

# INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y COSTEROS DE COLOMBIA

Serie de Publicaciones Periódicas  
Número 3 • Marzo de 2017  
Santa Marta • Colombia  
ISSN: 1692-5025

2016



Colombia 50% Mar  
**invemar**  
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"  
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Director General

**Francisco Armando Arias Isaza**

Subdirector Coordinación Científica (SCI)  
**Jesús Antonio Garay Tinoco**

Subdirectora Recursos y Apoyo a la  
Investigación (SRA)  
**Sandra Rincón Cabal**

Coordinación de Investigación e Información  
para la Gestión Marina y Costera (GEZ)  
**Paula Cristina Sierra Correa**

Coordinador Programa de Biodiversidad y  
Ecosistemas Marinos (BEM)  
**David Alonso Carvajal**

Coordinadora Programa Calidad Ambiental  
Marina (CAM)  
**Luisa Fernanda Espinosa Díaz**

Coordinadora Programa Geociencias  
Marinas y Costeras (GEO)  
**Constanza Ricaurte Villota**

Coordinador Programa Valoración y  
Aprovechamiento de Recursos (VAR)  
**Mario E. Rueda Hernández**

Coordinador Servicios Científicos (CSC)  
**Julian Betancourt Portela**

Calle 25 # 2 - 55, Playa Salguero  
Santa Marta D.T.C.H. • 2017  
PBX (575) 432 8600 • Fax (575) 4328694  
[www.invemar.org.co](http://www.invemar.org.co)

ISSN: 1692-5025

#### Citar la obra completa:

INVEMAR, 2017. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2016. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.

#### Citar capítulos:

Autores, 2017. Título capítulo. (intervalo de páginas ej: Pp. 10-20). En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2016. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.

**Palabras clave:** ambientes marinos, recursos marinos, ecosistemas, aguas marinas, Colombia.

#### Coordinación General

Jesús Antonio Garay Tinoco  
Subdirector Coordinación Científica

#### Autores

##### Capítulo 1

Milena Hernández-Ortiz, Milagros Carrillo, Angela López.

##### Capítulo 2

Constanza Ricaurte Villota, Martha Lucero Bastidas Salamanca, Oswaldo Coca Domínguez, Paola Andrea Quintero, Marco Elías González Arteaga, Anelena Cristina Campuzano Hernández, Andrea Carolina Dueñas Lagos, Deysi Alejandra Romero Rodríguez, Magnolia Murcia Riaño, Raúl Navas-Camacho, Diana Isabel Gómez López, Paola Sofía Obando-Madera, Lizbeth Janet Vivas-Aguas, Lucía Victoria Licero Villanueva, Alexandra Rodríguez Rodríguez.

##### Capítulo 3

Mario Rueda, Fabián D. Escobar T., Javier Gómez-León, Efraín Viloría, Jorge Viaña, Alexander Girón, Alfredo Rodríguez, Natalia Arbeláez, Julián Camilo Franco, Ostin Garcés Ordoñez, Mónica Rocío Bayona Arenas, Lizbeth Janet Vivas-Aguas, Mary Alejandra Ríos-Mármol, María Isabel Escobar, Juliana Rojas Mejía, Ximena Rojas Giraldo.

##### Capítulo 4

Angela López, Milena Hernández-Ortiz, Milagros Carrillo, David Alonso, Nancy Liliana Barreto, Julián Pizarro, Yeimy Vargas, Alexandra Rodríguez Rodríguez, Andrea Contreras, Anny Paola Zamora Bornachera.

##### Capítulo 5

Alexandra Rodríguez Rodríguez, Yeimy Vargas, Lucía Victoria Licero Villanueva, Javier Gómez-León, Marisol Santos-Acevedo, Laura Jutinico, Marynes Quintero, Anny Paola Zamora Bornachera.

#### Compilación

Ricardo Andrés Rivera Muñoz.

#### Edición

Carolina García Valencia, Ricardo Andrés Rivera Muñoz, Leonardo Arias Alemán.

#### Cartografía

Venus Rocha.

#### Foto portada

*Discosoma* sp. por Carolina García Valencia.

#### Foto contraportada:

*Cyphoma gibbosum* sobre Octocoral por Raúl Navas.

#### Diseño

John Khatib y Daniel Hernández • Ediprint S.A.S.

Las líneas de delimitación fronteriza presentados en este documento, son una representación gráfica aproximada con fines ilustrativos solamente.

Derechos reservados conforme a la ley, los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente.



Cayo Bolívar por Carolina García Valencia

# Presentación

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR en cumplimiento de su misión, presenta la versión 2016 del Informe del Estado de los Recursos Marinos. Cada año se trabaja para la entrega de este reporte con nuevos y mejores indicadores, para la publicación de información con el análisis del estado de los ambientes y recursos del medio marino y costero colombiano.

Se mantiene la línea de entrega de contenidos bajo un diseño conceptual de presentación de información basado en indicadores de Estado, Presión y Respuesta, que se incorporan gracias al avance en los estudios e investigación del Instituto. El grupo técnico-científico trabaja para la mejora, ajuste y generación de nuevos indicadores y estrategias de análisis de información en el tiempo, interesado en la detección de tendencias para la correcta evaluación del estado de los ambientes y recursos marino-costeros. Así mismo se incluye el reporte de cambios en la concepción de políticas, a fin de abordar los distintos temas de manera concordante con las mismas vigentes en el país, para lo cual el Instituto trabaja de la mano con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las demás instituciones del SINA, como lo son PNN, las CAR con incidencia en las zonas marino-costeras, la ANLA, etc, así como algunas universidades y otros centros de investigación.



El Informe se fundamenta y conforma en 5 capítulos, manteniendo y actualizando el contexto geográfico nacional, los elementos naturales de jurisdicción marina y la descripción de las unidades de gestión, definidas por la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (capítulo I). Se presenta el reporte de indicadores de estado, y se incluye el diagnóstico del avance en el conocimiento del medio abiótico y de la expresión ecosistémica de la biodiversidad marina (capítulo II). Dentro de los tensores directos, en el capítulo III se aborda el avance en el conocimiento respecto al aprovechamiento de recursos pesqueros, el desarrollo acuícola marino y las fuentes terrestres de contaminación costera. Cada uno de estos tensores se analiza a la luz de indicadores de presión sobre ecosistemas estratégicos. Los instrumentos de gestión de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia, se evalúan con base en indicadores de respuesta en el capítulo IV. Finalmente, en el capítulo V, contiene la diagnosis del avance en el conocimiento respecto al cambio climático y sus efectos sobre el medio marino y costero. Adicionalmente se analiza el estado de conocimiento y los vacíos de información sobre manglar y bioprospección marina.

Seguimos trabajando en la generación de conocimiento y su divulgación para el apoyo a la toma de decisiones informada.

**Jesus Garay**  
Subdirector Científico

# Contenido

## CAPÍTULO 1

### LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA . . . . . 16

MARCO GEOGRÁFICO . . . . . 17

UNIDADES DE GESTIÓN . . . . . 23

## CAPÍTULO 2

### ESTADO DEL AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS . . . . . 28

INTRODUCCIÓN . . . . . 29

EL AMBIENTE ABIÓTICO . . . . . 29

▼ Clima . . . . . 29

▼ Oceanografía . . . . . 30

▼ Fondos marinos . . . . . 32

▼ Evolución litoral . . . . . 35

▼ Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera . . . . . 38

▼ Estado de la calidad de las aguas marino-costeras del Caribe y Pacífico colombianos . 41

BIODIVERSIDAD MARINA . . . . . 47

▼ Arrecifes coralinos . . . . . 47

▼ Localización y distribución . . . . . 47

▼ Pastos marinos . . . . . 53

▼ Manglares . . . . . 58

▼ Localización y distribución . . . . . 59

## CAPÍTULO 3

### CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO EN LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS Y SUS SERVICIOS: INDICADORES DE PRESIÓN . . . . . 70

INTRODUCCIÓN . . . . . 71

CAUSAS Y TENSORES . . . . . 71



▼ Aprovechamiento de recursos pesqueros . . . . .	71
▼ Desarrollo de la acuicultura marina . . . . .	99
▼ Fuentes terrestres de contaminación al mar. . . . .	104
▼ Residuos de la población costera . . . . .	109
▼ Descargas de tributarios . . . . .	112
▼ Actividad portuaria . . . . .	114
▼ Microalgas potencialmente nocivas . . . . .	120

## CAPÍTULO 4

### **INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA: INDICADORES DE RESPUESTA. . . . . 132**

INTRODUCCIÓN . . . . .	133
MANEJO INTEGRADO DE ZONAS COSTERAS . . . . .	136
SUBSISTEMA DE ÁREAS COSTERAS Y MARINAS PROTEGIDAS . . . . .	143
RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS . . . . .	153
▼ Valoración de servicios ecosistémicos . . . . .	163

## CAPÍTULO 5

### **ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN . . . . . 166**

ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS EN EL AMBIENTE MARINO Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS . . . . .	167
▼ Restauración de ecosistemas marinos y costeros. . . . .	167
▼ Bioprospección marina. . . . .	168
ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE LAS CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS. . . . .	173
▼ Causas y tensores indirectos . . . . .	173

### **LITERATURA CITADA . . . . . 177**



## BATERIA DE INDICADORES

### CAPÍTULO 1

<b>LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA . . . . .</b>	<b>16</b>
--	-----------

### CAPÍTULO 2

<b>ESTADO DEL AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS . . . . .</b>	<b>28</b>
---	-----------

Indicador de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera. . . . .	39
Indicador de calidad aguas . . . . .	42
Indicador de condición-tendencia para arrecifes de coral - ICT <sub>AC</sub> . . . . .	48
Indicador de condición-tendencia para pastos marinos – ICT <sub>PM</sub> . . . . .	54
Indicador de extensión: cambio en la cobertura (IE). . . . .	62
Indicador de Integridad Biológica de Manglares (IBI <sub>m</sub> ) . . . . .	65

### CAPÍTULO 3

<b>CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO EN LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS Y SUS SERVICIOS: INDICADORES DE PRESIÓN . . . . .</b>	<b>70</b>
---	-----------

Indicador de captura total y captura por especie (nacional). . . . .	72
Indicador de captura total y captura por especie para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM . . . . .	75
Indicador de abundancia relativa de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM . . . . .	77
Indicador de talla media de captura para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM . . . . .	79
Indicador de proporción de pesca incidental y descartes para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM . . . . .	81
Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM. . . . .	83
Indicador de renta económica de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM. . . . .	85
Indicador de captura total y captura por especie: pesca nacional industrial de camarón . . . . .	87
Indicador de abundancia relativa del camarón: pesca industrial nacional. . . . .	89

Indicador de talla media de captura (TMC): pesca industrial nacional de camarón . . . . .	91
Indicador de proporción de pesca incidental y descartes: pesca industrial nacional de camarón . . . . .	93
Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas: pesca industrial nacional de camarón . . . . .	95
Indicador de rentabilidad económica: pesca industrial nacional de camarón . . . . .	97
Indicador de esfuerzo de la acuicultura marina . . . . .	100
Indicador anual de la acuicultura marina nacional . . . . .	103

#### CAPÍTULO 4

#### **INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA: INDICADORES DE RESPUESTA. . . . . 132**

Indicador de número de personas capacitadas: fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero . . . . .	140
Indicador de proporción de áreas protegidas con plan de manejo vs total de áreas protegidas . . . . .	149
Indicador de proporción de área de manglar destinada a conservación, recuperación y uso sostenible . . . . .	159
Indicador de valor de estimación de medidas de bienestar asociadas a servicios ecosistémicos . . . . .	164

#### CAPÍTULO 5

#### **ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN . . . . . 166**

Indicador de especies bioprospectadas (ensayadas) . . . . .	170
Indicador de organismos marinos con estructura química determinada/elucidada . . . . .	172



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino – costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2002).. . . . .	19
<b>Figura 2.</b> Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000). . . . .	25
<b>Figura 3.</b> Desviación estándar de la magnitud del viento (A) y ciclo anual de la precipitación en las principales ciudades costeras del Caribe colombiano (B). Modificada de Bastidas-Salamanca <i>et al.</i> (2017). . . . .	30
<b>Figura 4.</b> Coeficiente de atenuación de la luz en agosto de 2005 (A) y febrero de 2011 (B). Tomado de: INVEMAR (2016b). . . . .	31
<b>Figura 5.</b> Climatología diciembre – noviembre de reflectancia satelital en los 555 (sr <sup>-1</sup> ) nm frente al delta del Sinú. Tomado de: INVEMAR (2016c). . . . .	32
<b>Figura 6.</b> Modelos digitales de profundidad obtenidos para el análisis de fondos marinos en el complejo Lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, A) Ciénaga Buenavista, B) Ciénaga Pajarales. . . . .	33
<b>Figura 7.</b> Mapa geomorfológico y de procesos morfodinámicos en el Bloque Colombia Offshore 3 y bloques de exploración estudiados en 2016. Adaptado de Márquez <i>et al.</i> (2016b). . . . .	34
<b>Figura 8.</b> a y b) Estado de la erosión sector boca de la Barra marzo y noviembre de 2016 c) Cambios de la línea de costa 2015 - 2016 boca de la Barra (INVEMAR, 2016e). . . . .	36
<b>Figura 9.</b> Cambios de la línea de costa 2015 – 2016. a) Sector delta de Tinajones b) Sector Espiga de Mestizos c) Sector La Balsa – playas del Viento (INVEMAR, 2016c). . . . .	37
<b>Figura 10.</b> Kilómetros de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad alta, media y baja en Colombia. . . . .	39
<b>Figura 11.</b> Proporción de línea de costa bajo amenaza y vulnerabilidad para el Caribe y el Pacífico. . . . .	40
<b>Figura 12.</b> Evolución histórica del índice de calidad del agua marino-costera (ICAM <sub>FFF</sub> ) en el periodo 2001 a 2015. . . . .	43
<b>Figura 13.</b> Tendencia de los cambios en la calidad del agua marino – costera evaluada con el ICAM <sub>FFF</sub> entre los años 2013 y 2015. . . . .	44
<b>Figura 14.</b> Distribución porcentual (%) de la calidad del agua marino-costera evaluada con el ICAM <sub>FFF</sub> en los departamentos costeros de la región Caribe colombiano en el año 2015, a) Proporción de calidad en la región Caribe; b) Proporción de calidad en la región del Pacífico. . . . .	45
<b>Figura 15.</b> Estado de la calidad del agua marino-costera evaluada con el ICAM <sub>FFF</sub> en los departamentos costeros de las regiones Caribe y Pacífico colombianos, durante el año 2015. . . . .	45
<b>Figura 16.</b> Índice de condición tendencia de arrecifes de coral ICT <sub>AC</sub> para el año 2016, en porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de condición tendencia (Tabla 7) en cada área (los números al interior de las barras corresponden a la cantidad de estaciones que presentaron dicha condición). . . . .	49

<b>Figura 17.</b> Estaciones de monitoreo coralino y el estado de sus estaciones según el índice de condición-tendencia $ICT_{AC}$ en el Caribe colombiano (estaciones Providencia -A, Portete-Kaurrele B, Tayrona-C, islas del Rosario-D, islas San Bernardo-E y Zapzurro-F) . . . . .	50
<b>Figura 18.</b> Estaciones de monitoreo coralino y el estado de sus estaciones según el índice de condición-tendencia $ICT_{AC}$ en el Pacífico colombiano (estaciones Utría-G, Malpelo-H y Gorgona-I) . . . . .	51
<b>Figura 19.</b> Ubicación espacial de los manglares en Colombia. Esta imagen tan solo es una representación gráfica de la distribución aproximada de los bosques de manglar en Colombia y tiene fines ilustrativos solamente. . . . .	60
<b>Figura 20.</b> Tendencia de la cobertura de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). . . . .	63
<b>Figura 21.</b> Serie histórica (2000-2016) del Indicador de Integridad Biológica de manglares ( $IBI_m$ ) en cinco estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta. . . . .	67
<b>Figura 22.</b> Captura industrial y artesanal desembarcada para el Caribe y Pacífico colombiano. *Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para algunos meses del año. . . . .	72
<b>Figura 23.</b> Captura artesanal por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). *Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para algunos meses del año. . . . .	73
<b>Figura 24.</b> Captura industrial por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). *Los datos publicados en SEPEC tienen vacíos de información para algunos meses del año. . . . .	73
<b>Figura 25.</b> Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM. . . . .	75
<b>Figura 26.</b> Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM. . . . .	76
<b>Figura 27.</b> Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM. . . . .	77
<b>Figura 28.</b> Variación interanual de la talla media de captura (TMC) para las principales especies en la CGSM y su ubicación con respecto a la talla media de madurez sexual (TMM). En el caso de las jaibas (B y C) la medida es el ancho del caparazón. . . . .	79
<b>Figura 29.</b> Composición porcentual de las capturas por arte de pesca para 2016, discriminando las capturas objetivo, incidental y descartes en la CGSM. . . . .	81
<b>Figura 30.</b> Fracción desovante (color claro) y juvenil (color oscuro) de los principales recursos pesqueros en la CGSM durante 2016. . . . .	83
<b>Figura 31.</b> Variación interanual de la renta económica promedio mensual (+/- EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral del SMMLV para cada año (en el 2016: SMMLV = \$ 689.454). . . . .	85
<b>Figura 32.</b> Variación interanual de la captura objetivo en las pesquerías industriales de camarón del Pacífico (CAS y CAP) y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL). . . . .	87
<b>Figura 33.</b> Variación interanual de la captura objetivo en la pesquería de camarón industrial del Caribe y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL). . . . .	88

<b>Figura 34.</b> Variación interanual de la captura por unidad de esfuerzo (kg/h) estimada en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y Caribe (B) colombiano.. . . . .	89
<b>Figura 35.</b> Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).. . . . .	91
<b>Figura 36.</b> Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de camarón rosado <i>Farfantepenaeus notialis</i> , principal especie en la pesquería de CAS del Caribe colombiano con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).. . . . .	92
<b>Figura 37.</b> Variación interanual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y el Caribe colombiano (B) ( PRL: Punto de Referencia Límite). . . . .	93
<b>Figura 38.</b> Estructura de tallas para las hembras de las principales especies objetivo en las pesquerías de CAS (A y B) y de CAP (C y D) del Pacífico colombiano durante 2016, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM). . . . .	95
<b>Figura 39.</b> Estructura de tallas para las hembras de la principal especie objetivo en la pesquería de CAS del Caribe colombiano durante 2016, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).. . . . .	96
<b>Figura 40.</b> Variación interanual de la renta promedio por faena ( $\pm$ DE) en las pesquerías de CAS (A) y CAP (B) en el Pacífico colombiano. CT = Costos totales. (--- Punto de Referencia límite PRL = 15 % más de los CT).. . . . .	97
<b>Figura 41.</b> Variación interanual de la renta promedio por faena ( $\pm$ DE) en las pesquerías de CAS del Caribe colombiano, con puerto de desembarco Cartagena (A) y Tolú (B). CT = Costos totales. (--- PRL = 15 % más de los CT). . . . .	98
<b>Figura 42.</b> Producción anual de cultivo del camarón <i>L. vannamei</i> en Colombia. *En 2015 solo se reportan datos entre los meses enero y abril. **2016 Únicamente granjas muestreadas dentro de cada municipio, con el listado establecido por la AUNAP. No abarcan necesariamente la totalidad de las granjas existentes en cada municipio. . . . .	103
<b>Figura 43.</b> Ubicación de las principales actividades y fuentes terrestres y marinas de contaminación identificadas en la costa del Pacífico colombiano. . . . .	107
<b>Figura 44.</b> Ubicación de las principales actividades y fuentes terrestres y marinas de contaminación en la costa Caribe colombiano. . . . .	108
<b>Figura 45.</b> Población y cobertura del saneamiento básico existente en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombianos. Fuente: Superservicios (2014, 2016); Proactiva S.A. (2015), MinTrabajo y PNUD (2013); Gobernación de Antioquia (2012); Alcaldía Moñitos (2012); DANE (2017).. . . . .	109
<b>Figura 46.</b> Producción estimada de agua residual doméstica y vertido directo según metodología UNEP-RCU/CEP (2010); y producción de residuos sólidos según Superservicios (2014, 2016), en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombiano. . . . .	110

<b>Figura 47.</b> Carga contaminante estimada que vierte la población costera del Caribe y Pacífico colombianos en el año 2016, calculada en términos de Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda bioquímica de oxígeno (DQO), nitrógeno inorgánico (NIT), fósforo inorgánico (PT), sólido suspendido total (SST) y coliformes totales (CTT) y en función de la deficiencia de alcantarillado sistemas de tratamiento. . . . .	111
<b>Figura 48.</b> Mapa general de las zonas portuarias marítimas principales de Colombia. Fuente: (MinTransporte, 2008). . . . .	115
<b>Figura 49.</b> Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación Ciénaga la Luna (CLU), de enero a septiembre de 2016. . . . .	122
<b>Figura 50.</b> Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación la Boca de la Barra (LBA), de enero a septiembre de 2016. . . . .	123
<b>Figura 51.</b> Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación bahía de Chengue (BCH), de enero a septiembre de 2016. . . . .	126
<b>Figura 52.</b> Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación bahía de Santa Marta (BST), de enero a septiembre de 2016. . . . .	128
<b>Figura 53.</b> Densidades (cél./g P.H) de las especies de dinoflagelados potencialmente tóxicos asociados a las hojas de <i>Thalassia testudinum</i> en las praderas de la bahía de Chengue, recolectadas entre enero y septiembre de 2016. . . . .	130
<b>Figura 54.</b> Densidades de las especies de dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a las hojas de <i>Thalassia testudinum</i> en la laguna de Chengue, observadas entre enero y septiembre de 2016. . . . .	131
<b>Figura 55.</b> Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia. . . . .	134
<b>Figura 56.</b> Metodología COLMIZC. Tomado de Rojas-Giraldo <i>et al.</i> (2010). . . . .	135
<b>Figura 57.</b> Número de personas capacitadas: Fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero. . . . .	141
<b>Figura 58.</b> Reunión técnica SIRAP del Caribe y del Pacífico en torno al SAMP. . . . .	147
<b>Figura 59.</b> Articulación de las metas del Plan de Acción del SAMP con las líneas de acción de los Planes de Acción de los SIRAP del Caribe y del Pacífico. . . . .	148
<b>Figura 60.</b> Número de áreas marinas protegidas con/sin plan de manejo. . . . .	149
<b>Figura 61.</b> Representatividad (%) de los ecosistemas marino costeros dentro de las áreas marinas protegidas, reportes año 2010 (línea base) y años 2013-2016 (fuente: Datos proyecto GEF-SAMP). . . . .	151
<b>Figura 62.</b> Unidades ecosistémicas incluidas en los mosaicos priorizados para restaurar en Colombia según Gómez-Cubillos <i>et al.</i> (2015a). . . . .	154
<b>Figura 63.</b> Distribución de la proporción del número de sectores de manglar en las categorías de la zonificación aprobada por el MADS, en la jurisdicción de CARs. . . . .	161

**Figura 64.** Proporción (número de zonas) zonas de uso sostenible, preservación y recuperación en cada departamento, según sectores reportados en estudios aprobados por el MADS. \*Solo se reportan las categorías asociadas a bosques de mangle, se excluyen ciénaga y salitrales; \*\*Solo se incluyen los sectores aprobados por el MADS por resolución; \*\*\*La barra refleja la distribución de las categorías de zonificación en los bosques de mangle por concejos comunitarios. . . . . 161

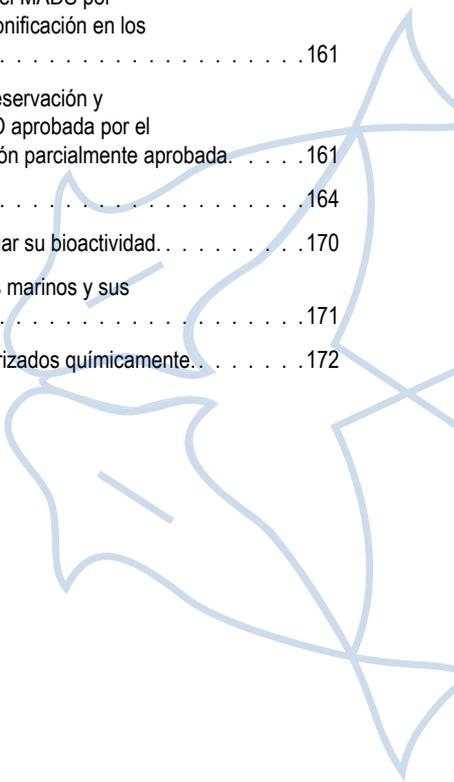
**Figura 65.** Proporción (número de zonas) de categorías de uso sostenible, preservación y recuperación propuestas en los departamentos con zonificación NO aprobada por el MADS o en proceso de aprobación. \*Departamentos con zonificación parcialmente aprobada. . . . . 161

**Figura 66.** Disponibilidad a pagar (DAP) por servicios ecosistémicos. . . . . 164

**Figura 67.** Especies de organismos marinos por grupos ensayados para evaluar su bioactividad. . . . . 170

**Figura 68.** Distribución de actividades biológicas evaluadas en los organismos marinos y sus derivados durante el año 2016. . . . . 171

**Figura 69.** Especies de organismos marinos cuyos extractos han sido caracterizados químicamente. . . . . 172



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia. Los vectores fueron re proyectados de Magna Colombia Bogotá a Lambert Azimutal Colombia para estimar las áreas. . . . .	17
<b>Tabla 2.</b> Gobernabilidad en las regiones costeras colombianas. . . . .	20
<b>Tabla 3.</b> Comisiones Conjuntas de las Unidades Ambientales Costeras – UACs. . . . .	26
<b>Tabla 4.</b> Proporción de línea de costa en erosión determinados para cada litoral. . . . .	40
<b>Tabla 5.</b> Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM (Vivas-Aguas, 2011). . . . .	42
<b>Tabla 6.</b> Opciones de medidas que se pueden adoptar según la valoración del indicador (ICAM). Modificado de Marin <i>et al.</i> (2011). . . . .	46
<b>Tabla 7.</b> Escala de valoración del indicador de condición-tendencia arrecifes de coral – ICT <sub>AC</sub> (Rodríguez-Rincón <i>et al.</i> 2014). . . . .	48
<b>Tabla 8.</b> Escala preliminar de valoración general del indicador de condición-tendencia de pastos marinos – ICT <sub>PM</sub> 54	54
<b>Tabla 9.</b> Escala de valoración preliminar de referencia para la densidad de vástagos del indicador de condición-tendencia pastos marinos– ICT <sub>PM</sub> . . . . .	54
<b>Tabla 10.</b> Escala de valoración preliminar de referencia para la afectación de <i>Labyrinthula</i> sp. del indicador de condición-tendencia pastos marinos– ICT <sub>PM</sub> . . . . .	55
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la valoración preliminar de estado para las variables densidad de vástagos y afectación del hongo <i>Labyrinthula</i> sp. en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano durante el 2016. . . . .	56
<b>Tabla 12.</b> Distribución de las especies de mangle del Caribe y Pacífico colombiano. Datos tomados de Sánchez-Páez <i>et al.</i> (1997); INVEMAR & CRA (2005); Spalding <i>et al.</i> (2011). SAI: Archipiélago de San Andres, Providencia y Santa Catalina, GUA: La Guajira, MAG: Magdalena, ATL: Atlántico, BOL: Bolívar, SUC: Sucre, COR: Córdoba, ANT: Antioquia, CHO: Chocó, VCAU: Valle del Cauca, CAU: Cauca, NAR: Nariño. NC: No confirmado.: Sinónimos: <i>Avicennia nitida</i> ; b: Sinónimos: <i>Avicennia tonduzi</i> , <i>A. bicolor</i> . . . . .	61
<b>Tabla 13.</b> Indicador de extensión de los bosques de manglar, caso “Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM”. . . . .	63
<b>Tabla 14.</b> Extensión del ecosistema de manglar en dos departamentos de Colombia*. . . . .	64
<b>Tabla 15.</b> Rangos de referencia para calcular el IBI <sub>m</sub> . Los rangos se construyeron para cada variable teniendo en cuenta reportes de diferentes fuentes bibliográficas para el Caribe colombiano (Sánchez Núñez, 2009) y los datos obtenidos en el proyecto de monitoreo del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ibarra <i>et al.</i> , 2014). S: Subíndice. . . . .	66
<b>Tabla 16.</b> Escala de interpretación del IBI <sub>m</sub> . . . . .	66
<b>Tabla 17.</b> Área instalada, área activa y producción para el cultivo de camarón <i>L. vannamei</i> por departamento. ha: hectárea; t: tonelada. Para el 2015 solo se reportan datos entre los meses enero y abril. * No se tiene registro . . . . .	100

<b>Tabla 18.</b> Resumen del inventario nacional de fuentes terrestres y marinas de contaminación al mar, actividades productivas identificadas en los departamentos costeros y principales contaminantes que afectan la calidad ambiental de los ecosistemas marinos y costeros en Colombia. Fuentes de información: CAR costeras, INVEMAR y Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2014a, 2014b, 2016).	104
<b>Tabla 19.</b> Carga estimada de contaminantes aportados por los principales tributarios que desembocan al Caribe y Pacífico colombiano en el 2015. Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID), fósforo inorgánico disuelto ( $PO_4^{3-}$ ), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Hidrocarburos del petróleo (HDD) y coliformes termotolerantes (CTE). Fuente Caudal: serie de tiempo 1959- 2015 (IDEAM, 2016); Restrepo (2006); Garay <i>et al.</i> (2006); Fuente concentraciones: Base de datos REDCAM (INVEMAR, 2016a).	113
<b>Tabla 20.</b> Aspectos ambientales generales identificados por cada una de las fases del desarrollo de un proyecto portuario en zonas costeras. CAM: Impactos en la calidad ambiental marina y costera; EMC: Impactos en los ecosistemas marinos y costeros; ESE: Impactos en el entorno social y económico.	116
<b>Tabla 21.</b> Avances tecnológicos que contribuyen en la reducción de los aspectos e impactos ambientales de diferentes terminales portuarios de Colombia. Fuente: MADS-INVEMAR, 2016.	119
<b>Tabla 22.</b> Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo.	121
<b>Tabla 23.</b> Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación CLU, entre enero y septiembre de 2016.	124
<b>Tabla 24.</b> Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación LBA, entre enero y septiembre de 2016.	125
<b>Tabla 25.</b> Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación BCH, entre enero y septiembre de 2016.	127
<b>Tabla 26.</b> Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación BST, entre enero y septiembre de 2016.	129
<b>Tabla 27.</b> Listado de áreas marinas protegidas del SAMP.	145
<b>Tabla 28.</b> Línea base del año 2010 y cálculo al año 2016), se muestra la diferencia respecto al año anterior.	150
<b>Tabla 29.</b> Acciones de restauración ecológica realizadas en áreas con potencial de restauración (APR) definidas por Gómez Cubillos <i>et al.</i> (2015) y otras áreas no priorizadas (OA). NA: No se cuenta con información. Acciones de restauración: Piloto (P), Lineamientos (L), Implementación de proyecto (I), Monitoreo (M).	155
<b>Tabla 30.</b> Actos de aprobación de la zonificación de los manglares en Colombia y algunos estudios relacionados con los procesos de zonificación. NA: Sin información.	160
<b>Tabla 31.</b> Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2015 y las publicadas en 2016.	169

## Capítulo 1

# LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA





## MARCO GEOGRÁFICO

Colombia es un país con 1'137.814 km<sup>2</sup> de área continental, que cuenta aproximadamente con 3.531 km de costa sobre el océano Pacífico y el mar Caribe, que le otorgan otros 892.102 km<sup>2</sup> de aguas jurisdiccionales, según el mapa Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (IDEAM *et al.*, 2007), para un extensión total de cerca de 2'070.408 km<sup>2</sup>. Es así como Colombia tiene un área marino costera relativamente igual a la de su territorio continental y de ahí el origen del lema institucional del INVEMAR: "Colombia 50 % Mar".

La zona costera definida por la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia PNAOCI, corresponde a la franja del litoral de 2 km atrás de los ecosistemas de influencia marina y de los centros poblados costeros y tiene una extensión emergida (continental e insular) de 16.128 km<sup>2</sup> (aprox. 1,5 % del territorio emergido), pero la extensión de la zona costera también va hasta la plataforma continental mar adentro. La mayor parte del límite exterior de la plataforma continental coincide con la isóbata de los 200 m y en general la zona costera marina representa un 6 % de las aguas jurisdiccionales.

El Caribe colombiano está localizado en el sector más septentrional de Suramérica, en su extremo noroccidental. Debido a la ubicación del Archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina y los cayos e islotes asociados, Colombia tiene fronteras internacionales con Jamaica, Haití y República Dominicana al norte, con Costa Rica y Nicaragua al noroccidente, hacia el oriente limita con Venezuela, en donde la frontera cruza la línea de costa en el sector de Castilletes (N 11°50', W 71°20') y al occidente comparte frontera con Panamá, cruzando la zona costera en Cabo Tiburón (N 08°41'7,3" W 77°21'50,9"). Tiene una longitud de línea de costa de 1.932 km, una zona costera emergida de 7.673 km<sup>2</sup> y una superficie de aguas jurisdiccionales de 532.154 km<sup>2</sup> (Tabla 1) (Figura 1.).

**Tabla 1.** Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia. Los vectores fueron re proyectados de Magna Colombia Bogotá a Lambert Azimutal Colombia para estimar las áreas<sup>1</sup>.

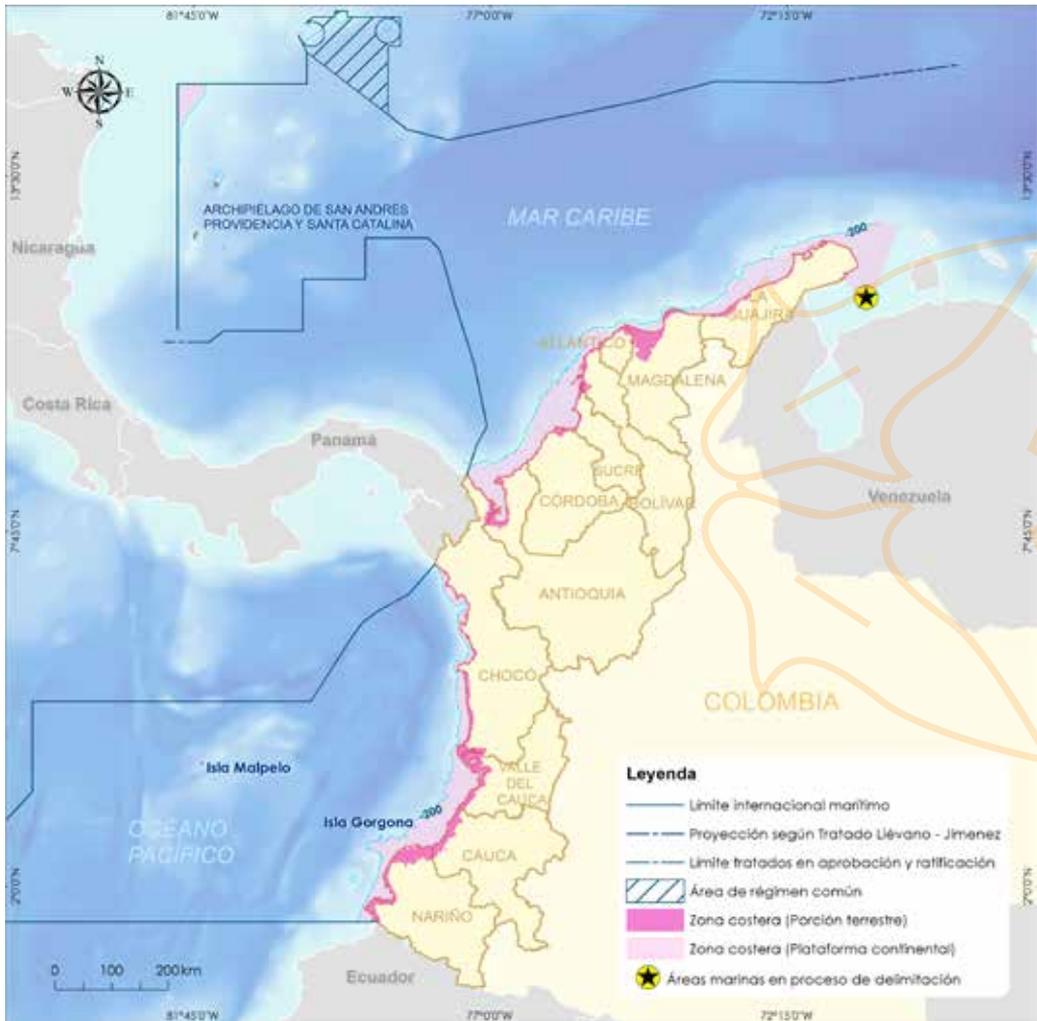
		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
Línea de costa (km)	Continental	1.785*****	1.545*****	3.531
	Insular del margen continental	86**	50*	
	Insular Oceánico	60***	4****	
	Subtotal	1.932	1.599	

1 Los datos de áreas y distancias de esta tabla tienen como fuente principal la base de datos geográfica del Mapa de Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos escala 1:500.000, (IDEAM *et al.*, 2007) y fueron ajustados acorde a las siguientes condiciones. Línea de costa: \*insular del margen continental Pacífico incluye isla Gorgona, \*\*insular del margen continental Caribe incluye islas tierra Bomba, Fuerte, Arena e islas del Rosario y San Bernardo. \*\*\*insular oceánico Caribe incluye islas de San Andrés y Providencia. \*\*\*\*insular oceánico Pacífico incluye isla Malpelo. \*\*\*\*\*continental Caribe borde litoral externo, sin contar límites internos de lagunas costeras. \*\*\*\*\*continental Pacífico borde litoral externo, sin contar límites internos de los esteros e incluyendo San Andrés de Tumaco.

		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
Área emergida de la zona costera (km <sup>2</sup> )	Continental	7.594	8.435	16.128
	Insular del margen continental	30	20	
	Insular Oceánico	49	1	
	Subtotal	7.673	8.456	
Extensión de aguas jurisdiccionales (km <sup>2</sup> )	Extensión de aguas costeras	30.219	21.205	892.102
	Extensión de aguas oceánicas	501.935	338.744	
	Subtotal	532.154	359.948	

La gobernabilidad de la costa continental del Caribe colombiano está conformada por las gobernaciones de los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó, en total 41 municipios, 7 Capitanías de Puerto y 11 Autoridades Ambientales entre Corporaciones Autónomas Regionales – CAR y Departamentos Técnico Administrativos de Medio Ambiente, encargados de la gestión ambiental (Tabla 2). Desde el punto de vista fisiográfico costero predomina la llanura Caribe, que se extiende hacia el norte de las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central (serranías de Abibe y San Jerónimo). Resaltan el relieve de la Sierra Nevada de Santa Marta que se levanta desde el nivel del mar hasta 5.770 m, como un macizo aislado, los paisajes desérticos de La Guajira, los deltas de los ríos Magdalena, Sinú y Atrato, así como los golfos de Morrosquillo en Sucre y de Urabá en Antioquia (INVEMAR *et al.*, 2002; INGEOMINAS, 1998; Steer *et al.*, 1997; Correa y Restrepo, 2002; Posada y Henao, 2009). Los archipiélagos de las islas del Rosario y de San Bernardo, ambos originados por diapirismo de lodo, colonizados por formaciones arrecifales (Vermette, 1985; Ingeominas, 1998), pertenecen al Caribe insular continental y se localizan en la plataforma continental frente a los departamentos de Bolívar y Sucre.





**Figura 1.** Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino – costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2002).

La costa Caribe insular oceánica está conformada por el Archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina y sus islotes y cayos asociados; se ubica al noroeste del país, en la llamada zona de elevación de Nicaragua, entre las coordenadas 10°49' y 16°10' de latitud Norte y 78° 00' y 82°14' de longitud Oeste (Figura 1). Tiene una extensión de línea de costa de 60 km aproximadamente y un área terrestre de 49 km<sup>2</sup> (Posada *et al.*, 2011) (Tabla 1). Administrativamente está conformada por un solo departamento, 2 Capitanías de Puerto y por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipié-

lago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina CORALINA encargada de la gestión ambiental en el Archipiélago (Tabla 2).

El litoral Pacífico está integrado por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, 16 municipios costeros, 4 Capitanías de Puerto y 4 CAR (Tabla 2). La costa del Pacífico se divide en dos regiones fisiográficamente diferentes: la zona norte, entre Panamá y cabo Corrientes, de aproximadamente 375 km de longitud, constituida por costas acantiladas muy accidentadas, correspondientes a la serranía del Baudó. Hacia el sur de cabo Corrientes hasta el límite con el Ecuador la costa es baja, aluvial, con planos inundables cubiertos por manglares, una red de drenaje densa conformada por ríos y esteros y sólo interrumpidos por pequeños tramos de acantilados en bahías de Málaga, Buenaventura y Tumaco (INGEOMINAS, 1998; Posada y Henao, 2009; Posada *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista hidrográfico 99 ríos principales desembocan en las costas colombianas, de los cuales 43 tributan en el mar Caribe y 56 en el océano Pacífico, siendo los principales aportes de aguas dulces en el Caribe el río Magdalena - Canal del Dique, el río Atrato y el río Sinú; En el Pacífico los ríos San Juan, Mira y Micay (IDEAM, 2014a). En general, los ecosistemas dominantes son las playas de arena, acantilados y manglares (INVEMAR, 2016a).

Tabla 2. Gobernabilidad en las regiones costeras colombianas.

	DEPARTAMENTOS	MUNICIPIOS COSTEROS	AUTORIDADES AMBIENTALES	CAPITANÍAS DE PUERTO
COSTA CARIBE	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Isla San Andrés	CORALINA	San Andrés
		Isla Providencia		Providencia
	La Guajira	Uribia	CORPOGUAJIRA	Puerto Bolívar
		Manaure		
		Riohacha		Riohacha
		Dibulla		
	Magdalena	Santa Marta	DADMA	Santa Marta
		Ciénaga	CORPAMAG	Santa Marta
		Zona Bananera		
		Puebloviejo		
		El Retén		
		Pivijay		
		SitioNuevo		
Remolino				
Salamina				



	DEPARTAMENTOS	MUNICIPIOS COSTEROS	AUTORIDADES AMBIENTALES	CAPITANÍAS DE PUERTO
COSTA CARIBE	Atlántico	Barranquilla	DAMAB	Barranquilla
		Puerto Colombia	CRA	
		Tubará		
		Juan de Acosta		
		Piojó		
		Luruaco		
	Bolívar	Cartagena de Indias	EPA	Cartagena
		Santa Catalina	CARDIQUE	
		Santa Rosa		
		Turbaco		
		Turbaná		
		Arjona		
	Sucre	San Onofre	CARSUCRE	Coveñas
		Tolú		
		Coveñas		
		Palmito		
	Córdoba	San Antero	CVS	
		San Bernardo del Viento		
		Lorica		
		Moñitos		
Puerto Escondido				
Los Córdoba				
Antioquia	Arboletes	CORPOURABÁ	Turbo	
	San Juan de Urabá			
	Necoclí			
	Turbo			
Chocó	Unguía	CODECHOCÓ		
	Acandí			



	DEPARTAMENTOS	MUNICIPIOS COSTEROS	AUTORIDADES AMBIENTALES	CAPITANÍAS DE PUERTO
COSTA DEL PACÍFICO	Chocó	Juradó	CODECHOCÓ	Bahía Solano
		Bojayá		
		Bahía Solano		
		Nuquí		Buenaventura
		Bajo Baudó		
	Valle del Cauca	Buenaventura	CVC	
	Cauca	López de Micay	CRC	Guapi
		Timbiquí		
		Guapi		
	Nariño	Santa Bárbara	CORPONARIÑO	Tumaco
		El Charco		
		La Tola		
		Olaya Herrera		
Mosquera				
Francisco Pizarro				
San Andrés de Tumaco				

Por otra parte, la zona costera colombiana se constituye en el principal eje de desarrollo económico del país, especialmente por la realización de actividades relacionadas con el transporte marítimo, el comercio exterior, el turismo, la pesca y el sector minero-energético (Ramos y Guerrero, 2010). Este último, ha venido tomando auge por la potencialidad que presentan las áreas marinas y costeras para su usufructo y por los diferentes programas de desarrollo que se vienen impulsando a nivel nacional. En este sentido, se resalta que los departamentos costeros aportaron para el año 2010 aproximadamente el 40 % al PIB del país, proyectado para el año 2010 en 548.273 millones. En Colombia se han delimitado nueve zonas portuarias ubicadas en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Antioquia, San Andrés isla, Valle del Cauca y Nariño (MinTransporte, 2008), por las cuales se movilizó en el año 2014 el 93 % de la carga de comercio exterior alcanzando los 2 millones de contenedores al año (Superintendencia de Puertos y Transporte, 2015).

