglar. Organización Internacional de Maderas tropicales-OIMT, Sociedad Internacional para los Ecosistemas de manglar. ISME. Managua. 211 p.

Fondo de la Iniciativa para las Américas (FIAES), Eco Viva, Mangrove Action Project (MAP) y Asociación Mangle. 2011. Foro "Restauración de manglares: Desafío para la adaptación al cambio climático" para abordar los desafíos en la restauración de los manglares. 2011. Memoria del Foro "Restauración de manglares: Desafío para la adaptación al cambio climático" 32p.

Fonseca, M. S., W. J. Kenworthy, B. E. Julius, S. Shutler & S. Fluke. Seagrasses. pp. 149- 170. En: M. R. Perrow y J. Davy (Eds.). 2002. *Handbook of Ecological Restoration*, Vol. 2. Cambridge University Press, New York.

Franco Arias, D.A., Restrepo López, J.C., Sanabria Ruiz, N.Y., & Gutiérrez, J.C.. (2013). Caracterización y distribución de facies sedimentarias en la bahía de Cartagena, Colombia. *Boletín de Geología*, 35(1), 43-53. Retrieved August 14, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-02832013000100004&lng=en&tlng=es.

Froese, R. y D. Paulay. (Eds). 2008. FishBase. World Wide Web electronic publication. www. fishbase.org, version (Fecha de consulta: 11/2008).

Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon KW (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology* 27(S1): S1–S46

García, C. B. & Solano, O. 1995. Tarpon atlanticus in Colombia: a big fish in trouble. *Naga ICLARM Quarterly*, 18(3): 47-49.

González, J., Grijalba-Bendeck, M., Acero, A. y R. Betancur. 2009. The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*, 4(3): 507-510.

Gracia, A., Medellín-Mora, J., Gil Agudelo, D.L. y V. Puentes (eds.). 2011. Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 23. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 136 p.

Granizo, Tarsicio et al. 2006. Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA. Quito: TNC y USAID.

Halffter, G. 1992. La diversidad biológica de iberoamérica I. Acta Zoológica Mexicana. México.

Hartog, C., 1970. The Seagrasses of the world. North Holland Publishing Co., Amsterdam-London, 298 P.

Hogarth, P. J. 2007. The Biology of Mangroves and Seagrasses. Oxford University Press. New York.

Ibisch, P., Reichle, S., Geiger, L., & Hobson, P. (2012). Hacia un plan integral de manejo del Parque Nacional Cahuita para reducir la vulnerabilidad al Cambio Climático. San José, Costa Rica: SINAC/BIOMARCC.

INGEOMINAS. Zonificación Geotécnica, Aptitud y Uso del Suelo en el Casco Urbano de Cartagena de Indias, DTC – Bolívar. 2001.

INVEMAR, 2000. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2000.

INVEMAR. 2020. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2019. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 183 p.

INVEMAR, 2014. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2013. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 192p

INVEMAR-MADS, 2017. Resolución No. 646 de 2017. Formulación de lineamientos, medidas de conservación, manejo y uso de ecosistemas marinos y costeros, con la intención de apoyar acciones de fortalecimiento en la gestión ambiental de las zonas costeras de Colombia. 278 p + Anexos.

INVEMAR-MINAMBIENTE. 2018. Cuarto Informe técnico. Convenio Interadministrativo 659 de 2017. Santa Marta, Colombia. 374 p. + anexos.

INVEMAR-UAESPNN-CARDIQUE-EPA Cartagena. (2003). Modelo de Desarrollo Sostenible para los archipiélagos del Rosario y San Bernardo. Resolución 456-03. Informe Técnico. Santa Marta.

Jaap, W. 2000. Coral reef restoration. Ecological Engineering 15: 345-364.

Kathiresan, K. y Bingham, B.L. 2001. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. Advances in Marine Biology 40: 81-251.

Krumholz, J. y Jadot, C. 2009. Demonstration of a new technology for restoration of red mangrove (*Rhizophora mangle*) in high-energy environments. Marine Technology Society Journal 43(1): 64-72.