La población que reside en las zonas costeras e insulares para el año 2016 se acercaba a los seis millones de habitantes (DANE- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2015), de los cuales el 85 % reside en la región Caribe, principalmente en los centros urbanos de Barranquilla, Cartagena, Santa Marta y Riohacha; por su parte los mayores núcleos urbanos del Pacífico colombiano son el Distrito de Buenaventura y el municipio de San Andrés de Tumaco.

## UNIDADES DE GESTIÓN

Según el (DNP, 2007) el ordenamiento territorial (OT) se refiere, por una parte, a la organización y la estructura político administrativa del Estado: funciones, competencias, interrelaciones entre los niveles de gobierno, etc. Y por la otra, a la relación de la sociedad con el territorio, que se evidencia a través de diferentes dinámicas y prácticas políticas, sociales, económicas, ambientales y culturales, generadoras de condiciones específicas de desarrollo territorial. Ambos elementos del OT son interdependientes y de su adecuada regulación y planificación depende la posibilidad de administrar y gestionar eficientemente el territorio tanto continental como marino y aprovechar sus potencialidades en procura de un desarrollo equilibrado y sostenible, una mayor integridad territorial, un fuerte sentido de cohesión social y, en general, un mayor nivel de bienestar para la población.

En este contexto, la PNAOCI (MMA, 2001), estableció las tres grandes Regiones oceánicas y costeras del país (Caribe Continental y oceánica, Caribe Insular y Pacífico Continental), como regiones integrales de planificación del desarrollo y ordenamiento territorial, reconociendo que cada una de ellas tiene dinámicas y características particulares que ameritan reconocer en estos procesos estas peculiaridades.

Según la Política Nacional, esta estrategia permite establecer diferentes niveles o instancias dentro del proceso de administración de las zonas costeras. Hace énfasis en la escala de las grandes regiones para mostrar la necesidad de agrupar administrativamente y para efectos de planificación estratégica a todas las unidades administrativas de cada costa, con base en el argumento de que cada una de ellas tiene su propia base ecosistémica, problemática y diagnóstico.

Por otra parte, al interior de cada una de las Regiones Integrales de Planificación, se definieron unidades ambientales y geográficas continuas, con ecosistemas claramente definidos, que requieren una visualización y manejo unificado. Se establecieron 12 unidades ambientales, unas de carácter costero y otras oceánicas –UACO's, que constituyen los espacios oceánicos y la zona costera nacional. La delimitación de la zona costera del país inicialmente se realizó según los criterios definidos por la PNAOCI (MMA, 2001)), y posteriormente por lo definido por la norma (Ley 1450 de 2011, decreto 1120 de 2013 y el Decreto único reglamentario 1076 de 2015 (MADS, 2015). Esta delimitación sectoriza las zonas costeras del país en unidades ambientales homogéneas. Su descripción y localización (Figura 2), es la siguiente:

### Región Caribe Insular

- **Unidad Ambiental Caribe Insular – Reserva de Biósfera SEAFLOWER:** Comprende el territorio del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, incluyendo su territorio emergido y sumergido.

### Región Caribe Continental y Oceánica

- **Unidad Ambiental Costera de la Alta Guajira:** desde Castilletes (frontera con Venezuela) hasta la margen noreste del río Ranchería en el departamento de La Guajira.

- **Unidad Ambiental Costera de la Vertiente Norte de La Sierra Nevada de Santa Marta:** desde la margen boca del río Ranchería (incluyéndola) hasta la boca del río Córdoba (incluyéndola) en el departamento del Magdalena.
- **Unidad Ambiental Costera del Río Magdalena: complejo Canal del Dique – sistema lagunar de la Ciénaga grande de Santa Marta:** desde la boca del río Córdoba hasta punta Comisario. Incluye isla Tierra Bomba, isla Barú, y el archipiélago de nuestra señora del rosario.
- **Unidad Ambiental Costera Estuarina del Río Sinú y el Golfo de Morrosquillo:** desde punta Comisario hasta punta del Rey, límites de los departamentos de Antioquia y Córdoba. Incluye el archipiélago de San Bernardo, isla Palma, isla Fuerte e isla Tortuguilla.
- **Unidad Ambiental Costera del Darién:** desde punta del Rey, límite de los departamentos de Antioquia y Córdoba hasta cabo Tiburón (frontera con Panamá) en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Caribe Oceánico:** representada por todas las áreas marinas jurisdiccionales de Colombia en el mar Caribe a partir de la isóbata de los 20 m, límite convencional de la plataforma continental o insular.

### Región Pacífico

- **Unidad Ambiental Costera Pacífico norte Chocoano:** desde la frontera con Panamá (Hito Pacífico) hasta cabo Corrientes en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Costera del Baudó - San Juan:** desde cabo Corrientes hasta el delta del río San Juan (incluyéndolo), en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Costera del Complejo de Málaga - Buenaventura:** desde el delta del río San Juan hasta la boca del río Naya en el departamento del Cauca.
- **Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial Sur:** desde la boca del río Naya en el límite del departamento del Cauca, hasta la boca del río Mataje (Hito Casas Viejas - Frontera con Ecuador) en el departamento de Nariño. Incluye las islas de Gorgona y Gorgonilla.
- **Unidad Ambiental Pacífico Oceánico:** representada por todas las áreas marinas jurisdiccionales de Colombia en el océano Pacífico a partir de la isóbata límite convencional de la plataforma continental o insular.

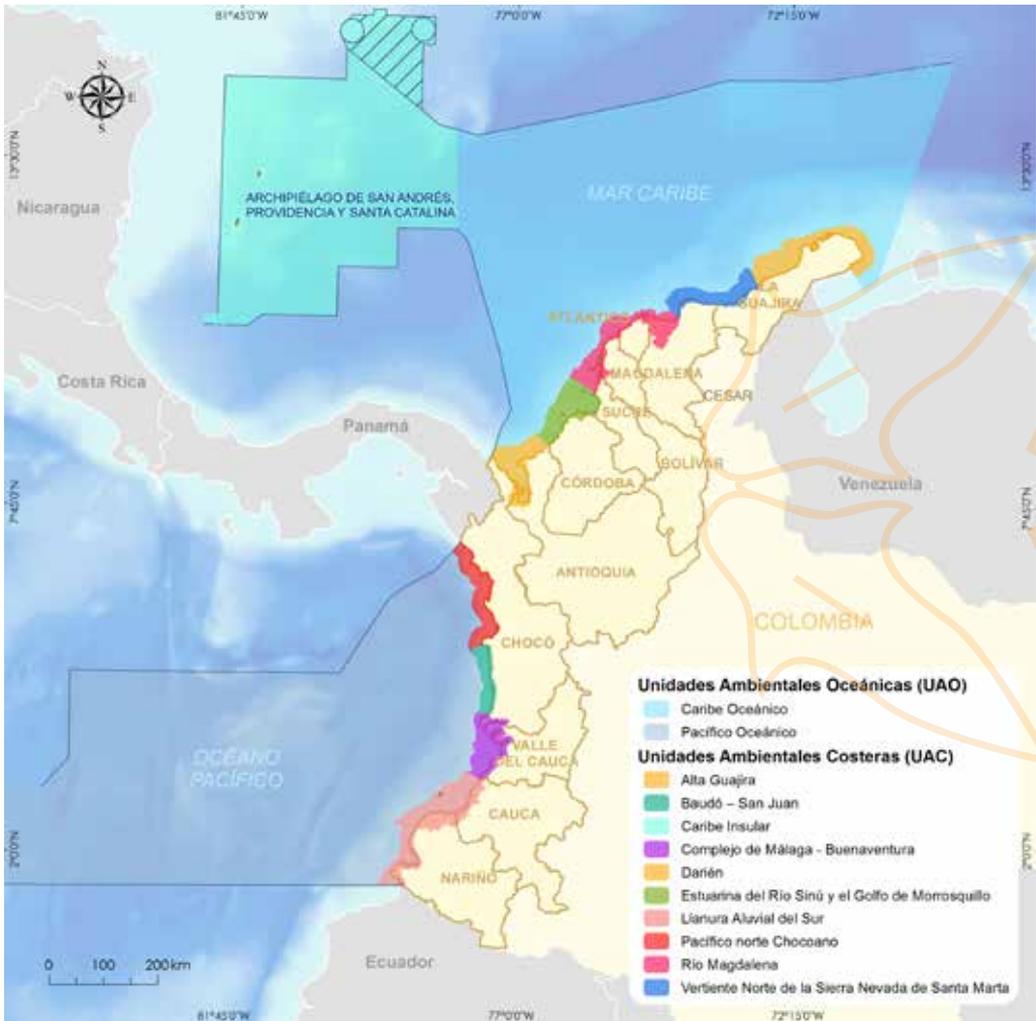


Figura 2. Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000).

Así mismo, el decreto 1120 de 2013, compilado en el decreto único reglamentario del sector ambiente 1076 de 2015 (MADS, 2015), establece la creación de las comisiones conjuntas para cada UAC, cuyo objeto es concertar y armonizar el proceso de ordenación y manejo de estas áreas. El MADS es quien preside las comisiones conjuntas y ha venido realizando una importante labor con las entidades competentes, las cuales están en la facultad para crear comités técnicos encargados de suministrar el soporte para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de las Unidades Ambientales Costeras - POMIUC y la toma de decisiones.

Por su parte el INVEMAR en el marco de sus actividades ha venido acompañando y trabajando con el MADS y las comisiones conjuntas en temas de planificación, ordenamiento y para fortalecer sus actividades misionales en el ámbito marino; ejemplo de ello, el apoyo técnico brindado al MADS para el año 2016, trabajando en la incorporación de lineamientos de cambio climático en los POMIAC. Para este proyecto se tomaron como parte de ejercicio de análisis las UAC de la llanura aluvial del sur UACLLAS y la de la alta guajira UAG, trabajando conjuntamente con las comisiones conjuntas de cada UAC en la construcción de lineamientos y una hoja de ruta que permitiera orientar la incorporación de consideraciones de cambio climático en los POMIAC y ayude a implementar la guía técnica para la ordenación y manejo integrado de la zona costera, la cual se encuentra en elaboración, revisión y ajuste.

**Tabla 3.** Comisiones Conjuntas de las Unidades Ambientales Costeras – UACs.

UNIDAD AMBIENTAL COSTERA	INTEGRANTES DE LA COMISIÓN CONJUNTA
UAC Alta Guajira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), quien la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la Corporación Autónoma Regional (CAR) de La Guajira (CORPOGUAJIRA), o su delegado.</li> <li>• Director PNN (en el acta de creación de la Comisión Conjunta no figura, pero fue incluida en un acta posterior).</li> </ul>
UAC Vertiente Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministro(a) de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o su delegado (el Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS), quién la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la Corporación Autónoma Regional (CAR) de La Guajira (CORPOGUAJIRA), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR del Magdalena (CORPAMAG), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la Dirección Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado.</li> <li>• Director(a) del Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente de Santa Marta (DADMA), o su delegado.</li> </ul>
UAC del Río Magdalena, complejo Canal del Dique – Sistema Lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministro(a) de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o su delegado (el Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS) quién la presidirá.</li> <li>• Director(a) Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR del Atlántico (CRA), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR del Canal del Dique (CARDIQUE), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR del Magdalena (CORPAMAG), o su delegado.</li> <li>• El director(a) de la CAR de Sucre (CARSUCRE), o su delegado.</li> <li>• Director(a) del Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA), o su delegado.</li> <li>• Director(a) del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Barranquilla (DAMAB), o su delegado.</li> </ul>



UNIDAD AMBIENTAL COSTERA	INTEGRANTES DE LA COMISIÓN CONJUNTA
UAC Estuarina del Río Sinú y el Golfo de Morrosquillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministro(a) de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o su delegado (el Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quién la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la Dirección Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado.</li> <li>• El director(a) de la CAR de Sucre (CARSUCRE), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR del Canal del Dique (CARDIQUE), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), o su delegado.</li> </ul>
UAC del Darién	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible de Chocó (CODECHOCÓ), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible del Urabá (CORPOURABÁ), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la Dirección Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado.</li> </ul>
UAC Caribe Insular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se encuentra acta de conformación de esta Comisión Conjunta.</li> </ul>
UAC Pacífico Norte Chocoano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible de Chocó (CODECHOCÓ), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la Dirección Territorial Pacífico de Parques Nacionales Naturales de Colombia.</li> </ul>
UAC Baudó-San Juan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible de Chocó (CODECHOCÓ), o su delegado.</li> </ul>
UAC del Complejo de Málaga - Buenaventura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la CAR del Valle del Cauca (CVC), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la Dirección Territorial Pacífico de Parques Nacionales Naturales de Colombia.</li> </ul>
UAC de la Llanura Aluvial del Sur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá.</li> <li>• Director(a) de la CAR de Nariño (CORPONARIÑO), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la CAR del Cauca (CRC), o su delegado.</li> <li>• Director(a) de la Dirección Territorial Pacífico de Parques Nacionales Naturales de Colombia.</li> </ul>

Fuente: Elaboración en el marco de las actividades de la Resolución 478 de 2016 con el MADS, Actividad "Incorporar dentro del ordenamiento ambiental del territorio los ecosistemas marinos, costeros e insulares con consideraciones de cambio climático". \*Todas las comisiones fueron conformadas mediante actas, la información correspondiente a los Integrantes de las mismas fue extraída de dichas actas.



# Capítulo 2

## ESTADO DEL AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



## INTRODUCCIÓN

Partiendo de la definición de ecosistema como: “El sistema completo, incluyendo no sólo el complejo de organismos, sino también todo el complejo de factores físicos que forman lo que se llama medio ambiente (o factores abióticos)” (Tansley, 1935), de los cuales depende el desarrollo de un ser vivo, por lo tanto se puede decir que no es posible hablar de ecosistema sin tener en cuenta los factores abióticos, como el suelo (sustrato), las corrientes, energía solar (la luz, la temperatura), la salinidad, entre otros, ya que son imprescindibles para que la vida se desarrolle en nuestro planeta.

Es por esto que la interrelación entre lo abiótico y lo biótico es inseparable, sus particularidades definen las características de cada ecosistema del planeta y los diferencian; un ejemplo de esto es la temperatura, la cual es determinante para la distribución de los organismos debido a los rangos de tolerancia de éstos.

Por lo anterior, cada ecosistema tiene su particularidad, es decir sin factores abióticos no podría haber factores bióticos y si los primeros se alteran esto afectará a los organismos. Por esta razón, es importante entender la dinámica espacial y temporal de los factores abióticos y su relación con los diferentes ecosistemas presentes en los mares y costas de Colombia. Adicionalmente, para nuestra sociedad es importante conservar el equilibrio en dichos ecosistemas ya que depende de los bienes y servicios que estos le proveen.

## EL AMBIENTE ABIÓTICO

La distribución, composición y estado de los ecosistemas marinos depende en gran medida de las condiciones físicas del ambiente (factores abióticos). Estos a su vez muestran una dinámica espacio-temporal bastante alta, razón por la cual se requieren estudios de detalle. Con el fin de continuar avanzando en el conocimiento de dichos factores, en 2016 se realizaron estudios del clima, de la oceanografía, así como de los fondos marinos y de la evolución de las zonas costeras y marinas de Colombia.

### ▼ Clima

El clima es considerado uno de los principales forzantes de las condiciones oceanográficas. En el año 2016, fue descrita la dinámica del campo de vientos en el Caribe así como el ciclo anual de la precipitación acumulada en las principales ciudades costeras del Caribe Colombiano. Empleando datos del North American Regional Reanalysis (NARR) entre el periodo 1979-2015 con una resolución espacial de 32 km, Bastidas-Salamanca *et al.* (2017) identificaron que la mayor dispersión en dirección del viento a lo largo del ciclo anual, ocurre sobre los 10,5°N, donde los vientos pasan de ser noreste a noroeste. Frente a los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico y Bolívar, se encuentra la mayor desviación estándar (SD) en la magnitud (Figura 3a), lo cual indica que es una zona de alta dinámica a lo largo del año y alta energía, comportamiento que se ve reflejado en condiciones de fuerte oleaje (Mesa García, 2009). Así mismo, ésta mayor variabilidad es responsable de eventos de relajación e intensificación de la surgencia (Lonin *et al.*, 2010), al igual que es un indicio de fuerte actividad intraestacional (Bastidas-Salamanca *et al.*, 2016) y fue la zona identificada como la de mayor diferencia entre máximos y mínimos a lo largo de ciclo anual año (Ricaurte-Villota y Bastidas-Salamanca, 2017).

Por su parte, en la zona costera sur y para los departamentos de Sucre, Montería y Antioquia las desviaciones son menores, indicando que es una zona homogénea en magnitud a lo largo del año. El límite entre estas dos zonas ( $10,5^{\circ}\text{N}$ ) presenta un cambio en la dirección de los vientos, el cual se ve reflejado en el oleaje del sector, cuya procedencia pasa de ser del noreste en La Guajira a noroeste en el golfo de Morrosquillo y los departamentos de Córdoba y Antioquia (Ricaurte-Villota y Bastidas-Salamanca, 2017). Este conjunto de variaciones en el sector sur, provoca que los vientos de diciembre a abril provengan del norte y noroeste; mientras que de mayo a noviembre se presente una dominancia de vientos del oeste.

Adicionalmente, las precipitaciones son reconocidas como uno de los principales forzantes en la zona costera y el conocimiento de su distribución espacial y ciclo anual, es de vital importancia para un país desde el punto de vista económico y social (Mejía *et al.*, 1999). El análisis de datos de las estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) en las principales ciudades costeras, permitió identificar el gradiente espacial previamente descrito por otros autores (Mesa *et al.*, 1997) con menores acumulados al norte y mayores al sur, además de diferenciar los meses en que se presenta los máximos y mínimos. A lo largo de toda la costa Caribe colombiana, los meses de febrero, marzo y abril corresponden a los de menores acumulados (Figura 3); mientras que de mayo a octubre se presentan los mayores, aunque el máximo no ocurre en el mismo mes. En las estaciones más al sur ocurre en el mes de junio; mientras que en las estaciones del norte ocurren en octubre. Un caso particular es la estación de Tolú, donde no se presenta un máximo bien definido en la precipitación y se advierte un comportamiento unimodal, con un periodo seco entre enero y abril y uno de lluvias entre mayo y diciembre (Bastidas-Salamanca *et al.*, 2017).

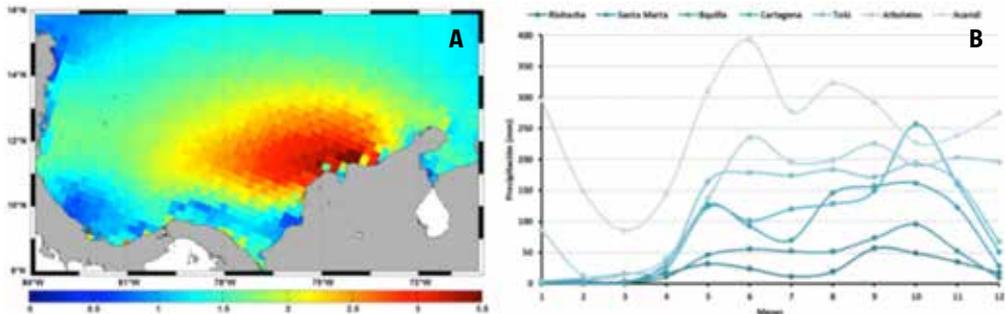


Figura 3. Desviación estándar de la magnitud del viento (A) y ciclo anual de la precipitación en las principales ciudades costeras del Caribe colombiano (B). Modificada de Bastidas-Salamanca *et al.* (2017).

### ▼ Oceanografía

Durante el 2016, se avanzó en el conocimiento de las zonas deltaicas tanto del Pacífico como del Caribe a partir del estudio de los procesos generadores de cambios en la línea de costa. Para la zona norte de Nariño (INVEMAR, 2016b), se utilizó el parámetro de mezcla para valorar los procesos de estratificación de la columna de agua en cada una de las bocananas del delta del Sanquianga, encontrando que se clasifica como parcialmente mezclado y en pocas estaciones se evidenció una columna bien mezclada. Entender

estos procesos resulta relevante, puesto que cuando la capacidad de penetración del mar dentro de la boca del río aumenta, se rompe el equilibrio del flujo que modifica el transporte de sedimentos y finalmente puede causar procesos de erosión (Dyer, 2001). Adicionalmente, los cambios en la línea de costa son algunos de los procesos que se ven impactados por los cambios en la concentración del material particulado (Meadows y Campbell, 1982). Teniendo en cuenta esto, se realizó una aproximación a la dinámica de la pluma turbia del delta empleando datos satelitales del color del océano (Figura 4) y se evidenció que su intensidad en el ciclo anual está más asociada con los vientos que con la precipitación; aunque bajo condiciones de variabilidad climáticas (años ENOS particulares), la asociación con precipitación es más evidente.

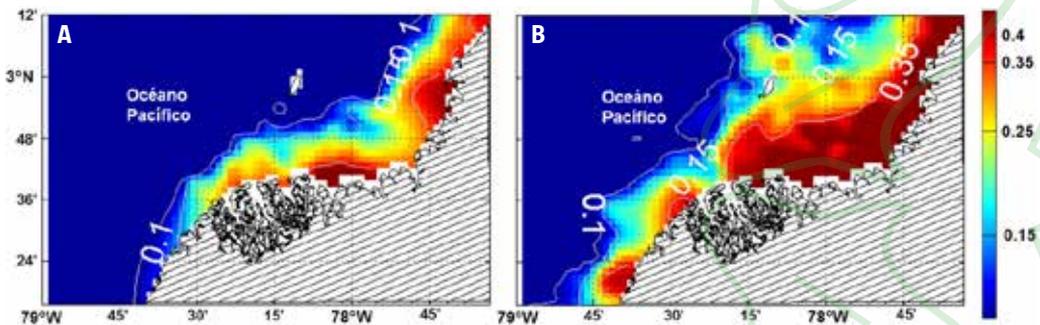


Figura 4. Coeficiente de atenuación de la luz en agosto de 2005 (A) y febrero de 2011 (B). Tomado de: INVEMAR (2016b).

Para el caso del Caribe, fueron estudiadas las condiciones oceanográficas del delta del Sinú empleando imágenes de reflectancias satelitales en la banda del verde (555 nm) del sensor MODIS (INVEMAR, 2016c), la cual ha sido evaluada en diferentes sensores del color del océano para la detección de la señal reflejada por los sedimentos (Acker *et al.*, 2005, Tan *et al.*, 2006 y 2007) y como indicadora de plumas de ríos (Nezlin y DiGiacomo, 2005; Lahet y Stramsky, 2009). El análisis del ciclo anual reveló que entre diciembre y marzo se presentan los valores más altos en el delta del río Sinú, lo cual coincide con los fuertes vientos que marcan el inicio de la época seca, causando resuspensión de sedimentos del fondo (Figura 5). El segundo máximo se presenta en los meses de octubre y noviembre por incremento en las precipitaciones y caudales de las bocas del delta, lo que causa una mayor carga sedimentaria aguas afuera.

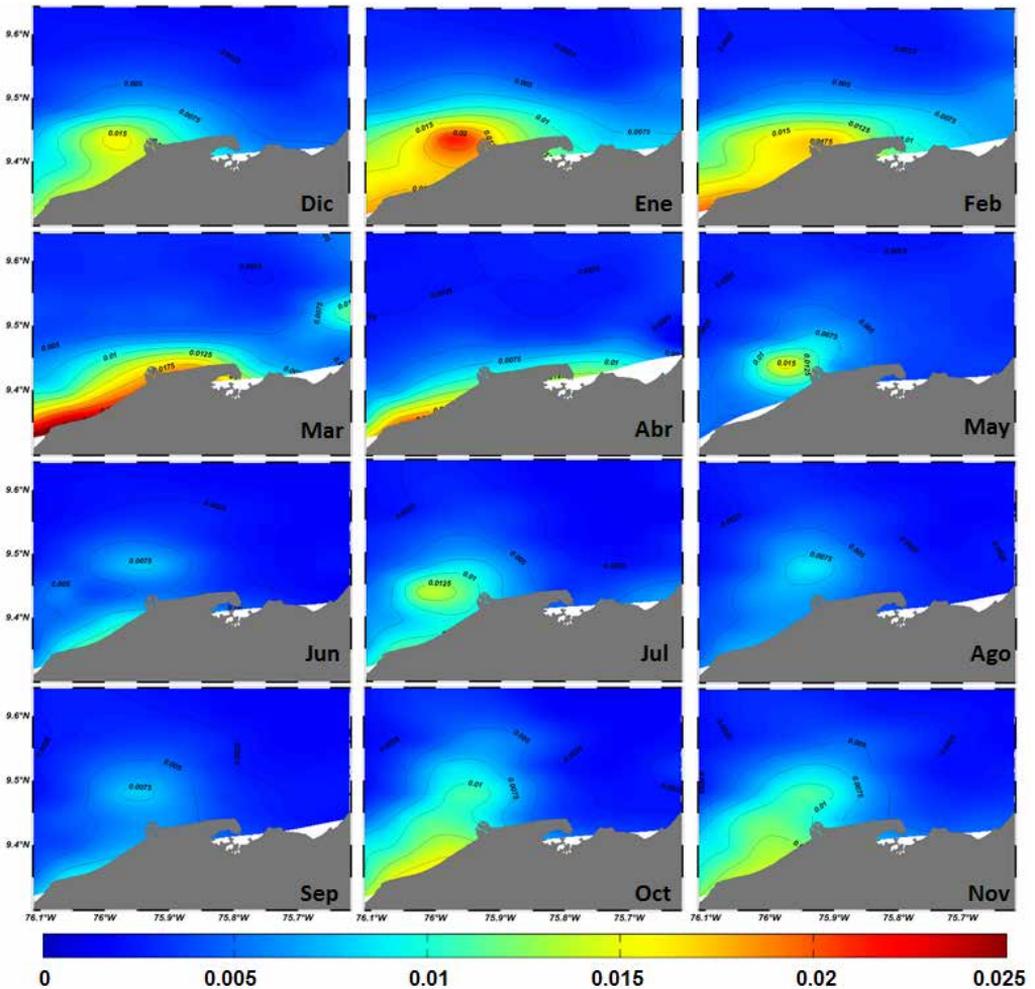


Figura 5. Climatología diciembre – noviembre de reflectancia satelital en los 555 ( $\text{sr}^{-1}$ ) nm frente al delta del Sinú. Tomado de: INVEMAR (2016c).

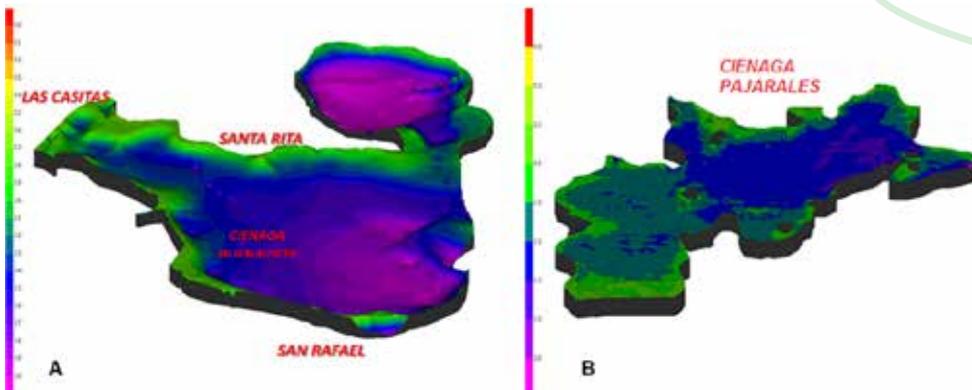
### ▼ Fondos marinos

La importancia de conocer los fondos marinos esta enmarcada en la caracterización del ambiente en cual se desarrollan diversos ecosistemas marinos. Generar conocimiento de la geomorfología submarina y sustratos de fondo proporciona la información base para la gestión del medio marino. Información empleada para conocer y predecir la distribución de los hábitats y especies de fauna y flora que habitan en el fondo marino, así como inferir cuál podría ser el impacto de los procesos geomorfológicos, naturales o

inducidos, que podrían afectar estos ecosistemas. Además, la investigación seria y rigurosa del sustrato marino, permite adquirir datos, con el fin de tomar las medidas necesarias para la gestión, protección y conservación de estos ambientes.

A pesar del gran desconocimiento científico de estos hábitats, el fondo marino es extremadamente importante. Durante el 2016, por medio de estrategias de cooperación entre la Universidad Nacional de Colombia, Universidad de los Andes, Universidad Pontificia Bolivariana y el CIOH, además de la contribución por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Agencia Nacional de Hidrocarburos y empresas de exploración de hidrocarburos, se avanzó en el conocimiento de los fondos de Colombia, como parte del desarrollo científico en áreas estratégicas para la conservación y el manejo ambiental.

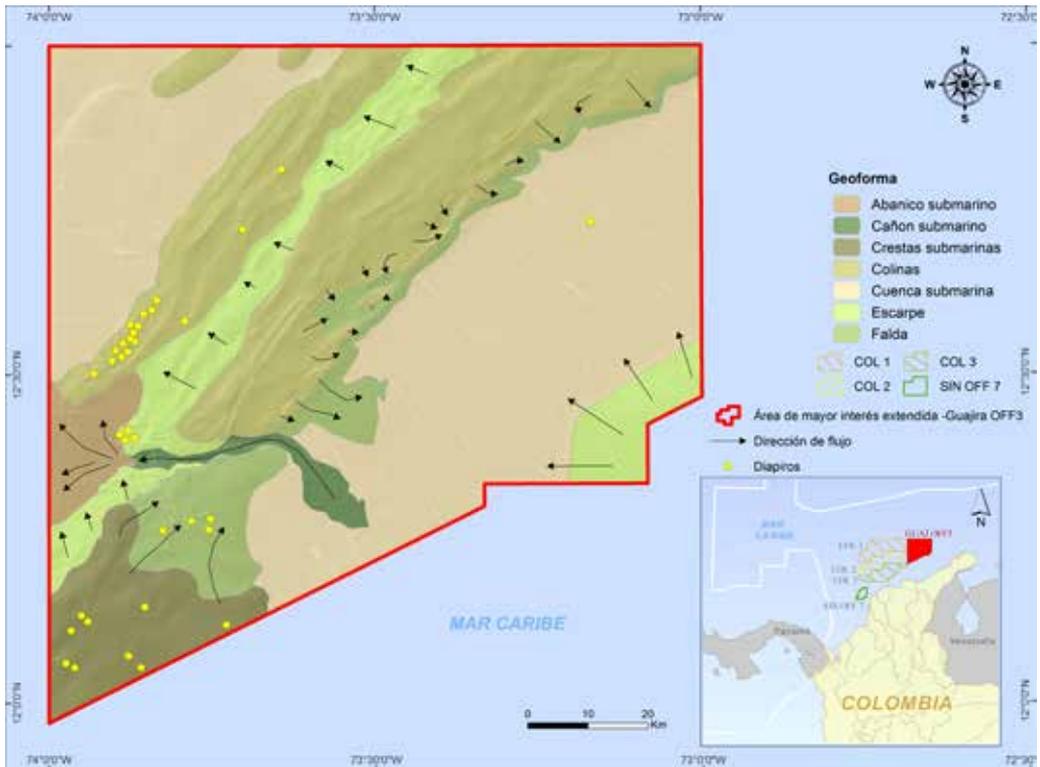
Uno de los ecosistemas marinos-costeros más grandes de Colombia, es la Ciénaga Grande de Santa Marta CGSM y su complejo lagunar. En el conocimiento de los fondos marinos se han realizado proyectos en búsqueda de modelos digitales de profundidad, con el fin de estudiar la dinámica sedimentológica en este sector. Desde el 2009, INVEMAR ha buscado los medios para conseguir el levantamiento de modelos digitales de profundidad, como los realizados por (Posada *et al.*, 2009) y (COLCIENCIAS e INVEMAR, 2015), en los cuales se identificaron cambios batimétricos del fondo, relacionados con una mayor tasa de sedimentación o acumulación de conchas de ostras en la CGSM. Los trabajos previos mencionados se centraron únicamente en el cuerpo de agua principal como un sistema cerrado, que realmente está condicionado al resto del complejo lagunar, razón por la cual se obtuvo la batimetría monohaz de las ciénagas Pajarales, Buenavista (Figura 6), Auyama, Alfandoque, el Conchal, Contrabando y los caños Renegado y Condazo, a una resolución de 0,5 m, (INVEMAR-MADS, 2016).



**Figura 6.** Modelos digitales de profundidad obtenidos para el análisis de fondos marinos en el complejo Lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, A) Ciénaga Buenavista, B) Ciénaga Pajarales.

De manera adicional, se realizó un avance en la investigación offshore del Caribe Colombiano, utilizando información secundaria y aquella que provee el sector privado. Durante el 2016 se trabajaron en total 18.318 km<sup>2</sup> de área, cubriendo los bloques Guajira Offshore 3 (Márquez *et al.*, 2016a), Colombia Offshore 3 (Márquez *et al.*, 2016b), SIN OFF-7 (Márquez *et al.*, 2016c) y Colombia Offshore 1 y 2 (Vides

*et al.*, 2016). La base del nuevo conocimiento generado partió de la batimetría multihaz, permitiendo la interpretación geomorfológica y sedimentológica de fondos marinos, como el observado en el Bloque Colombia Offshore 3 (Figura 7). Además, la realización de cruceros de investigación ha permitido la colecta de 52 núcleos de sedimentos, de los cuales, se han evaluado sus características granulométricas y composicionales, permitiendo ahondar en el conocimiento del estado actual de los fondos marinos previo a las intervenciones antrópicas.



**Figura 7.** Mapa geomorfológico y de procesos morfodinámicos en el Bloque Colombia Offshore 3 y bloques de exploración estudiados en 2016. Adaptado de Márquez *et al.* (2016b).

Otras investigaciones se enfocaron en el conocimiento del fondo marino en la plataforma marina somera, teniendo en cuenta la importancia de los ecosistemas marino-costeros. Se adquirieron registros acústicos superficiales y de profundidad en tres áreas de La Guajira (Manaure, Mayapo, cabo de la Vela) y dos áreas del Chocó (Triganá y Pinorroa), generando así interpretación espacial del tipo de sustrato y ecosistemas bentónicos, como corales y pastos marinos, además se obtuvieron modelos digitales de profundidad, que sirven como base para detectar rasgos dominantes sobre los que se forman tales ecosistemas (Vides *et al.*, 2016).

De igual manera en INVEMAR se adelantó un muestreo de sedimentos a lo largo de ecosistemas someros importantes, y con esta información poder atender actuales y futuras estrategias de conservación y gestión ambiental. Los sectores atendidos en el 2016, corresponden al delta del río Sinú y la zona de puertos en el Magdalena, desde la bahía Santa Marta hasta el municipio de Ciénaga. Se realizaron análisis mineralógicos y granulométricos en sedimentos sobre la costa en áreas adyacentes al delta del río Sinú, identificando la influencia de éste sobre las playas. Al oeste el alcance de los sedimentos llega hasta el sector de Paso Nuevo y al este hasta punta Mestizos (INVEMAR, 2016c). Por otro lado, el mismo análisis sedimentológico en la zona de puertos del Magdalena, permitió destacar el predominio de minerales como cuarzo (58 %), minerales máficos (23 %), feldespato potásico (5 %) y carbonatos (5 %). Los parámetros granulométricos obtenidos de las muestras de playa permitieron evidenciar un aumento del tamaño de grano hacia la época de lluvias en octubre, reflejado en la disminución de los porcentajes de arena muy fina y aumento de los tamaños media y gruesa. Esto estaría directamente relacionado con el mayor aporte sedimentario de los ríos Córdoba, Toribio, Gaira, Manzaneros y la CGSM hacia los sectores de playa localizados en esta zona (INVEMAR, 2016d).

### ▼ Evolución litoral

Los cambios de la línea de costa son vistos como un proceso geomorfológico que puede enmarcarse dentro del corto, mediano y largo plazo, en donde la magnitud, duración y velocidad de dichos cambios, dependerá en buena forma de la geomorfología predominante en un tramo de costa determinado. Así, condiciones progradacionales durante varios años en un tramo costero permitirán el desarrollo de complejos de crestas y artesas de playas, campos de dunas o en escala regional llanuras costeras. Por el contrario, en costas erosivas o transgresivas, se presentarían: escarpes, acantilados, dunas escindidas y secuencias de sedimentos de grano creciente (COLCIENCIAS y INVEMAR, 2012).

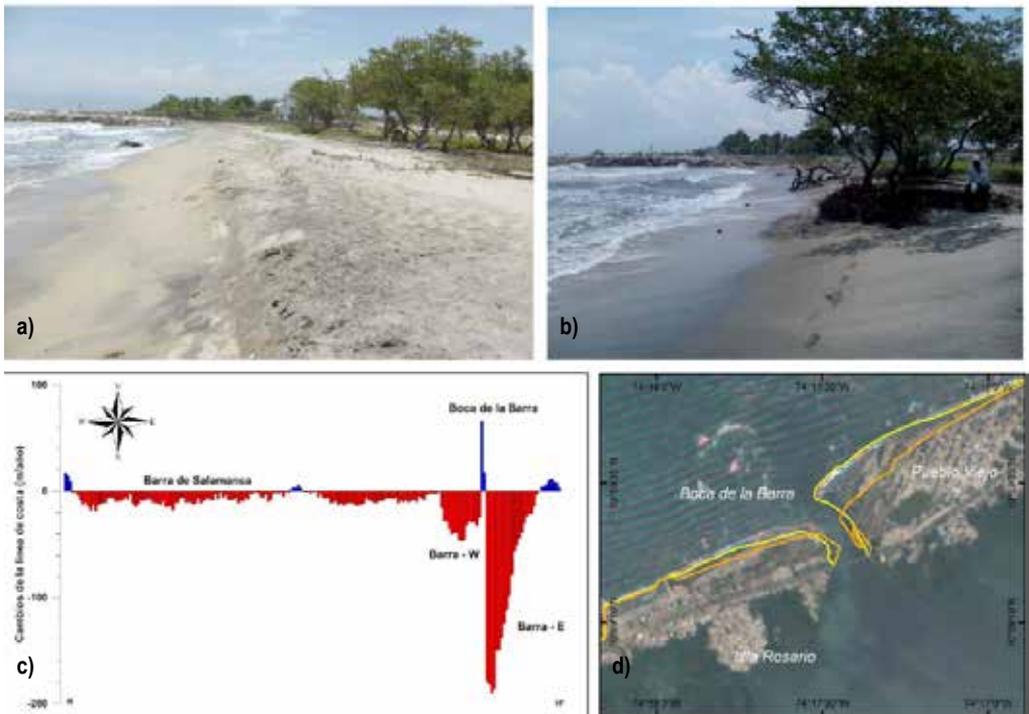
El tiempo que toma la configuración de un tramo litoral y el de las unidades geomorfológicas asociadas, puede tomar desde minutos (eventos episódicos), horas o días (corto plazo), meses (mediano plazo), décadas (largo plazo), o siglos (muy largo plazo). En este último se incluyen eventos cuantificables a escala de tiempo geológico (miles de millones de años). De esta forma, la periodicidad de los procesos físicos que tienen lugar sobre la zona costera determina la durabilidad de las geoformas. De igual manera sucede con las variaciones sobre el perfil de playa las cuales tienen una recurrencia en términos de días a meses (corto a mediano plazo), mientras que los cambios en planta son cuantificables en términos de años (largo plazo). Según esto, la cuantificación de los cambios en la línea de costa en lapsos cortos, representarán solo los cambios estacionales; mientras que para cuantificar las tendencias en el largo plazo, se hace necesario acceder a una serie de tiempo en imágenes o datos que incluyan varios años (COLCIENCIAS y INVEMAR, 2012)

Durante el año 2016 se evaluó la evolución de línea de costa para algunos sectores de los litorales Caribe y Pacífico, por medio del levantamiento de perfiles de playa e interpretación y análisis de imágenes satelitales. Estos estudios se adelantaron en los departamentos de Magdalena, Córdoba y Valle del Cauca.

Para el departamento del Magdalena, se dio continuidad al estudio de la evolución del litoral a corto plazo sobre sectores puntuales comprendidos entre la CGSM y la bahía de Santa Marta. Durante el moni-

toreo realizado en los meses de marzo, mayo y octubre de 2016; las zonas que presentan mayor variación morfológica asociada a procesos erosivos corresponden a: 1) el costado oeste de la boca de la Barra en la CGSM registrando un retroceso de 5 m en el frente de playa, que marca la tendencia mostrada para la época climática seca y húmeda en años anteriores, sin recuperación estacional del perfil (INVEMAR, 2016e) (González *et al.*, 2016); 2) el sector de playa Salguero sur centro y norte, con retrocesos de playa que están en el orden de los 8 a los 15 m siendo la parte norte la de mayor afectación y déficit en los aportes de arena; 3) en la playa denominada bahía Calle 10 los cambios morfológicos por erosión son de 10 m, diferente a la estabilidad mostrada en años anteriores. El resto de los sectores monitoreados como playa del Rodadero, bahía Calle 22 y playa Los Cocos no presentan cambios morfológicos significativos, este último con una recuperación del perfil y playa trasera de 4 m, por lo que se consideran estables.

Por otro parte se monitoreó a 5 km de línea de costa en la boca de la Barra entre el año 2015 y 2016 a una escala de detalle, mostrando procesos erosivos en el 95 % del sector. Los retrocesos en la boca fueron producto de la migración de los depósitos de estas barras hacia la parte interna del canal a tasas de hasta 47 m/año en el costado oeste de la boca (Figura 8).

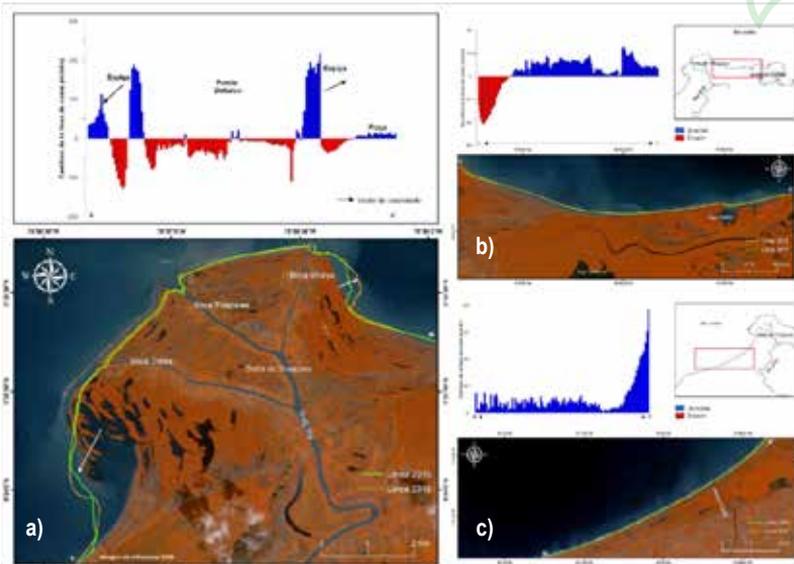


**Figura 8.** a y b) Estado de la erosión sector boca de la Barra marzo y noviembre de 2016 c) Cambios de la línea de costa 2015 - 2016 boca de la Barra (INVEMAR, 2016e).