Lara, Ana., Contreras, Francisco., Castañeda, Ofelia., Barba, Everardo., Perez, Marco. (2011). Lagunas costeras y estuarios. México.

Lema-Vélez, L. F. & J. Polanía. 2005. Regeneración natural y producción del manglar del delta del Río Ranchería, Caribe Colombiano. *Actual Biol* 27 (82): 25-3.

Lesser, M. P., Bythell, J. C., Gates, R. D., Johnstone, R. W. & Hoegh-Guldberg, O. (2007). Are infectious diseases really killing corals? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 346(1), 36-44.

Lonin S. y Giraldo L. (1996). Influencia de los efectos térmicos en la circulación de la Bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*, N. 17, Cartagena, pp. 47-56.

López-Victoria, M., M. Rodríguez-Moreno and F.A. Zapata. 2015. A paradoxical reef from Varadero, Cartagena Bay, Colombia. *Coral Reefs*, 34(1): 231.

López-Victoria, M. & J. M. Díaz. 2000. Formaciones coralinas del archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 24 (91): 219-230.

Lugo A, Barreto M, Canals M, Chaparro R, Santos M, Díaz E, González J, Hernández E y Molinelli J. Manifiesto de Palmas del Mar ¿Qué hacer si el mar no se queda quieto y las costas siguen cambiando? *Acta Científica* · 31(1-3):79 -117, 2017.

Manrique-Rodríguez, N, Agudelo C y Sanjuan-Muñoz, A. 2019. Comunidad de octocorales gorgonáceos del arrecife de coral de Varadero en el Caribe colombiano: diversidad y distribución espacial. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* Vol. 48 (1) 2019.

Manrique-Rodríguez N., J.A. Sánchez, N.J. Cadena-Cepeda, S. Cáceres, V. Piñeros y M. Correa. 2007. Experimentos de cultivo del coral *Agaricia tenuifolia* y el octocoral *Pseudopterogorgia acerosa* como alternativa de uso sostenible en el Caribe colombiano. *Res. XII Congr. Latino-am. Cienc. Mar-XII COLACMAR*. 117-121 p.

Márquez, G. 1996. Biodiversidad marina: aproximación con referencia al Caribe. 67.102 pp. En: *Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental*. Fondo FEN Colombia. Bogotá.

Marrugo, M y Alvarado, E. 2014. Composición, estructura y estado de la comunidad arrecifal coralina bentónica. Informe sobre los corales de Barú e islas del Rosario.

Mejía Quiñones, L.M., Molina Jiménez, M.P., Sanjuan Muñoz, A., Grijalba Bendeck, M., Niño Martínez, L.M. 2014. Bosque de manglar, un ecosistema que debemos cuidar. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. Cartagena D. T. 27p.

Mejía, L.S. y A. Acero. 2002. Libro rojo de peces marinos de Colombia. INVEMAR, Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros rojo de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia.

Mesa-S. L.M., Santamaría M., García H. y J. Aguilar-Cano (Eds.). 2016. Catálogo de biodiversidad de la región caribe. Volumen 3. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. Bogotá D.C., Colombia. 452p.

Minambiente y ASOCARS. 2016. Anexo 4. Guía de restauración de ecosistemas de manglar en Colombia. Documento construido por Villamil (2014) en el marco Convenio de asociación No. 156 de 2014 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.

McKee K.L. 1993. Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution-reciprocal effects? J. Ecol., 1993. vol. 81 (pg.477-487).

Molares R. (2004). Clasificación e identificación de las componentes de marea del Caribe colombiano. Boletín Científico CIOH 22. pp. 105-114.

Montoya Y, Sala S, Vouilloud A, Aguirre N, Plata Y. 2013. Lista de las diatomeas de ambientes continentales de Colombia. Biota Colombiana 14 (2): 13-78.

Nagy, G., O. Gutiérrez, E. Brugnoli, J. Verocai, M. Gómez-Erache, Al Villamizar, I. Olivares, U. Azeiteiro, W. Leal and N. Amaro. 2019. Climate vulnerability, impacts and adaptation in Central and South America coastal areas. Reg. Stud. Mar. Sci., <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100683>.