En el departamento de Córdoba se continuó el análisis de la evolución de la línea de costa para las zonas del delta de Tinajones, la espiga de Mestizos y sectores aledaños, en donde se involucraron datos de 2015 a 2016. La línea de costa del delta de Tinajones a lo largo de 6 km presenta procesos erosivos, con un mayor efecto en su costado oeste entre la boca Tinajones y boca Corea a tasas máximas de erosión de 80 m/año, este sector se caracteriza por pérdida de playa, retroceso del manglar de borde y la comunicación de pequeñas lagunas con el mar. Entre la boca de Tinajones y boca Mireya al costado este, las tasas de erosión están por debajo de los 30 m/año y se asocian a las zonas de playa.

Aunque los procesos erosivos predominan en el frente deltaico, en ambos extremos del delta actualmente ocurren procesos de acreción por la progradación de espigas, lo cual forma un crecimiento horizontal del delta con mayor influencia hacia la parte suroeste y donde se registran los mayores cambios morfológicos por la evolución de la espiga de Corea y la formación de barras, zonas de playa y lagunas costeras que son consolidadas por vegetación de manglar (Figura 9). Las tasas máximas de acreción son de 190 m/año, aunque en la parte sur de la espiga muestra retrocesos de hasta 125 m/año debido al transporte del material no consolidado.

La línea de costa de la espiga de Mestizos y el sector La Balsa – playa del Viento que ha mantenido una tendencia erosiva (INVEMAR, 2016c) evidencia, en el período actual, procesos de acreción con tasas máximas 26 m/año y 77 m/año respectivamente, que pueden estar condicionados por los aportes sedimentarios según la época del año (Figura 9b). La disminución en las tasas de erosión puede deberse a la transición entre el año El Niño (2015) a una fase neutra del ENOS.



**Figura 9.** Cambios de la línea de costa 2015 – 2016. a) Sector delta de Tinajones b) Sector Espiga de Mestizos c) Sector La Balsa – playas del Viento (INVEMAR, 2016c).

En el litoral Pacífico se estudió la evolución de la línea de costa del Valle del Cauca para el período 1986 a 2016 obteniendo como resultado hacia el sur del departamento una variación típica de la línea de costa relacionada con la dinámica oceánica y fluvial sobre las playas, las islas barreras y los manglares. La boca de los ríos y los esteros son los de mayor dinámica evolutiva; los resultados mostraron tasas de pérdida que alcanzaron los 30 m/año y valores de ganancia de hasta 62 m/año (INVEMAR, 2016f).

### ▼ Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera

Siguiendo la metodología propuesta en (Ricaurte-Villota *et al.*, 2015) se adelantaron los análisis de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera en los departamentos de Chocó en la región Pacífico, la isla de San Andrés y cayo Serrana en la región Caribe.

En el departamento del Chocó, los resultados presentaron que de 844,6 km de línea de costa el 1 % se encontró en amenaza muy alta (0,772 km), el 32 % en amenaza alta (270,8 km), 62 % en media (525,3 km) y el 5 % en baja (47,5 km). Adicionalmente, se evaluaron 39 poblaciones costeras, 12 poblados tienen vulnerabilidad alta (31 %), 15 poblados media (38 %) y 12 vulnerabilidad baja (31 %); siendo un departamento prácticamente con una tendencia a superar el 50 % de su grado de incapacidad ante la erosión costera, siendo la zona sur la más crítica al respecto (INVEMAR - MADS, 2016b).

En la isla de San Andrés se observó que de 44,3 km de línea de costa, el 20 % se encuentra en amenaza alta (8,7 km), el 39 % en clase media (17,3 km) la cual es la de mayor valor, la amenaza baja presentó valores altos y corresponde al 34 %, lo que equivale 15 km, por último se presentaron valores de amenaza muy baja que representan el 7 %, solo 7,3 km de línea de costa. En la isla de San Andrés se analizaron 15 zonas pobladas, de las cuales 4 presentaron vulnerabilidad baja (27 %) y 11 vulnerabilidad media (73 %), lo que en general representa que isla mantiene una tendencia media en el grado de susceptibilidad o incapacidad de hacerle frente a la erosión costera (INVEMAR - MADS, 2016b).

Por último, cayo Serrana en su parte emergida, tiene una longitud de línea de costa 2.520 m, de la cual el 54 % se encuentra en amenaza abaja (1.368 m) y el 46 % en muy baja (1.152 m). La vulnerabilidad para el cayo es en su totalidad en clasificación media (INVEMAR - MADS, 2016b).

De 841,5 km de línea de costa estudiados en 2016, el 0,08 % encuentra en amenaza muy alta, el 31,3 % en amenaza alta y el 60,8 % en amenaza baja, lo que suma un 92,2 %, es decir que 823,1 km tienen más del 50 % de probabilidad de que se vean afectados por la erosión costera.

Los resultados de 2016 de los estudios de evaluación de la vulnerabilidad por erosión costera presentaron que: de 55 poblados estudiados, 12 se encuentran en vulnerabilidad alta, 27 en media y 16 en baja, lo que quiere decir que el 71 % de los poblados se encuentran en vulnerabilidad media y alta, que en consecuencia denotan que la gestión del riesgo ante la erosión costera es muy baja y se tienen poblaciones no resilientes ante esta amenaza.

## INDICADOR DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD POR EROSIÓN COSTERA

### Definición e importancia del indicador

A través de los años se han desarrollado diferentes conceptos referentes a la amenaza y vulnerabilidad, González (1990) define la amenaza como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno a cierta magnitud que pueda causar daño. La vulnerabilidad es definida como la característica de una persona o grupo con base en su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural (Blaikie *et al.*, 1996). La erosión costera es una de las amenazas naturales de origen marino que afectan el territorio colombiano y se define como el avance del mar sobre la tierra, medido en un período de tiempo suficientemente amplio para eliminar las fluctuaciones del clima, de las tormentas y de los procesos sedimentarios locales (Comisión Europea, 2005).

El indicador presenta la extensión en kilómetros de línea de costa con amenaza y vulnerabilidad por erosión costera alta y media con respecto al total de la línea de costa de cada departamento evaluado hasta 2016. Se utilizan las categorías media y alta porque corresponden al 50 % y 90 % de probabilidad de ocurrencia en lo que corresponde a amenaza y afectación en la vulnerabilidad.

La importancia de este indicador radica en que se convierte en una herramienta para la toma de decisiones, ya que muestra para cada uno de los entes territoriales la extensión lineal de la porción costera que puede ser afectada y de zonas vulnerables de su jurisdicción, frente al fenómeno de erosión costera.

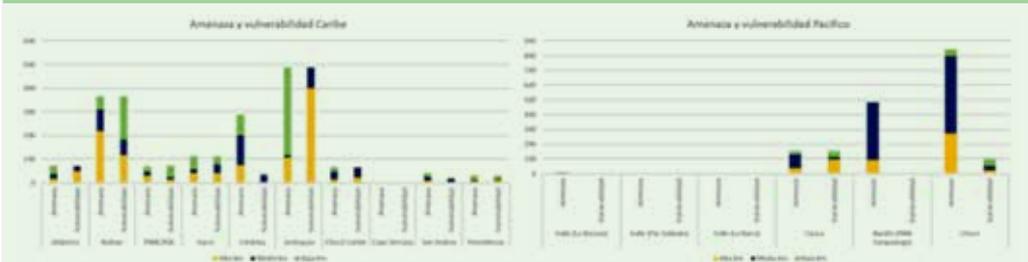
### Fuente de los datos e información

Los datos fueron obtenidos de diferentes proyectos realizados por INVEMAR, en algunos casos en asocio con otras instituciones (MADS & INVEMAR, 2016; MADS & INVEMAR, 2015; CVS & INVEMAR, 2015; INVEMAR, 2014a; INVEMAR, 2014c; INVEMAR, 2014d; INVEMAR, 2013a; INVEMAR, 2013b; INVEMAR *et al.*, 2012; Alcaldía de Cartagena de Indias *et al.*, 2014).

### Período reportado

Los resultados que aquí se presentan corresponden a estudios publicados entre 2012 y 2016.

### Reporte o cálculo del indicador



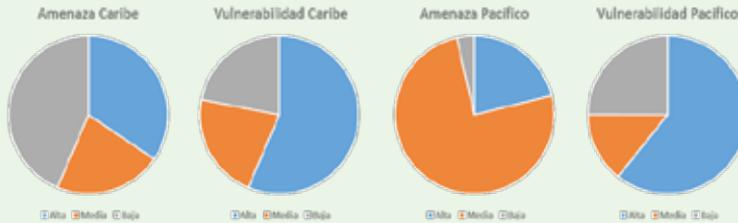
**Figura 10.** Kilómetros de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad alta, media y baja en Colombia.

### Interpretación de los resultados

De la línea de costa estudiada en el Caribe, el 33,5 % se encuentra en amenaza alta y el 52 % en vulnerabilidad alta (Figura 11). Por su parte, sobre el litoral del Pacífico colombiano el 27,5 % se encuentra amenaza alta y el 45,9 % en vulnerabilidad alta (Figura 11). El departamento de Bolívar presenta la mayor extensión (kilómetros) de línea de costa en amenaza alta y el departamento de Antioquia la mayor porción de línea de costa (kilómetros) con vulnerabilidad alta. En el Pacífico el departamento de Chocó tiene la mayor extensión (kilómetros) de línea de costa en amenaza alta y el Cauca la mayor (kilómetros) en vulnerabilidad alta.

**Tabla 4.** Proporción de línea de costa en erosión determinados para cada litoral.

Zona	Línea de costa (km)	Amenaza	Porcentaje	Vulnerabilidad	Porcentaje
		Alta (km)		Alta (km)	
<b>Caribe</b>	1.540,9	516,7	33,5	659,5	52,0
<b>Pacífico</b>	1.492,4	410,8	27,5	118,3	45,9



**Figura 11.** Proporción de línea de costa bajo amenaza y vulnerabilidad para el Caribe y el Pacífico.

#### Limitaciones del indicador

Para un mejor entendimiento del indicador es necesario la espacialización de los datos, que se pueda insertar en los mapas de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera, para facilitar la labor de los planificadores, ordenadores y tomadores de decisiones.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Realizar el levantamiento de información en la línea de costa de los departamentos faltantes, hasta completar todo el territorio costero colombiano. En los departamentos donde se realizó el análisis solo en los poblados, ampliarlo a toda su línea de costa.

## ▼ Estado de la calidad de las aguas marino-costeras del Caribe y Pacífico colombianos

En Colombia, las aguas marino-costeras están sometidas a diversos tensores ambientales naturales y antropogénicos que están relacionados con las fuentes terrestres y marinas de contaminación que afectan la calidad del recurso hídrico y ponen en riesgo los ecosistemas. Como estrategia para el seguimiento de estos tensores, se han desarrollado herramientas como los índices de calidad del agua – ICA que permiten la interpretación de los cambios ambientales, a través de la integración de información fisicoquímica y biológica, representada en una simbología sencilla para los tomadores de decisiones

El INVEMAR en el marco del programa nacional de monitoreo de la Red de vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM implementó el índice de calidad de aguas marino-costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM<sub>PF</sub>), como una herramienta para interpretar la tendencia y variaciones de la calidad del agua a una escala nacional, regional y local, considerando la ocurrencia de fenómenos naturales y actividades antrópicas. En este informe se presenta el análisis de los datos colectados entre los años 2001 y 2015 por el sistema de monitoreo REDCAM que es una actividad interinstitucional en la que participan CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CAR-SUCRE, CVS, CORPOURABA, CODECHOCO, CVC, CRC, CORPONARIÑO y el INVEMAR.

**INDICADOR DE CALIDAD AGUAS**

**Definición e importancia del indicador**

El Índice de calidad de aguas marinas y costeras para la preservación de la flora y fauna (ICAM<sub>PF</sub>) es un indicador de estado que facilita la interpretación de las condiciones naturales y el impacto antropogénico de las actividades humanas sobre el recurso hídrico marino, en una escala de valoración de cinco categorías de calidad definidas entre 0 y 100 (Tabla 5).

**Tabla 5.** Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM (Vivas-Aguas, 2011).

Escala de calidad	Color	Categorías	Descripción
<b>Óptima</b>	Azul	100-90	Calidad excelente del agua
<b>Adecuada</b>	Verde	90-70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
<b>Aceptable</b>	Amarillo	70-50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso
<b>Inadecuada</b>	Naranja	50-25	Agua que presenta muchas restricciones de uso
<b>Pésima</b>	Rojo	25-0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

Para mayor información consultar la hoja metodológica en: <http://indicadores.invemar.org.co/icam> y <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/indicadores-ambientales-iaii>

El ICAM<sub>PF</sub> permite integrar la información de ocho variables (oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, y coliformes termotolerantes), en una ecuación de promedio geométrico ponderado. Estas variables representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua en función de los valores de referencias o criterios de calidad nacionales o internacionales para la preservación de la flora y fauna (Vivas-Aguas *et al.*, 2015).

$$ICAM = \left( \prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}}$$

**(Ecuación 1)**

Donde:

ICAM = es la calidad del agua en función de la destinación del recurso.

$$ICAM = [(X_{OD})^{0.16} \times (X_{pH})^{0.12} \times (X_{SST})^{0.13} \times (X_{DBO})^{0.13} \times (X_{CTE})^{0.14} \times (X_{HAT})^{0.12} \times (X_{NO3})^{0.09} \times (X_{PO4})^{0.13}]^{1/w_i}$$

X<sub>i</sub> = subíndice de calidad de la variable i

W<sub>i</sub> = factor de ponderación para cada subíndice i según su importancia dentro del ICAM, el cual es ponderado entre cero y uno.

**Fuente de los datos e información**

Base de datos del sistema de información del programa nacional de monitoreo de la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. INVEMAR/REDCAM-SIAM. <http://cinto.invemar.org.co/siam/redcam/index.jsp>.

**Periodo reportado**

Años 2001 al 2015, frecuencia semestral.

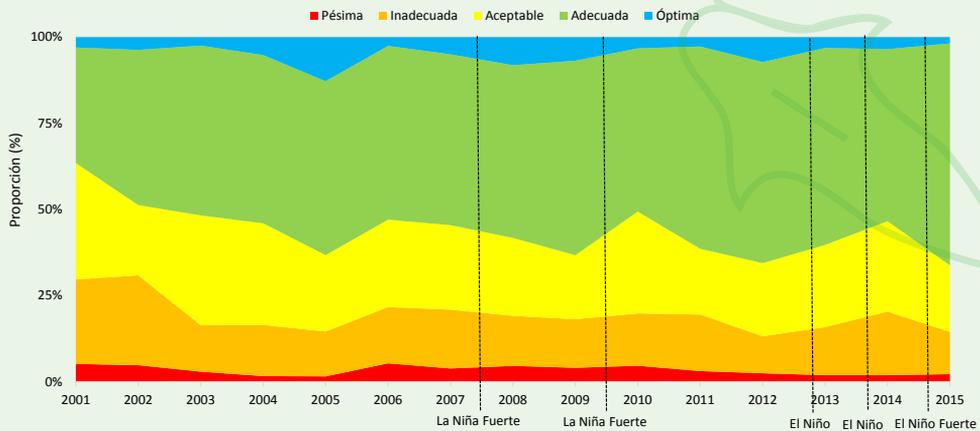
## Reporte o cálculo del indicador

Se presenta el análisis histórico del ICAM<sub>PF</sub> con los datos del monitoreo en el período 2001 a 2015, mostrando un análisis evolutivo de la tendencia interanual. Para el año 2015, se describe el indicador de forma detallada, teniendo en cuenta las épocas climáticas y la ubicación (departamentos- zonas).

## Interpretación de los resultados

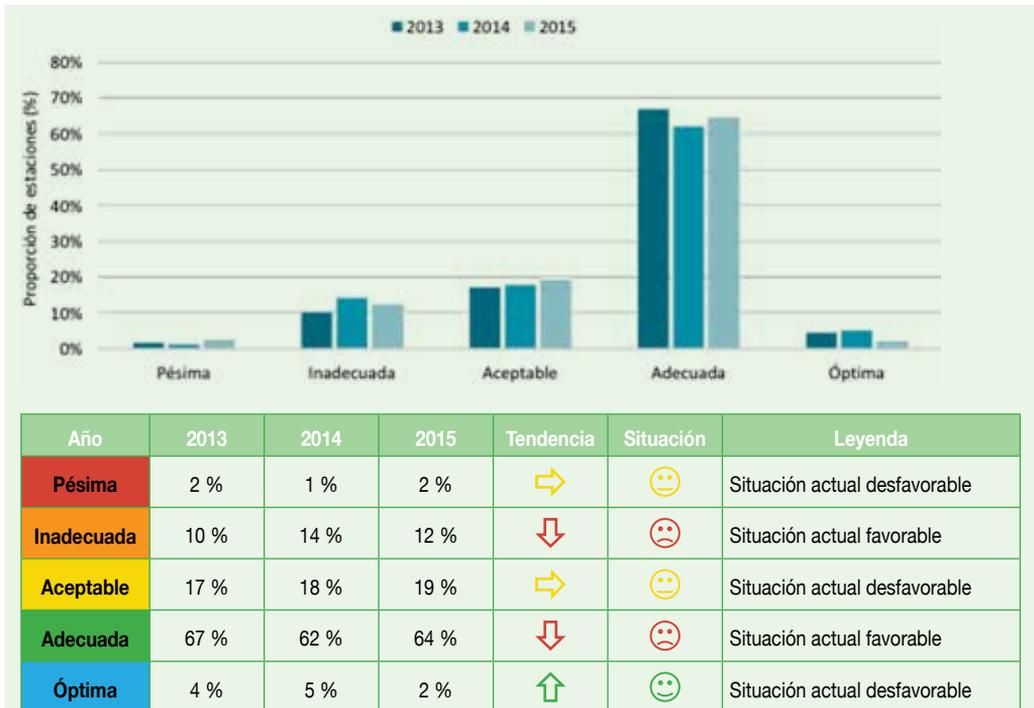
El ICAM<sub>PF</sub> calculado para determinar la calidad del agua marino-costera ha presentado variaciones interanuales marcadas y una tendencia histórica fluctuante entre 2001 y 2015 (Figura 12). Estas variaciones están relacionadas a manera general, con la dinámica costera y con eventos climáticos como La Niña y El Niño, así como el recurrente manejo inadecuado de residuos en algunos sitios que han contribuido a los cambios en la calidad del agua.

Entre 2001 y 2005 se observó una mejoría de la calidad del agua alcanzando en el 2005 calidad óptima en el 16 % de las estaciones. Durante el 2006, las condiciones cambiaron, aumentando hasta un 7 % los sitios de pésima calidad y disminuyendo las estaciones con calidad adecuada y óptima. Entre los años 2007 y 2012, se presentó un progresivo deterioro de la calidad del agua con variaciones influenciadas por las excesivas lluvias en las regiones Caribe y Pacífico, atribuidas a la ocurrencia del evento La Niña de intensidad fuerte, especialmente entre 2010 y 2011 época en la que ocurrió el evento La Niña más fuerte de los últimos años (IDEAM, 2014b).



**Figura 12.** Evolución histórica del índice de calidad del agua marino-costera (ICAM<sub>PF</sub>) en el periodo 2001 a 2015.

Entre el 2013 y 2015 (Figura 13), la tendencia al deterioro de la calidad del agua se mantiene, la calidad óptima bajó del 5 % al 2 %, indicando aguas con restricciones para un uso adecuado de preservación de flora y fauna.



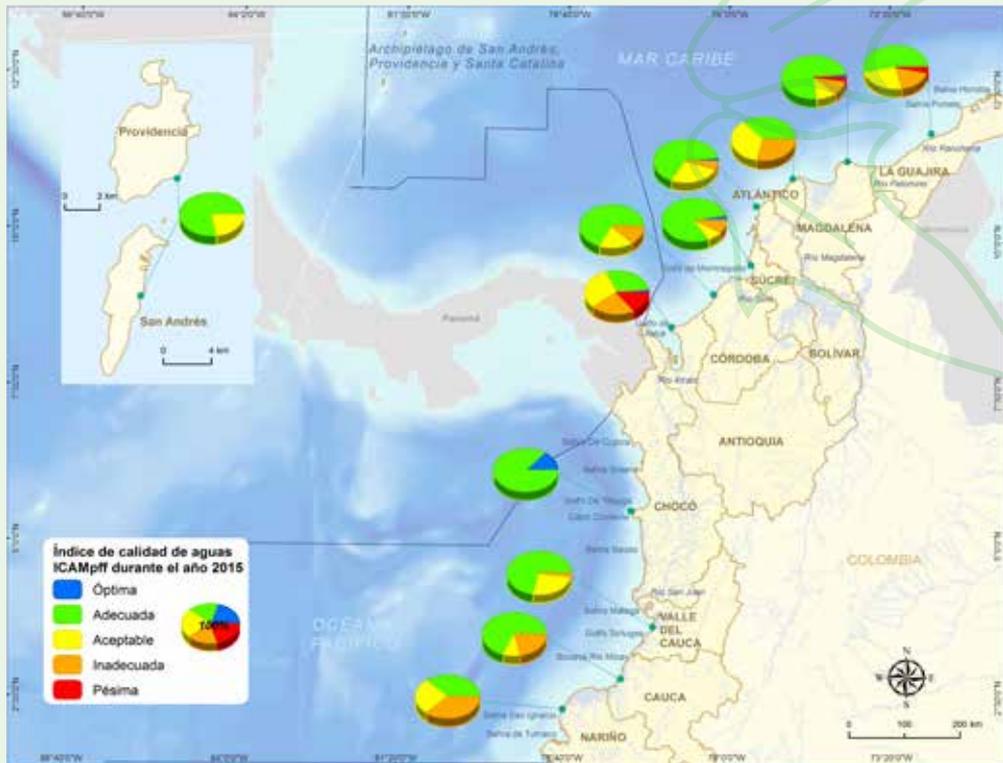
**Figura 13.** Tendencia de los cambios en la calidad del agua marino – costera evaluada con el ICAM<sub>PF</sub> entre los años 2013 y 2015.

El análisis detallado para el año 2015, mostró que la calidad del agua estuvo influenciada por el periodo de sequía más fuerte de los últimos 35 años, producido por la ocurrencia de un evento “El Niño” de moderado a fuerte (IDEAM, 2016a). En la costa Caribe el ICAM<sub>PF</sub> osciló entre calidad pésima y óptima (Figura 14a; Figura 15), con una mayor proporción de estaciones con calidad adecuada (63 %) y un 3 % de calidad pésima (Figura 14a; Figura 15). Cabe destacar que en el mes de abril, (Figura 14a; Figura 15), la playa Camarones (La Guajira) presentó condición pésima, debido a las concentraciones de nitratos y sólidos suspendidos totales; en los meses de septiembre y noviembre, la condición pésima se presentó en los departamentos de Magdalena en la zona de Santa Marta (muelle de cabotaje-calle 10) y en Antioquia en las zonas del golfo de Urabá (playa Lechugal) y San Juan de Urabá (desembocadura del río Volcán, playas de Arboletes y Uveros). Este resultado se debió a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, el aumento en el número de microorganismos de origen fecal y las altas concentraciones de nitratos y fosfatos, lo cual coincidió con los meses durante los cuales se acentuó la sequía (IDEAM-Instituto de Hidrología, 2016).

En el Pacífico, el ICAM<sub>PF</sub> osciló entre calidad inadecuada (11 %) y calidad óptima (1 %), sin presentar estaciones en pésimas condiciones, a diferencia del Caribe, pero con incremento del 67 % de las condiciones adecuadas (Figura 14b). Se destaca que las condiciones inadecuadas se presentaron en el mes de mayo en el Valle del Cauca zona bahía Málaga (frente al muelle de Juanchaco), en el departamento del Cauca, en abril en la zona de Guapi (frente Guapi – boya) (Figura 14b; Figura 15) y en octubre en las zonas de López-Timbiquí (bocana Timbiquí y frente Micay) y Guapi (frente Guapi - boya) (Figura 14; Figura 15); y en el departamento de Nariño en septiembre y noviembre en las zonas Ensenada de Tumaco (estación frente a ríos, y las playas de Bocagrande y El Morro) y en la costa norte de Tumaco (playas Mosquera y Pasacaballos) (Figura 14; Figura 15), condiciones que se atribuyen a las concentraciones de Coliformes termotolerantes, fosfatos y sólidos suspendidos totales.



**Figura 14.** Distribución porcentual (%) de la calidad del agua marino-costera evaluada con el ICAM<sub>PFF</sub> en los departamentos costeros de la región Caribe colombiano en el año 2015, a) Proporción de calidad en la región Caribe; b) Proporción de calidad en la región del Pacífico.



**Figura 15.** Estado de la calidad del agua marino-costera evaluada con el ICAM<sub>PFF</sub> en los departamentos costeros de las regiones Caribe y Pacífico colombianos, durante el año 2015.

La serie histórica del ICAM<sub>PF</sub> mostró fluctuaciones en la calidad del agua marino-costera no solo por la influencia antropogénica, sino por la ocurrencia de los eventos “El Niño” y “La Niña” que modificaron las condiciones del recurso en la zona costera.

En el 2015 el ICAM<sub>PF</sub> mostró una mejoría en la calidad del agua, con el aumento de estaciones en condición adecuada, sin embargo, se mantiene la recurrencia de pésimas condiciones, en algunos sitios, debido a la influencia de altas concentraciones de microorganismos de origen fecal (coliformes termotolerantes), nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos), sólidos en suspensión y la disminución de la disponibilidad de oxígeno disuelto, producto del inadecuado manejo de residuos, falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales y el crecimiento de las actividades antropogénicas en las zonas costeras del país.

#### Limitaciones del indicador

El ICAM<sub>PF</sub> está formulado para estimar principalmente la calidad del agua con fines de preservación de flora y fauna en cuerpos de agua marino-costeros. Se recomienda excluir aplicaciones en aguas típicamente continentales o estuarinas (p.e. Ciénaga Grande de Santa Marta – Caribe colombiano), teniendo en cuenta que las características propias de otros sistemas no son compatibles con las que determina de este índice, y los resultados no estarían acorde con la calidad esperada.

Para calcular el ICAM<sub>PF</sub> no debe existir ausencia de datos, sin embargo, si por alguna razón falta una de las variables requeridas, la ecuación de agregación permite soportar el cálculo del ICAM<sub>PF</sub> con un mínimo de variables, pero debe tenerse en cuenta el margen de confianza del resultado.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Debido a que el ICAM incorpora en su estructura de cálculo variables que obedecen a cambios naturales y antropogénicos en la calidad del agua marino-costera, la representación del resultado esperado es adecuada, siempre y cuando los datos se hayan obtenido mediante técnicas analíticas validadas con metodologías ampliamente usadas y validadas y métodos sensibles a la matriz marina que permitan comparar los resultados en una escala nacional o internacional.

Como alternativas de manejo del estado de contaminación identificado por el ICAM<sub>PF</sub> se propone adoptar medidas de seguimiento e investigación descritas en la Tabla 6, para identificar la causa y la fuente o fuentes del deterioro del agua, de manera que sirva para diseñar las medidas de reducción o mitigación del impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado.

**Tabla 6.** Opciones de medidas que se pueden adoptar según la valoración del indicador (ICAM). Modificado de Marin *et al.* (2011).

Escala de calidad	Categorías	Opciones de medidas a adoptar
<b>Óptima</b>	100-90	Continuar con el monitoreo
<b>Adecuada</b>	90-70	Caracterización, diagnóstico, verificación
<b>Aceptable</b>	70-50	Monitoreo y evaluación: fisicoquímicos y tóxicos semestral
<b>Inadecuada</b>	50-25	Monitoreo /bioensayos/ medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos plan de contingencia trimestral
<b>Pésima</b>	25-0	Monitoreo y seguimiento /bioensayos/ evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral

## BIODIVERSIDAD MARINA

Para el Convenio de Diversidad Biológica (Ley 165 de 1994) es claro el valor intrínseco de la diversidad biológica, así como de los valores ecológicos, genéticos, sociales, educativos, económicos, científicos, culturales al igual que de la falta de información y conocimiento de la diversidad biológica (Bello *et al.*, 2014), por lo que, por parte del Estado, se hace preponderante desarrollar tecnologías y capacidades científicas que permitan conocerla y protegerla. Dentro del proceso de toma de conciencia por parte del estado y los ciudadanos se han ido generando normas que propenden por la protección y conservación de ecosistemas marinos hasta hace poco desprotegidos. La más reciente, la Ley 1450 de 2011 o Plan Nacional de Desarrollo, en su artículo 207 prohíbe en arrecifes de coral y manglares el desarrollo de actividades mineras, exploración, explotación de hidrocarburos, acuicultura, pesca industrial de arrastre y la extracción de componentes de corales para la elaboración de artesanías. Así mismo, para el ecosistema de pastos marinos restringir parcial o totalmente el desarrollo las actividades anteriores.

### Ecosistemas y habitats

#### ▼ Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos son estructuras ciclópeas que modifican dramáticamente el fondo marino creadas por diminutos seres llamados pólipos. Estos seres secretan carbonato de calcio y son conocidos como corales duros o escleractíneos (Cairns, 1999; Von Prahl y Erhardt, 1985; Díaz *et al.*, 2000; Reyes *et al.*, 2010). Son propios de aguas someras, cálidas, por lo que se les observa más comúnmente alrededor de los trópicos por todo el mundo. Los arrecifes creados pueden tener tamaños de miles de kilómetros de extensión y generan entre otras cosas hábitat, alimento, protección para más de 25 % de especies marinas (EPA, 2012). Son muchos los bienes y servicios que le brinda a la humanidad generando desde protección costera hasta generados de divisas por buceo y turismo. Es importante continuar monitoreando, investigando, conociendo y preservando estos ecosistemas que hoy por hoy son el ecosistema emblemático de la humanidad pero atraviesan serias amenazas contra su conservación (Burke *et al.*, 2011).

#### ▼ Localización y distribución

Las áreas coralinas del país comprenden por lo general, además de los arrecifes de coral o formaciones coralinas que le dan su nombre, una serie de biotopos y habitats asociados, usualmente distribuidos en forma de mosaico, cuya localización pueden ser determinada según la escala espacial de análisis, a partir de la naturaleza física del sustrato (geomorfología, sedimentología, etc.) y los componentes bióticos que cubren el fondo principalmente (coral, algas, pastos marinos, esponjas, octocorales, etc.). Con base en la revisión del Mapa Nacional de Ecosistemas Acuáticos, Continentales, Costeros y Marinos a escala 1:100.000, al interior de las áreas coralinas colombianas, los arrecifes de coral abarcan una extensión total de 290.000 ha, de las cuales aproximadamente 109.100 ha comprenden fondos con alta cobertura coralina donde la estructura del ecosistema es conspicua (INVEMAR, 2014).

**INDICADOR DE CONDICIÓN-TENDENCIA PARA ARRECIFES DE CORAL - ICT<sub>AC</sub>**

**Definición e importancia del indicador**

El indicador de condición tendencia de áreas coralinas (ICT<sub>AC</sub>) es un indicador de estado que permite establecer de manera inicial la condición del ecosistema y con seriales de datos, las tendencias de la estructura ecológica en áreas coralinas hasta 30m de profundidad, a partir de cuatro variables: corales, algas, peces arrecifales carnívoros y herbívoros (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014). El resultado del ICT<sub>AC</sub> es estimado por un promedio aritmético y es específico para el conjunto de estaciones de un área, no se recomienda extrapolarlo a nivel nacional como un solo valor. Cada una de las cuatro variables que conforman el indicador, se clasifican según escalas de referencia para el Caribe y Pacífico colombianos como: deseable, buena, regular, alerta y no deseable (Tabla 7). La importancia de este indicador radica en su fácil aplicabilidad como herramienta para el monitoreo estandarizado de arrecifes de coral, permitiendo una comunicación comprensible e inspiradora para aumentar el impacto en la conservación colectiva del ecosistema.

$$ICT_{AC} = \frac{CCV + CMF + BPH + BPC}{4} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

CCV= Cobertura de coral duro escleractíneo vivo (Porcentaje)

CMF= Cobertura de macroalgas frondosas y tapetes algales (Porcentaje)

BPH= Biomasa de peces herbívoros para las familias Acanthuridae, Scaridae (gr/100m<sup>2</sup>)

BPC= Biomasa de peces carnívoros para las familias Lutjanidae, Serranidae (gr/100m<sup>2</sup>)

**Tabla 7.** Escala de valoración del indicador de condición-tendencia arrecifes de coral – ICT<sub>AC</sub> (Rodríguez-Rincón *et al.* 2014).

Condición general de integridad biótica en Arrecifes de Coral	Valor ICT <sub>AC</sub>
Deseable	4,21-5,00
Buena	3,41-4,20
Regular	2,61-3,40
Alerta	1,81-2,60
No deseable	1,00-1,80

**Fuente de los datos e información**

Los resultados que aquí se presentan corresponden a los resultados obtenidos del monitoreo en cada una de las siguientes áreas del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia SAMP: Caribe insular en isla Providencia PNN-Old Providence McBean Lagoon. Caribe continental en PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y San Bernardo, PNN Bahía Portete-Kaurrele y en el chocó Caribe y en el Pacífico PNN Gorgona, SFF Malpelo y en el margen continental PNN Utría (Figura 17) cuyos datos se encuentran salvaguardados en el Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia SIAM.

**Periodo reportado**

El periodo reportado corresponde a la información analizada de los resultados del 2016.

**Reporte del indicador**

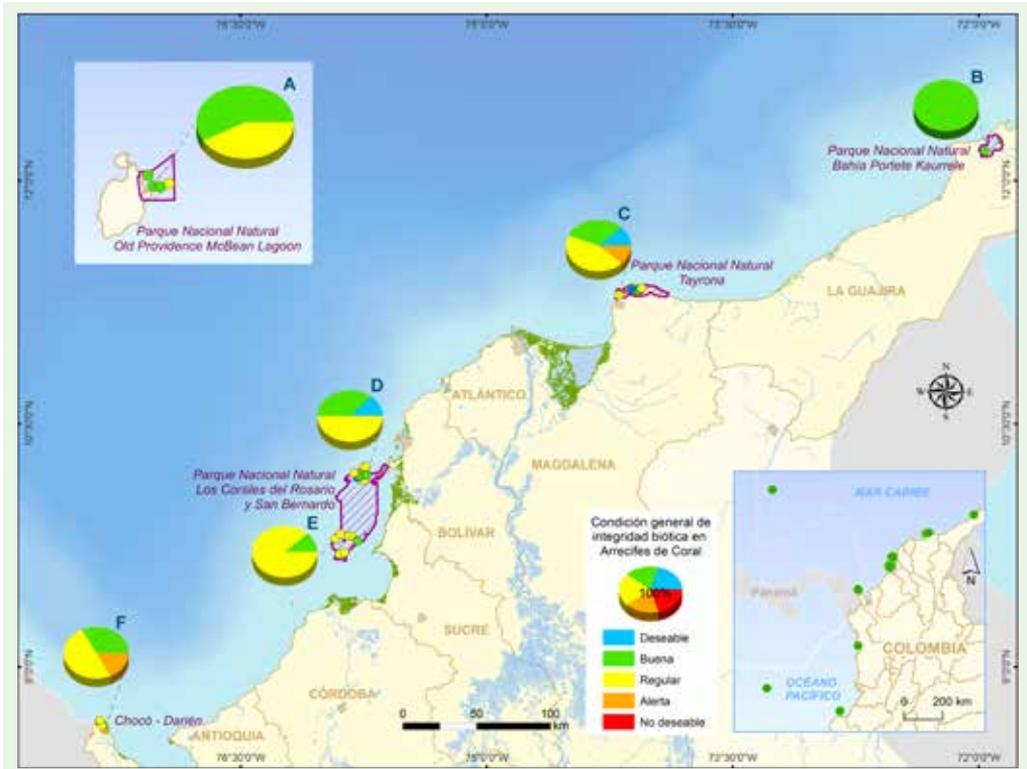
En el año de 2016 fue realizada por tercer año consecutivo la medición de las cuatro variables que conforman el ICT<sub>AC</sub>: corales, algas, peces arrecifales carnívoros y herbívoros en cada una de las nueve áreas marinas protegidas seleccionadas en Colombia. Se presenta el porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de Condición-Tendencia, que cuentan con información disponible (Figura 16).



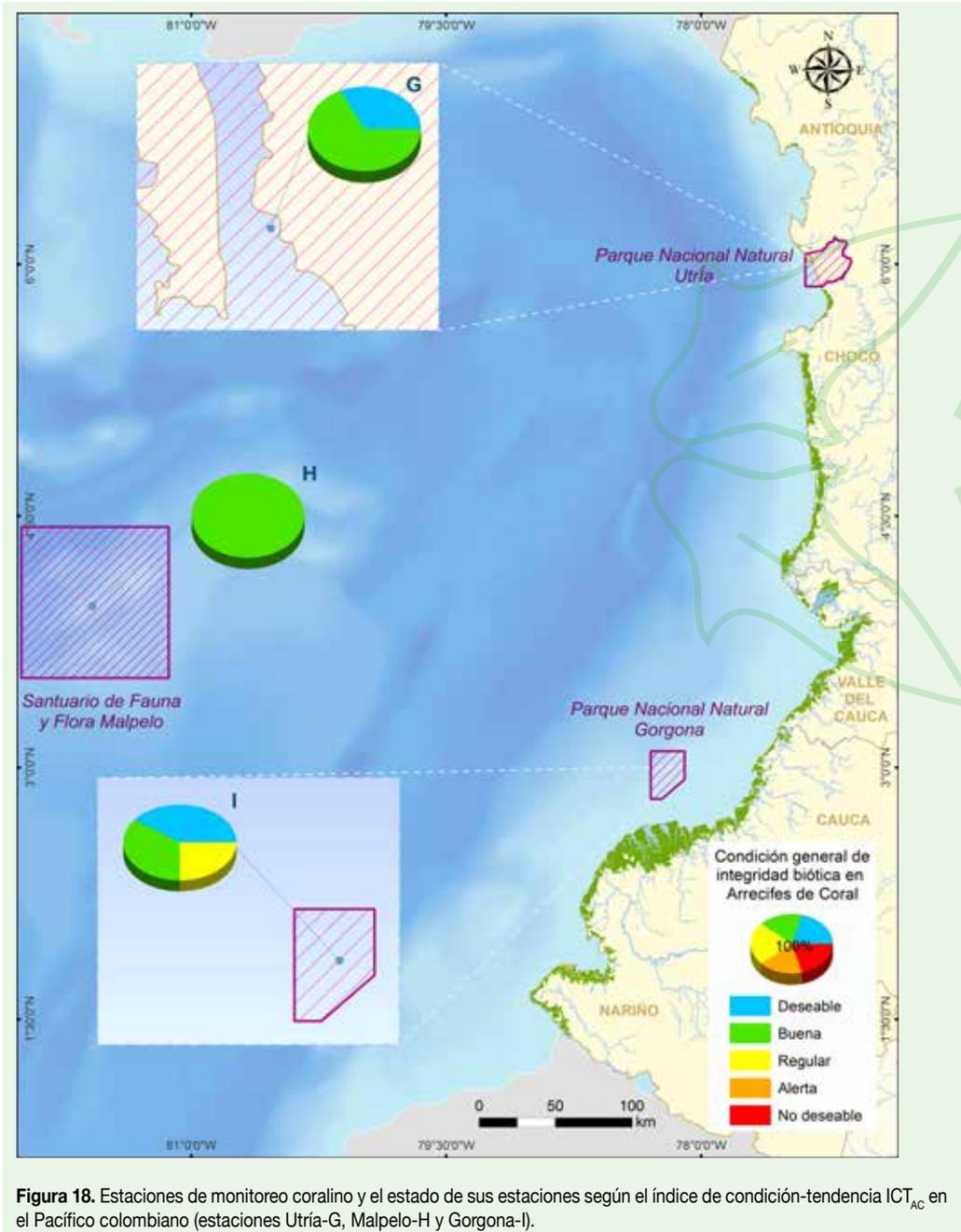
**Figura 16.** Índice de condición tendencia de arrecifes de coral  $ICT_{AC}$  para el año 2016, en porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de condición tendencia (Tabla 7) en cada área (los números al interior de las barras corresponden a la cantidad de estaciones que presentaron dicha condición).

#### Interpretación de los resultados

Al comparar los resultados del 2016, se observan mejoras en cada una de las áreas, que incluye estaciones en estado “deseable” no solo en el Pacífico sino Caribe, así como un incremento en el número de estaciones en estado “bueno”. Una estación en el Tayrona presentó estado “alerta” debido a la baja biomasa de peces para ese instante. Para el SFF Malpelo y el Choco Caribe fueron monitoreadas estas cuatro variables por primera vez, mostrando buenos resultados. En Chocó tan solo la estación de la bahía Aguacate presentó una abundancia baja en peces por lo que quedó en estado de “alerta”. Sin embargo, resaltamos que por ningún motivo deben atribuirse estos resultados a una mala condición o deterioro de las estaciones y su cobertura coralina hasta que históricamente las evidencias lo indiquen. Hay especies de algas (ie. *Lobophora variegata*, *Halimeda* sp., *Dictyota* sp.) y peces que presentan flujos a lo largo de año en forma de migraciones o pulsos, mostrando tanto abundancia como escasas por épocas sin que esto signifique deterioro ambiental. La misma turbidez del agua en algunos momentos dificulta la observación de especies pelágicas importantes para los cálculos del Índice. En conclusión, se incrementó en dos áreas más el monitoreo, aun cuando el área del Chocó no cuenta con figura de protección actualmente. Y las áreas se muestran estables en cuanto a su cobertura coralina sin que se evidencie una pérdida considerable al interior de las estaciones.



**Figura 17.** Estaciones de monitoreo coralino y el estado de sus estaciones según el índice de condición-tendencia  $ICT_{AC}$  en el Caribe colombiano (estaciones Providencia -A, Portete-Kaurrele B, Tayrona-C, islas del Rosario-D, islas San Bernardo-E y Zapzurro-F).



#### Limitaciones del indicador

Tal como se ha mencionado en informes anteriores las limitaciones del indicador están directamente relacionadas con parámetros climáticos que pueden variar en término de unos pocos días y que dificultan las actividades náuticas y de buceo. Así mismo, el indicador es sensible a la presencia de las distintas poblaciones o comunidades de peces al momento del monitoreo, actualmente se trabaja en la ponderación de los componentes del índice para solucionarlo.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

El indicador ICT<sub>AC</sub> ha sido diseñado y ajustado para que tenga aplicabilidad viable, por lo tanto maneja métodos de monitoreo estandarizados y sostenibles que deben aplicarse según las indicaciones establecidas convirtiéndolo en una herramienta práctica de comunicación, control y manejo por su aplicabilidad en cualquier área con presencia de corales (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014).

Sin embargo, es necesario mantenerse debidamente entrenado en las técnicas y metodologías para la toma del dato, tanto al personal del instituto como los funcionarios de las autoridades ambientales respectivas (PNN o CARs), y actores comunitarios que participen de las actividades, con el fin de cumplir con los objetivos de conservación y entendimiento de los ecosistemas al interior de las áreas evaluadas. Con el fin de evitar mayores variaciones en los resultados, es conveniente realizar las visitas a las áreas en las mismas épocas cada año y así contar con las condiciones ambientales y bióticas lo más ajustado posible.

Por último, se recomienda revisar la página web <http://siam.invemar.org.co/sibm-simac-indicadores> en la que se encuentra los resultados del monitoreo de los dos años anteriores (2014 y 2015).

## ▼ Pastos marinos

Los pastos marinos, son plantas vasculares (angiospermas) que han emigrado de la tierra al mar, adaptándose fisiológicamente para cumplir todo su ciclo de vida sumergidas en agua salina-salobre. A nivel mundial existen alrededor de 60 especies distribuidas en 4 familias y 12 géneros, de los cuales en el Caribe colombiano se encuentran 3 familias y 6 especies de las cuales *Thalassia testudinum* es la más frecuente y representativa de todas (Díaz *et al.*, 2003). Son propias de las zonas costeras, protegidas y poco profundas de casi todas las áreas del planeta (Short *et al.*, 2007), dependiendo de la especie son más prósperas en aguas eurihalinas que en salobres. Por su ubicación en las áreas someras del mundo son indicadores del estado de salud de las zonas costeras y a su vez generan servicios ecosistémicos del tipo protección contra la erosión (Börjk *et al.*, 2008), son hábitat y alimento para diversas especies de interés comercial que luego migraran hacia los arrecifes coralinos y manglares (de la Torre-Castro y Ronnback, 2004; Heck Jnr *et al.*, 2003), proveen oxígeno a la columna del agua, mantienen la biodiversidad de organismos y son uno de los ecosistemas considerados con mayor capacidad de secuestro de Carbono frente a otros ecosistemas terrestres (Fourqurean *et al.*, 2012; Pendleton *et al.*, 2011).

### Localización y distribución

Las praderas de pastos marinos de Colombia son propias del mar Caribe, prácticamente se presentan intermitentemente a lo largo de la costa encontrándose mas del 85 % sobre la plataforma continental del departamento de La Guajira (Díaz *et al.*, 2003). Se presentan en forma monoespecífica o multiespecífica (*Thalassia testudinum* – *Syringodium filiforme* / *Halodule wrightii* / *Halophila decipiens* / *Halophila baillonis*) compartiendo habitat con formaciones coralinas y/o de macroalgas, por eso en la actualización cartográfica y de distribución que se realizó en las áreas sin algun tipo de protección ambiental sobre este ecosistema como lo eran el departamento de La Guajira y el Chocó Caribe, se contabiliza su extensión actual en 58.704,14 ha de praderas de pastos marinos, 1.477,28 ha de áreas de macroalgas-parches de pastos marinos y 68,82 ha de coral-macroalgas-parches de pastos marinos para un total de 66.132,47 ha (Gómez-Lopez *et al.*, 2014).

**INDICADOR DE CONDICIÓN-TENDENCIA PARA PASTOS MARINOS – ICT<sub>PM</sub>**

**Definición e importancia del indicador**

El indicador de condición tendencia de pastos marinos (ICT<sub>PM</sub>) evalúa la condición general de integridad biótica y por tanto del estado de conservación de praderas de pastos marinos y sus cambios a través del tiempo, por medio de la incorporación de información de seis variables, que miden atributos estructurales y funcionales de este ecosistema (densidad de vástagos, densidad de herbívoros, carnívoros y detritívoros/omnívoros, afectación por *Labyrinthula* sp. y/o afectación por invertebrados) en un solo valor numérico (ver la propuesta en (Gómez-López, et al., 2014). La fórmula del ICT<sub>PM</sub> (ecuación 2) al ser un indicador compuesto integra la relación entre el valor real de cada una de sus variables componentes, con respecto a la tabla de referencia (V<sub>ref</sub>) respectiva y entre todos, por medio de una relación aritmética ponderada. Cada una de las cuatro variables que conforman el indicador, se clasifican según escalas de referencia para el Caribe colombiano como: deseable, buena, regular, alerta y no deseable (Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10).

$$ICT_{PM} = \left(\frac{D}{V_{refD}}\right)^{0,30} * \left(\frac{DH}{V_{refDH}} + \frac{DCO}{V_{refDCO}} + \frac{DC}{V_{refDC}}\right)^{0,60} * \left(\frac{L}{V_{refL}}\right)^{0,10} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

**D**= Densidad de vástagos por m<sup>2</sup> **Vref D**= Valor de referencia de Densidad de vástagos

**DH**= Densidad de Herbívoros por m<sup>2</sup> **Vref DH**= Valor de referencia de Densidad de herbívoros

**DCO**= Densidad de detritívoros/omnívoros por m<sup>2</sup> **Vref DCO**= Valor de referencia de Densidad de detritívoros/omnívoros

**DC**= Densidad de Carnívoros por m<sup>2</sup> **Vref DC**= Valor de referencia de Densidad de carnívoros

**L**= Afectación por *Labyrinthula* sp. por cuadrante **Vref DC**= Valor de referencia de Densidad de carnívoros

**Tabla 8.** Escala preliminar de valoración general del indicador de condición-tendencia de pastos marinos – ICT<sub>PM</sub>

Condición general de integridad biótica en pastos marinos	Valor ICT <sub>PM</sub>
<b>Deseable</b>	4,11-5,00
<b>Buena</b>	3,31-4,10
<b>Regular</b>	2,61-3,30
<b>Alerta</b>	1,81-2,60
<b>No deseable</b>	1,00-1,80

**Tabla 9.** Escala de valoración preliminar de referencia para la densidad de vástagos del indicador de condición-tendencia pastos marinos– ICT<sub>PM</sub>

Condición general de referencia para densidad de vástagos de pastos marinos	Equivalente para el (ICT <sub>PM</sub> )	Densidad de Vástagos/m <sup>2</sup>
<b>Deseable</b>	5	>451
<b>Buena</b>	4	351-450
<b>Regular</b>	3	200-350
<b>Alerta</b>	2	126-199
<b>No deseable</b>	1	<125

**Tabla 10.** Escala de valoración preliminar de referencia para la afectación de *Labyrinthula* sp. del indicador de condición-tendencia pastos marinos- ICT<sub>PM</sub>.

Condición general de referencia para afectación por <i>Labyrinthula</i> sp.	Equivalente para el (ICT <sub>PM</sub> )	% afectación	% mortalidad/ estación
<b>Deseable</b>	5	< 30	0-5
<b>Buena</b>	4	31 - 40	6-20
<b>Regular</b>	3	41 - 60	21-40
<b>Alerta</b>	2	61 - 89	41-70
<b>No deseable</b>	1	>90	71-100

#### Fuente de los datos e información

Los resultados que aquí se presentan corresponden a los obtenidos del monitoreo en cada una de las siguientes áreas del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia SAMP: Caribe continental PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y San Bernardo, PNN Bahía Portete-Kaurrele, y en el Caribe insular islas de San Andrés y Providencia, PNN-Old Providence McBean Lagoon, además de información tomada de caracterizaciones de este ecosistema bajo el mismo protocolo en los departamentos del Chocó Caribe y La Guajira.

#### Periodo reportado

El reporte que se realiza en este informe corresponde a la información del 2016. Los valores de referencia estan basados en el registro histórico que se tiene desde el 2013 para los PNN Tayrona, Corales del Rosario y Bernardo, 2014 para el PNN Old Providence McBean Lagoon, e información del 2016 del Chocó Caribe y Guajira (Tabla 11).

#### Reporte del indicador

En el año de 2016 fue realizada por primera vez la evaluación parcial del indicador de condición tendencia de pastos marinos con valores de referencia para densidad de vástagos y afectación del hongo *Labyrinthula* sp. Si bien estas son solo dos de las tres variables que se tienen en cuenta en el complejo del indicador, constituyen preliminarmente la base para poder calificar el estado de los pastos marinos del país.

**Tabla 11.** Resultados de la valoración preliminar de estado para las variables densidad de vástagos y afectación del hongo *Labyrinthula* sp. en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano durante el 2016.

Localidad	Densidad de vástagos/m <sup>2</sup>	Presencia de <i>Labyrinthula</i> sp. / mortandad de praderas
Chengue	Deseable	Deseable
Neguanje	Deseable	Deseable
Cinto	Bueno	Deseable
Rosario	Deseable	Deseable
Mangle	Deseable	Deseable
Bahía Portete-Kaurrele	Bueno	Deseable
Cabo de la Vela	Regular-Bueno	Deseable
Manaure	Regular-Bueno	Deseable
Ballena	Regular	Deseable
Triganá	Bueno-Deseable	Deseable
Pinorroa	Bueno-Deseable	Deseable
Mauricio's Bay	Bueno-Regular	Deseable
Oyster Creek	Deseable	Deseable

#### Interpretación de los resultados

La información reportada en la tabla anterior, tuvo en cuenta datos de densidad de vástagos de los transectos A y B (ver metodología en Gómez-López *et al.*, 2014) de las estaciones de monitoreo, ya que las observaciones en los diferentes muestreos, sugirieron que la dinámica poblacional de *T. testudinum* se comporta de manera particular en el área inicial de la pradera ya sea que esta se encuentre en una zona somera junto a la playa o en algún segmento paralelo a esta sobre la zona costera. Esta área que corresponde aproximadamente a unos 1.250 m<sup>2</sup> iniciales de las praderas en la mayoría de los casos, se presta para el desarrollo de plantas juveniles de la especie en la que son característicos mayores densidades a diferencia de áreas más alejadas (profundidad o distancia de las primeras) en las que se distinguen plantas maduras las cuales se reconocen porque entre los vástagos se da una mayor separación entre sí, lo que produce la percepción de ser áreas con baja cobertura de pastos marinos. Por lo anterior, el transecto C mostró ser muy variable en muchos casos presentando además baja estructura de las plantas por lo que no resultó muy práctico en el momento de definir rangos de densidad, sin embargo, si se tomaron en cuenta a nivel general y estos datos fueron referenciados como el límite más bajo en los que se considera en alerta una pradera.

#### Limitaciones del indicador

El indicador aun se encuentra en desarrollo ya que dos de las tres variables poseen suficiente información histórica que permitió hacer una versión preliminar a los valores de referencia, sin embargo, existen áreas (San Andrés y dos estaciones más en Providencia) a las que se les tomó información por primera vez posterior a la realización de las referencias que se presentan aquí, que podrían junto con nueva información que se colecte a corto plazo, ir mejorando la certidumbre sobre los mismos valores y por ende del estado del ecosistema. Para todas las áreas ya se cuenta con el inventario en varias épocas de presencia de organismos de distintos gremios tróficos con el fin de iniciar la identificación de los organismos que van a ser objeto directo de evaluación en campo durante el 2017 y 2018, para empezar a determinar sus propios valores de referencia preliminares con el fin de ir ajustando finalmente el indicador de condición tendencia para pastos marinos.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

El indicador  $ICT_{PM}$  se diseñó para que pueda de manera holística servir como referencia para determinar de una manera relativamente fácil el estado integral del ecosistema de pastos marinos del Caribe colombiano mediante un protocolo de evaluación en campo relativamente fácil de seguir, que permite la identificación de las variables más conspicuas y relevantes en la evaluación del estado del ecosistema a nivel de estructura y función.

Como cualquier sistema de monitoreo, es necesario realizar una autoevaluación periódica con el fin de que esta herramienta este acorde con las necesidades (o preguntas de investigación) de las autoridades ambientales, así mismo se requiere mantener debidamente entrenado en las técnicas y metodologías para la tomas del dato, tanto al personal del instituto como los funcionarios de las autoridades ambientales respectivas (PNN o CARs), y actores comunitarios que participen de las actividades de monitoreo, con el fin de evitar o disminuir los errores que puedan conllevar a resultados no deseables. Teniendo en cuenta que la dinámica de las praderas de pastos (especialmente de la *Thalassia testudinum*) es variable a lo largo del año de acuerdo a las variables de profundidad y época climática, se recomienda que al levantar la información y compararla entre sí, se realice entre muestras tomadas a similares profundidades y en épocas similares, de otra manera es posible que, al no corresponderse entre sí, los resultados sean muy contrastantes y puedan conllevar a falsas conclusiones.

## ▼ Manglares

Los manglares son ensamblajes de árboles o arbustos que se desarrollan en las zonas tropicales y subtropicales del planeta en áreas protegidas del oleaje, playas lodosas, fangosas o cenagosas y que están sujetos a intrusiones de aguas saladas y salobres. Las especies de mangle, poseen adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, que les permiten establecerse en ambientes que se caracterizan por tener suelos anóxicos con alta influencia salina e inundación semi permanente o permanente (Cintrón-Molero and Schaeffer-Novelli 1983; Sánchez-Páez *et al.* 2000). Entre las adaptaciones más importantes se destacan: la tolerancia al anegamiento, a través de la generación de raíces aéreas para colonizar substratos inestables; la presencia de estructuras especializadas en la respiración (lenticelas, neumatóforos); la tolerancia a la salinidad del suelo relacionado con un uso eficiente del agua; y el viviparismo, una estrategia reproductiva en la que la semilla (capaz de flotar durante largos periodos de tiempo) germina precozmente mientras aún está atada al parental, facilitando su implantación en condiciones más favorables para su desarrollo y dispersión a largas distancias (Field, 1997; Feller *et al.*, 2010). Adicionalmente, el uso y conservación eficiente de los nutrientes; la plasticidad y capacidad para rebrotar en ambientes muy perturbados, hacen de los manglares las coberturas vegetales dominantes y más representativas de la zona costera colombiana (Tabla 12).

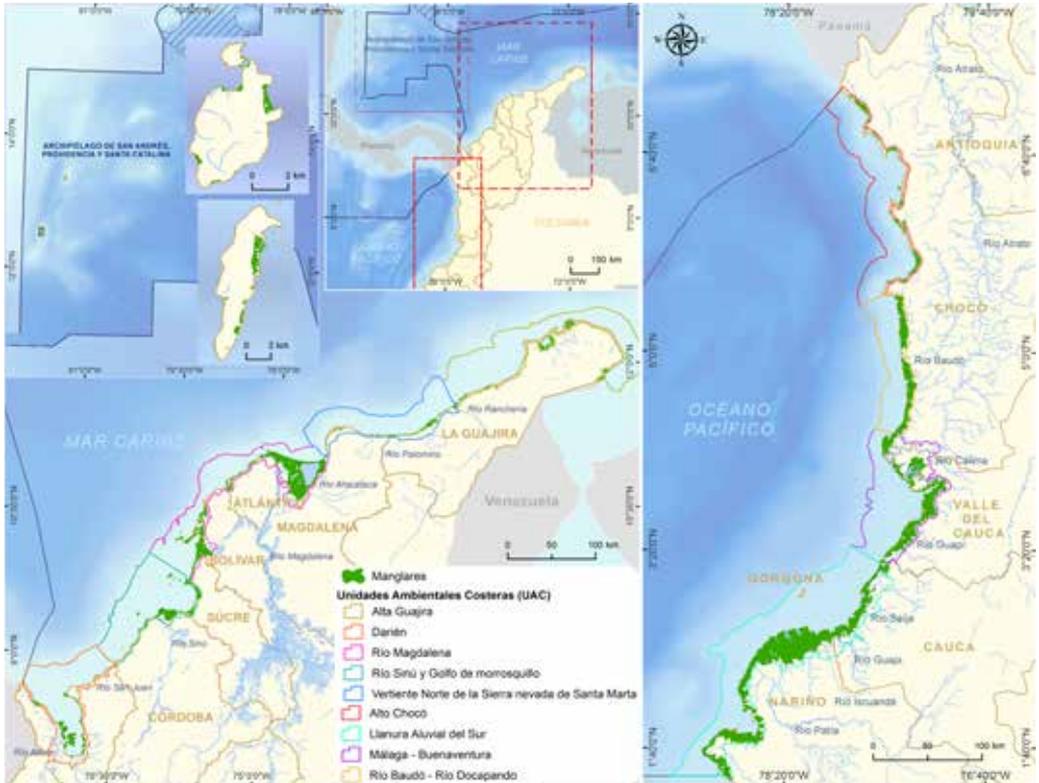
Ecológicamente, los manglares juegan un papel integral en la zona internareal, en donde los aportes hídricos provienen principalmente del mar, los aportes de ríos y la escorrentía del continente. Estos ecosistemas, surten una serie de bienes y servicios ecosistémicos, como entre los que se destacan: la prevención de la erosión, la reducción del oleaje, la retención, fijación, estabilización y acreción del suelo que aumenta la resiliencia de la zona costera frente a escenarios de cambio climático y protege a las comunidades de la acción de la dinámica costera (Alongi, 2008). Adicionalmente, actúan como filtro natural, protegiendo otros ecosistemas asociados (pastos marinos y arrecifes de coral) de las descargas continentales (Ellison, 2012). Son hábitat de diversas especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios y regulan el microclima (Field, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 2000). Los manglares, además están dentro de los bosques más productivos del trópico, actuando como sumideros de carbono principalmente a nivel de subsuelo (Donato *et al.*, 2011; Alongi, 2012). Debido a ello y a su estrecha relación con las comunidades humanas desde tiempos ancestrales (registros de uso datan del año 1230) (Walsh, 1977), los bosques de manglar han sido ampliamente usados como fuente de madera para combustible, material para construcción, en la medicina tradicional y la producción de taninos (Bandaranayake, 1998), así como fuente de recursos hidrobiológicos a comunidades costeras, brindándoles seguridad alimentaria. A nivel mundial, es ampliamente reconocido su soporte a las pesquerías, actuando como zonas de crianza para muchas especies de peces de importancia ecológica y económica (Walters *et al.*, 2008), así como su influencia en la estructura de la comunidad de peces de aguas abiertas al ser un eslabón clave en la conectividad de los hábitats marinos (Mumby *et al.*, 2004).

A pesar de la diversidad y cantidad de bienes y servicios que brindan los ecosistemas de manglar, en las dos últimas décadas se ha perdido cerca del 35 % de la cobertura mundial (~ 3,56 ha; Spalding *et al.* 2011), excediendo las pérdidas registradas para bosques tropicales y arrecifes de coral (Valiela *et al.*, 2001). En Colombia los tensores antrópicos más destacados son los cambios en el uso del suelo,

comprendido desde la expansión de la frontera urbana, hotelera, agropecuaria e industrial; la demanda de recursos, entendida como la extracción de recursos naturales para el consumo y comercio; la exposición a eventos de índole natural asociados con la dinámica costera; y finalmente la exposición a sustancias contaminantes, producto de derrames incidentales en las zonas costeras. Estos factores han generado pérdida de biomasa, la desaparición de nichos ecológicos, la disminución de la biodiversidad, la formación de playones salinos, la colmatación de cuerpos de agua y el incremento de la erosión costera.

### ▼ Localización y distribución

En el Caribe, se encuentran cinco de las nueve especies de mangle reportadas para Colombia (Tabla 12), de las cuales, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, son las más abundantes y de mayor aprovechamiento, seguidas por *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelliciera rhizophorae*. De esta última especie, sólo se tienen registros puntuales en la Bahía de Cispatá en Córdoba, en el sector occidental de la Bahía de Barbacoas y en la isla de Barú en Bolívar, en Ciénaga Honda y de Pablo en Sucre, en el Golfo de Morrosquillo y en la Bahía de Marirrió en el Urabá antioqueño (Figura 19). En el Pacífico colombiano, además de las especies mencionadas para el Caribe, se hallan *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa* y *Mora oleifera*, esta última especie también conocida como mangle nato está catalogada como vulnerable de acuerdo a la UICN (Duke, 2010), debido a problemáticas relacionadas con el desarrollo comercial y urbanístico. Otras especies vegetales de helechos y arbustos, a menudo conocidas como manglares no verdaderos (Tomlinson, 1986), suelen aparecer como flora acompañante en este ecosistema, entre las especies reportadas se encuentran el helecho *Achrosticum aeurum* y el arbusto *Tabebuia palustris* (Spalding *et al.*, 2011).



**Figura 19.** Ubicación espacial de los manglares en Colombia. Esta imagen tan solo es una representación gráfica de la distribución aproximada de los bosques de manglar en Colombia y tiene fines ilustrativos solamente.



**Tabla 12.** Distribución de las especies de mangle del Caribe y Pacífico colombiano. Datos tomados de Sánchez-Páez *et al.* (1997); INVEMAR & CRA (2005); Spalding *et al.* (2011). SAI: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: La Guajira, MAG: Magdalena, ATL: Atlántico, BOL: Bolívar, SUC: Sucre, COR: Córdoba, ANT: Antioquia, CHO: Chocó, VCAU: Valle del Cauca, CAU: Cauca, NAR: Nariño. NC. No confirmado.: Sinónimos: *Avicennia nitida*; b: Sinónimos: *Avicennia tonduzi*, *A. bicolor*

Familia	Especie	Litoral Caribe									Litoral Pacífico			
		SAI	GUA	MAG	ATL	BOL	SUC	COR	ANT	CHO	VCAU	CAU	NAR	
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Rhizophora harrisonii</i> *								X	X	X	X	X	
	<i>Rhizophora racemosa</i>									X <sup>NC</sup>	X <sup>NC</sup>	X <sup>NC</sup>	X <sup>NC</sup>	
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Conocarpus erectus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Avicenniaceae	<i>Avicennia germinans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Avicennia harrisoni</i>									X				
Pellicieraceae	<i>Pelliciera rhizophorae</i>					X	X	X	X	X	X	X	X	
Caesalpinaceae	<i>Mora oleifera</i>									X	X	X	X	

\* *R. harrisonii* es considerada por autores como (Duke, 1992) y Beentje and Bandeira (2007), como una especie híbrida

**INDICADOR DE EXTENSIÓN: CAMBIO EN LA COBERTURA (IE)****Definición e importancia del indicador**

Este indicador permite cuantificar en términos de incremento, estabilidad o pérdida, los cambios en el tiempo de las coberturas de la tierra asociadas al ecosistema de manglar para un sector determinado. Se obtiene a partir de la localización de los bosques por presencia o ausencia y el cálculo de la extensión de las áreas, mediante la obtención de límites o contornos de los bosques analizados y su diferencia en el tiempo.

**Fuente de los datos e información**

Si bien el indicador se encuentra formulado, no se tiene información sistemática de todo el país para aplicarlo. Como ejercicio para calcular el indicador de extensión, se emplearon los datos generados de la interpretación y análisis de imágenes satelitales entre 1956 y el 2015 del proyecto “*Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta*” (Tabla 13) (Figura 20).

Actualmente se trabaja en la implementación del Sistema de monitoreo del subsistema de áreas marinas protegidas en Colombia (Batista Morales *et al.*, 2014), que espera generar datos de extensión de los bosques de mangle de las áreas protegidas del país, a través de técnicas de teledetección y validación en campo. Adicionalmente, el protocolo de monitoreo de manglares, diseñado para ser ejecutado por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible del país, contempla en el marco de su sistema de monitoreo, la recolección de los datos necesarios para determinar la dinámica temporal de las áreas de manglar. Se espera que los datos derivados de las corporaciones, sean canalizados a través del Sistema de Información para la Gestión de los Manglares de Colombia (SIGMA) (<http://sigma.invemar.org.co>).

En la Tabla 14 se presenta el resumen de la información de extensión de manglares que se tiene reportada y validada oficialmente por dos Corporación Autónomas Regionales, Coralina y CVC.

El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) con base en estudios realizados por las CAR en el marco de sus planes de ordenamiento y zonificación de manglares, ha consolidado un reporte nacional para todos los departamentos de Colombia que puede ser consultado a través de su página web ([https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Manglares/080811\\_zonificaci%C3%B3n\\_manglares.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Manglares/080811_zonificaci%C3%B3n_manglares.pdf)), no obstante esta información posee limitaciones que son consideradas más adelante en este capítulo y que deben ser tenidas en cuenta a la hora de realizar comparaciones y reportes de carácter nacional.

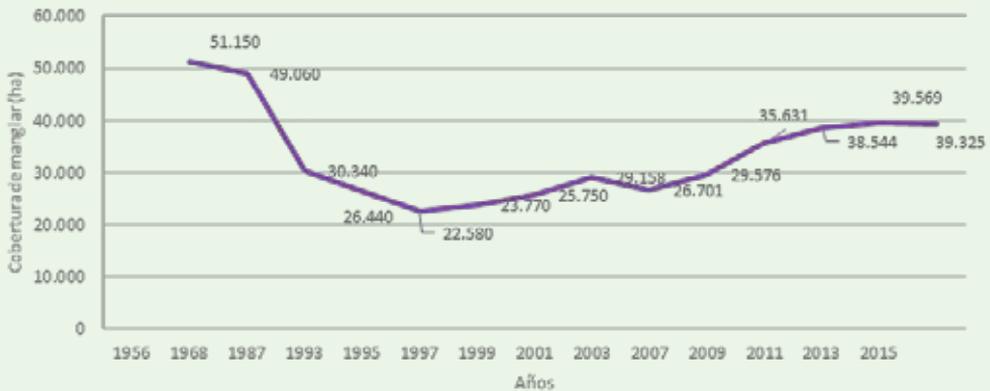
**Período reportado**

- Para la CGSM el periodo de análisis es de 1956 a 2015.
- Se reportan coberturas de manglar oficiales para los departamentos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2009), y Valle del Cauca (2011).

## Reporte o cálculo del indicador

**Tabla 13.** Indicador de extensión de los bosques de manglar, caso “Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM”.

Año	Línea Base (ha)	%Manglar vivo (respecto al periodo inicial)	IE Manglar (ha)
1956	51.150	100	NA
1968	49.060	95,9	-2.090
1987	30.340	59,3	-18.720
1993	26.440	51,7	-3.900
1995	22.580	44,1	-3.860
1997	23.770	46,5	1.190
1999	25.750	50,3	1.980
2001	29.164	57,0	3.414
2003	26.705	52,2	-2.459
2007	29.576	57,8	2.871
2009	35.630	69,7	6.054
2011	38.544	75,4	2.914
2013	39.569	77,4	1.025
2015	39.325	76,9	-244

**Figura 20.** Tendencia de la cobertura de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).

**Tabla 14.** Extensión del ecosistema de manglar en dos departamentos de Colombia\*.

Región	Departamento		Cobertura (ha)	Escala	Año	Fuentes relacionadas
Caribe	Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina	San Andrés Isla	209,71 <sup>a</sup>	1:100000	2009	López Rodríguez et al. (2009)
Pacífico	Valle del Cauca		31.941 <sup>b</sup>	1:100000	2011	NA

\*Los datos de extensión han sido corroborados por las corporaciones autónomas regionales a cargo (Coralina, CVC), mediante comunicación enviada al INVE-MAR. Los departamentos restantes deberán corroborar la información cartográfica actualmente disponible en INVEMAR.

#### Interpretación de los resultados

De acuerdo al MADS, se estima que la cobertura de manglares en el Caribe colombiano está cerca de las 90.169,58 ha y en el Pacífico de 194.880 ha (MADS, 2011). Los departamentos de Magdalena y Nariño en las costas Caribe y Pacífica respectivamente, registran las mayores coberturas; mientras que los departamentos con menor cobertura de manglar son San Andrés, Providencia y Santa Catalina (SAI) en el Caribe; y Cauca en el Pacífico. No obstante, es muy importante aclarar que la información base con la cual se han generado estas cifras, presenta múltiples diferencias tanto en sus años de captura, como en las escalas, métodos y objetivos; por lo que dichas cifras deben tomarse con precaución a la hora de establecer comparaciones con reportes anteriores o reportes de otras fuentes.

Particularmente para la CGSM, el IE calculado muestra una reducción en la extensión del bosque de mangle hasta 1995 (-3.864 ha respecto a 1956), momento a partir del cual se hace evidente un aumento en la cobertura, consistente con la finalización de las obras hidráulicas realizadas por el proyecto PROCIENAGA en el complejo estuarino que permitieron la entrada de agua dulce al sistema, lo cual se vio reflejado en un mejor desarrollo vegetal. Eventos de pérdida de extensión puntuales se observan en el 2003 y recientemente en 2015, año para el cual se reporta una pérdida de 244 ha en el complejo principalmente por procesos de cambios en el uso del suelo en la zona sur (Ciénaga La Aguja), al este (Caño San Joaquín) y al noreste (desembocadura del río Magdalena entre caño Valle y caño Torno), sumado a hectáreas de manglar degradadas en el sector de la barra de Salamanca, debido a los efectos de la hipersalinización del suelo (Figura 20).

#### Limitaciones del indicador

La información presentada por el MADS para Colombia y la mostrada en la (Tabla 13), proviene de información levantada entre los años 2001 y 2011, con diferentes escalas, objetivos y metodologías, por lo cual las hectáreas reportadas no corresponden a la cobertura de manglar actual (año 2016) real en los diferentes departamentos y por consiguiente del país, esto tan solo es una estimado grueso de la extensión de manglar en Colombia. Este hecho resulta trascendental si se tiene en cuenta la potencialidad del IE para ayudar en el entendimiento de los cambios en las dinámicas de los bosques de manglar y como herramienta de manejo. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad apremiante de realizar un levantamiento sistemático de información cartográfica a nivel nacional con calidad, resolución y frecuencia adecuadas, que permita la implementación del IE a escala Nacional.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

El país actualmente cuenta con los lineamientos nacionales de monitoreo de manglares que están siendo implementado por las Corporaciones Autónomas Regionales, adicional a un protocolo para el monitoreo de la extensión de los ecosistemas marino costeros en el Subsistema de Áreas marinas Protegidas SAMP. Es necesario enfocar esfuerzos para el desarrollo constante de estas actividades bajo los estándares diseñados en ambos instrumentos (atributos, escala mínima de producción, escala mínima de interpretación, unidad mínima cartografiable, unidad mínima identificable y periodicidad), con el fin de contar con información sistemática y comparable de escala Nacional. Trabajos cartográficos a escala 1:25.000 son sugeridos para el ecosistema de manglar.

Se recomienda reportar la información derivada de estos esfuerzos en el SIGMA (<http://sigma.invemar.org.co>), lo cual a futuro permitirá la generación de varios indicadores para todas las áreas de manglar del país, incluidos el IE manglar.

## INDICADOR DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA DE MANGLARES (IBI<sub>m</sub>)

### Definición e importancia del indicador

El IBI<sub>m</sub> fue diseñado a partir de los conceptos propuestos por Karr (1991) y Campbell (2000), además de consultas con expertos. Este indicador pretende reflejar la capacidad que tiene el sistema para mantener sus atributos estructurales, funcionales y de salud, de forma equiparable a como ocurriría si el sistema evaluado se hallara en un estado de referencia, el cual alcanza una condición de máximo valor cuando la red de componentes y procesos este completa y funcionando óptimamente.

El cálculo de este indicador a través del tiempo y en diferentes sectores de manglar es importante para dar una idea del grado de estabilidad de los bosques, así como para conocer su vulnerabilidad frente a los tensiones. Este hecho es crucial a la hora de proponer medidas de manejo y conservación, implementar proyectos de rehabilitación y evaluar el éxito de las medidas implementadas.

Para el cálculo del IBI<sub>m</sub> se seleccionaron variables simples que se asocian a alguno de los atributos de integridad (estructura, composición, salud, función), los cuales se integran con ponderaciones definidas de acuerdo a funciones de promedio geométrico ponderado y posterior validación con expertos. El cálculo se realiza para cada tipo fisiográfico (ajuste realizado según recomendación de experto (Sanchez, D., com pers. 2014)) y los valores obtenidos en campo deberán ser cotejados con los rangos de referencia para establecer los subíndices correspondientes (Tabla 15).

La formulación del indicador se describe a continuación:

$$IBI_m = \left( \prod_{i=1}^n x_i^{a_i} \right)^{\frac{1}{\sum_i a_i}}$$

$$IBI_m = \left( D_{(sp1)}^{0.2(62.5\%)} \times D_{(sp2)}^{0.2(25\%)} \times D_{(sp3)}^{0.2(12.5\%)} \times AB_{(sp1)}^{0.3(62.5\%)} \times AB_{(sp2)}^{0.3(25\%)} \times AB_{(sp3)}^{0.3(12.5\%)} \times S^{0.15} \times PI^{0.0875} \times Pr^{0.0875} \right)^{\frac{1}{\sum \text{pesos}}}$$

Donde D<sub>spn</sub> = Subíndice de densidad para la especie n; AB<sub>spn</sub> = Subíndice de área basal para la especie n; S = Subíndice de Salinidad; PI = Subíndice de plántulas; Pr = Subíndice de propágulos.

**Tabla 15.** Rangos de referencia para calcular el  $IBI_m$ . Los rangos se construyeron para cada variable teniendo en cuenta reportes de diferentes fuentes bibliográficas para el Caribe colombiano (Sánchez Núñez, 2009) y los datos obtenidos en el proyecto de monitoreo del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ibarra *et al.*, 2014). S: Subíndice.

Tipo fisiográfico	Salinidad		Densidad		Área basal		Plántulas		Propágulos	
	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S
Cuenca	$x < 30$	5	$< 564$	1	$x < 2,2$	1	$x < 0,865$	1	$x < 3,17$	1
	$30 < x \leq 38,4$	4	$564 < x \leq 669$	3	$2,2 < x \leq 4,2$	2	$0,865 < x \leq 2,16$	2	$3,17 < x \leq 8,11$	2
	$38,4 < x \leq 46,7$	3	$669 < x \leq 1.210$	5	$4,2 < x \leq 7,7$	3	$2,16 < x \leq 3,4$	3	$8,11 < x \leq 16,78$	3
	$46,7 < x \leq 55$	2	$1.210 < x \leq 1.812$	4	$7,7 < x \leq 15,9$	4	$3,4 < x \leq 7,13$	4	$16,78 < x \leq 37,19$	4
	$> 55$	1	$> 1812$	2	$> 15,9$	5	$> 7,13$	5	$> 37,19$	5
Ribereño	$x < 10$	5	$< 564$	1	$x < 9$	1	Por definir*			
	$10 < x \leq 16,70$	4	$564 < x \leq 669$	3	$9 < x \leq 17$	2				
	$16,7 < x \leq 23,3$	3	$669 < x \leq 1.210$	5	$17 < x \leq 25$	3				
	$23,3 < x \leq 30$	2	$1.210 < x \leq 1.812$	4	$25 < x \leq 30$	4				
	$> 30$	1	$> 1812$	2	$> 30$	5				
Borde	$x < 40$	5	$< 564$	1	$x < 10$	1				
	$40 < x \leq 46,67$	4	$564 < x \leq 669$	3	$10 < x \leq 20$	2				
	$46,6 < x \leq 53,3$	3	$669 < x \leq 1.210$	5	$20 < x \leq 30$	3				
	$53,3 < x \leq 60$	2	$1.210 < x \leq 1.812$	4	$30 < x \leq 40$	4				
	$> 60$	1	$> 1812$	2	$> 40$	5				

\* En ausencia de una variable, ésta no se considera en el cálculo ni sus pesos de ponderación en la ecuación. Se permite la ausencia de solo una variable a excepción de densidad o área basal.

Para la interpretación de los resultados obtenidos en el  $IBI_m$  a partir de la integración de los subíndices deberá emplearse la escala mostrada en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Escala de interpretación del  $IBI_m$ .

Valor total de $IBI_m$	Interpretación
$< 1,5$	No deseable
$\geq 1,5$ y $< 2$	Estado de Alerta
$\geq 2$ y $< 3$	Estado Regular
$\geq 3$ y $< 4$	Buen Estado
$> 4$	Deseable

Fuente de los datos e información

Para visualizar la aplicación del índice se tomaron los datos de cinco estaciones monitoreadas en el proyecto “Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta”. El tipo fisiográfico de referencia para las estaciones reportadas fue Cuenca.

Período reportado

2000-2016

Reporte o cálculo del indicador

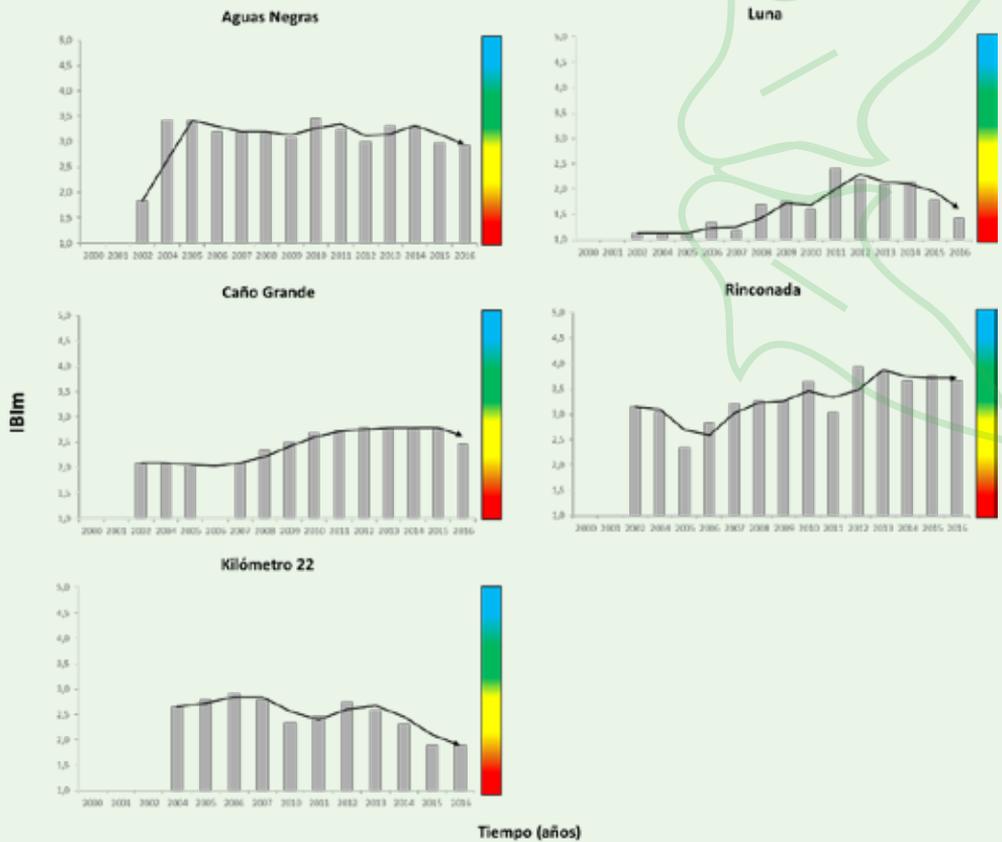


Figura 21. Serie histórica (2000-2016) del Indicador de Integridad Biológica de manglares (IBIm) en cinco estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

### Interpretación de los resultados

El Índice de Integridad Biológica para manglares ( $IBI_m$ ) aplicado en la CGSM, mostró fluctuaciones a lo largo del tiempo que evidencian la dinámica del sistema durante el proceso de rehabilitación del complejo estuarino, tras la culminación de las obras del proyecto PROCIENAGA en 1998.

En términos generales, el indicador muestra recuperación de la integridad del bosque en las estaciones con impactos moderados a severos (Aguas Negras, Caño Grande, kilómetro 22 y Luna); mientras que la estación Rinconada (la estación con menor impacto inicial) evidencia cierta estabilidad en el indicador bajo la categoría “buen estado”. Esto sugiere la presencia de un ensamblaje maduro, donde los mecanismos de autorregulación le permiten al bosque hacer frente a disturbios y auto-renovarse a través del tiempo, manteniendo su complejidad, funcionalidad y capacidad adaptativa; aspectos que hacen de Rinconada un buen modelo ecológico para evaluar la rehabilitación del complejo estuarino (Rodríguez-Rodríguez, 2015). No obstante, en el 2005 se registra una disminución en el indicador para Rinconada, como consecuencia de la disminución del área basal (AB) causada por muerte de árboles. A partir del 2014 se vienen registrando disminuciones progresivas en el indicador para dicha estación, esto se relaciona con la pérdida de AB, por procesos de auto adelgazamiento típicos de estadios maduros del bosque sumado a los altos valores de salinidad que se vienen registrando en los últimos tres años, debido al fenómeno de El Niño.

El incremento hasta el año 2012 del  $IBI_m$  en las estaciones que reportaron Estado “no deseable” al inicio del periodo de análisis (año 2000) fue posible por la mejora en las condiciones fisicoquímicas del suelo (lavado de sales intersticiales), inducido por las obras hidráulicas que se llevaron a cabo entre 1995 y 1998 y la influencia de los eventos climáticos La Niña durante el 2006, 2008 y 2010. Actualmente para la estación “Aguas Negras” el  $IBI_m$  oscila entre estado **regular** y **buen estado**, condición que se ha mantenido después de que, en el año 2002, se llevaron a cabo obras de dragado en el canal lo que permitió el ingreso de agua dulce del río Magdalena, mejorando así las condiciones fisicoquímicas y estructurales del bosque, a través de la disminución de la salinidad intersticial y el consecuente aumento tanto en la densidad con el área basal de *A. germinans* y *L. racemosa*. La estación Caño Grande también ha alcanzado un estado **regular** a la fecha; la recuperación del bosque en esta estación fue favorecida por la reforestación con *R. mangle*, realizada por el proyecto “Manglares de Colombia” en el año 2000; no obstante, se ha observado que esta acción logró desviar el proceso de sucesión vegetal natural en dicha estación (Rodríguez-Rodríguez, 2015). Históricamente, las estaciones Kilómetro 22 y Luna, principalmente esta última, han registrado los  $IBI_m$  más bajos del sistema, permaneciendo entre los estados **regular**, **pobre** y **no deseable**; este estado en dichas estaciones se atribuye principalmente a las condiciones de hipersalinidad, lo que ha contribuido a diezmar el desarrollo y salud del ecosistema de manglar. Esta condición de estrés presente específicamente en Luna y Kilómetro 22, está condicionada por el poco flujo hídrico en el complejo de pajarales y barra de Salamanca, respectivamente, así como a la alta tasa de evapotranspiración del sistema (Giraldo *et al.*, 1995; Blanco *et al.*, 2006; Rivera-Monroy *et al.*, 2001). Para el año 2008, una disminución importante de la concentración salina propició el aumento en la densidad de plántulas y propágulos y la densidad del bosque lo que favoreció la mejora en las condiciones de la estación Luna, hasta el 2013; no obstante, a partir de ese año, se viene registrando un decaimiento progresivo hasta el momento actual.

A pesar que hasta el 2012 se registró una recuperación progresiva de la integridad del manglar en las estaciones monitoreadas en la CGSM, a partir del 2014 y con énfasis en el 2016 los registros del  $IBI_m$  han disminuido en todas las estaciones monitoreadas, llegando a cambios incluso de estado (Luna paso de estado **pobre** a **no deseable**). Estos hechos fueron causados principalmente por los aumentos de la salinidad intersticial derivados del déficit hídrico en el sistema lagunar ocasionado por las escasas precipitaciones (400 mm/año) y la alta tasa de sedimentación del río Magdalena; lo que ha colmatado y sedimentado lo caños que surten de agua dulce al sistema ( $145 \pm 47 \times 10^6 \text{ t/yr}$ ; Higgins *et al.*, 2016). Este hecho, ha sido ocasionado principalmente por el mantenimiento poco efectivo de los canales y los fenómenos climáticos globales y locales, así como por las problemáticas de origen antrópico que continúan degradando progresivamente el complejo estuarino (desviación de cuerpos de agua, etc).

En general, los factores antes mencionados han conllevado a que los manglares del sector nororiental de la CGSM evaluados en este estudio, se encuentren en un estado **regular**, de acuerdo al  $IBI_m$ .

### Limitaciones del indicador

Actualmente para el indicador se contemplan datos provenientes de algunos estudios realizados en la región Caribe, por lo cual no se debe aplicar el  $IBI_m$  en la región del Pacífico colombiano, hasta tanto se establezcan los rangos de evaluación específicos para cada zona del país, considerando la variabilidad inherente a estos ecosistemas a lo largo de la geografía colombiana.

Para la región Caribe, las ponderaciones asignadas para el Área Basal (AB) y la Densidad (D), dependen de la dominancia de cada especie y las características intrínsecas a cada zona de estudio, por lo que deben ser calibradas para cada sitio con una base de datos sólida y validación con expertos.

Es importante aclarar que el indicador ha sido calibrado según los tipos fisiográficos descritos; por lo tanto, antes de calcular el indicador para un área de interés, es importante identificar el tipo fisiográfico al cual corresponde y atribuir los subíndices de acuerdo a los rangos presentados en la (Tabla 16).