Nelson, C. and Botteril, N., 2002. Evaluating the contribution of beach quality awards to the local tourism industry in Wales - the Green Coast Award. Journal of Ocean & Coastal Management, 45 (2002): 157–170

Odum W.E. y Heald E.J. 1972. Trophic analyses of an estuarine mangrove Community. Bulletin of Marine Science. 22 (3): 671-738

Orth, R. J., M. C. Harwell & G. J. Inglis. Cap. 5. Ecology of Seagrass Seeds and Dispersal Strategies. En: Larkum, A. W. D., R. J. Orth y C. M. Duarte. 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Springer. Netherlands.

Ospina-Arango, J.F, Pardo-Rodríguez, & Álvarez-León, 2008. Madurez gonadal de la ictiofauna presente en la bahía de Cartagena, caribe colombiano. bol.cient.mus.hist.nat. Vol. 12, 2008, pp. 117 – 140.

Ospina-Hoyos, J.B., Palacio, J & Vargas, A. 2010. Estructura y distribución de una pradera de *Thalassia testudinum* en la Bahía Triganá, Golfo de Urabá, Colombia. Volumen 13 - No. 2, Agosto de 2010, Medellín ISSN 0124.177X. pp 7-20

Pech Pool D, Ardisson Herrera P-L. 2010. Diversidad en el bentos marino-costero, p. 144-146. En: Durán R y M Méndez (Eds). Diversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp. México, D.F. Primera Edición. ISBN: 978-607-7823-05-6.

Phillips M., Solo/Gabriele H., Piggot A., Klaus J. & Zhang, Z. 2011. Relationships between sand and water quality at recreational beaches. Water Research, 45(20): 6763-6769.

Pinilla, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: Compilación bibliográfica. Centro de investigaciones científicas, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 67 pp.

Pizarro, V., S.C. Rodríguez, M. López-Victoria, F.A. Zapata, S. Zea, C.T. Galindo-Martínez, R. Iglesias-Prieto, J. Pollock and M. Medina. 2017. Unraveling the structure and composition of Varadero Reef, an improbable and imperiled coral reef in the Colombian Caribbean. PeerJ, 5: e4119.

POT Cartagena, 2001. Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias. Decreto No 0977 de 2001. Cartagena-Colombia.

Posada, B. O y W. Henao. 2008. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe Colombiano. Invemar. Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta.

PNUMA, 2009. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Cartagena. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Cartagena, mayo de 2009 ISBN 978-958-98917-0-4.

Precht, W. F. 2006. Coral reef restoration handbook. CRC Press. United States of America. 366 pp.

Prahl, Cantera, & Contreras, 1990 en: Minambiente y ASOCARS. 2016. Anexo 4. Guía de restauración de ecosistemas de manglar en Colombia. Documento construido por Villamil (2014) en el marco Convenio de asociación No. 156 de 2014 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.

Proyecto BASIC (en curso), 2021. proyecto de investigación aplicada sobre las Interacciones entre Cuencas, Mar y Comunidades en la zona costera de Cartagena: "Construyendo Resiliencia en la Bahía Cartagena." Universidad EAFIT, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá y la Corporación CARDIQUE.

Ramírez J. 2000. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Medellín, Universidad de Antioquia, 2000. 207p.

RAMSAR-COP8. 2002. Humedales agua, vida y cultura: Principios y lineamientos para la restauración de Humedales - Resolución VIII.16. Valencia, España.

REFICAR, 2019. Consultoría para la elaboración de los estudios ambientales y modificaciones a la licencia ambiental de Refinería de Cartagena S.A.S. (1736). Contrato 966568. Bogotá D.C.