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Los valores obtenidos en este reporte no deben ser comparados directamente con los reportados en Bastidas-Salamanca *et al.* (2013) versiones anteriores a este informe, pues el indicador presentado en esta versión ha incorporado algunos cambios en su formulación.

Colombia cuenta con un Protocolo Nacional de Monitoreo para manglares (Tavera, 2014), implementado durante el 2015 por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible del país. Los datos derivados de estos monitoreos, provienen de implementación de este protocolo por parte de otras autoridades y entidades ambientales, así como de la carga de los mismos en el Sistema de Información para la Gestión de los Manglares de Colombia (SIGMA) (<http://sigma.invemar.org.co>), siendo esto vital para consolidar una base de datos a nivel nacional que facilite el cálculo del indicador de manera automatizada, así como su permanente recalibración y validación.

## Capítulo 3

# CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO EN LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS Y SUS SERVICIOS: INDICADORES DE PRESIÓN



## INTRODUCCIÓN

El presente capítulo presenta varios indicadores de presión que dan cuenta de las causas y tensores de cambios tanto en los ecosistemas marinos y costeros, como en los servicios ecosistémicos que ofertan estos ambientes en Colombia. El alcance de estos indicadores de presión se da a partir de la evolución y estado de conocimiento de servicios como la provisión de alimento y el consecuente aprovechamiento por pesca, industrial o artesanal, y la acuicultura marina. También se hace mención como indicador a la valoración económica de bienes y servicios asociados a la actividad turística en el país. Cada uno de los indicadores en sus fichas es definido, calculado, interpretado y discutido en sus limitaciones.

## CAUSAS Y TENSORES

### ▼ Aprovechamiento de recursos pesqueros

Las áreas marinas y costeras poseen una gran biodiversidad que se constituye en un capital natural fundamental, formando uno de los sistemas más productivos que existen en el planeta (Agardy, 1994; Eichbaum *et al.*, 1996). Así mismo tal biodiversidad marina es origen de diversos tipos de servicios ecosistémicos como son los de soporte (p.e. procesos de producción biológica y flujo de energía), servicios de regulación (p.e. absorción de CO<sub>2</sub> y contaminantes), servicios culturales (p.e. el turismo) y los servicios de aprovisionamiento (p.e. alimento por pesca). Sin embargo, existe suficiente evidencia del uso inadecuado de la biodiversidad y sus ecosistemas, amenazando la oferta de los servicios como la obtención de proteína por pesca. Algunas Investigaciones han documentado en el país impactos de la pesca sobre la biodiversidad (Rueda *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2012), así como efectos en la estructura y funcionamiento del ecosistema (INVEMAR, 2004; Escobar-Toledo *et al.*, 2014). Precisamente, los indicadores que se abordan en esta sección, pretenden evidenciar la evolución de la presión ejercida sobre los recursos pesqueros a la luz de puntos de referencia límites y recomendaciones para el control y ordenación del recurso pesquero. Los indicadores fueron construidos con base en información colectada por el INVEMAR tanto en proyectos de investigación como en actividades de monitoreo pesquero y estadísticas oficiales de pesca generadas por la autoridad pesquera.

**INDICADOR DE CAPTURA TOTAL Y CAPTURA POR ESPECIE (NACIONAL)**

**Definición e importancia del indicador**

Es una medida de producción o rendimiento de los recursos pesqueros que son explotados por la pesquería industrial y artesanal y, que se desembarcan o llegan a puerto luego de ser capturado por algún tipo de arte de pesca durante las faenas en un área determinada. Este indicador contribuye a la formulación de medidas de manejo pesquero.

**Fuente de los datos e información**

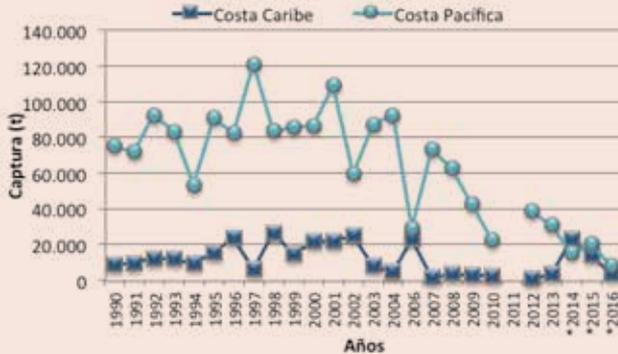
Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA: 1990-1999), Instituto Colombiano para el desarrollo Rural (INCODER: 2000-2006), Convenio entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Corporación Colombia Internacional – CCI (MADR-CCI: 2007-2011) y el Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC; AUNAP: 2012-2016).

**Periodo reportado**

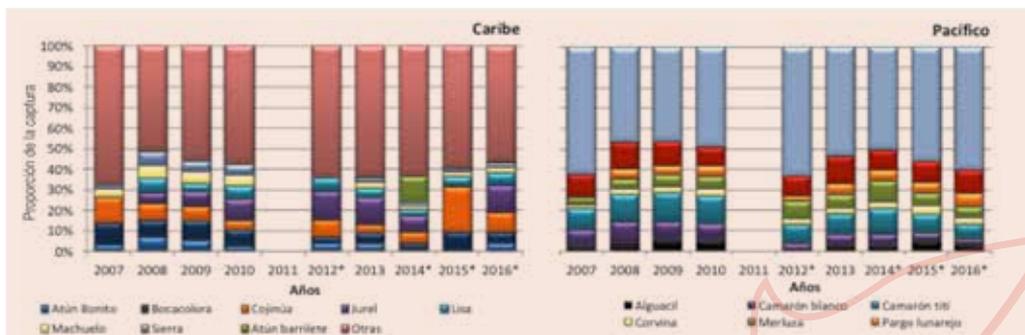
1990-2016.

Nota: El convenio MADR – CCI no reportó información de pesca industrial y artesanal para 2011, por tanto, no se muestra información para este año. Para el periodo 2014-2016, el SEPEC publicó las estadísticas de pesca solo para los meses en los que se realizó el registro de información.

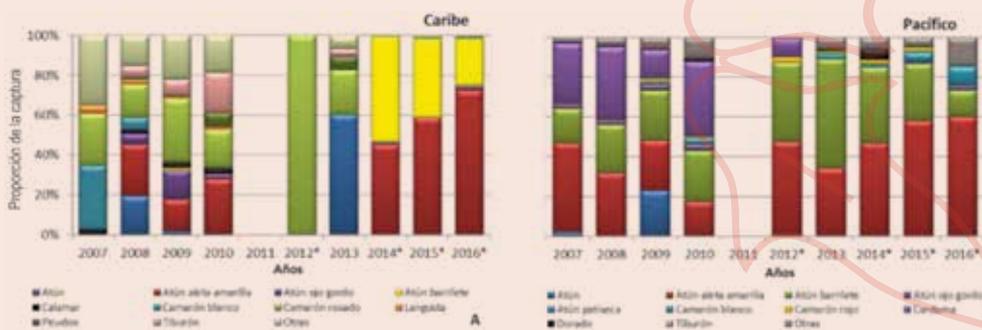
**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 22.** Captura industrial y artesanal desembarcada para el Caribe y Pacífico colombiano. \*Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para algunos meses del año.



**Figura 23.** Captura artesanal por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). \*Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para algunos meses del año.



**Figura 24.** Captura industrial por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). \*Los datos publicados en SEPEC tienen vacíos de información para algunos meses del año.

### Interpretación de los resultados

Los registros históricos de la captura desembarcada en las costa Caribe y del Pacífico muestran a partir del 2006 un progresivo declive en el rendimiento pesquero. En el caso del Caribe, se determinó para 2014 y 2015, valores cercanos a los máximos rendimientos reportados, pero nuevamente se evidenció una disminución de los recursos en 2016 en los mismos niveles de 2007, sin embargo, son capturas muy inferiores a las del Pacífico (Figura 22). El indicador no incluye las capturas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina ni de la Ciénaga Grande de Santa Marta. En el Caribe se registraron 881,74 t en 2016 provenientes de la pesca artesanal para el periodo reportado (julio-diciembre), predominado peces de las familias Carangidae (cojinúas; 24,4 %), Scombridae (12,19 %) y Haemulidae (bocacolorá; 9,7 %) (Figura 23A). En el Pacífico, el desembarco artesanal fue de 3.286,7 t, destacando las familias Scombridae (sierra; 11,4 %); Penaeidae (camarón tití; 9,5 %) y Lutjanidae (pargo lunarejo; 5,2 %) (Figura 23B).

A nivel industrial durante 2016 el desembarco fue de 18.173,8 t, registrando en el Caribe 2.520,8 t con mayor representación de los peces de la familia Scombridae (atunes) (98,4 %) (Figura 24A). De igual manera, para el Pacífico el desembarco fue de 4.885,1 t, con predominio de la misma familia Scombridae (atunes, 85,2 %) (Figura 24B). Desde 2013 no se presentan registros de carduma (pequeño pelágico), debido a que a la fecha este recurso no se está aprovechando en el Pacífico.

#### Limitaciones del indicador

Existe un nivel de incertidumbre en los reportes de los desembarcos de los últimos años, no obstante, estos datos corresponden a la información oficial disponible de la autoridad pesquera, permitiendo así construir un indicador de la tendencia de la producción pesquera afectada por niveles de esfuerzo de pesca y la variabilidad ambiental. A partir de las limitaciones que presentan en cuanto al nivel de representatividad de los datos y la ausencia de un indicador basado en la abundancia relativa o captura por unidad de esfuerzo, también es limitado el juicio de valor que se pueda suministrar sobre el aprovechamiento y estado a nivel poblacional.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

El indicador sigue mostrando una tendencia a la disminución en general para el país. No obstante, es importante mencionar que la información corresponde a una fracción del año que puede no ser representativa del comportamiento de las capturas en todos los meses del año, dado por la estacionalidad de los recursos. Así mismo se deben considerar los datos relacionados al esfuerzo de pesca aplicado, la influencia de factores ambientales y condiciones del hábitat en la disponibilidad y abundancia del recurso o la falta de continuidad en la colecta y registro de la información pesquera.

**INDICADOR DE CAPTURA TOTAL Y CAPTURA POR ESPECIE PARA LA PESCA ARTESANAL EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA – CGSM**

**Definición e importancia del indicador**

Es una medida de producción o rendimiento de un recurso pesquero que se desembarca o llega a puerto luego de ser capturado por algún tipo de arte de pesca durante faenas ejercidas en un área determinada. Este indicador contribuye a la formulación de medidas de manejo pesquero.

**Fuente de los datos e información**

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

**Periodo reportado**

2000-2016 (último período anual: enero – diciembre de 2016 excluyendo noviembre).

**Reporte o cálculo del indicador**

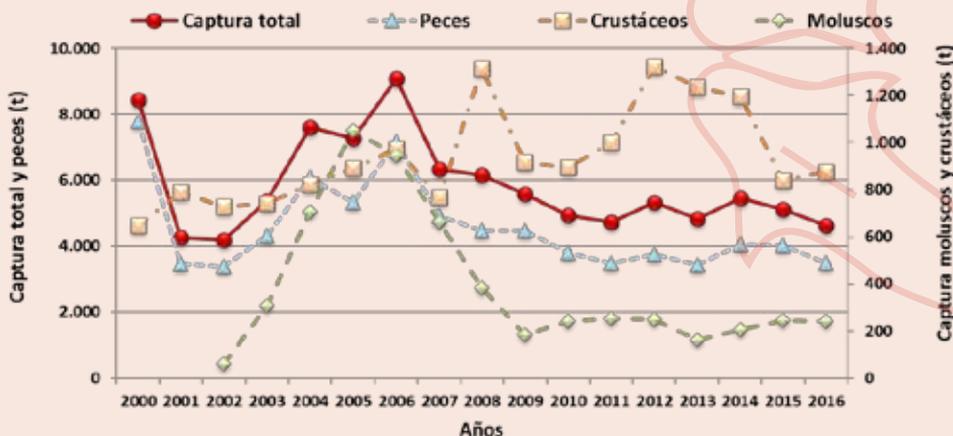


Figura 25. Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM.

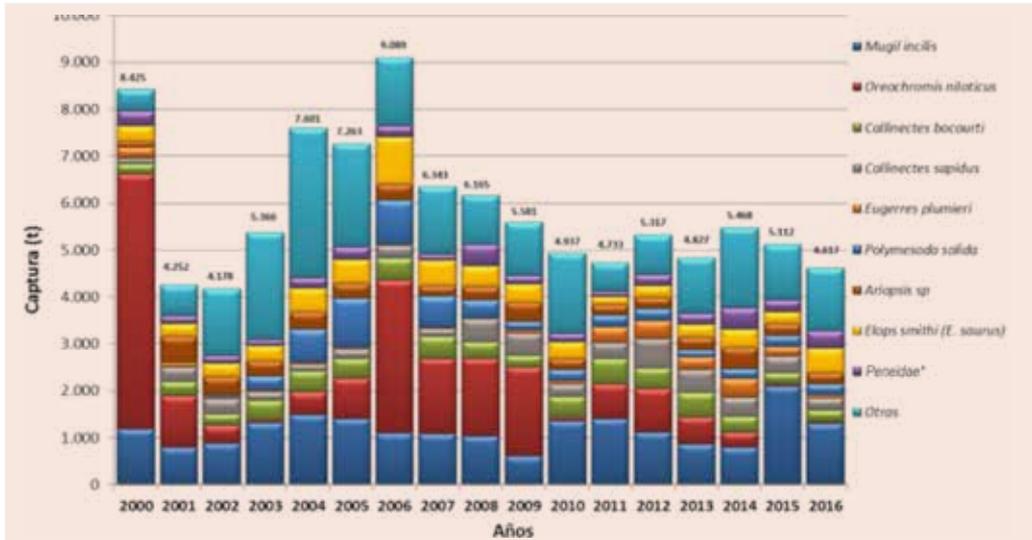


Figura 26. Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM.

#### Interpretación de los resultados

En 2016 (excluyendo noviembre), la captura total se estimó en 4.617,3 t, manteniéndose en niveles relativamente constantes desde 2009, pero inferior al mayor valor presentado en la serie que fue en 2006 (Figura 25). La mayor representación fue del grupo de los peces con 3.498,0 t (75,8 %), seguidos por los crustáceos con 877,8 t (19,0 %) y los moluscos con 241,4 t (5,2 %) (Figura 25). En cuanto a peces, se destacan entre las especies más capturadas la lisa (*Mugil incilis*; 28,2 %), el macabí (*Elops smithi - E. saurus*; 11,4 %) y el chivo cabezón (*Ariopsis* sp.; 4,9 %). Sobresale en 2016 la disminución de la especie dulceaçuicola mojarra lora (*Oreochromis niloticus*; 1,1 %), dado por los incrementos en la salinidad producto de la sequía generalizada en el país por el fenómeno El Niño (Figura 26). Con respecto a los crustáceos, mantuvo niveles similares a los del 2015, pero inferior a los presentados desde el 2012, principalmente debido al descenso en el desembarco de las jaibas (*Callinectes bocourti* y *C. sapidus*), más evidente en el caso de *C. bocourti*. Los moluscos representados por la almeja (*Polymesoda solida*), se mantuvieron en los niveles presentados durante los últimos ocho años.

#### Limitaciones del indicador

El indicador posee la certidumbre esperada, basada en un enfoque muestral aplicado por el INVEMAR para las estadísticas de pesca. Sin embargo, la captura no debe ser tomada como un indicador de abundancia del recurso, sino como una medida de producción.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Su relación con datos de esfuerzo, permite calcular la abundancia relativa (CPUE), la cual puede ser usada como indicador de estado y para determinar la incidencia de pesca sobre el recurso, además de direccionar medidas de manejo a un arte de pesca determinado y sus capturas por tallas. Esta información es base para la estimación de rendimientos máximos sostenibles y esfuerzo óptimo.

## INDICADOR DE ABUNDANCIA RELATIVA DE LA PESCA ARTESANAL EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA – CGSM

### Definición e importancia del indicador

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es un índice de la abundancia relativa de un recurso aprovechado por pesca en un área geográfica dada y usando una tecnología de pesca específica. Representa el peso capturado por especie (o multiespecífico) en función del esfuerzo invertido en la extracción. Es la única medida de este tipo estimable a partir de estadísticas de pesca que puede medir el estado de una población aprovechada por pesca.

### Fuente de los datos e información

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Período reportado

2000-2016 (último período anual: enero – diciembre de 2016 excluyendo noviembre).

### Reporte o cálculo del indicador

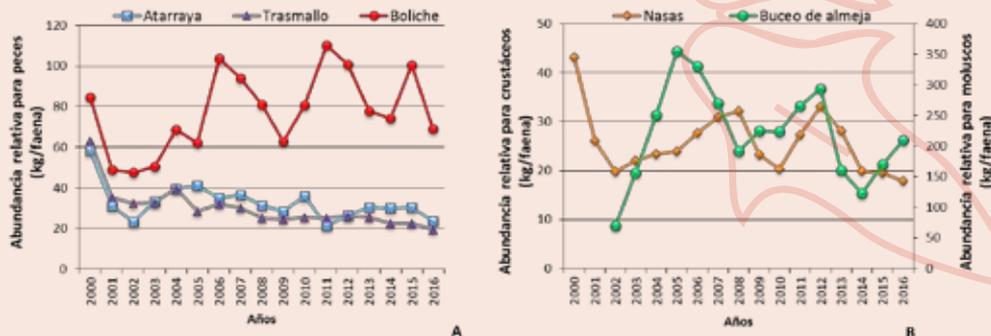


Figura 27. Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM.

### Interpretación de los resultados

La abundancia relativa reflejada por los tres principales artes de pesca para peces, muestra comportamientos diferentes entre cada uno de ellos, no obstante, es evidente la alta efectividad del boliche con picos de abundancia cada 5 años aproximadamente, debido a su mayor poder de pesca en comparación con los otros dos artes de pesca (Figura 27A). Para 2016, el boliche mostró un valor menor al reportado en 2015, pero cercano a los niveles de 2013 y 2014. Para el trasmallo y la atarraya, los valores de la abundancia relativa presentaron valores similares durante los últimos cinco años. En general, la abundancia de peces en la CGSM tiene una ligera tendencia al descenso en el último año. Las nasas, utilizadas para la extracción de jaibas, indican que la abundancia del recurso, aunque similar a los dos años anteriores, mantiene la tendencia a un descenso significativo desde 2012, siendo para 2016 el valor más bajo de toda la serie evaluada (Figura 27B). En el caso del buceo, dedicado a la extracción de almejas, la abundancia presentó una tendencia de recuperación con respecto a los últimos tres años, sin embargo, aún se mantiene por debajo de los mayores niveles presentados en la serie (Figura 27B).

### Limitaciones del indicador

El indicador ha sido estimado con buen grado de certidumbre. Teniendo en cuenta el carácter multiespecífico de la pesquería, deben tomarse con precaución los datos de este indicador con diferentes artes de pesca.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

A partir de las capturas y su relación con el esfuerzo pesquero es posible determinar el rendimiento máximo sostenible (RMS) como una alternativa de punto de referencia límite para apoyar las medidas de manejo que se establezcan y los esfuerzos óptimos que contribuyan al mantenimiento de la biomasa aprovechable. Tales puntos de referencia se obtienen producto de la modelación bajo un enfoque precautorio. En el caso del buceo, no se pudo establecer un punto de referencia ni esfuerzo óptimo, debido a que el recurso almeja es aprovechado en áreas protegidas, en donde Parques Nacionales Naturales ejerce el control respectivo.

## INDICADOR DE TALLA MEDIA DE CAPTURA PARA LA PESCA ARTESANAL EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA – CGSM

### Definición e importancia del indicador

La talla media de captura (TMC) es el tamaño promedio expresado en longitud de los individuos de una población extraída por pesca con un arte y en un área de pesca dada. La TMC comparada con un punto de referencia como la talla media de madurez (TMM) de la especie, se asume como un indicador del estado de la pesquería en términos de sobrepesca por crecimiento o efecto sobre la estructura de la población de una especie dada. La TMC permite detectar presión sobre el recurso, debido a cambios en la tecnología de pesca y esfuerzo de pesca.

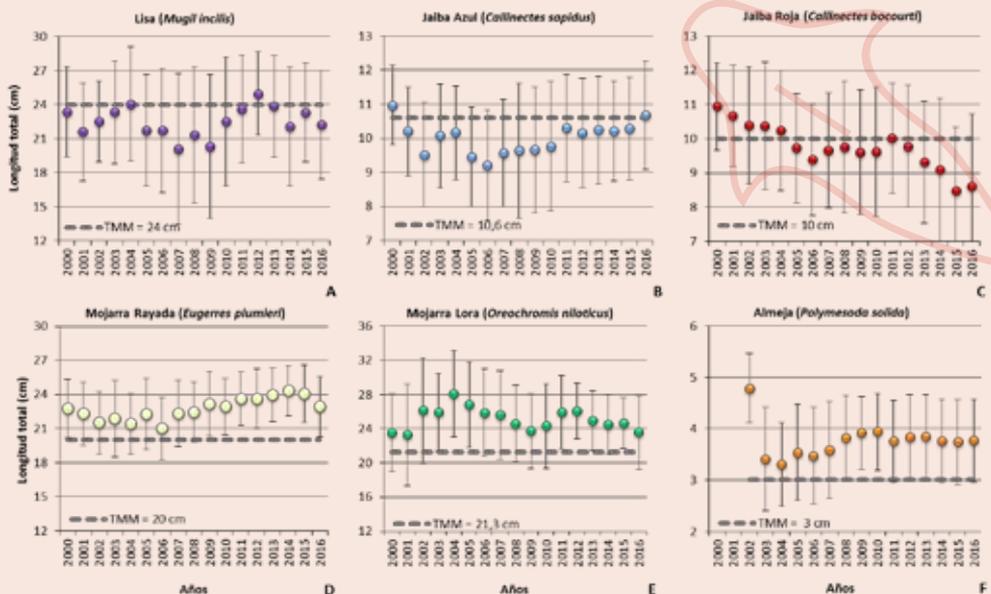
### Fuente de los datos e información

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Periodo reportado

2000-2016 (último período anual: enero – diciembre de 2016 excluyendo noviembre).

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 28.** Variación interanual de la talla media de captura (TMC) para las principales especies en la CGSM y su ubicación con respecto a la talla media de madurez sexual (TMM). En el caso de las jaibas (B y C) la medida es el ancho del caparazón.

### Interpretación de los resultados

El análisis evidenció una fuerte presión sobre la lisa, ya que, en toda la serie de tiempo, la TMC se encuentra por debajo de la TMM, a excepción de 2011 (Figura 28A). Las jaibas se encuentran en la misma situación, pero en el caso de la jaiba azul, en 2016 se evidenció un ligero aumento, siendo incluso mayor que la TMM. Caso contrario ocurrió con la jaiba roja, cuya tendencia a la disminución de la TMC se mantuvo (Figura 28B-C). Por otro lado, especies como la mojarra rayada, mojarra lora y la almeja, generalmente han sido extraídas por encima de su TMM, representando un riesgo bajo de sobrepesca por crecimiento (Figura 28D-E-F).

### Limitaciones del indicador

En el caso de la CGSM, al igual que en la mayor parte de las pesquerías artesanales, los recursos se extraen con diversidad de artes de pesca, cada una de las cuales selecciona un espectro de tallas determinado afectando la TMC. Tal complejidad plantea un cuidadoso seguimiento en monitoreo al desempeño de diferentes artes de pesca.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Se recomienda tener en cuenta el planteamiento del criterio del punto de referencia límite (PRL) expresado en la TMM como talla mínima de captura, para las especies: lisa (*M. incilis*) = 24 cm LT; mojarra rayada (*E. plumieri*) = 20 cm LT; mojarra lora (*O. niloticus*) = 21 cm LT y almeja (*P. solida*) = 3 cm. Para las jaibas (*C. bocourti* y *C. sapidus*), se recomienda una TMC de 9,0 cm de ancho estándar del caparazón, de acuerdo a la reglamentación oficial (Resolución No. 623 de 2004, INCODER).

**INDICADOR DE PROPORCIÓN DE PESCA INCIDENTAL Y DESCARTES PARA LA PESCA ARTESANAL EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA – CGSM**

**Definición e importancia del indicador**

La cantidad de captura desembarcada es generalmente dividida en captura objetivo (aquella objeto de pesca a través de un arte específico), captura incidental que corresponde a la fracción no objetivo de pesca, pero que tiene valor comercial, y el descarte, el cual hace referencia a la fracción de la captura total que no es usada por el pescador y termina siendo devuelta al medio por su nulo interés comercial. Este indicador permite determinar el impacto de la pesca sobre la biodiversidad marina y demás efectos sobre las redes tróficas e interacciones comunitarias.

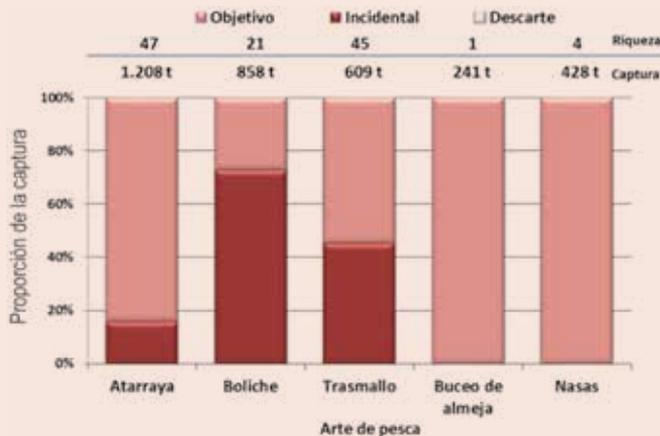
**Fuente de los datos e información**

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

**Periodo reportado**

2016 (enero – diciembre de 2016, excluyendo noviembre).

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 29.** Composición porcentual de las capturas por arte de pesca para 2016, discriminando las capturas objetivo, incidental y descartes en la CGSM.

**Interpretación de los resultados**

La pesca artesanal de la CGSM es un ejemplo de una pesquería multispecífica, donde realmente no existen descartes, pues toda la captura es aprovechada por el pescador (p.e. especies pequeñas para alimento en zoológicos e incluso para alimento humano). Esto indicaría un fuerte impacto sobre la biodiversidad del ecosistema, aunque contribuya a proporcionar alimento e ingresos a los pescadores. Solo dos artes fueron totalmente selectivos (buceo para almejas y nasas para jaibas), mientras que el boliche, atarraya y red fija (trasmallo), son los artes menos selectivos, siendo el boliche el arte de mayor impacto por su alto porcentaje de captura incidental (73 %). La atarraya capturó 47 especies, siendo objetivos principales la lisa (*M. incilis*) y el mapalé (*Cathorops mapale*); en el boliche la captura objetivo es la lisa (*M. incilis*) y mojarra rayada (*E. plumieri*) con 19 especies más capturadas; mientras el trasmallo, con 45 especies capturadas, tiene como principal objetivo: lisa (*M. incilis*), macabí (*Elops smithi* - *E. saurus*) y mojarra lora (*O. niloticus*) (Figura 29). Para los artes de pesca dirigidos a peces, la selectividad es función del tamaño de malla.

#### Limitaciones del indicador

El indicador es fuertemente dependiente de la información suministrada por el pescador; no obstante, si el muestreo es representativo en puerto, el indicador es muy útil.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Se sugiere mejorar la selectividad de los artes de pesca trasmallo, atarraya y boliche a fin de incentivar el escape de especies pequeñas (p.e. juveniles). Esto plantea un buen proceso de concertación entre entidades pertinentes y pescadores, así como la sensibilización a los mismos, para llegar a acuerdos en compromisos y esfuerzos de control y vigilancia.

**INDICADOR DE FRACCIÓN DESOVANTE/JUVENIL DE LAS CAPTURAS PARA LA PESCA ARTESANAL EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA – CGSM.**

**Definición e importancia del indicador**

Corresponde a la fracción juvenil y desovante medida sobre la frecuencia de las capturas desembarcadas por tallas para las diferentes especies. Para la división de la fracción desovante y/o juvenil de las capturas, se toma en forma simplificada la TMM. La mayor o menor fracción desovante o juvenil, indicará la presión de pesca ejercida sobre uno u otro componente poblacional.

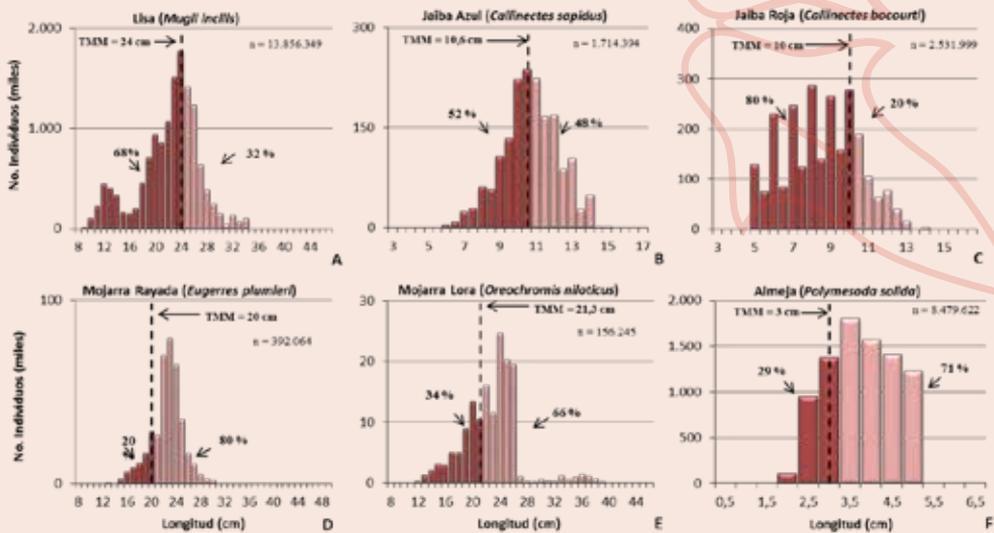
**Fuente de los datos e información**

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEVAR – SIPEIN.

**Período reportado**

2016 (enero – diciembre de 2016, excluyendo noviembre).

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 30.** Fracción desovante (color claro) y juvenil (color oscuro) de los principales recursos pesqueros en la CGSM durante 2016.

**Interpretación de los resultados**

La fracción aprovechada por debajo del punto de referencia límite, TMM, para lisa (68 %), jaiba azul (52 %) y jaiba roja (80 %) es alta, lo que indica que buena parte de los desembarcos se componen de juveniles, lo que podría influir en la capacidad reproductiva de las poblaciones pesqueras (Figura 30A-C). Especies como la mojarra rayada y mojarra lora (20 % y 80 %, respectivamente), no muestran una incidencia de la pesca en la estructura de tamaños de estas dos especies, ya que su aprovechamiento está basado en tamaños grandes, aumentando la probabilidad de reproducción de los individuos de la población (Figura 30D-E).

#### Limitaciones del indicador

En el caso de la CGSM, como en gran parte de las pesquerías artesanales del país, los recursos se extraen con diversas artes de pesca, cada una de las cuales selecciona un espectro de tallas determinado, por lo que esta complejidad plantea un cuidadoso seguimiento al desempeño de diferentes artes de pesca. Otras limitantes pueden ser la ausencia de estimaciones actualizadas de las TMM o desconocimiento del potencial reproductivo de las especies.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Se recomienda fijar las tallas mínimas de captura con base a la TMM, controlando la selectividad de los artes de pesca (p.e. regulaciones de tamaños de malla).

### INDICADOR DE RENTA ECONÓMICA DE LA PESCA ARTESANAL EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA – CGSM

#### Definición e importancia del indicador

Son las ganancias generadas por unidad de pesca una vez del ingreso bruto producto de la pesca se han descontado los costos de operación o variables. Contribuye a determinar el desempeño económico de una pesquería, que, combinado con otras variables de desempeño de la pesca, permite analizar su incidencia para efectos de planificación e implementación de proyectos de fomento, desarrollo tecnológico, control, ordenamiento y en general de administración de la pesquería. Este indicador, se puede determinar por unidad de pesca y/o pescador, como se presenta en esta oportunidad, de esta manera se puede comparar con un punto de referencia como el salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV). El uso de variables económicas en pesca junto con aquellas ecológicas y biológicas, es muy importante para alcanzar el aprovechamiento racional de los recursos bajo varias perspectivas.

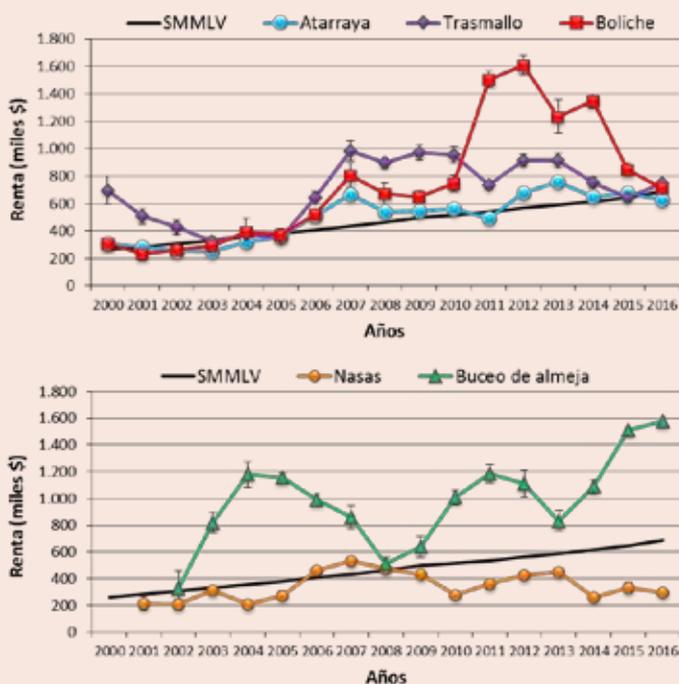
#### Fuente de los datos e información

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

#### Periodo reportado

2000-2016 (último periodo anual: enero – diciembre de 2016, excluyendo noviembre).

#### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 31.** Variación interanual de la renta económica promedio mensual (+/- EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral del SMMLV para cada año (en el 2016: SMMLV = \$ 689.454).

### Interpretación de los resultados

En 2016, la renta de los pescadores que utilizaron boliche y trasmallo superaron por muy poco margen el umbral de referencia. No obstante, en general para los tres artes (atarraya, trasmallo y boliche) se muestra una tendencia en el descenso hasta llegar la renta a valores similares al margen de un SMMLV. Igualmente se observa un aumento en la renta, por encima del umbral, de la actividad de buceo de almeja, incluso llegando a ser la mayor renta en toda la serie. Por el contrario, las nasas usadas para las jaibas, no han alcanzado el umbral fijado a partir del año 2009 (Figura 31).

### Limitaciones del indicador

La calidad de la información de costos y precios es dependiente de la voluntad de los pescadores entrevistados y por ende hay un efecto en la estimación final, contabilizado para el caso de la CGSM. Las tendencias de la oferta y la demanda, pueden afectar la estimación de indicadores económicos, sin tener esto que ver en algunos casos con la disponibilidad de los recursos.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Se sugiere analizar la incidencia de este indicador para efectos de planificación e implementación de proyectos de fomento, desarrollo tecnológico, control, ordenamiento y en general de administración de la pesquería, pues las cuotas de pesca bien pueden fijarse con un máximo rendimiento económico y no con un máximo rendimiento biológico.

**INDICADOR DE CAPTURA TOTAL Y CAPTURA POR ESPECIE: PESCA NACIONAL INDUSTRIAL DE CAMARÓN**

**Definición e importancia del indicador**

Es una medida de producción o rendimiento de un recurso pesquero que se desembarca o llega a puerto luego de ser extraído de la población natural por unidad de esfuerzo de algún tipo de arte de pesca, en este caso la red de arrastre de fondo industrial. Se presenta el indicador para la captura objetivo en cada costa constituida por varias especies de camarón de aguas someras (CAS) y aguas profundas (CAP).

**Fuente de los datos e información**

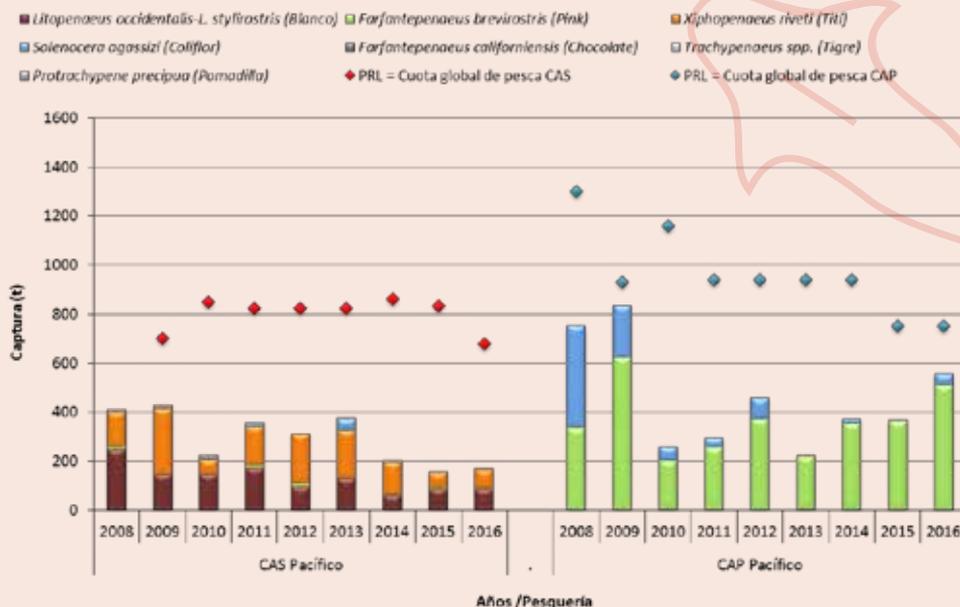
Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

**Período reportado**

2008 a diciembre de 2016 para el Pacífico.

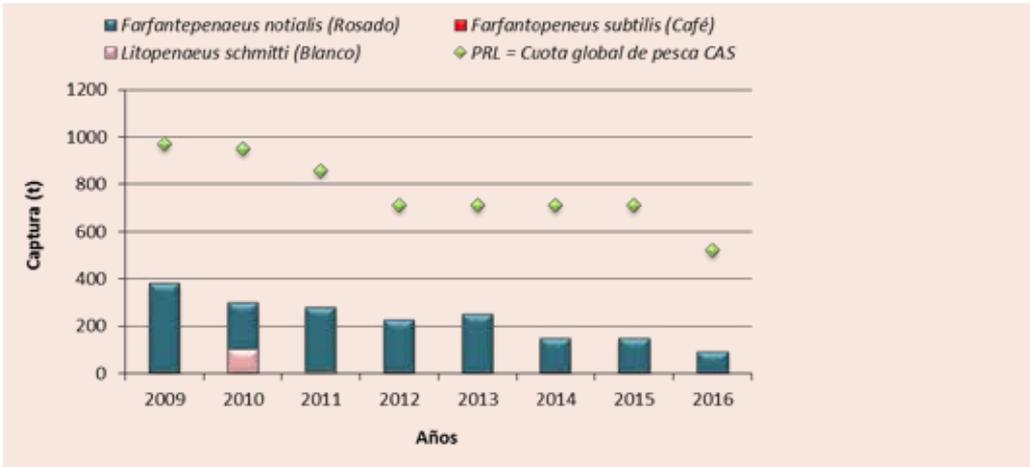
2009 a diciembre de 2016 para el Caribe.

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 32.** Variación interanual de la captura objetivo en las pesquerías industriales de camarón del Pacífico (CAS y CAP) y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).





**Figura 33.** Variación interanual de la captura objetivo en la pesquería de camarón industrial del Caribe y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).

#### Interpretación de los resultados

En 2016, la pesquería de CAS en el Pacífico colombiano presentó un desembarco de 171,2 t de captura objetivo (CO), incrementando un 9 % a lo reportado para el 2015 y solamente el 25,3 % de la cuota global de pesca para ese año (678 t) establecida por la autoridad pesquera (Figura 32). El camarón blanco fue el principal producto de la CO (*Litopenaeus occidentalis-L. stylirostris*; 50,7 %), seguido del camarón titi (*Xiphopenaeus riveti*) que representó el 45,0 %, el camarón chocolate (*F. californiensis*) con el 2,6 % y el camarón pink (*Farfantepenaeus brevisrostris*; 1,6 %). La captura de CAP fue de 555,8 t, la mayor en los últimos siete años, 33 % superior a la captura presentada en 2015 y que correspondió al 74,1 % de la cuota global de pesca (750 t) asignada para 2016. Esta pesquería mantiene la tendencia de captura en camarón pink que representó el 92,2 % de la captura total, mientras que el camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) solo alcanzó el 7,8 % (Figura 32). Los niveles de aprovechamiento de esta pesquería se encuentran aún en niveles de sostenibilidad lo que hasta la fecha indica riesgo bajo de sobrepesca.

La captura del CAS en el Caribe en 2016 fue de 92,7 t, la menor durante la serie de tiempo, 38 % menor que la captura de 2015 y representó solo el 17,0 % de la cuota de pesca establecida en 2015 (711 t) (Figura 33). Los desembarcos industriales de camarón se llevan a cabo en dos puertos del Caribe: Tolú y Cartagena. La especie más representativa fue el camarón rosado (*F. notialis*, 99,8 %), recurso que no presenta señales consistentes de recuperación, luego de alcanzar un estado de agotamiento (Páramo *et al.*, 2006; Manjarrés *et al.*, 2008; Páramo y Saint-Paul, 2010).

#### Limitaciones del indicador

La información de desembarcos industriales es suministrada por las empresas pesqueras, por lo cual la calidad de las estimaciones depende de la honestidad en los reportes de la industria. A pesar que existe un compromiso del sector pesquero ante la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP, para proveer la información requerida por el INVEMAR, aún se presentan inconvenientes en la colecta de los datos de producción pesquera.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Es necesario que este indicador sea analizado junto a otras variables o indicadores para fines de manejo pesquero (cuotas globales de captura, tallas mínimas y niveles de esfuerzo óptimos). Al ser analizados, se denota que la producción pesquera industrial ha tenido un descenso en los últimos años para la pesquería del CAS principalmente; mientras que la pesca de CAP durante el último año mostró un incremento su nivel de producción respecto a los últimos cinco años.

## INDICADOR DE ABUNDANCIA RELATIVA DEL CAMARÓN: PESCA INDUSTRIAL NACIONAL

### Definición e importancia del indicador

Representa la cantidad de recurso o captura en función del esfuerzo invertido en la extracción (captura por unidad de esfuerzo; CPUE). Es específico a un arte que posee un poder de pesca propio y se asume que es directamente proporcional a la biomasa disponible de un recurso en su medio natural. Permite inferir el estado del recurso y la eficiencia de arte de pesca. En este caso se reporta el indicador para el CAS y CAP capturado con red de arrastre.

### Fuente de los datos e información

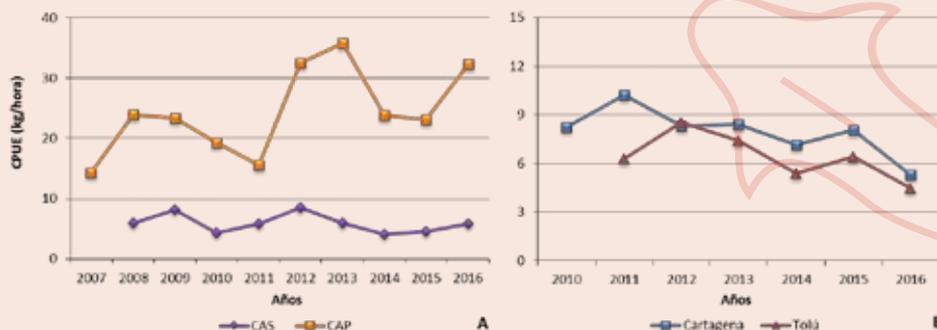
Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

### Período reportado

2008 a diciembre de 2016 para el Pacífico.

2010 a diciembre de 2016 para el Caribe.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 34.** Variación interanual de la captura por unidad de esfuerzo (kg/h) estimada en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y Caribe (B) colombiano.

### Interpretación de los resultados

La abundancia relativa del CAS en el Pacífico durante 2016 fue de 5,9 kg/h y mostró un ligero incremento respecto al año anterior (4,6 kg/h), manteniendo los niveles presentados durante la serie de tiempo evaluada (Figura 34A). En esta pesquería se ejerce una presión secuencial de pesca industrial y artesanal sobre el camarón blanco, lo que ha llevado al estado actual de sobreexplotación del recurso. El CAP del Pacífico, mostró un incremento de la abundancia relativa de este recurso para 2016 (32 kg/h), mostrando incluso uno de las abundancias relativas más altas en la serie (Figura 34A). Este hecho sitúa al recurso entre una etapa de aprovechamiento pleno por lo que la se sugiere mantener las actuales medidas de regulación de la pesquería.

En el Caribe, la abundancia relativa del CAS a 2016 mostró en términos generales una tendencia a la disminución. Tanto para el puerto de Cartagena (5,3 kg/h) como para el de Tolú (4,6 kg/h), se presentaron los valores más bajos en la abundancia relativa del recurso. Estos valores solo representan cerca del 52 % de los valores más altos reportados en la serie de tiempo para ambos puertos (Figura 34B). Esta situación demuestra que el camarón rosado aún no muestra signos de recuperación.

#### Limitaciones del indicador

La calidad de la estimación de la abundancia relativa o CPUE es altamente dependiente de la información que las empresas pesqueras suministran tanto de captura como del esfuerzo de pesca, por tanto, no contar con toda la información disponible, impide una evaluación más efectiva del recurso.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Las poblaciones de camarones objeto de pesca industrial en Colombia, requieren mayor control de las medidas que permitan su recuperación, principalmente la del CAS. Dichas medidas se han enfocado únicamente al establecimiento de cuotas de pesca, tanto globales como por permissionarios, las cuales solo aplican a la flota industrial. En este mismo sentido, se debería controlar la selectividad de los artes, mejoramiento de la tecnología de pesca y realizar acompañamiento de las vedas espacio-temporales. Para el caso del CAS en el Pacífico, urge control sobre el esfuerzo y selectividad de la pesca artesanal. Para el CAP, las medidas de manejo deben dirigirse a mantener niveles de esfuerzo por debajo del rendimiento máximo sostenible.

## INDICADOR DE TALLA MEDIA DE CAPTURA (TMC): PESCA INDUSTRIAL NACIONAL DE CAMARÓN

### Definición e importancia del indicador

La talla media de captura (TMC) es la longitud promedio de los individuos de una población extraída con un arte de pesca específico y en un área de pesca dada. La información de TMC permite detectar la presión causada por la pesca sobre la estructura de la población. Al compararla con la talla media de madurez (TMM), se pueden recomendar medidas de manejo dirigidas a la reglamentación de artes de pesca en términos de selectividad o incluso el de vedar algún arte de pesca por su impacto sobre las poblaciones explotadas.

### Fuente de los datos e información

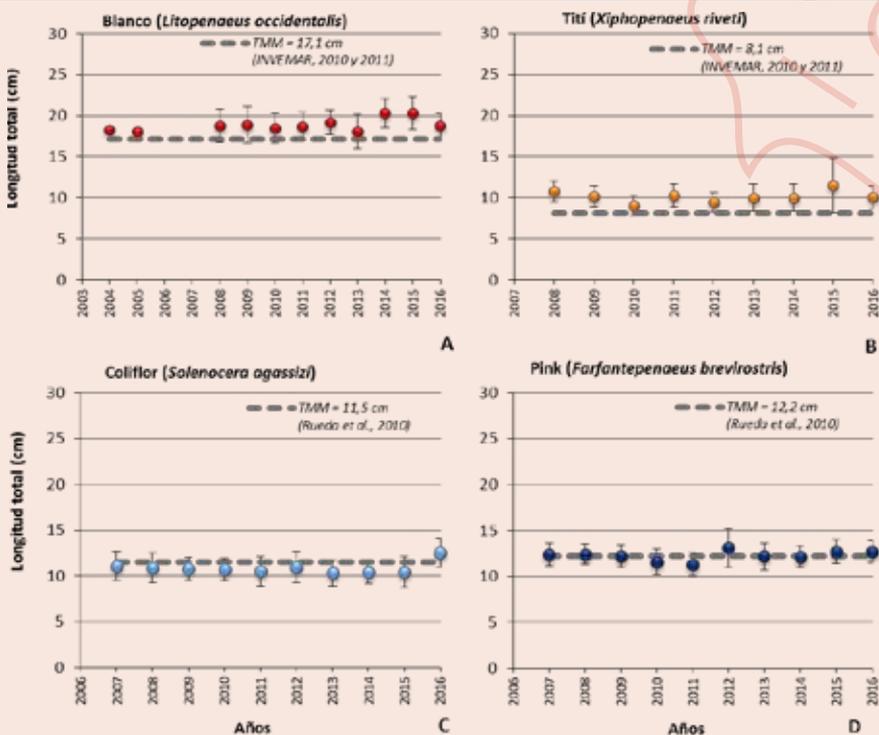
Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

### Periodo reportado

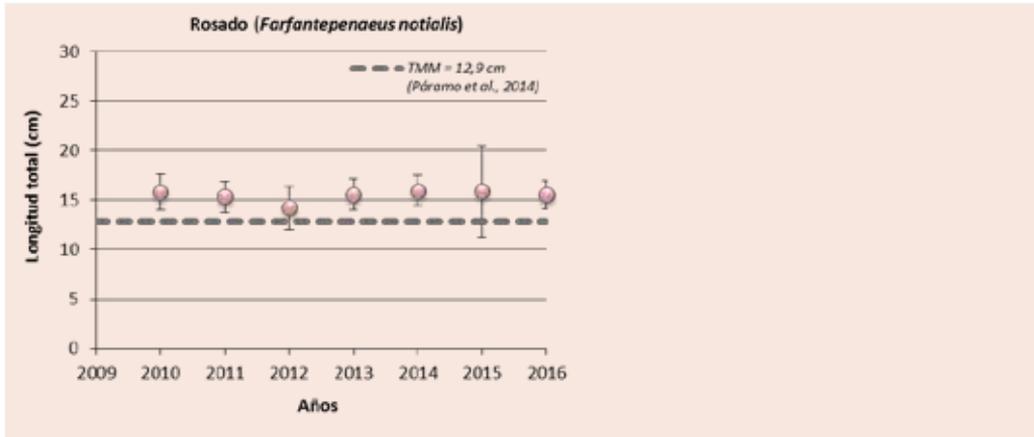
2004 a diciembre de 2016 para el Pacífico.

2010 a diciembre de 2016 para el Caribe.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 35.** Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).



**Figura 36.** Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus notialis*, principal especie en la pesquería de CAS del Caribe colombiano con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).

#### Interpretación de los resultados

Las especies de camarón de aguas someras del Pacífico mantuvieron su comportamiento respecto a la TMM, los valores calculados de TMC, 18,8 cm y 10,1 cm para camarón blanco (*L. occidentalis*) y camarón tití (*X. riveti*) respectivamente, estuvieron por encima de este PRL. El camarón coliflor *S. agassizi* mostró una recuperación en cuanto a la TMC, calculada en 12,5 cm, por primera vez sobrepasó el PRL que es la TMM (11,5 cm; Rueda *et al.*, 2010), en toda la serie (Figura 35C). El camarón pink *F. brevis*, presenta también un riesgo moderado de sobrepesca ya que la TMC calculada (12,69 cm) es muy cercana al PRL (12,2 cm; Rueda *et al.*, 2010) (Figura 35D). Para el Caribe, el camarón rosado *F. notialis* (Figura 36), al igual que el CAS del Pacífico, presentó valores de TMC por encima de la TMM (INVEMAR, 2010, 2011; Paramo *et al.*, 2014), condición favorable en la explotación del recurso, garantizando la renovación natural de la población (García y Le Reste, 1986).

#### Limitaciones del indicador

La TMC fue calculada sólo para los organismos que hacen parte de la fracción de pesca objetivo. Así, si existe una cantidad de estos organismos que hacen parte del descarte, este indicador deberá recalcularse. Dado que el PRL usado es la TMM, la calidad de esta estimación incide directamente en la interpretación de la TMC. Para esto es necesario siempre contar con información proveniente de seguimientos a bordo de la especie, para lo cual es indispensable el apoyo de la industria pesquera.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Se sugiere realizar evaluaciones de selectividad del arte para disminuir el riesgo de sobrepesca por crecimiento del camarón coliflor y del camarón pink (Millar y Fryer, 1999) que puedan apoyar la regulación de los tamaños de malla en algunas secciones de la red de arrastre de modo que pueda beneficiarse el recurso con un probable incremento en la TMC.

**INDICADOR DE PROPORCIÓN DE PESCA INCIDENTAL Y DESCARTES:  
PESCA INDUSTRIAL NACIONAL DE CAMARÓN**

**Definición e importancia del indicador**

La fauna acompañante de una pesquería está compuesta por los recursos que no son el objetivo de la actividad, pero que aún así son capturados. Estos recursos pueden clasificarse en captura incidental (CI) (pesca no objetivo que tiene valor comercial) y descartes (especies sin valor comercial y que son devueltas al mar generalmente sin vida). Conocer los porcentajes de fauna acompañante y la relación que tiene con la captura objetivo (FA/CO), permite determinar el impacto de la pesca sobre la biodiversidad marina.

**Fuente de los datos e información**

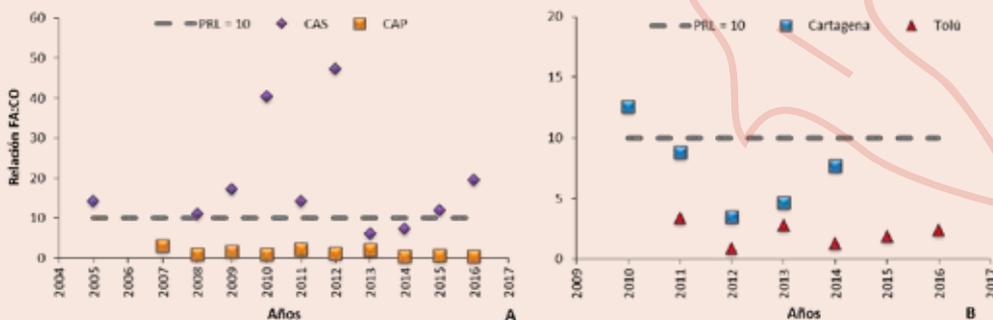
Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVERMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

**Periodo reportado**

2005 a diciembre de 2016 para el Pacífico.

2010 a diciembre de 2016 para el Caribe.

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 37.** Variación interanual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y el Caribe colombiano (B) (PRL: Punto de Referencia Límite).



### Interpretación de los resultados

En la pesquería del CAS en el Pacífico colombiano la relación FA/CO para el 2016 fue de 19,5, superior a la del año anterior (11,9) y, por encima del PRL establecido en 10, lo que muestra un mayor impacto sobre la biodiversidad (Figura 37A). Dentro de la fauna acompañante, la captura incidental CI, que es aquella colectada por la tripulación para fines de comercialización, se ha convertido en una parte importante para cubrir los costos de operación de la flota. Otro factor importante que hay que resaltar es que las capturas de especies que no son objetivo de la pesquería y que en su mayoría son descartadas, son organismos juveniles que en su fase adulta son base para las pesquerías artesanales costeras (Seijo *et al.*, 1998), por lo que ya se cuentan con iniciativas para disminuir esta fracción de la captura de la pesca de arrastre. En la pesca del CAP, la relación FA/CO fue de 0,4, la menor en todo el periodo y cercana a la reportada durante los dos últimos años (0,5 y 0,7 para 2014 y 2015, respectivamente), mostrando que el impacto de esta pesquería sobre la biodiversidad asociada es bajo, en comparación con la pesca de CAS (Figura 37A).

En el Caribe, la relación FA/CO del CAS en 2015 solo se calculó para la flota con puerto base en Tolú (2,4) aumentando levemente con respecto a 2015 (1,9), aunque con tendencia de valores muy por debajo del punto de referencia establecido (Figura 37B). A pesar de ser un valor bajo, esta pesquería ha mantenido los mismos niveles de esta tasa durante la serie evaluada, incluso inferiores a los reportados (tasa hasta de 4) para la zona del golfo de Morrosquillo (Herazo-C. *et al.*, 2006), área donde opera esta flota.

### Limitaciones del indicador

Durante el año no se pudo realizar muestreos a bordo de la flota industrial de arrastre camarónero con puerto base en Cartagena, debido a la baja actividad de la flota y la falta de compromiso de algunos armadores para permitir el monitoreo a bordo. Este indicador depende de la representatividad del muestreo a bordo y de las áreas geográficas donde se concentre el monitoreo, dada la variabilidad espacial de la biodiversidad marina. No existe un punto de referencia límite de FA/CO, aunque lo deseable es reducirlo al máximo. Se usa en este caso un valor que ha sido aproximado a las zonas tropicales del mundo, pero que incluso puede llegar hasta un factor de 24.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Para todas las flotas de pesca industrial por arrastre en Colombia, se recomienda implementar el uso obligatorio de dispositivos reductores de fauna acompañante para peces y excluidor de tortugas (Rueda *et al.*, 2006; Girón *et al.*, 2010; Manjarrés *et al.*, 2008) o realizar ajustes en los tamaños de malla que sean diferenciales a lo largo del cuerpo de la red para incrementar el escape de fauna acompañante. Lo anterior como medida para reducir el impacto sobre la biodiversidad, promoviendo una pesca limpia y responsable en las pesquerías de camarón.

**INDICADOR DE FRACCIÓN DESOAVANTE/JUVENIL DE LAS CAPTURAS:  
PESCA INDUSTRIAL NACIONAL DE CAMARÓN**

**Definición e importancia del indicador**

Los juveniles de una población son individuos que aunque están completamente formados, no han alcanzado la madurez sexual y por tanto no tienen la capacidad para reproducirse. Si las capturas por pesca impactan una proporción de juveniles mayor que la de los adultos, se ponen en riesgo los procesos reproductivos y de crecimiento de la población. Así mismo, una reducción de la población desovante afecta los niveles de reclutamiento y por tanto la sostenibilidad del recurso en el tiempo.

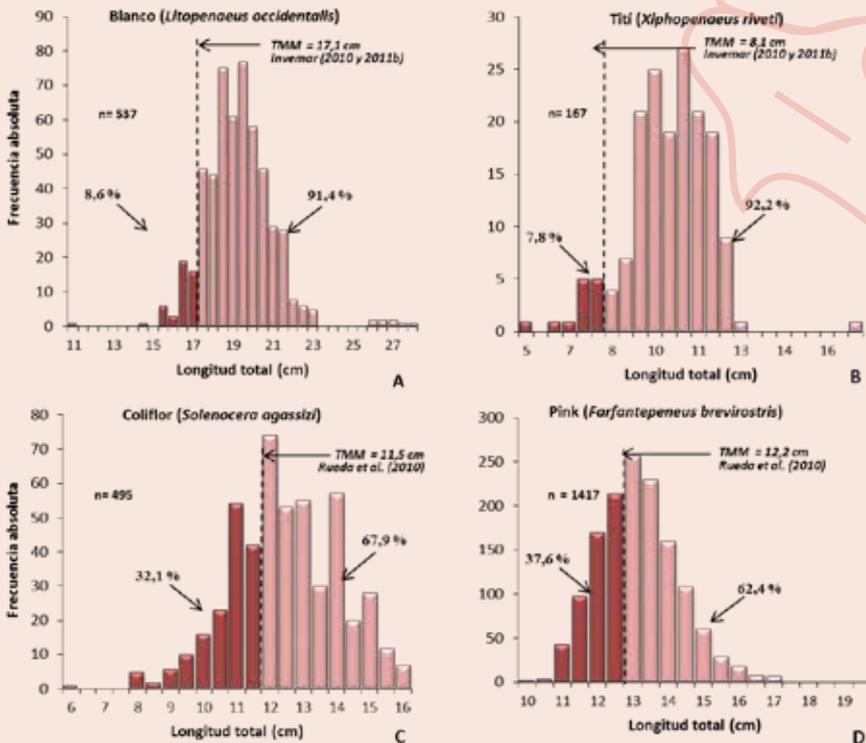
**Fuente de los datos e información**

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

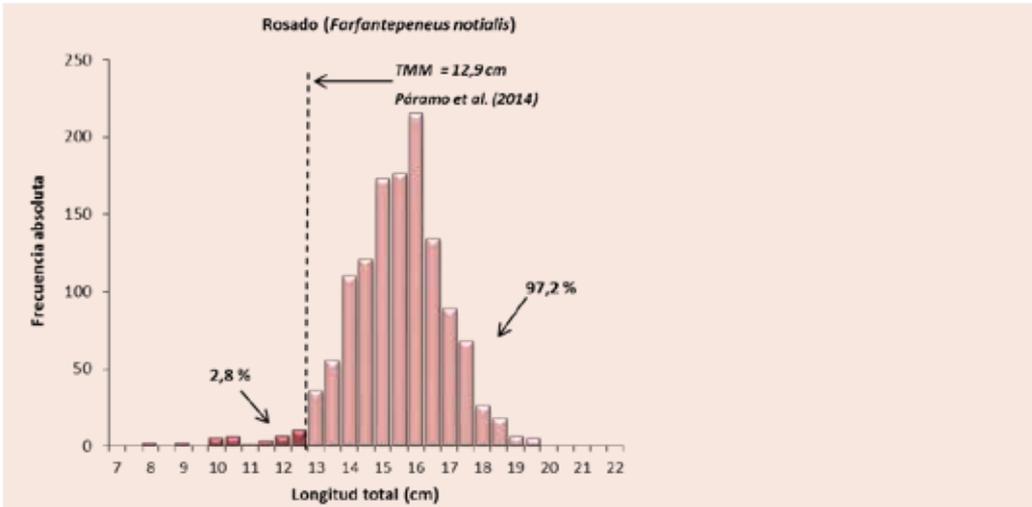
**Periodo reportado**

2016.

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 38.** Estructura de tallas para las hembras de las principales especies objetivo en las pesquerías de CAS (A y B) y de CAP (C y D) del Pacífico colombiano durante 2016, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).



**Figura 39.** Estructura de tallas para las hembras de la principal especie objetivo en la pesquería de CAS del Caribe colombiano durante 2016, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).

#### Interpretación de los resultados

Las hembras muestreadas del CAS fueron en su mayoría maduras, con un 91,4 % para el camarón blanco, 92,2 % camarón tití en el Pacífico y 97,2 % para el camarón rosado en el Caribe, indicando poca presión de pesca sobre la estructura poblacional de estos recursos (Figura 38A-B; Figura 39). Por otro lado, la proporción de hembras maduras de CAP fue de 67,9 % para el camarón pink (Figura 38D) y 62,4 % en camarón coliflor (Figura 38C). Esta pesquería ejerce mayor presión sobre la población juvenil que la pesquería de CAS, a futuro esto puede implicar un riesgo de sobrepesca por reclutamiento.

#### Limitaciones del indicador

Debido a que este indicador es calculado a partir de seguimiento a bordo de la flota, es importante que las muestras sean representativas de la distribución de la población, algo que para el Caribe no es así por el hecho de la baja actividad de la flota, sobre todo en la zona norte, donde escasamente opera una embarcación y por razones logísticas ha sido imposible realizar el muestreo. Así mismo, es muy determinante la precisión de la estimación de la TMM que se usa como PRL.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Es muy importante que además de lo sugerido en el indicador TMC, se considere el diseño de vedas espaciales para el recurso CAP en el Pacífico, sin eliminar las vedas temporales en los periodos de desove y reclutamiento. Continuar con el seguimiento del ciclo reproductivo de las especies objetivo de explotación, permitirá tener datos consistentes y continuos para soportar la toma de decisiones.

### INDICADOR DE RENTABILIDAD ECONÓMICA: PESCA INDUSTRIAL NACIONAL DE CAMARÓN

#### Definición e importancia del indicador

Son las ganancias generadas por unidad de pesca una vez del ingreso bruto producto de la pesca se han descontado los costos totales (fijos, variables o de oportunidad). El uso de variables económicas en pesca junto con las bioecológicas, es clave para alcanzar el aprovechamiento racional de los recursos bajo varias perspectivas.

#### Fuente de los datos e información

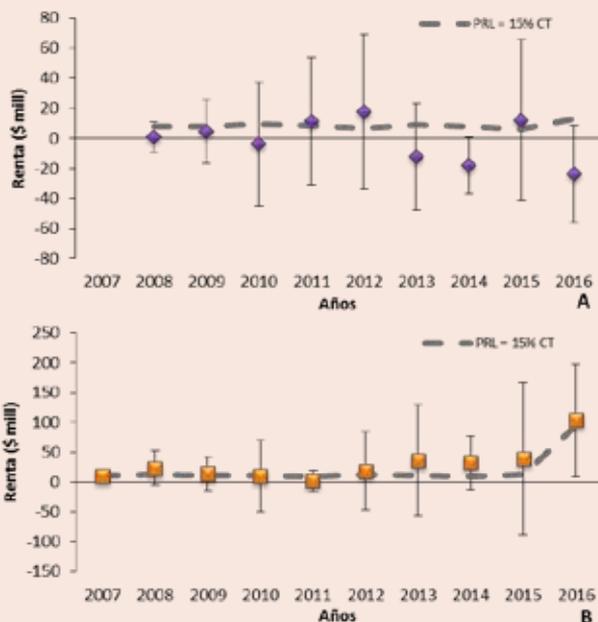
Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

#### Periodo reportado

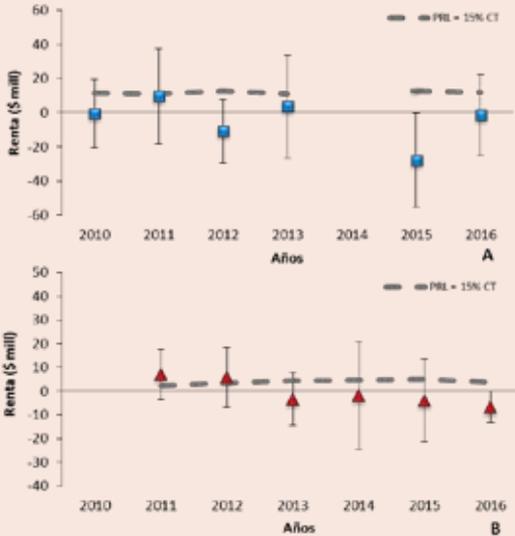
2007 a 2016 para el Pacífico.

2009 a 2016 para el Caribe

#### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 40.** Variación interanual de la renta promedio por faena ( $\pm$ DE) en las pesquerías de CAS (A) y CAP (B) en el Pacífico colombiano. CT = Costos totales. (--- Punto de Referencia límite PRL = 15 % más de los CT).



**Figura 41.** Variación interanual de la renta promedio por faena ( $\pm$ DE) en las pesquerías de CAS del Caribe colombiano, con puerto de desembarco Cartagena (A) y Tolu (B). CT = Costos totales. (--- PRL = 15 % más de los CT).

#### Interpretación de los resultados

Se estableció arbitrariamente como PRL que la renta correspondiera el 15 % de los costos totales promedio de una faena. Para la pesquería del CAS en el Pacífico, la renta promedio fue de  $-\$23,8$  millones  $\pm$  DE 32,5 millones, mostrando que no superó el PRL presentando un escenario de pérdidas de la actividad (Figura 40A). A pesar del escenario de pérdida, se destaca el hecho que parte importante de los ingresos de esta pesquería fueron aportados por la captura incidental, debido a que se está realizando un esfuerzo dirigido hacia la captura de especies acompañantes para poder alcanzar el margen de utilidad, generando un impacto negativo sobre la biodiversidad marina asociada. Para la pesquería del CAP la renta económica fue de  $\$103,0 \pm$  DE 93,8 millones, encontrándose por encima del PRL ( $\$94,6$  millones), continuando con el buen desempeño económico de esta flota en los últimos años (Figura 40B). Los ingresos para esta flota provienen en su mayoría de la captura objetivo. Para la flota de CAS con puerto base en Cartagena, la renta promedio fue de  $-\$1,2$  millones  $\pm$  DE 23,7 millones, estando por debajo del PRL ( $\$11,9$  millones), mostrando en general un escenario de pérdidas en 2016 (Figura 41A). Para la flota de CAS con puerto base en Tolu, la renta promedio fue de  $-\$6,6$  millones  $\pm$  DE 6,6 millones y por debajo del PRL ( $\$3,9$  millones), que al igual que la flota de Cartagena, muestra un escenario de pérdidas para la pesquería (Figura 41B).

#### Limitaciones del indicador

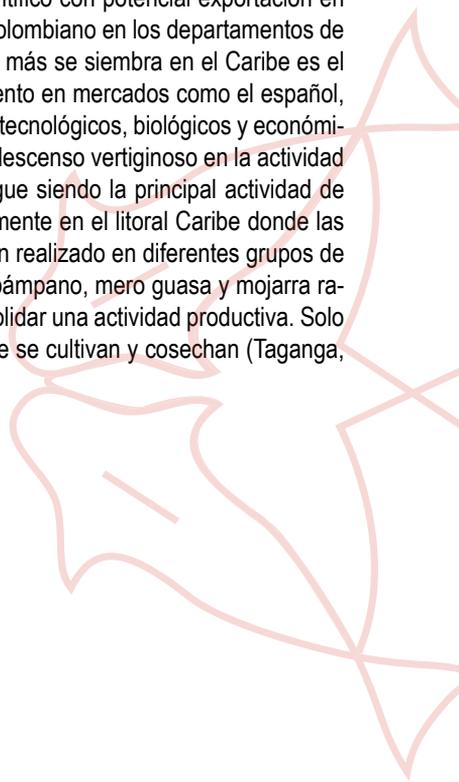
Al depender de que la información suministrada por las empresas sea suficiente y confiable respecto a sus costos y precios, la calidad de la estimación de la renta se verá reflejada de manera directa. La oferta y demanda del mercado pueden afectar la estimación de indicadores económicos, sin tener relación directa con la disponibilidad de los recursos.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Tanto para las pesquerías de CAS del Pacífico como para la del Caribe, se reitera la urgencia de establecer alternativas de diversificación pesquera como, por ejemplo, la utilización de redes de arrastre de pesca demersal, más selectivas que permitan el aumento de sus ingresos a medida que se eleven las capturas de especies de peces de alto valor comercial, pero sin comprometer la salud del ecosistema. Es necesario evaluar la sostenibilidad económica de la actividad a la luz del costo ambiental que genera.

### ▼ Desarrollo de la acuicultura marina

La acuicultura en Colombia está representada por la producción de piscicultura (tilapia, cachama y trucha) y por el camarón de cultivo, actividad que desde 1982 se identificó con potencial exportación en Colombia. En la actualidad, esta actividad se concentra en el Caribe colombiano en los departamentos de Bolívar, Atlántico, Sucre, y para el Pacífico en Nariño. La especie que más se siembra en el Caribe es el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con importante posicionamiento en mercados como el español, el francés y el británico. Históricamente, el sector ha tenido problemas tecnológicos, biológicos y económicos que han impedido un crecimiento constante, y han provocado un descenso vertiginoso en la actividad desde el año 2009 (Tabla 17; Figura 42), no obstante el camarón sigue siendo la principal actividad de cultivo en el mar. Proyectos de investigación de maricultura principalmente en el litoral Caribe donde las condiciones climáticas, temperatura de agua, etc., son óptimas, se han realizado en diferentes grupos de organismos con potencial para cultivarlos, (bivalvos, pargos, sábalo, pámpano, mero guasa y mojarra rayada), obteniendo resultados satisfactorios, pero sin llegar aún a consolidar una actividad productiva. Solo los ostiones (bivalvos), se comercializan a nivel local en la zona donde se cultivan y cosechan (Taganga, Santa Marta).



**INDICADOR DE ESFUERZO DE LA ACUICULTURA MARINA**

**Definición e importancia del indicador**

Relación en términos de área instalada y activa para la obtención de una determinada producción de organismos marinos cultivados, en este caso el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

**Fuente de los datos e información**

Servicio Estadístico Pesquero Colombiano – SEPEC de la AUNAP, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, CENIACUA y AGROCADENAS CAMARÓN.

**Periodo reportado**

1995-2016.

Notas: El SEPEC solo reporta información de la producción (tonelada) del camarón de cultivo; mientras que para el área instalada y activa se mantiene la información oficial presentada hasta 2011.

**Reporte o cálculo del indicador**

**Tabla 17.** Área instalada, área activa y producción para el cultivo de camarón *L. vannamei* por departamento. ha: hectárea; t: tonelada. Para el 2015 solo se reportan datos entre los meses enero y abril. \* No se tiene registro

COSTA	CARIBE					PACÍFICA	TOTAL
	Departamento	Atlántico	Bolívar	Córdoba	La Guajira	Sucre	
Área instalada (ha/año)							
2009	168,0	1.682,0	432,0	100,0	793,0	*	3.175,0
2010	163,0	1.532,0	405,0	100,0	793,0	*	2.993,0
2011	163,0	1.532,0	405,0	100,0	793,0	1.545,0	4.538,0
2012	*	*	*	*	*	*	*
2013	*	*	*	*	*	*	*
2014	*	*	*	*	*	*	*
2015 (Ene-Abr)	*	*	*	*	*	*	*
2016	*	*	*	*	*	*	*
<b>Total</b>	<b>494,0</b>	<b>4.746,0</b>	<b>1.242,0</b>	<b>300,0</b>	<b>2.379,0</b>	<b>1.545,0</b>	<b>10.706,0</b>

COSTA	CARIBE					PACÍFICA	TOTAL
Departamento	Atlántico	Bolívar	Córdoba	La Guajira	Sucre	Nariño	
<b>Área activa (ha/año)</b>							
<b>2009</b>	127,0	1.264,0	45,0	11,0	793,0	*	2.240,0
<b>2010</b>	126,0	1.052,0	0,0	0,7	793,0	*	1.971,7
<b>2011</b>	126,0	1.052,0	0,0	0,5	793,0	271,0	2.242,5
<b>2012</b>	*	*	*	*	*	*	*
<b>2013</b>	*	*	*	*	*	*	*
<b>2014</b>	*	*	*	*	*	*	0,0
<b>2015 (Ene-Abr)</b>	*	*	*	*	*	*	*
<b>2016</b>	*	*	*	*	*	*	*
<b>Total</b>	<b>379,0</b>	<b>3.368,0</b>	<b>45,0</b>	<b>12,2</b>	<b>2.379,0</b>	<b>271,0</b>	<b>6.454,2</b>
<b>Producción (ton/año)</b>							
<b>2009</b>	114,0	4.843,0	302,0	274,0	11.591,0	260,0	17.384,0
<b>2010</b>	30,0	5.500,0	63,0	87,0	6.655,0	241,0	12.576,0
<b>2011</b>	41,0	2.522,0	0,0	0,0	5.564,0	346,0	8.473,0
<b>2012</b>	0,0	3.195,8	0,0	*	*	369,5	3.565,3
<b>2013</b>	79,0	2.002,4	0,0	*	460,0	420,6	2.962,0
<b>2014</b>	68,0	2.245,4	0,0	*	*	354,0	2.667,4
<b>2015 (Ene-Abr)</b>	41,2	720,5	0,0	*	*	285,0	1.046,7
<b>2016</b>	154,29	*	0,00	*	*	*	154,3
<b>Total</b>	<b>527,5</b>	<b>21.029,2</b>	<b>365,0</b>	<b>361,0</b>	<b>24.270,0</b>	<b>2.276,1</b>	<b>48.828,7</b>

#### Interpretación de los resultados

Es claro que la producción de camarón ha disminuido entre 2009 y 2016, pasando de 17.384 a 154,29 t que corresponde a una tasa de reducción de un 99 %. Sin embargo, se aclara que para el 2015 solo está disponible de enero a abril y para el 2016 corresponden únicamente a las granjas muestreadas dentro de cada municipio, de conformidad con el listado establecido por la AUNAP para el efecto; es decir, no abarcan necesariamente la totalidad de las granjas existentes en cada municipio. Las principales razones que siguen incidiendo en este comportamiento se relacionan a los costos elevados de producción, la caída de los precios internacionales y exceso de oferta. También la revaluación del dólar frente al peso colombiano, y el aumento del costo del alimento balanceado han contribuido a esta caída del sector camaricultor (Tabla 17).

Limitaciones del indicador

La incertidumbre implícita en los datos obtenidos de la fuente.

Recomendaciones y alternativas de manejo

Ajustes para reducir los costos de producción, que las empresas adopten directrices corporativas y sistemas de prueba y control para garantizar altos estándares de responsabilidad social en todas las etapas de la cadena de valor. Implementación de medidas de uso sostenible de recursos para disminuir el uso de energía, agua y otros materiales para producir camarón, por ejemplo, de tipo orgánico.



### INDICADOR ANUAL DE LA ACUICULTURA MARINA NACIONAL

#### Definición e importancia del indicador

Producción anual (toneladas) para las dos costas (Atlántica y Pacífica) de organismos marinos cultivados confinados en sistemas de cultivo.

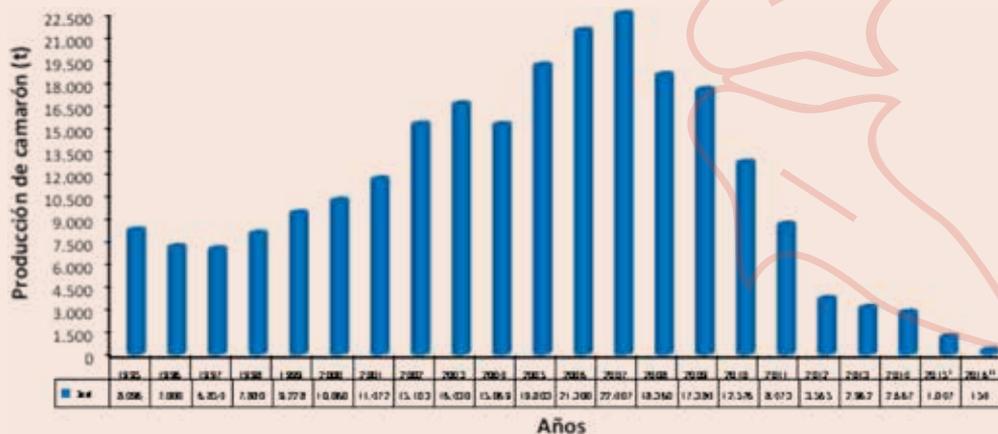
#### Fuente de los datos e información

Servicio Estadístico Pesquero Colombiano –SEPEC de la AUNAP, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, CE- NIACUA y AGROCADENAS CAMARÓN.

#### Periodo reportado

Camarón de cultivo: 1995-2016.

#### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 42.** Producción anual de cultivo del camarón *L. vannamei* en Colombia. \*En 2015 solo se reportan datos entre los meses enero y abril. \*\*2016 Únicamente granjas muestreadas dentro de cada municipio, con el listado establecido por la AUNAP. No abarcan necesariamente la totalidad de las granjas existentes en cada municipio.

#### Interpretación de los resultados

Entre 2007 (año de mayor producción) y junio de 2016, la producción de camarón de cultivo ha disminuido de 22.407 a 154 t que corresponde a una tasa de reducción del 99 % (Figura 42).

#### Limitaciones del indicador

La incertidumbre implícita en los datos obtenidos de la fuente.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Ajustes para reducir los costos de producción. Las empresas deben adoptar directrices corporativas y sistemas de prueba y control para garantizar altos estándares de responsabilidad social en todas las etapas de la cadena de valor. También deben implementar de medidas de uso sostenible de recursos para disminuir el uso de energía, agua y otros insumos.

### ▼ Fuentes terrestres de contaminación al mar

En las zonas costeras de Colombia se ubican asentamientos humanos con una alta densidad poblacional, donde se realizan una serie de actividades que contribuyen al desarrollo socioeconómico como la actividad portuaria, agrícola, ganadera, minera, industrial, turismo, entre otras, pero que producen múltiples residuos líquidos y sólidos que contienen alta carga de materia orgánica, nutrientes inorgánicos, microorganismos de origen fecal, contaminantes orgánicos persistentes, metales pesados, así como plásticos y microplásticos que no siempre son manejados de manera adecuada y que pueden llegar al ambiente marino-costero, deteriorando la calidad de los ecosistemas, el recurso hídrico y la biota asociada (Garay y Vélez, 2004; DIMAR-CCCP, 2012; Garcés-Ordóñez *et al.*, 2016a; Garcés-Ordóñez *et al.* 2016b). De igual forma, los ríos aunque no se consideran una fuente de contaminación propiamente dicha, son un medio que facilita el transporte de las sustancias contaminantes desde las cuencas altas hasta el mar, y sus descargas son de gran importancia en el sistema marino y costero (Escobar, 2002).

Dentro del programa de monitoreo de la REDCAM, se ha venido realizando de manera detallada el inventario nacional de Fuentes Terrestres y Marítimas de Contaminación al mar (FTCM), mediante visitas de campo, revisión de información secundaria, cálculo de cargas contaminantes y la producción de residuos sólidos y vertimientos, para contar con información que le permita a los tomadores de decisiones enfrentar la problemática de la contaminación marina en el país y su impacto sobre los ecosistemas marinos. Dentro de las actividades y fuentes identificadas se consideran de mayor importancia y alto impacto, los residuos que genera la población costera, las descargas de los ríos, las escorrentías agrícolas y urbanas, minería y turismo (Tabla 18, Figura 43 y Figura 44).

**Tabla 18.** Resumen del inventario nacional de fuentes terrestres y marinas de contaminación al mar, actividades productivas identificadas en los departamentos costeros y principales contaminantes que afectan la calidad ambiental de los ecosistemas marinos y costeros en Colombia. Fuentes de información: CAR costeras, INVEMAR y Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2014a, 2014b, 2016).

DEPTO.	FUENTES, ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y TRIBUTARIOS	RESIDUOS Y CONTAMINANTES
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Dos municipios costeros (San Andrés y Providencia). Aguas residuales domésticas, emisario submarino en San Andrés, pozos sépticos, residuos sólidos, rellenos sanitarios, actividad hotelera y turística intensiva, escorrentías, transporte y tráfico marítimo, puertos y muelles, manejo de hidrocarburos, estaciones de servicio, actividad pecuaria de pequeña escala, pequeños arroyos en las microcuencas de McBean, Baley y Fresh water, los cuales aumentan sus caudales durante la temporada de lluvias.	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, grasas y aceites, hidrocarburos, residuos sólidos, detergentes, sólidos disueltos y suspendidos, lixiviados, y microorganismos.
La Guajira	Cuatro municipios costeros (Riachaca, Dibulla, Manaure y Uribia). Aguas residuales domésticas, residuos sólidos, botadero a cielo abierto, rellenos sanitarios, minería intensiva, explotación y transporte de carbón, puerto carbonero (Puerto Bolívar), transporte marítimo, estaciones de servicio, agricultura, termoeléctrica, matadero de vacunos, descarga de ocho principales ríos (Ranchería, Camarones, Tapia, Jerez, Caña, Ancho, Negro y Palomino).	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, grasas y aceites, hidrocarburos, residuos sólidos, residuos de carbón, agroquímicos, aguas térmicas, aguas de sentinas, sólidos disueltos y suspendidos, y microorganismos.

DEPTO.	FUENTES, ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y TRIBUTARIOS	RESIDUOS Y CONTAMINANTES
Magdalena	Cuatro municipios costeros (Santa Marta, Ciénaga, Sitionuevo, Pueblo Viejo). Aguas residuales domésticas, emisario submarino, residuos sólidos, rellenos sanitarios, botadero a cielo abierto, actividad marítima y portuaria, transporte terrestre de carbón, cargue y transporte marítimo de carbón en el corredor Ciénaga - Santa Marta, transporte y manejo de hidrocarburos, agricultura (banano, palma de aceite, entre otros), actividad turística y hotelera, nueve ríos principales (Don Diego, Buritaca, Guachaca, Piedras, Mendihuaca, Manzanares, Gaira, Torbio y Córdoba).	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, residuos de carbón, hidrocarburos, grasas y aceites, aguas de sentinas, agroquímicos, lixiviados, sólidos disueltos y suspendidos, y microorganismos.
Atlántico	Cinco municipios costeros (Barranquilla, Puerto Colombia, Juan de Acosta, Soledad y Tubará). Aguas residuales, residuos sólidos, rellenos sanitarios, puertos fluviales y marítimos multipropósito y de carbón, industrias metalúrgicas, químicas, farmacéuticas, cementeras, curtiembres, agroquímicos, procesadoras de alimentos y bebidas y textiles; agricultura y descargas del río Magdalena.	Aguas residuales domésticas e industrial, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos e industrial, lixiviados, residuos de carbón, hidrocarburos, grasas y aceites, agroquímicos, sólidos disueltos y suspendidos, y microorganismos.
Bolívar	Dos municipios costeros (Cartagena y Santa Catalina). Aguas residuales domésticas, emisarios de emergencia, residuos sólidos, rellenos sanitarios, sector industrial de Mamonal y zona comercial de El Bosque, actividad marítima y portuaria, manejo de hidrocarburos, refinería y descarga del Canal del Dique.	Aguas residuales domésticas e industrial, materia orgánica, residuos sólidos, lixiviados, hidrocarburos, aceites y grasas, metales pesados, desechos industriales y microorganismos.
Sucre	Tres municipios costeros (Tolú, Coveñas y San Onofre). Aguas residuales, rellenos sanitarios, actividad agropecuaria (arroz; pastos, coco y ganadería), madereras, industrias pesqueras, camaronerías y zocriaderos, actividad portuaria, terminal marítimo de Ecopetrol, zona de cargue de cemento y klinker, manejo y transporte de hidrocarburos, mataderos, estaciones de servicio y aportes por corrientes naturales (Arroyos Pechelín, Villeros, Ciénaga la Caimanera, Caño Guainí, Zaragocilla, Guacamaya, Alegría).	Agua residual, materia orgánica, sólidos en suspensión, agroquímicos, residuos sólidos, lixiviados, microorganismos, aguas de sentina, hidrocarburos, aceites y residuos oleosos, residuos de carbón, Klinker y metales pesados.
Córdoba	Cinco municipios costeros (Los Córdoba, Moñitos San Antero, San Bernardo del Viento y Puerto Escondido). Aguas residuales, pozos sépticos, rellenos sanitarios, agricultura (arroz) y ganadería intensiva, turismo, residuos sólidos y aportes de seis ríos (Sinú, Broqueles, Cedro, Mangle, Canaletes y Córdoba).	Aguas residuales, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, lixiviados, agroquímicos, sólidos disueltos y suspendidos, y microorganismos.
Antioquia	Cuatro municipios costeros (Arboletes, San Juan de Urabá, Turbo y Necoclí). Aguas residuales domésticas, residuos sólidos, relleno sanitario, actividad portuaria en Turbo, cultivo de banano, minería de oro y aportes por corrientes naturales (ríos Arbolete, Hobo, San Juan, Damaquiel, Mulas, Necoclí, Bobal, Caimán Nuevo y Viejo, Turbo, Guadualito, Currulao, León, Zuriqi y Atrato).	Aguas residuales, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, lixiviados, agroquímicos, sólidos suspendidos, microorganismos, mercurio, grasas y aceites e hidrocarburos.