Restrepo, Juan C, Franco, Diana, Escobar, Jaime, Correa, Iván Darío, Otero, Luis, & Gutiérrez, Julio. (2013). Bahía de Cartagena (Colombia): distribución de sedimentos superficiales y ambientes sedimentarios. Latin American Journal of Aquatic Research, 41(1), 99-112. <https://dx.doi.org/103856/vol41-issue1-fulltext-8>

Restrepo, JD, Escobar R, Tosic M (2018) Fluvial fluxes from the Magdalena River into Cartagena Bay, Caribbean Colombia: Trends, future scenarios and connections with upstream human impacts. Geomorphology 302: 92-105.

Ruiz-Guerra, C., Y. Cifuentes-Sarmiento, C.E. Hernández-Corredor, R. Johnston-González & L. F. Castillo-Cortés. REPRODUCCIÓN DE DOS SUBESPECIES DEL CHORLITO PIQUIGRUESO (CHARADRIUS WILSONIA) EN COSTAS COLOMBIANAS. Ornitología Colombiana No.6 (2008):15-23.

Ruppert, E y Barnes, R. 1996. Zoología de los invertebrados. Sexta edición. McGraw-Hill Interamericana. Mexico D.F. 1114p.

Saenger, P. 2002. Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation. Kluwer Academic Press. Netherlands.

Salat, J., M.A. Garcia, A. Cruzado, A. Palanques, L. Arín, D. Gomis, J. Guillén, A. de León, J. Puigdefàbregas, J. Sospedra & Z.R. Velásquez (2002). Seasonal changes of water mass structure and shelf slope exchanges at the Ebro shelf (NW Mediterranean). *Continental Shelf Research*, 22(2), 327-346

Sánchez, H. 2009. Experiencias de zonificación y restauración de los manglares en la costa Caribe de Colombia. XII congreso forestal mundial. Buenos Aires, Argentina. http://www.cfm2009.org/es/programapost/trabajos/Experiencias_de_zonificacion_y_restauracion_FD.pdf

Sánchez-Páez, H. 1994. Los Manglares de Colombia. En: Universidad de Miami. 1994. El ecosistema de Manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación. Editorial Universidad de Miami.

Sánchez-Páez, H., Álvarez-León, R., Guevara-Mancera, O.A. y Ulloa-Delgado, G.A. 2000. Lineamientos estratégicos para la conservación y uso sostenible de los manglares de Colombia. Propuesta técnica para análisis. Bogotá. 84 pp.

Sánchez-Ramírez, C., M. Rueda & A. Santos-Martínez. 1998. Dinámica poblacional y pesquería de la lisa, *Mugil incilis*, en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 22(85): 507-517.

Schaeffer-Novelli, Y. y G. Cintrón-Molero. 1986. Guía para estudio de áreas de manguezal: estructura, funjao e flora. *Caribbean Ecological Research*, Sao Paulo. 150 p.

Schofield, P.J. 2009. Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*, 4(3): 473-479.

Schuhmacher, H. 1982. Korallenriffe, ihre Verbreitung, Tierwelt und Ökologie. BLV Verlagsgesellschaft, München, 274 p.

Scottish Natural Heritage. (2014). Summary 4: Dune fencing. Recuperado 3 de Agosto de 2014 de A guide to managing coastal erosion in beach/ dune systems: http://www.snh.org.uk/publications/online/heritagemanagement/erosion/appendix_1.4.shtml.

SINAC 2016. Acciones de mitigación y adaptación al cambio climático aplicables en las áreas protegidas Parque Nacional Cahuita, Refugio Nacional de Vida Silvestre Playa Hermosa - Punta Mala, Área de Conservación Guanacaste. Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas Protegidas de Costa Rica del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), San José, Costa Rica. 31 pp.

Solano, O.D., G.R Navas & S.K. Moreno, 1993. Blanqueamiento coralino de 1990 en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario (Caribe colombiano) *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín*, 22: 97-111.

Soria, J.M., Sahuquillo, M., 2009. 1150 Lagunas costeras (*). En: V.V. A.A., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 303 p

Smith, D. G. 2002. Megalopidae: Tarpons. Pp. 681-682. En: Carpenter, K. E. (Ed.). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae).