DEPTO.	FUENTES, ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y TRIBUTARIOS	RESIDUOS Y CONTAMINANTES
Chocó	Siete municipios costeros (Acandí y Ungía, en el Caribe; Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó y San Juan en el Pacífico). Aguas residuales, residuos sólidos, botaderos a cielo abierto, transporte de pequeñas embarcaciones a motor, estaciones de servicio, minería de oro, industria maderera y aportes de 28 ríos entre los que se destaca Acandí, Jella, Valle, Nuquí y San Juan.	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, microorganismos, hidrocarburos, alquitranes para la inmunización de la madera, mercurio y agroquímicos.
Valle del Cauca	Un municipio costero (Buenaventura). Aguas residuales, residuos sólidos, actividad marítima y portuaria intensiva, muelle petrolero, manejo y transporte de hidrocarburos y derivados del petróleo, industria maderera y pesquera, lixiviados, turismo en La Bocana, Juanchaco y Ladrilleros, pequeños cultivos de pancoger, chontaduro y coco (Dagua), y aportes de los ríos San Juan, Naya, Anchicayá, Potedó, Raposo y Dagua.	Aguas residuales, materia orgánica, nutrientes, microorganismos, residuos sólidos, desechos del procesamiento de productos pesqueros, agroquímicos, hidrocarburos, metales pesados, residuos oleosos, aguas de sentinas y slops.
Cauca	Tres municipios costeros (López de Micay, Timbiquí y Guapi). Aguas residuales domésticas, residuos sólidos, relleno sanitario, botaderos a cielo abierto, minería de oro, agricultura, aserrios, cocoteras, trapiches artesanales, almacenamiento y expendio de combustible y aportes de los ríos Timbiquí, Bubuey, Micay, Saija, Guajui y Guapi.	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, sólidos suspendidos, microorganismos, residuos sólidos, lixiviados, aceites y grasas, hidrocarburos, metales, agroquímicos y residuos de madera.
Nariño	Siete municipios costeros (El Charco, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Santa Bárbara, Francisco Pizarro y San Andrés de Tumaco). Aguas residuales domésticas, residuos sólidos, botaderos a cielo abierto, minería, agricultura (palma aceitera, coco), ganadería, transformación madera, industria pesquera, mataderos, camarónicas, actividad marítima y portuaria, transporte de petróleo. Aportes de los ríos Mira, Mejicano, Chagüi, Rosario, Iscuandé, Patía, Sanquianga, Tapaje, Mataje y La Tola).	Residuos líquidos y sólidos, materia orgánica, sólidos en suspensión, microorganismos, nutrientes, hidrocarburos, aguas de sentinas, agroquímicos, aceites y grasas, y residuos de madera.



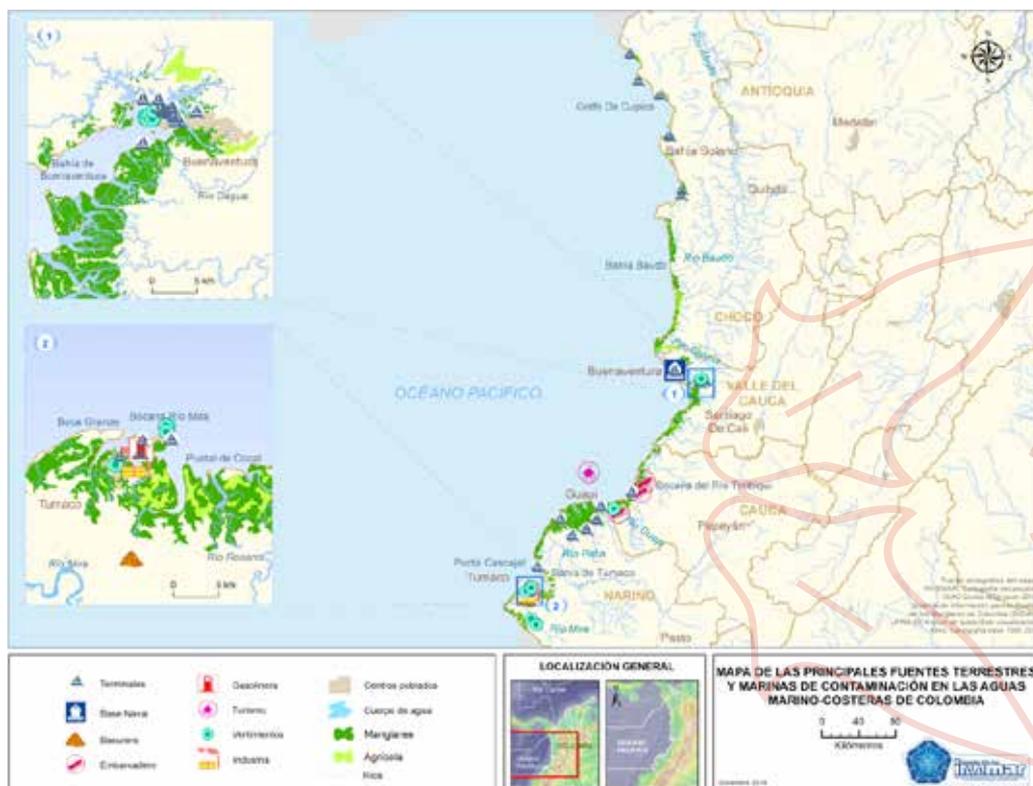


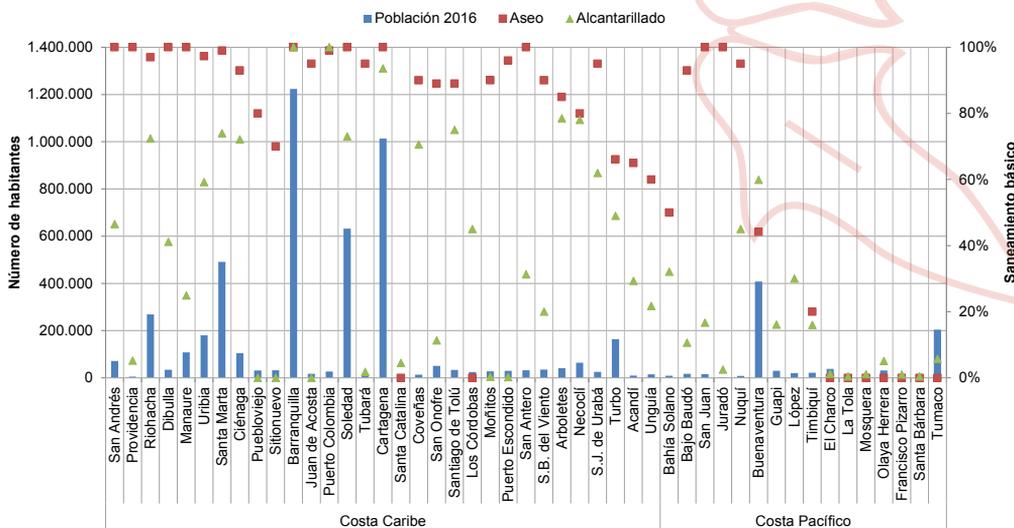
Figura 43. Ubicación de las principales actividades y fuentes terrestres y marinas de contaminación identificadas en la costa del Pacífico colombiano.





## Residuos de la población costera

La producción de residuos en los asentamientos costeros de Colombia, se asocia con el tamaño de la población y sus actividades domiciliarias, industriales y comerciales. El impacto de los residuos sobre la calidad ambiental marina depende de los sistemas de tratamiento y de la disposición final que estén implementados en cada ciudad (Garay y Vélez, 2004; Superservicios, 2016; Noguera y Oliveros, 2010). Para el año 2016 se estimó una población de ~5'700.000 de habitantes, de los cuales el 85 % se distribuye en 31 municipios de la costa Caribe y el 15 % restante en 16 municipios de la costa del Pacífico (Figura 44; DANE, 2017), destacándose por su producción de residuos los municipios más poblados e industrializados o las ciudades capitales de departamento como Barranquilla, Cartagena, Soledad, Santa Marta, Riohacha, Turbo, Buenaventura y Tumaco (Figura 45 y Figura 46). Si bien la recolección de residuos sólidos muestra cifras aceptables de cobertura, el servicio de alcantarillado todavía presenta deficiencias en la mayoría de los municipios costeros, permitiendo que haya una inadecuada disposición y se afecte el ambiente y en particular los sistemas acuáticos (Figura 45).

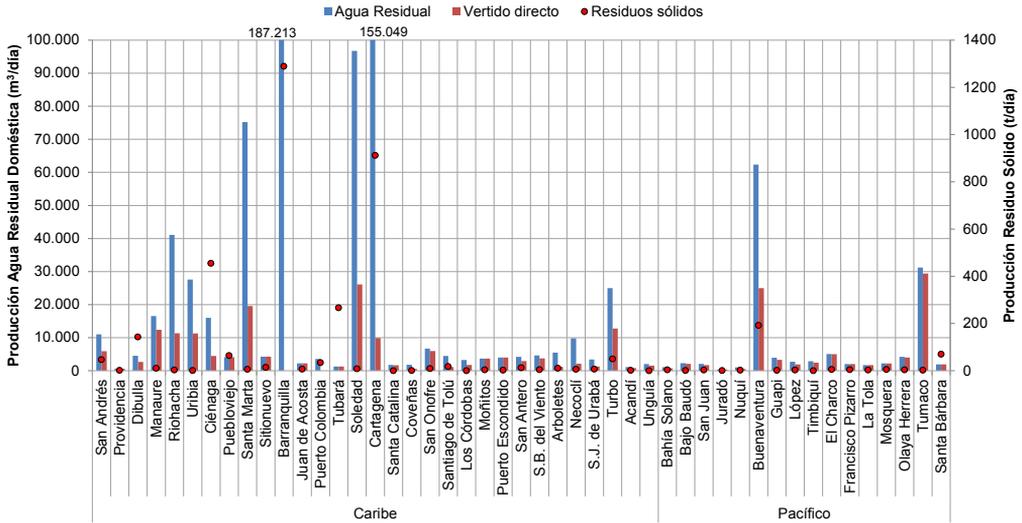


**Figura 45.** Población y cobertura del saneamiento básico existente en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombianos. Fuente: Superservicios (2014, 2016); Proactiva S.A. (2015), MinTrabajo y PNUD (2013); Gobernación de Antioquia (2012); Alcaldía Moñitos (2012); DANE (2017).

## Residuos sólidos

Según Superservicios – Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2014, 2016) la producción de residuos sólidos en los municipios costeros para los años 2013 y 2014 se estimó en 3.361 y 3.676 t/día respectivamente, siendo las ciudades de la costa Caribe las que mayor cantidad de residuos generaron (Figura 46), aportando cerca del 92 % del total, lo cual coincidió con el tamaño de la población y

la cobertura del servicio de aseo (Figura 45). El 55 % de los municipios disponen sus residuos en rellenos sanitarios, el 8 % en celdas transitorias y de contingencia, el 26 % en botaderos a cielo abierto y un 11 % vierten los residuos directamente en cuerpos de agua naturales (Superservicios, 2014) que se convierten en basura marina que se acumula en playas, manglares y fondos marinos, afectando estos ecosistemas y su belleza paisajística (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2016).



**Figura 46.** Producción estimada de agua residual doméstica y vertido directo según metodología UNEP-RCU/CEP (2010); y producción de residuos sólidos según Superservicios (2014, 2016), en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombiano.

### Aguas residuales domésticas

Con respecto a la producción de agua residual doméstica (ARD), para el año 2016 se estimó un caudal de 855.740 m<sup>3</sup>/día con la metodología de UNEP-RCU/CEP (2010), la cual considera el tamaño de la población, la dotación neta de agua, cobertura de alcantarillado y un coeficiente de retorno de 0,85 para poblaciones con niveles de complejidad medio, medio-alto y alto (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2016a). Del total de ARD producida, se presume que el 29 % fue vertido directamente a los cuerpos de agua naturales sin ningún tipo de tratamiento previo, debido a la baja cobertura de alcantarillado en los municipios costeros (Figura 45). Los mayores aportes de ARD provienen de los asentamientos costeros del Caribe (161.238 m<sup>3</sup>/día), en comparación con los del Pacífico (84.464 m<sup>3</sup>/día; Figura 46). Este caudal de agua residual que sería vertido, tendría una carga contaminante presuntiva de 30.765 t/año de materia orgánica, representada en DBO<sub>5</sub>; 61.531 t/año de DQO, 7.984 t/año de nitrógeno inorgánico total, 492 t/año de fósforo inorgánico total, 30.765 t/año de sólidos suspendidos totales y 1,23\*10<sup>20</sup> NMP/año de microorganismos representado en coliformes totales. En términos de la carga contaminante estimada, fue evidente que los municipios con mayor población son los que hicieron el mayor aporte (Figura 47).

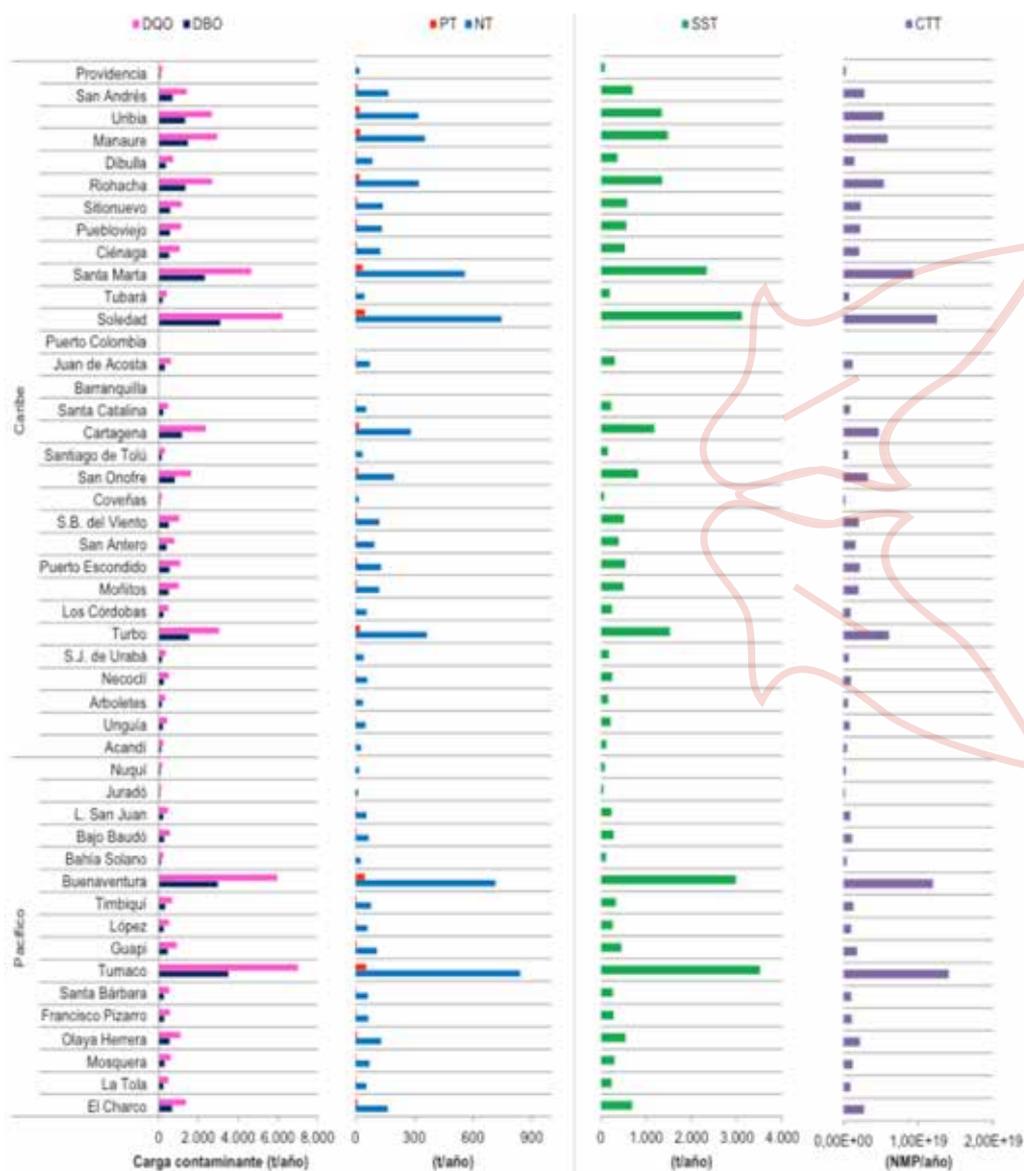


Figura 47. Carga contaminante estimada que vierte la población costera del Caribe y Pacífico colombianos en el año 2016, calculada en términos de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda bioquímica de oxígeno (DQO), nitrógeno inorgánico (NIT), fósforo inorgánico (PT), sólido suspendido total (SST) y coliformes totales (CTT) y en función de la deficiencia de alcantarillado sistemas de tratamiento.

Con la información del monitoreo nacional de calidad de aguas REDCAM se ha establecido que uno de los tensores que viene generando mayor impacto sobre el recurso hídrico marino costero en diferentes zonas del país, es la deficiencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2016a). El 62 % de los municipios costeros de Colombia, en la gran mayoría ubicados en el Pacífico, no cuentan con ningún tipo de sistema de tratamiento de ARD; el 21 % utilizan lagunas de oxidación, 10 % lagunas de estabilización y el 7 % usan como mecanismo de disposición final emisarios submarinos, como Santa Marta, San Andrés y Cartagena (Superservicios, 2014b; Garcés-Ordóñez *et al.*, 2016a). Con este panorama, se evidencia la necesidad de hacer mayor inversión e implementar acciones técnicas para reducir la contaminación en el país.

### ▼ Descargas de tributarios

Los ríos son considerados las vías de entrada de los contaminantes que se generan por las diversas actividades productivas y de las poblaciones asentadas en las cuencas altas, a través de la escorrentía agrícola o urbana donde los ríos atraviesan los asentamientos y la población de manera indiscriminada los utiliza como cuerpo receptor de toda clase de vertimientos (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2016a; Garcés-Ordóñez *et al.* 2016b), llegando finalmente a la zona costera y al mar Caribe y Océano Pacífico (Escobar, 2002).

Para conocer el comportamiento de los aportes de los ríos a la zona costera, se calcularon las cargas presuntivas de contaminantes en 38 tributarios principales que desembocan al mar, teniendo en cuenta el caudal medio histórico (IDEAM, 2016; Restrepo, 2006, Garay *et al.*, 2006) y las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (NID), ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sólidos suspendidos totales (SST), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes al criseno (HDD) y coliformes termotolerantes (CTE) obtenidas en el monitoreo de la REDCAM en el año 2015.

Los resultados mostraron que la carga total que aportaron estos ríos a la zona costera (Tabla 19) fue de 63.333 t/año de NID, 34.588 t/año de  $\text{PO}_4^{3-}$ , 28.175.501 t/año de SST, 404 t/año de HPDD y  $1,24 \times 10^{11}$  NMP/año de CTE. En la región Caribe, se reportaron cargas de NID,  $\text{PO}_4^{3-}$  y CTE hasta diez veces más altas que las del Pacífico, debido a la influencia de los ríos Magdalena, Atrato y el Canal del Dique. Cabe resaltar que sólo el río Magdalena aportó el 54 % de NID, 93 % de  $\text{PO}_4^{3-}$  y el 99 % de CTE de la carga nacional. En la región del Pacífico la mayor carga de NID,  $\text{PO}_4^{3-}$  y CTE se vio reflejada en los ríos Mira, Micay y Saija (Tabla 19), donde solo el río Mira aportó el 18 % en NID, el 21 % de  $\text{PO}_4^{3-}$  y 47 % de CTE, seguido del río Micay con el 29 % en NID, 27 % de  $\text{PO}_4^{3-}$  y 18 % de CTE.

En términos generales, la carga de SST y de HDD a nivel nacional fue aportada en un 66 % y un 75 % por el río Magdalena, respectivamente; le siguieron el río Mira con un 7 % de SST y un 11 % de HDD, el Canal de Dique en un 6 % de SST, y el río Sinú con un 4 % de HDD. Las cargas contaminantes no sólo se ven reflejadas en el caudal del tributario, si no en la influencia de la intervención antrópica (vertimientos de aguas residuales, escorrentías agrícolas y urbanas, residuos de actividades portuarias, tráfico de embarcaciones, aprovechamiento forestal de la ronda hídrica que favorecen los procesos de erosión, entre otros), a la que están sometidos estos afluentes y que se evidencia en las altas concentraciones reportadas a lo largo del monitoreo REDCAM (INVEMAR, 2016a).

**Tabla 19.** Carga estimada de contaminantes aportados por los principales tributarios que desembocan al Caribe y Pacífico colombiano en el 2015. Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID), fósforo inorgánico disuelto ( $PO_4^{3-}$ ), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Hidrocarburos del petróleo (HDD) y coliformes termotolerantes (CTE). Fuente Caudal: serie de tiempo 1959- 2015 (IDEAM, 2016); Restrepo (2006); Garay *et al.* (2006); Fuente concentraciones: Base de datos REDCAM (INVEMAR, 2016a).

DEPARTAMENTO	TRIBUTARIO	Caudal	NID	PO43-	SST	HDD	CTE
		(L/s)	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(NMP/año)
La Guajira	Cañas	0,01	26,50	10,19		0,03	5,0E+05
	Jerez	0,02	46,36	16,49		0,08	2,1E+05
	Palomino	0,03	92,62	25,95		0,32	1,8E+06
	Ranchería	0,01	93,24	52,47	3,3E+03	1,51	8,6E+05
Magdalena	Buritaca	0,06	493,05	89,67	4,6E+03	0,65	7,7E+06
	Córdoba	0,01	18,57	29,33	3,2E+03	0,31	1,4E+06
	Don Diego	0,05	109,53	46,47	9,7E+03	0,97	4,9E+06
	Gaira	0,00	5,89	8,24	1,9E+03	0,18	5,0E+06
	Guachaca	0,02	12,11	37,76	1,7E+03	0,20	1,3E+06
	Manzanares	0,00	11,50	9,01	5,3E+03	0,09	1,5E+07
	Piedras	0,00	2,16	11,89	3,1E+02	0,04	2,1E+06
	Toribio	0,01	14,55	17,79	2,1E+03	0,17	1,4E+06
	Atlántico	Clarín	0,02	97,88	109,92	1,2E+05	0,53
Magdalena		7,23	33.883,28	32.299,63	1,9E+07	304,20	1,2E+11
Bolívar	Caño Correa	0,13	142,06	121,42	3,3E+05		1,6E+04
	Canal del Dique	0,36	4.080,53	686,48	1,7E+06	2,97	1,9E+08
Sucre	Pechelín	0,001	18,51	16,67	1,1E+03	0,02	0,0E+00
Córdoba	Sinú	0,39	2.040,32	121,30	2,6E+05	14,74	5,4E+07
Antioquia	Atrato	1,87	13.015,52	20,69	1,4E+06		9,8E+06
	Guadualito	0,00	31,72	4,51	1,4E+05		1,4E+07
	Mulatos	0,02	52,10	52,10	1,7E+04		3,5E+06
	Necoclí	0,00	194,92	2,85	8,8E+02		9,3E+04
	Currulao	0,01	33,31	34,31			9,9E+07
	León	0,08	911,50	0,95	3,5E+05		6,4E+08
	Turbo	0,00	76,69	17,03	8,5E+03		1,5E+07
<b>Total Caribe</b>		<b>10,34</b>	<b>55.504</b>	<b>33.843</b>	<b>2,3E+07</b>	<b>327,03</b>	<b>1,2E+11</b>

DEPARTAMENTO	TRIBUTARIO	Caudal	NID	PO43-	SST	HDD	CTE
		(L/s)	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(t/año)	(NMP/año)
Valle del cauca	Anchicayá	0,07	37,04		9,5E+04		4,6E+04
	Dagua	0,13	201,48		9,9E+04		3,7E+06
	Potodó	0,06			7,2E+04		1,4E+05
Cauca	Guapi	0,36	840,55	31,53	1,5E+05	1,69	2,3E+05
	Micay	0,65	2.302,92	200,57	6,9E+05	9,36	6,7E+07
	Saija	0,17	558,30	107,21	3,4E+05	2,09	1,1E+07
	Timbiquí	0,15	299,04	41,06	5,2E+05	5,01	6,1E+06
Nariño	Brazo Patía	0,37	628,86	56,74	3,5E+05	8,69	7,8E+07
	Chagüi	0,13	462,26	52,63	4,4E+05	0,97	1,6E+07
	Iscuandé	0,21	394,21	48,31	2,1E+05	1,54	1,7E+06
	Mejicano	0,05	275,52	9,22	2,8E+04	0,86	4,2E+06
	Mira	0,87	1.415,33	153,30	2,1E+06	44,90	1,7E+08
	Rosario	0,15	413,23	44,66	2,0E+05	2,85	9,7E+06
Total Pacífico		3,36	7.829	745	5,2E+06	78	3,7E+08
Total Nacional		13,70	63.333	34.588	2,8E+07	405	1,2E+11

### ▼ Actividad portuaria

Se consideran como actividades portuarias la construcción, operación y administración de puertos, terminales portuarios; los rellenos, dragados y obras de ingeniería oceánica y en general, todas aquellas que se desarrollan en los puertos y terminales portuarios, en los embarcaderos, en las construcciones que existan sobre las playas y zonas de bajamar, y en las orillas de los ríos donde existan instalaciones portuarias (Superintendencia de Puertos y Transporte, 2010). Los puertos se definen como áreas multifuncionales, comerciales e industriales, donde las mercancías son cargadas y descargadas y no solamente están en tránsito, sino que también son manipuladas o transportadas, almacenadas y distribuidas (Superintendencia de Puertos y Transporte, 2010). En Colombia existen diferentes tipos de instalaciones portuarias (terminales portuarios, embarcaderos, muelles pesqueros) que se clasifican teniendo en cuenta principalmente el tipo de carga que manejan, la capacidad instalada y los servicios que prestan, entre otros criterios (MinTransporte, 2008).

Las instalaciones portuarias se agrupan en nueve (9) zonas portuarias, ubicadas estratégicamente en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Antioquia, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Valle del Cauca y Nariño (MinTransporte, 2008; Figura 48). Siete (7) se encuentran en el Caribe, siendo las de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta-Ciénaga, las de mayor capacidad instalada, movilización de carga y número de terminales. En el Pacífico se encuentran las zonas portuarias de Tumaco y Buenaventura, ésta última considerada como una de la más importante del país,

debido a que moviliza cerca del 55 % de la carga nacional (DIMAR, 2002; PGN, 2008; Portafolio, 2015).

En estas zonas portuarias se movilizan diferentes tipos de cargas, entre las más comunes están el carbón y el petróleo que representan aproximadamente el 74 % de la carga que se moviliza a través de las sociedades portuarias del Caribe norte Morrosquillo, Magdalena y de La Guajira (Portafolio, 2015; SuperTransporte, 2016).

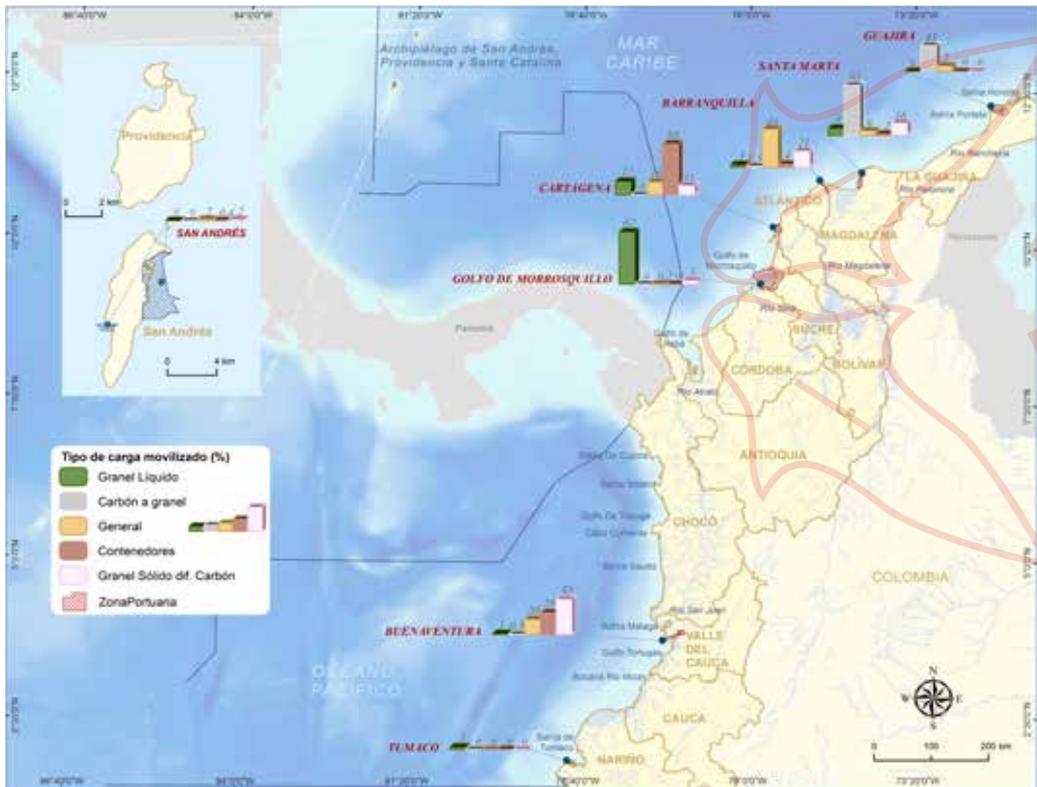


Figura 48. Mapa general de las zonas portuarias marítimas principales de Colombia. Fuente: (MinTransporte, 2008).

Las actividades portuarias están ligadas a las fases de desarrollo de los proyectos portuarios u obra portuaria, como son la planificación y el diseño del proyecto, la construcción, la operación, y desmantelamiento y abandono, dentro de las cuales las últimas cuatro fases (construcción, operación, desmantelamiento y abandono) son las que tienen mayor incidencia en la generación de aspectos ambientales que pueden afectar las condiciones naturales del medio, dando lugar a alteraciones o modificaciones específicas denominadas impacto ambiental (SGS ACADEMY, 2012;González, 2013).



En la Tabla 20, se relacionan los aspectos ambientales que se pueden generar durante las diferentes fases del desarrollo de la actividad portuaria, entendiendo estos como las causas en la relación de Causa/Efecto y su correspondiente impacto ambiental (González, 2013). Así mismo, se aprecian los tipos de impactos en el medio marino-costero que pueden producirse como consecuencia de la gestión y almacenamiento de la carga y las operaciones en los puertos.

**Tabla 20.** Aspectos ambientales generales identificados por cada una de las fases del desarrollo de un proyecto portuario en zonas costeras. CAM: Impactos en la calidad ambiental marina y costera; EMC: Impactos en los ecosistemas marinos y costeros; ESE: Impactos en el entorno social y económico.

ASPECTOS AMBIENTALES	FASES DEL DESARROLLO PORTUARIO			TIPOS DE IMPACTOS		
	Construcción	Operación	Desmantelamiento	CAM	EMC	ESE
Modificación de paisaje marino y costero por construcciones, demoliciones, atraque de buques	X	X	X		X	X
Remoción de cobertura vegetal	X		X	X	X	X
Remoción del sedimento marino durante los dragados de profundización y mantenimiento	X	X	X	X	X	X
Emisión de material particulado	X	X	X	X	X	X
Emisión de gases de combustión (COx, NOx, COVs)	X	X	X	X	X	X
Generación de residuos sólidos.	X	X	X	X	X	X
Generación de aguas residuales	X	X	X	X	X	X
Generación de residuos especiales	X	X	X	X	X	X
Generación de residuos peligrosos	X	X	X	X	X	X
Generación de ruido	X	X		X	X	X
Generación de olores ofensivos	X	X		X		X
Consumo de agua	X	X				X
Consumo de energía	X	X		X		X
Consumo de combustible fósil	X	X		X		X
Potencial vertimiento de aguas de sentinas		X		X	X	X
Potenciales derrames de mercancía		X		X	X	X

ASPECTOS AMBIENTALES	FASES DEL DESARROLLO PORTUARIO			TIPOS DE IMPACTOS		
	Construcción	Operación	Desmantelamiento	CAM	EMC	ESE
Potenciales derrames de combustible		X		X	X	X
Desarrollo de plagas		X				X
Cambios en el flujo vehicular	X	X	X	X		X
Generación de tráfico marítimo y fluvial	X	X		X	X	X
Generación de expectativas a la comunidad			X			X
Generación de interrelaciones con la comunidad local y regional	X	X	X			X
Intervención en la planificación territorial	X	X	X	X	X	X

Los impactos identificados en la calidad ambiental marina y costera –CAM (Tabla 20) se derivan de los aspectos ambientales relacionados principalmente con la generación de ruido, olores ofensivos, emisión de partículas, derrames de mercancías durante las actividades de carga y descarga, emisión de gases, generación de residuos sólidos y líquidos, y vertimientos de aguas de sentina, los cuales pueden generar impactos negativos en la calidad del aire, del agua y suelo ya que contienen altas concentraciones de materia orgánica, de nutrientes (N, P), y sustancias contaminantes como hidrocarburos, metales pesados, microorganismos patógenos, entre otros (Quintero *et al.*, 2010), reiterando la importancia del control, monitoreo y manejo ambiental de las actividades que se desarrollan en los puertos.

Los impactos que afectan a los ecosistemas marinos y costeros – EMC (Tabla 20), son producto de los aspectos ambientales que actúan de manera sinérgica afectando la distribución, abundancia y diversidad de las comunidades marinas, así como el desbalance entre la cobertura coralina y de macroalgas, y a largo plazo disminuye la diversidad biótica y producción de peces de arrecifes de coral (Polania, 2010). Otros aspectos como la modificación del paisaje, afectan la morfología, hidrología, estructura y dinámica de los ecosistemas marinos y costeros (Posada y Henao, 2008) la remoción de sedimentos y cobertura vegetal ocasiona pérdida de hábitat (Polania, 2010); la introducción de especies invasoras (principalmente a través del agua de lastre y los cascos de las embarcaciones) produce la reducción y desplazamiento de recursos pesqueros y la alteración en el comportamiento migratorio de organismos marinos, de igual forma trae consecuencias negativas para la economía y la salud de la población costera que depende de estos ecosistemas y sus recursos (CONAMA, 2000; Garay *et al.*, 2004; Téllez-Rodero, 2011; Gracia *et al.* 2011; Da Costa, 2011).

En general, el entorno social y económico – ESE es receptor de los efectos de los diferentes aspectos ambientales (Tabla 20). Desde el punto de vista de la comunidad local, los proyectos portuarios generan expectativas y representan cambios positivos o negativos en el territorio. Las interrelaciones entre el puer-

to y la comunidad local, pueden variar de acuerdo al tipo de desarrollo portuario y modelo de operación que se adopte. Los impactos en el entorno social y económico (Tabla 20), se relacionan con la obstrucción visual panorámica, la disminución del potencial de recreación en playas y zonas costeras, los cambios en los espacios abiertos, impacto lumínico sobre población por operaciones nocturnas, el deterioro de edificaciones y estructuras, efectos en la salud, aumento de plagas, cambios en el uso de diferentes zonas de interés comunitario para fines turísticos o pesqueros (Mazzoni, 2014; Cajiao *et al.*, 2016) y modificación del flujo vehicular afectando o potencializando el desarrollo local y su competitividad (Alemany y Bruttomeso, 2016).

A partir del diagnóstico realizado en el año 2016, sobre el estado de aplicación de las guías ambientales portuarias en los terminales portuarios de Colombia (MADS-INVEMAR, 2016), se evidenció que actualmente los puertos identifican los aspectos e impactos ambientales de acuerdo a las características específicas de los diferentes tipos de carga movilizadas y sus operaciones (carbón a granel, contenedores, carga general, granel líquido y granel sólido diferente a carbón); y con base en ellos establecen las medidas del Plan de Manejo Ambiental - PMA. No obstante, es evidente que el seguimiento, control y manejo se hace para cumplir con los requisitos y términos de la licencia ambiental, más no como una herramienta de gestión para la toma de decisiones hacia la sostenibilidad ambiental y competitividad de los puertos y su entorno.

De esta forma, aunque en los diferentes puertos de Colombia se identifican avances significativos en la gestión ambiental, como la reducción del consumo de energía eléctrica, la reducción de las emisiones (atmosféricas, acústicas y caloríficas), el monitoreo de especies acuáticas invasivas, la potabilización del agua a través de desalinización, optimización en el control y seguimiento de mercancías, resguardo de especies, ahorro de agua y manejo de residuos sólidos (MADS-INVEMAR, 2016; Tabla 21), se hace necesario impulsar programas de buenas prácticas ambientales que contribuyan a consolidar una visión de sostenibilidad ambiental, de acuerdo con las políticas ambientales y compromisos del país a nivel internacional, como la reducción en un 20 % de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año 2030, bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).



**Tabla 21.** Avances tecnológicos que contribuyen en la reducción de los aspectos e impactos ambientales de diferentes terminales portuarios de Colombia. Fuente: MADS-INVEMAR, 2016.

COMPONENTE AMBIENTAL	AVANCES TECNOLÓGICOS	PUERTOS	REDUCCIÓN
AIRE	<p><b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transición de diésel a energía eléctrica de las grúas pórtico sobre neumáticos</li> <li>• Reemplazo de las bandas transportadoras tradicionales de diésel a las electrificadas</li> <li>• Cambio de luminarias convencionales por las tipo LED</li> <li>• Aprovechamiento de la luz día y ventilación natural</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de gases de combustión</li> <li>• Contaminación Acústica</li> </ul>
AGUA	<p><b>DESALINIZACIÓN DE AGUAS MARINAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de tratamiento de aguas por biofiltración u osmosis inversa.</li> </ul> <p><b>AHORRO DE AGUA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de sensores ahorradores de agua en baños y sistemas de alarma por alto consumo</li> <li>• Control de riego en zonas verdes y corrección de fugas.</li> <li>• Recolección de aguas lluvias para el riego y control de incendios.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de agua</li> </ul>



COMPONENTE AMBIENTAL	AVANCES TECNOLÓGICOS	PUERTOS	REDUCCIÓN
FAUNA Y FLORA	<b>MONITOREO DE ESPECIES ACUÁTICAS INVASIVAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo de aguas de lastre</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de introducción de especies invasoras</li> <li>• Deterioro de especies nativas</li> </ul>
	<b>CONSERVACIÓN DE ESPECIES NATIVAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de viveros y siembra de mangle, entre otros árboles.</li> </ul>		
RESIDUOS	<b>MANEJO DE RESIDUOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de puntos de acopio para la separación en la fuente de los residuos sólidos y disposición adecuada.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertimiento de residuos y lixiviados al suelo o el agua</li> </ul>

### ▼ Microalgas potencialmente nocivas

El fitoplancton es fundamental en los sistemas acuáticos, siendo la base de la trama trófica. Sin embargo, algunas especies pueden generar efectos nocivos sobre otros organismos al formar floraciones algales nocivas.

Las floraciones algales nocivas (FAN) se describen como grandes concentraciones de microalgas en un tiempo y lugar específico, siendo evidente el predominio de una especie en relación a todo el fitoplancton presente (Mancera *et al.*, 2009). Estas concentraciones pueden formar masas flotantes que podrían cubrir la superficie, agotando el oxígeno disponible. Algunas especies poseen estructuras que pueden ocasionar lesiones a otros organismos, particularmente a las branquias de los peces y algunas especies son capaces de producir potentes toxinas que afectan a otros organismos e inclusive al hombre (Hallegraeff *et al.*, 2004; Mancera-Pineda *et al.*, 2013). Entre los efectos negativos que se producen, están las mortandades de organismos como peces, aves y mamíferos, la afectación a humanos por consumo de peces con toxinas que pueden generar problemas neuronales, musculares, gastrointestinales, respiratorios, lesiones e irritación cutánea; así mismo, es probable que se generen pérdidas económicas y ecosistémicas en zonas costeras impactadas por estos organismos (Hallegraeff *et al.*, 2004).

En los últimos años las FAN han incrementado tanto en tamaño como en frecuencia, expandiendo sus dominios geográficos en latitudes más altas, al aprovechar ventanas estacionales para su proliferación (Sar *et al.*, 2002; Wells *et al.*, 2015), pero sólo se cuenta con información básica y limitada para especular sobre qué regiones o hábitats pueden ser más susceptibles frente a estos eventos.



Colombia a través de los proyectos regionales “Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y evaluación de la toxicidad de los florecimientos de algas nocivas (FAN’s) en la región del Caribe” y “Establecimiento de una red de observaciones en el Caribe para evaluar la acidificación de los océanos y su impacto en las floraciones de algas nocivas, a través del uso de técnicas nucleares e isotópicas - RLA7/020” financiados por el Organismo Internacional de Energía atómica (OIEA), viene avanzando en este conocimiento desde el año 2010 hasta la fecha de manera sistemática, cuando se implementó el monitoreo mensual de la comunidad fitoplanctónica, con especial atención en géneros conformados por especies potencialmente nocivas, en cuatro (4) estaciones ubicadas en el Caribe colombiano, dos de las cuales están en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), una en la bahía de Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) y una en la bahía de Santa Marta. Adicionalmente en dos estaciones de la bahía de Chengue, se vienen monitoreando dinoflagelados bentónicos epifitos en el pasto marino *Thalassia testudinum* (Tabla 22).

Tabla 22. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo.

TIPO DE MUESTREO	ZONAS DE ESTUDIO	ESTACIÓN DE MUESTREO	ABREVIATURAS DEL NOMBRE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Planctónico	Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)	Boca de la Barra	LBA	10°59'23.1" N	74°17'27.6" O
		Ciénaga La Luna	CLU	10°55'06.8" N	74°34'44.9" O
	Bahía de Chengue (PNNT)	Bahía de Chengue	BCH	11°19'13.7" N	74°07'37.5" O
	Bahía de Santa Marta	Boya 2	BST	11°14'37.0" N	74°13'11.0" O
Bentónico	Bahía de Chengue (PNNT)	Bahía de Chengue	BCH	11°19'07" N	74°07'42" O
		Laguna de Chengue	LCH	11°19'01" N	74°07'36" O

Durante el monitoreo realizado entre enero y septiembre de 2016, en todas las estaciones fue evidente la presencia de géneros conformados por especies potencialmente nocivas, tanto en las muestras de la columna de agua, como en el pasto marino (*Thalassia testudinum*).

Entre las dos estaciones ubicadas en la CGSM, las mayores densidades fitoplanctónica se evidenciaron en CLU con un máximo de 1.197'842.177 cél./l en febrero, mientras que en LBA no superaron los 406'723.382 cél./l en el mismo mes. No obstante, en ambas estaciones las cianobacterias fueron el grupo más representativo en términos de abundancia relativa y densidad (Figura 49; Figura 50), siendo una característica común de la CGSM como se ha observado en años anteriores (Mancera y Vidal. 1994; Ibarra *et al.* 2014a; Ibarra *et al.* 2014b; Ibarra *et al.* 2016).

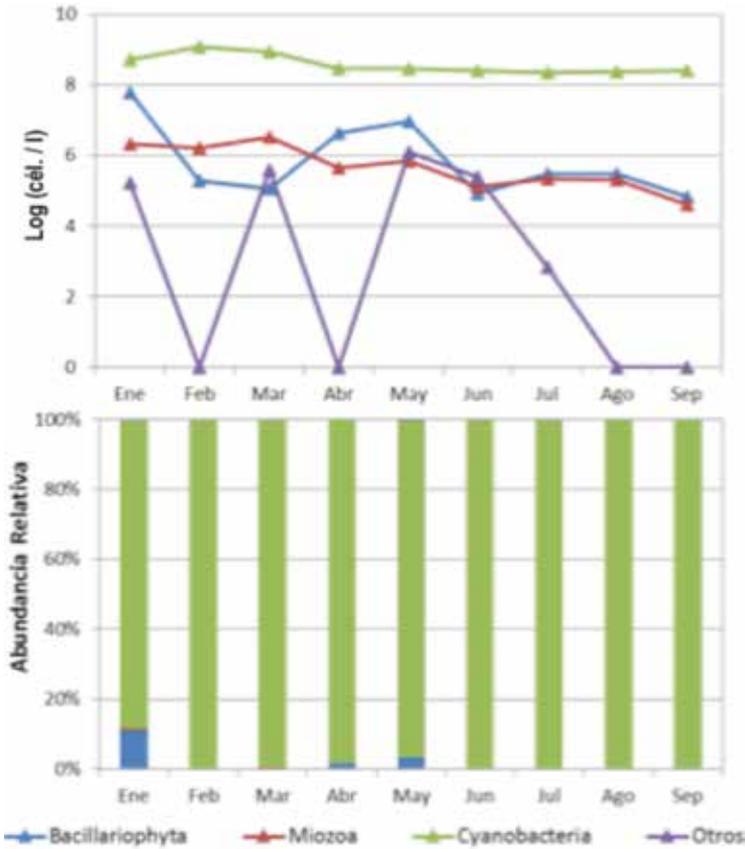


Figura 49. Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación Ciénaga la Luna (CLU), de enero a septiembre de 2016.