Smith-Vaniz, W. F. 2002. Carangidae: Jacks and scads (bumpers, pompanos, leatherjacks, amberjacks, pilotfishes, rudderfishes). Pp. 1426-1468. En: Carpenter, K. E. (Ed.). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Roma. Italia.

Speybroeck, J., Bonte, D., Courtens, W., & Gheskiere, T. (2006). Beach nourishment: an ecologically sound coastal defence alternative? A review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater ecosystems*.

Steer et al. 1997 en: Minambiente y ASOCARS. 2016. Anexo 4. Guía de restauración de ecosistemas de manglar en Colombia. Documento construido por Villamil (2014) en el marco Convenio de asociación No. 156 de 2014 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.

Streble, H. & D. Krauter, 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua. Editorial Omega, Barcelona. 366 p.

Tejeda-Benítez, L., Flegal, R., Odigie, K., Olivero-Verbel, J. 2016. Pollution by metals and toxicity assessment using *Caenorhabditis elegans* in sediments from the Magdalena River, Colombia. *Environmental Pollution* 212: 238-250, ISSN 0269-7491, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.057>

Titus, J. H. 1990. Microtopography and woody plant regeneration in a hardwood floodplain swamp in Florida. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 117: 429-437.

Tomlinson PB. 1986. The botany of mangroves. Cambridge U. Press. Cambridge. 419 p.

Tosic M, Restrepo JD, Izquierdo A, Lonin S, Martins F, Escobar R (2018) An integrated approach for the assessment of land-based pollution loads in the coastal zone demonstrated in Cartagena Bay, Colombia. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 211: 217-226.

Tosic M, Martins F, Lonin S, Izquierdo A, Restrepo JD (2019a) A practical method for setting coastal water quality targets: Harmonization of land-based discharge limits with marine ecosystem thresholds. *Marine Policy* 108 (103641).

Tosic M, Restrepo JD, Lonin S, Izquierdo A, Martins F (2019b) Water and sediment quality in Cartagena Bay, Colombia: Seasonal variability and potential impacts of pollution. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 216: 187-203. ISSN 0272-7714.

Tosic M, Martins F, Lonin S, Izquierdo A, Restrepo JD (2019c) Hydrodynamic modelling of a polluted tropical bay: Assessment of anthropogenic impacts on freshwater runoff and estuarine water renewal. *Journal of Environmental Management* 236: 695-714.

Ulloa-Delgado, G. 2006. La biodiversidad del caribe de Colombia. Conservación y estado del conocimiento. Instituto De Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (IAvH). Santa Fe de Bogota D.C. Colombia, 389 pp.

Ulloa, G. A., H. Sánchez-Páez & H. A. Tavera. 2004. Restauración de Manglares Caribe de Colombia. Proyecto Manejo Sostenible y Restauración de los Manglares por Comunidades Locales del Caribe de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - CONIF - OIMT. Bogotá.

UNAM, 2010. Guía de los pastos marinos tropicales del Atlántico oeste / A guide to the tropical seagrasses of the Western Atlantic. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 79p.

USGS-NAS. 2011. United States Geological Survey - Nonindigenous Aquatic Species database (USGS-NAS). <http://nas.er.usgs.gov> (Fecha de consulta: 01/08/2011).

Valle, A. G., Osorno, A.M., Gil, D.L. 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. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 40(1): 115-130.

Vargas, O. Reyes, S. Gómez, P y Díaz, J. 2012. Guías Técnicas Para La Restauración Ecológica De Los Ecosistemas de Colombia - Bogotá: MAVDT, Universidad Nacional de Colombia, ACCEFYN, 2012 - 131 p. il.

Yoshioka, P. and B. Yoshioka. 1989. Effects of wave energy, topographic relief and sediment transport on the distribution of shallow-water gorgonians of Puerto Rico. Coral Reefs, 8: 145-152.

Wade L. 2016. An unhappy peace dividend. Science, 352: 129–130

Zarza-Gonzalez y PNN. 2011. El Entorno Ambiental Del Parque Nacional Natural Corales Del Rosario Y De San Bernardo. Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo. Cartagena de Indias, Colombia.