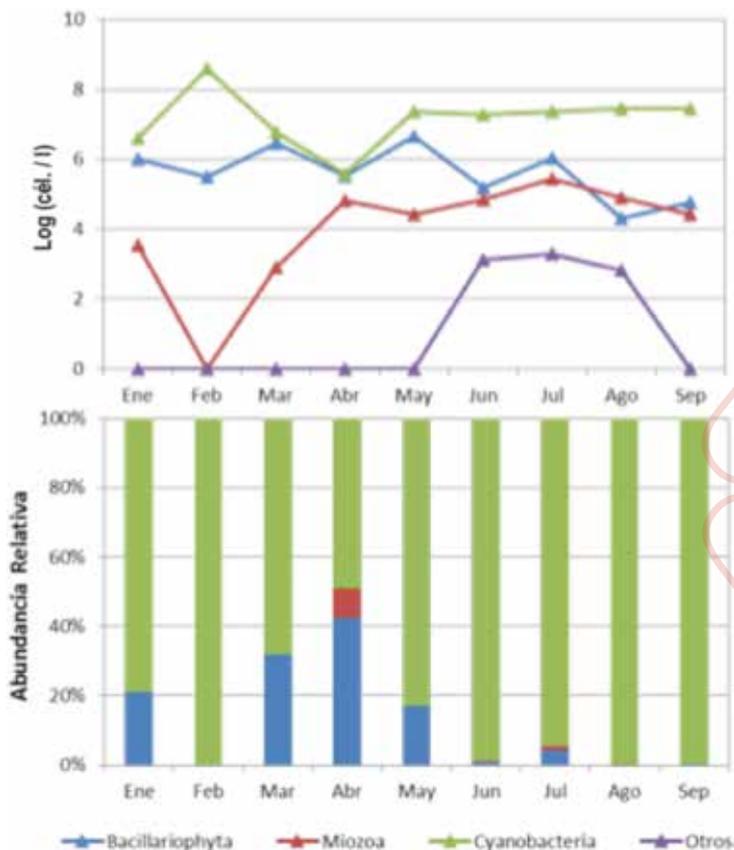


Figura 50. Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación la Boca de la Barra (LBA), de enero a septiembre de 2016.

En CLU se observaron ocho géneros potencialmente nocivos, de los cuales *Cylindrotheca*, *Scrippsiella* y *Synechocystis* fueron frecuentes, presentándose durante todo el muestreo; *Gymnodinium* y *Gyrodinium* fueron ocasionales, observándose en cinco de los nueve meses analizados. Los géneros que se presentaron con menor frecuencia fueron *Chaetoceros* que solo se presentó en tres muestras (enero, abril y septiembre), *Prorocentrum* que se registró únicamente en mayo y junio, y *Thalassiosira* con una única observación en mayo.

Las densidades máximas alcanzadas por *Synechocystis* spp., *Chaetoceros* spp., *Cylindrotheca* spp. y *Gymnodinium* spp., fueron riesgosas durante el periodo analizado, considerando que superaron las  $10^6$  cél./l, pudiendo tratarse de floraciones algales potencialmente nocivas (Tabla 23) (Sar et al., 2002).



**Tabla 23.** Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación CLU, entre enero y septiembre de 2016.

GÉNEROS-ESPECIES	DENSIDAD MÁXIMA	MES
<i>Chaetoceros</i> spp.	34'071.712	Enero
<i>Cylindrotheca</i> spp.	2'544.826	Enero
<i>Gymnodinium</i> spp.	1'869.789	Enero
<i>Gyrodinium</i> spp.	316.259	Marzo
<i>Prorocentrum</i> spp.	1.332	Junio
<i>Prorocentrum minimum</i>	54.412	Mayo
<i>Scrippsiella</i> spp.	319.450	Abril
<i>Synechocystis</i> spp.	967'019.528	Febrero
<i>Thalassiosira</i> spp.	5.926	Mayo

En la estación LBA se observaron 17 géneros con especies potencialmente nocivas, especialmente *Cylindrotheca* que alcanzó densidades superiores a  $10^6$  cél./l y *Synechocystis* que superó los 400 millones de cél./l, siendo la densidad por especie más alta registrada para esta estación (Tabla 24), valores que podrían considerarse como floraciones algales nocivas.

**Tabla 24.** Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación LBA, entre enero y septiembre de 2016.

GÉNEROS-ESPECIES	DENSIDAD MÁXIMA	MES
<i>Asterionellopsis</i> spp.	63.6407	Mayo
<i>Anabaena</i> spp.	667	Julio
<i>Anabaenopsis</i> spp.	666	Septiembre
<i>Chaetoceros</i> spp.	168.824	Mayo
<i>Coscinodiscus</i> spp.	3.236	Febrero
<i>Cylindrotheca</i> spp.	1'678.793	Mayo
<i>Gymnodinium</i> spp.	263.736	Julio
<i>Gyrodinium</i> spp.	13.986	Septiembre
<i>Leptocylindrus</i> spp.	63.237	Mayo
cf. <i>Leptocylindrus minimus</i>	946.193	Mayo
<i>Prorocentrum</i> spp.	333	Septiembre
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	320.744	Mayo
<i>Rhizosolenia</i> spp.	9.418	Mayo
<i>Scrippsiella</i> spp.	17.512	Abril
<i>Skeletonema</i> spp.	122.544	Junio
<i>Synechocystis</i> spp.	406'418.011	Febrero
<i>Thalassiosira</i> spp.	25.889	Febrero
<i>Tripos</i> spp.	1.345	Mayo

En la bahía de Chengue (BCH) las densidades oscilaron entre 7.362 y 112.742 cél./l registrándose las mayores densidades en enero y las menores en septiembre. Las diatomeas (Bacillariophyta) fueron el grupo más representativo en cuanto al número de especies y abundancias relativas, lo cual suele ser común en aguas marino-costeras (Santander *et al.*, 2003; Ramírez-Barón *et al.*, 2010). Sin embargo, en marzo se presentó un incremento de dinoflagelados (Miozoa), superando tanto las densidades como las abundancias relativas registradas para las diatomeas (Figura 51). Aunque se evidenció la presencia de cianobacterias en algunos meses, sus densidades y abundancias relativas fueron bajas. Adicionalmente, en esta estación se registraron 15 géneros con especies potencialmente nocivas (Tabla 25), donde *Cylindrotheca* y *Ostreopsis* fueron frecuentes, *Chaetoceros*, *Pseudo-nitzschia*, *Prorocentrum*, *Leptocylindrus* y *Scrippsiella* fueron ocasionales apareciendo como mínimo en cuatro de los nueve meses analizados, los géneros restantes fueron raros, observándose en menos de tres meses.

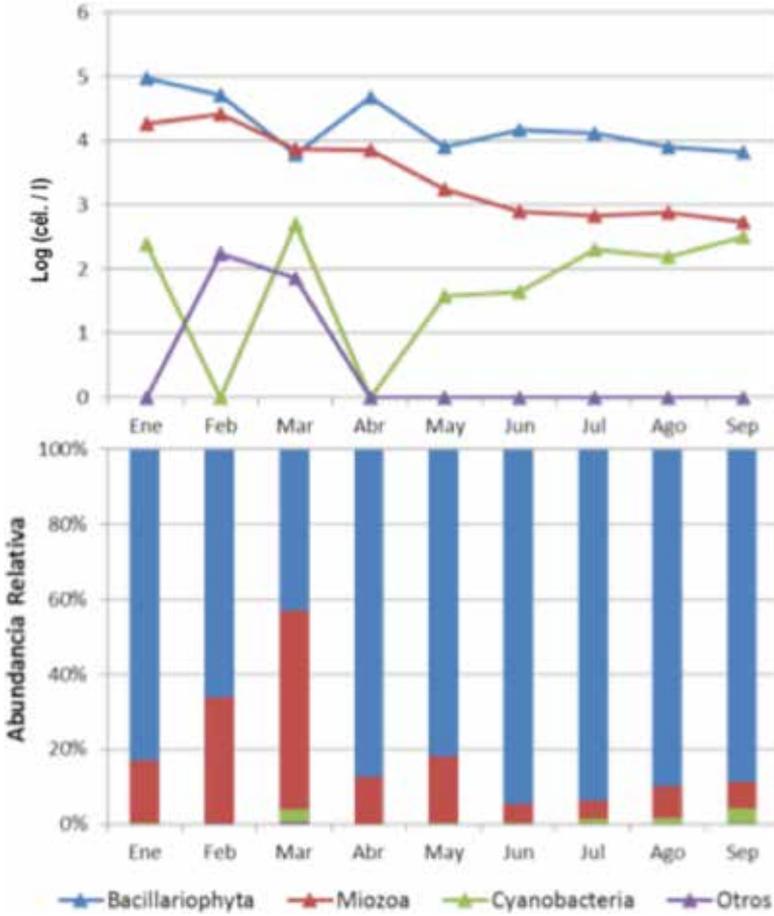


Figura 51. Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación bahía de Chengué (BCH), de enero a septiembre de 2016.



**Tabla 25.** Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación BCH, entre enero y septiembre de 2016.

GÉNEROS-ESPECIES	DENSIDAD MÁXIMA	MES
<i>Asterionellopsis</i> spp.	560	Enero
cf. <i>Alexandrium</i> spp.	887	Abril
<i>Chaetoceros</i> spp.	4.080	Enero
<i>Cylindrotheca</i> spp.	12.645	Enero
<i>Gonyaulax</i> spp.	160	Enero
<i>Gymnodinium</i> spp.	3.562	Enero
<i>Gyrodinium</i> spp.	244	Junio
<i>Leptocylindrus</i> spp.	560	Enero
<i>Ostreopsis</i> spp.	340	Febrero
<i>Prorocentrum</i> spp.	133	Abril
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	24.637	Febrero
<i>Scrippsiella</i> spp.	5.947	Febrero
<i>Skeletonema</i> spp.	680	Febrero
<i>Thalassiosira</i> spp.	340	Febrero
<i>Tripes</i> spp.	48	Marzo

En general las densidades de microalgas potencialmente nocivas fueron bajas ( $<10^6$  cél./l; Tabla 25), siendo menor el riesgo de floraciones algales nocivas. Si bien algunas especies del género *Pseudo-nitzschia* son productoras de ácido domoico, una toxina que ocasiona envenenamiento amnésico por ingesta de mariscos (ASP- amnesic shellfish poisoning) y su presencia se ha relacionado con inconvenientes en diversas ciudades costeras del mundo (Hallegraeff *et al.*, 2004) estuvieron presentes en la bahía de Changué (Tabla 25), cabe mencionar que la presencia de estas microalgas suele ser frecuente en las aguas costeras de la región y nunca se ha asociado su presencia con mortandad de organismos o problemas de salud pública. No obstante, es importante seguir monitoreándolas y avanzar en el estudio de toxinas, para generar sistemas de alerta en caso de su presencia en los organismos reportados.

La densidad celular más alta en la bahía de Santa Marta (BST) se registró en abril (112.750 cél./l). Similar a lo observado en BCH, las diatomeas (Bacillariophyta) presentaron las mayores densidades y abundancias relativas durante el periodo analizado ( $<85$  %), seguidas por los dinoflagelados, las cianobacterias y otros grupos en menor cantidad (incluyendo Ochrophyta; Figura 52; Tabla 26).

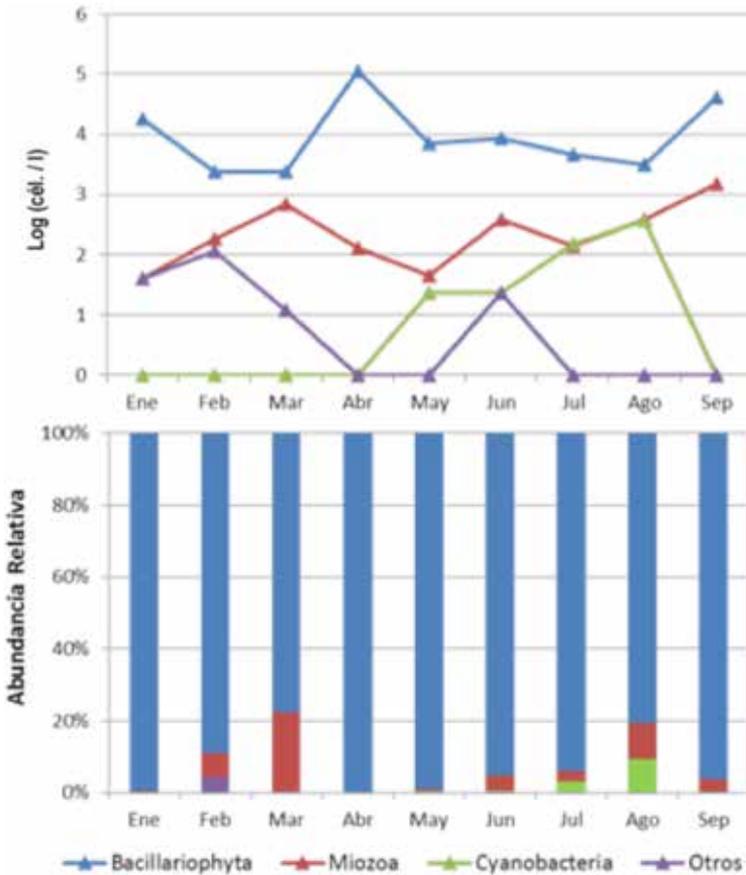


Figura 52. Logaritmo de las densidades (Log cél./l) y abundancia relativa (%) de los grupos de fitoplancton presentes en la estación bahía de Santa Marta (BST), de enero a septiembre de 2016.

Durante el monitoreo de la BST se observaron 14 géneros con especies potencialmente nocivas, de los cuales *Chaetoceros*, *Cylindrotheca*, *Pseudo-nitzschia* y *Rhizosolenia* fueron frecuentes; *Asterionellopsis*, *Gyrodinium*, *Leptocylindrus*, *Prorocentrum*, *Scrippsiella*, *Skeletonema* y *Tripos* fueron ocasionales; mientras que *Coscinodiscus*, *Dinophysis* y *Thalassiosira* fueron raros, observándose únicamente en tres meses o menos.

Al igual que en la bahía de Chengue, las densidades de algas potencialmente nocivas en la bahía de Santa Marta se mantuvieron por debajo de  $10^6$  cél./l (max. 102.512 cél./l en abril), por ello no fue evidente la presencia de floraciones algales potencialmente nocivas durante el periodo de muestreo (Tabla 26). En esta bahía, nuevamente el género *Pseudo-nitzschia* presentó las mayores densidades, contribuyendo al pico de diatomeas observado en abril (Figura 52).

**Tabla 26.** Densidades máximas (cél./l) alcanzadas por los géneros y especies potencialmente nocivas en la estación BST, entre enero y septiembre de 2016.

GÉNEROS-ESPECIES	DENSIDAD MÁXIMA	MES
<i>Asterionellopsis</i> spp.	3680	Enero
<i>Chaetoceros</i> spp.	9140	Enero
<i>Coscinodiscus</i> spp.	97	Marzo
<i>Cylindrotheca</i> spp.	2.744	Mayo
<i>Dinophysis</i> spp.	164	Agosto
<i>Gyrodinium</i> spp.	144	Marzo
<i>Leptocylindrus</i> spp.	873	Enero
<i>Prorocentrum</i> spp.	159	Junio
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	98.953	Abril
<i>Rhizosolenia</i> spp.	249	Abril
<i>Scrippsiella</i> spp.	631	Septiembre
<i>Skeletonema</i> spp.	3.263	Junio
<i>Thalassiosira</i> spp.	20	Enero
<i>Tripos</i> spp.	107	Abril

En cuanto al muestreo de dinoflagelados asociados a las praderas de *Thalassia testudinum* en la bahía de Chengue, durante el periodo de análisis se encontraron 12 especies potencialmente tóxicas, incluyendo los géneros *Prorocentrum*, *Ostreopsis* y *Coolia*. Las densidades máximas se presentaron en marzo (1.311 cél./g Peso húmedo -P. H.), lo cual se atribuyó al incremento en las concentraciones celulares de *Prorocentrum lima*, *Ostreopsis* sp. y *P. hoffmannianum*. Por otra parte, *Ostreopsis* cf. *ovata* alcanzó su mayor densidad durante junio, momento en el cual los demás dinoflagelados se encontraban en bajas densidades (Figura 53).

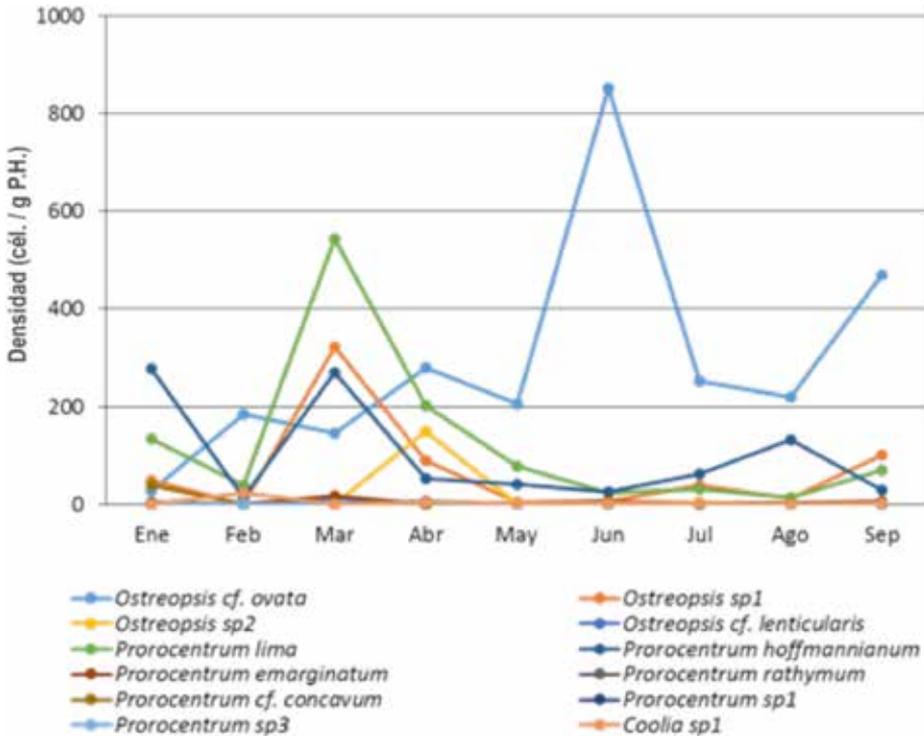


Figura 53. Densidades (cél./g P.H.) de las especies de dinoflagelados potencialmente tóxicos asociados a las hojas de *Thalassia testudinum* en las praderas de la bahía de Chengue, recolectadas entre enero y septiembre de 2016.

En términos generales las densidades en esta estación fueron bajas y aunque no se han realizado análisis de toxicidad para determinar la presencia de toxinas en el medio, se considera relevante el monitoreo de estos organismos, teniendo en cuenta que muchas de las especies observadas han sido reportadas por diversos autores en distintas ciudades costeras del mundo como causantes de intoxicaciones, problemas respiratorios y alergias cutáneas en humanos (Hallegraeff *et al.*, 2001; Sar *et al.*, 2002; Hallegraeff *et al.*, 2004; Reguera *et al.*, 2011).

Por otra parte, en la estación ubicada en la Laguna de Chengue (LCH), tanto el número de especies, como las densidades de dinoflagelados potencialmente tóxicos asociados a las hojas de *T. testudinum* fueron menores respecto a la bahía, con un total de siete especies pertenecientes a dos géneros (*Prorocentrum* y *Ostreopsis*) y una densidad máxima de 916 células/g P.H. en junio. Como se observa en la Figura 54, las densidades por especie, en general, fueron inferiores a 60 células/g P.H., a excepción de junio, donde *Prorocentrum sp2* fue la responsable del máximo valor alcanzado.

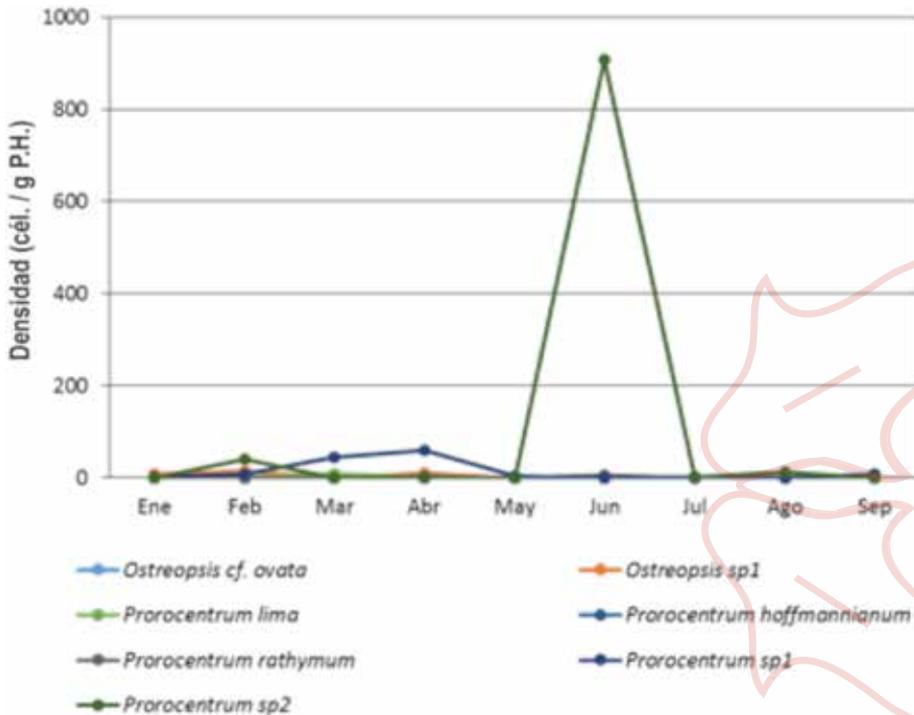


Figura 54. Densidades de las especies de dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a las hojas de *Thalassia testudinum* en la laguna de Chengue, observadas entre enero y septiembre de 2016.

En este sistema, las densidades no se consideran tan riesgosas como se estima que podrían serlo en la bahía de Chengue, posiblemente debido a las condiciones que presenta la laguna, entre otras, aguas turbias atribuidas al tipo de sedimento (lodoso) y una menor disponibilidad de *Thalassia testudinum* como sustrato para su asentamiento, teniendo en cuenta que en la Bahía las praderas de esta fanerógama son abundantes durante todo el año y en la laguna tan solo se observan unos cuantos parches.

Con estos resultados se concluye que hay presencia de microalgas potencialmente nocivas en todas las estaciones monitoreadas, algunas más susceptibles que otras a la formación de floraciones algales nocivas, como la CGSM, teniendo en cuenta las complejas características que presenta este sistema lagunar.

En relación a las especies productoras de toxinas, es necesario realizar análisis de estas sustancias que puedan descartar o confirmar el riesgo que realmente representa su presencia en la zona.

## Capítulo 4

# INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA: INDICADORES DE RESPUESTA

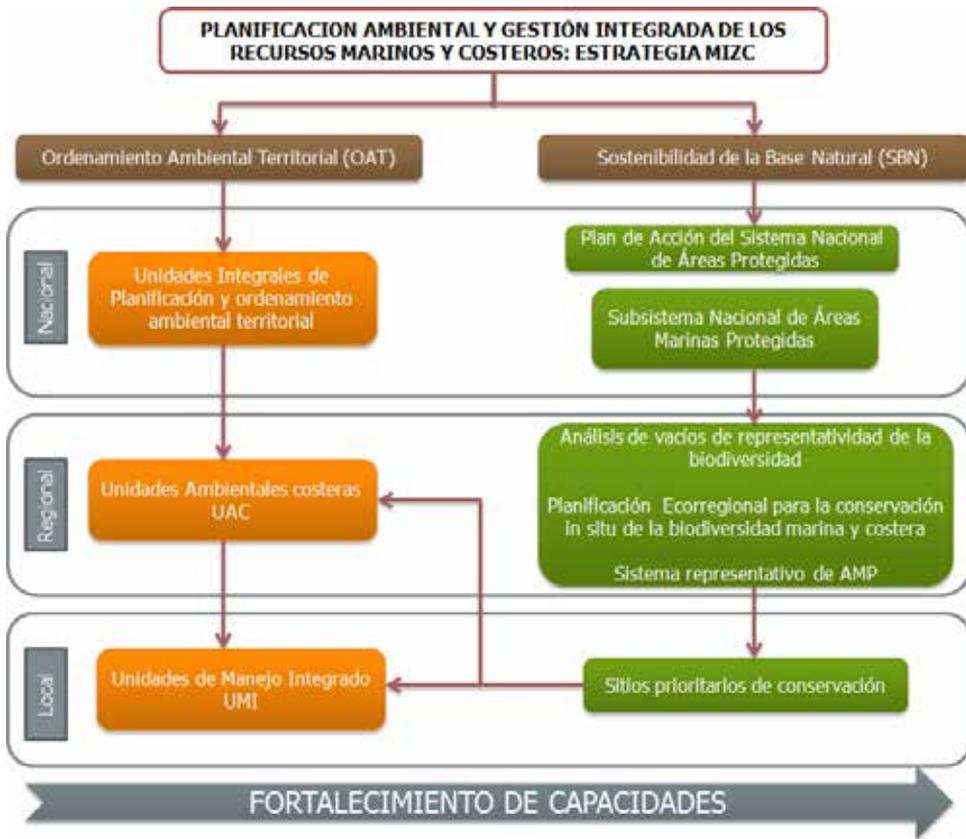


## INTRODUCCIÓN

La Zona Costera (ZC) es un espacio complejo donde se generan importantes procesos ecológicos, económicos e institucionales que requieren una planificación y manejo enfocado a conciliar el uso del espacio y de los recursos naturales. Es así como el conocimiento de la dinámica de los problemas de las ZC y su tratamiento particular, participativo y dinámico mediante el Manejo Integrado de Zonas Costera (MIZC) (Steer *et al.*, 1997), se asume como eje central y organizativo para la toma de decisiones enfocada a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica marina y costera, siendo una meta internacional promovida desde la Convención de RAMSAR (1971), la “Cumbre de la Tierra” (Río de Janeiro, 1992) y adoptada en los planes de acción de la “Agenda 21” del Convenio sobre la diversidad biológica (CDB, 1992).

Bajo este contexto Colombia ha fortalecido su compromiso con al CDB y el Mandato Jakarta (1995) a través de varios procesos de planificación para la conservación y el ordenamiento ambiental del territorio (OAT) tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano, los cuales han sido orientados bajo el marco internacional MIZC y la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia” PNAOCI (MMA, 2001), los cuales sustentan y apoyan, bajo estrategias complementarias, la sostenibilidad de la base natural y el OAT. Los procesos MIZC desarrollados entre institutos de investigación en ciencias del mar, Corporaciones Autónomas Regionales, actores locales y otros agentes gubernamentales y no gubernamentales han permitido analizar las implicaciones del desarrollo, los conflictos de uso, guiar el fortalecimiento de las instituciones, las políticas y la participación local a la toma de decisiones; y al mismo tiempo han apoyado la sostenibilidad ambiental sectorial, mediante lineamientos ambientales para el desarrollo de actividades productivas en la ZC. Estos procesos en algunos casos, ya se han compatibilizado con los planes de OAT y por otro lado han estado en concordancia con ejercicios de planificación para identificación de áreas prioritarias de conservación, donde estos últimos, apoyan el establecimiento de regiones integrales de planificación y OAT con responsabilidades claramente definidas (MMA, 2001), en donde por ejemplo, mediante el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), permite dar un sustento técnico-científico y mayor responsabilidad a los gobiernos regionales y locales para asumir metas de conservación.

Es así como la sostenibilidad ambiental y el OAT constituyen la base para el MIZC, y complementariamente permiten definir las prioridades de manejo y pautas ambientales para áreas específicas, aportando a los planes de desarrollo, ordenamiento territorial, gestión ambiental, en el orden departamental y municipal, así como a los planes de manejo de los consejos comunitarios y los planes de vida de las comunidades indígenas.



**Figura 55.** Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia.

La estrategia que permite incluir al MIZC como orientador de los esfuerzos públicos y privados para la planificación integral del desarrollo es el OAT, cuyo objetivo es conocer y valorar los recursos naturales a fin de reglamentar las prioridades y los usos sostenibles del territorio, así mismo establece las instancias claras para su desarrollo dentro del proceso de administración (MMA, 2001).

La PNAOCI define claramente cuatro Unidades Integrales de Planificación y Ordenamiento Ambiental Territorial: Región Pacífico, Región Caribe Insular y Caribe Continental y Oceánica, las cuales integran y estructuran las políticas y las acciones públicas y privadas encaminadas al desarrollo sostenible de las áreas marinas y costeras. Cada unidad alberga Unidades Ambientales Costeras y Oceánicas (UACO), en donde la planificación se lleva a cabo, bajo un enfoque y manejo integral, para desarrollar eficientemente procesos de zonificación, lineamientos y pautas de manejo específicas a las problemáticas de cada unidad.

La metodología propuesta para llevar a cabo la adopción del MIZC en Colombia y la formulación de los planes de manejo integrado en cualquier unidad de manejo se denomina metodología COLMIZC. Esta consta de un período de preparación, y cuatro etapas que incluyen caracterización y diagnóstico, formulación y adopción, implementación y evaluación (Figura 56).

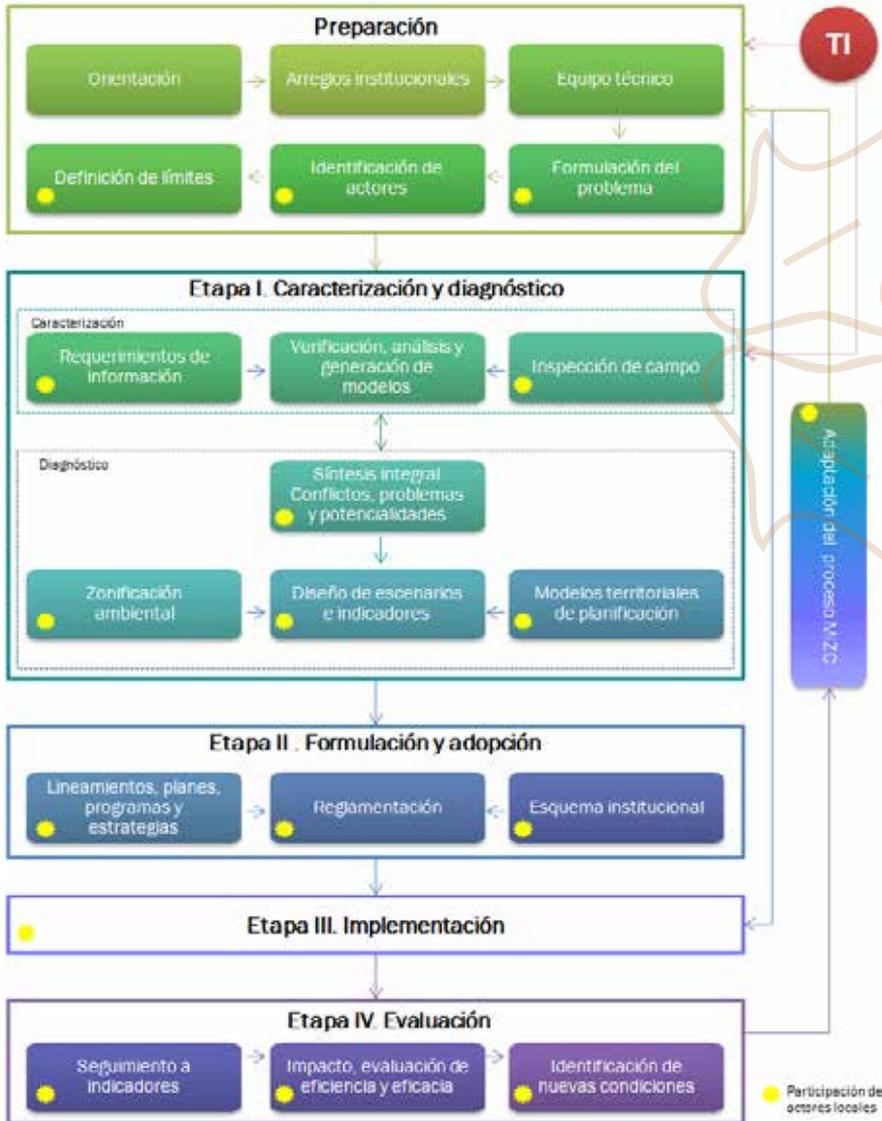


Figura 56. Metodología COLMIZC. Tomado de Rojas-Giraldo *et al.* (2010).

## MANEJO INTEGRADO DE ZONAS COSTERAS

En las zonas costeras se generan importantes procesos ecológicos, económicos, culturales e institucionales que requieren una planificación y manejo orientado a armonizar el uso del espacio y de los recursos naturales. Es así como el conocimiento de la dinámica de los problemas y su tratamiento particular, participativo y dinámico mediante el Manejo Integrado de Zonas Costera (MIZC) (Steer *et al.*, 1997) se asume como eje central y organizativo para la toma de decisiones enfocada a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica marina y costera (CDB, 1992).

La implementación del MIZC como herramienta para el desarrollo sostenible de las zonas marinas y costeras y como fundamento de planificación ambiental territorial, es una estrategia reconocida a nivel mundial desde la convención de Río de Janeiro de 1992, el Mandato de Jakarta de la convención de Diversidad Biológica (1995) y la convención de Johannesburgo (2002).

Estos temas se ratifican en la declaración final de Río + 20, que en su artículo 158, reconoce que los océanos, los mares y las zonas costeras constituyen un componente integrado y esencial del ecosistema terrestre y son fundamentales para mantenerlo, y que el derecho internacional, reflejado en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, proporciona el marco jurídico para la conservación y uso sostenible de los océanos y sus recursos. Destaca la importancia de la conservación y uso sostenible de los océanos y mares y sus recursos para el desarrollo sostenible, en particular mediante su contribución a la erradicación de la pobreza, el desarrollo económico sostenido, la seguridad alimentaria, la creación de medios de vida sostenibles y trabajo decente, y al mismo tiempo, la protección de la biodiversidad y el medio marino y las medidas para hacer frente a los efectos del cambio climático. Finalmente, aplicar efectivamente un enfoque ecosistémico y el enfoque de precaución en la gestión, de conformidad con el derecho internacional, de las actividades que tengan efectos en el medio marino para lograr las tres dimensiones del desarrollo sostenible.

Por lo anterior, frente a los compromisos adquiridos por Colombia ante estos convenios y los actuales conflictos de uso y manejo desordenado de los recursos marino costeros, se ha avanzado en la adopción del MIZC, como marco articulador de la gestión sostenible y desarrollo e investigación marina, con la adopción e implementación de la “Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia” PNAOCI (MADS, 2015), la cual responde a la necesidad de articular el desarrollo institucional, territorial, económico y sociocultural del ambiente oceánico y costero y del país frente a los retos futuros, de una forma integral. De igual manera el país en busca de una economía que garantice un mayor nivel de bienestar, planteo como estrategia el “Aprovechar el Territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible” (DNP, 2007), el cual plantea las metas y acciones requeridas para proteger y aprovechar los sistemas naturales, sus bienes y servicios como sustento para el desarrollo.

En este sentido, hacia el 2014 el MADS llevo a cabo un proceso de revisión de los avances en la PNAOCI como parte del proceso de ingreso a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico - OCDE; a raíz de esto se establece la necesidad de que el Departamento Nacional de Planeación – DNP adelantara la revisión y actualización de esta política. Es así como el plan de desarrollo 2014-2018 indica

en su objetivo 2 que *“se avanzará en la formulación y adopción de una política integrada para la gestión de las zonas marinas, costeras e insulares del país, haciendo énfasis en la protección de su biodiversidad el bienestar de sus pobladores y la defensa de la soberanía nacional”*.

Lo anterior va en concordancia con lo establecido en la ley 1454 de 2011 “Ley orgánica de ordenamiento territorial, que avanza en la construcción de la política general de ordenamiento Territorial PGOT, la cual trata de una política concebida con perspectiva multiescalar, intersectorial e interinstitucional, dirigida hacia el logro de la armonía entre las actividades humanas con respecto a los sistemas espaciales integrales que estructuran el territorio, como los ecosistemas, las macroregiones, las redes de infraestructuras estructurantes, el sistema de ciudades, los grandes equipamientos, etc. y espacios de interés estratégico o usos especiales, como las zonas de frontera, costeras, marítimas, insulares, áreas de conservación y reserva ambiental, territorios indígenas, etc (DNP, 2013).

Los procesos MIZC desarrollados entre institutos de investigación en ciencias del mar, Corporaciones Autónomas Regionales, actores locales y otros agentes gubernamentales y no gubernamentales han permitido analizar las implicaciones del desarrollo, los conflictos de uso, guiar el fortalecimiento de las instituciones, las políticas y la participación local a la toma de decisiones; y al mismo tiempo han apoyado la sostenibilidad ambiental sectorial, mediante lineamientos ambientales para el desarrollo de actividades productivas en la zona costera. Estos procesos en algunos casos, ya se han compatibilizado con los planes de Ordenamiento Ambiental Territorial (OAT) y por otro lado han estado en concordancia con ejercicios de planificación para identificación de áreas prioritarias de conservación, donde estos últimos, apoyan el establecimiento de regiones integrales de planificación y OAT con responsabilidades claramente definidas (MMA, 2001) en donde por ejemplo, mediante el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), permite dar un sustento técnico-científico y mayor responsabilidad a los gobiernos regionales y locales para asumir metas de conservación.

Es así como la Sostenibilidad ambiental y el OAT constituyen la base para el MIZC, y complementariamente permiten definir las prioridades de manejo y pautas ambientales para áreas específicas, aportando a los planes de desarrollo, ordenamiento territorial, gestión ambiental, en el orden departamental y municipal, así como a los planes de manejo de los consejos comunitarios y los planes de vida de las comunidades indígenas.

Con la Ley 1450, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014, en su artículo 207 párrafo 3, dice que los planes de manejo de las UACs deberán ser realizados por las CARS y CDS, así mismo el numeral 10 del artículo 17 del Decreto 3570 de 2011 modificó la parte final del párrafo 3 del artículo 207 de la Ley 1450 de 2011, en el sentido que la Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos - DAMCRA del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible le corresponde “Emitir concepto previo a la aprobación de los planes de manejo integrado de las unidades ambientales costeras que deben ser adoptados por las corporaciones autónomas regionales”.

Este mandato se reglamenta posteriormente mediante el Decreto 1120 del 2013<sup>2</sup>, “por el cual se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras – UAC- y las comisiones conjuntas, se dictan reglas

<sup>2</sup> Compilado por el Decreto 1076 de 2015 (MADS, 2015)

de procedimiento y criterios para reglamentar la restricción de ciertas actividades en pastos marinos, y se dictan otras disposiciones”, recogido posteriormente por el Decreto Único reglamentario del sector ambiente (MADS, 2015). Este decreto da las directrices generales para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de las Unidades Ambientales Costeras – POMIUAC, los cuales deben ser desarrollados siguiendo las siguientes fases:

1. Preparación o aprestamiento
2. Caracterización y diagnóstico
3. Prospectiva y zonificación ambiental
4. Formulación y adopción
5. Implementación o ejecución
6. Seguimiento y evaluación

Desde el año 2015 la DAMCRA del MADS construye la Guía Técnica para la Ordenación y Manejo Integrado de la Zona Costera, cuyo objetivo es precisar el procedimiento para la elaboración de los POMIUAC, de acuerdo con el encargo definido por el Decreto 1120 del 2013<sup>3</sup>. Igualmente se compila el decreto 1076 de 2015 como decreto único reglamentario del sector ambiente.

A partir de los Manuales que se han elaborado para el MIZC, un equipo técnico del MADS-INVEMAR - IDEAM- ASOCAR, vienen trabajando en la elaboración del instrumento para reglamentar la metodología teniendo en cuenta que a partir de la publicación del Decreto 1120 del 2013 del MADS (recogido en el Decreto 1076 del 2015 (MADS, 2015), dónde se le otorga a las CARs y CDS competencia y jurisdicción en las zonas marinas y costeras.

Por otro lado, en los temas de ordenamiento de la zona marino costera y las diferentes actividades que allí se desarrollan, surge cierta atención y/o preocupación por los recursos marinos que se ven afectados por algunos aspectos como; actividades económicas, concesiones por parte del sector privado, licencias gubernamentales y algunas prácticas que generan presiones sobre la base natural, influyendo negativamente en los recursos que soporta y los servicios que presta.

Para aportar a los procesos de manejo y ordenamiento marino costero, es importante fortalecer los aspectos técnicos y metodológicos que contribuyan a la gestión de manera integral de estas áreas, en especial la subzona marina, considerando los aspectos políticos, usos, conflictos y demás orientaciones que existan en el país con respecto al desarrollo de actividades en el mar. A nivel global, la Planificación Espacial Marina – PEM, se ha visto como un proceso que contribuye a dar estas orientaciones; y la UNESCO ha sido a través de sus guías un referente al respecto, buscando llegar con estas a los responsables de la planificación y gestión con el objetivo de responder preguntas sobre cómo convertir la PEM en un programa operativo de manera que aporte resultados positivos.

En este contexto, la PEM es definida como un proceso público para “analizar y asignar la distribución espacial y temporal de las actividades humanas en zonas marinas para alcanzar objetivos ecológicos, económicos y sociales que normalmente se especifican por un proceso político” (Ehler y Douvere, 2013).

3 Compilado por el Decreto 1076 de 2015 (MADS, 2015)

En este sentido el INVEMAR, desde el año 2015, ha adelantado trabajos para generar insumos de Planificación Espacial Marina -PEM-, que aportan elementos metodológicos y técnicos a los procesos MIZC que se vienen llevando a cabo, en el marco de la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia –PNAOCI- (MMA, 2001). Estos insumos han permitido reforzar los análisis de la subzona marina de las UAC, bajo un enfoque que permite analizar y gestionar los conflictos y compatibilidades que se generan en esta área. El ejercicio ha permitido adaptar y proponer la metodología PEM para Colombia, haciendo su aplicación en casos prácticos: UAC Málaga-Buenaventura y UACs Vertiente Norte Sierra Nevada de Santa Marta y Magdalena, en lo que corresponde a la zona marina del Magdalena.

De igual manera, el desarrollo y avances en los temas de MIZC, a propiciado la consolidación de una estrategia de capacitación, con la cual desde 1999 se han desarrollado diversos cursos sobre el tema de MIZC, cada uno de ellos han sido revisados y evaluados en su programa y métodos, para una buena aplicación a la región costera en estudio, lo cual ha dejado experiencias particulares y conocimiento de los actores, entes locales y regionales en ambas costas colombianas.

Los cursos han sido desarrollados según las metas definidas por el MADS y las establecidas por el INVEMAR en sus planes de acción, es así como el primer y segundo Cursos Prácticos sobre Manejo Integrado de Zonas Costeras se enfocaron en el Caribe y se llevaron a cabo en la ciudad de Santa Marta (1999 y 2000 respectivamente); a partir del 2002, los curso también se enfocaron en el Pacífico colombiano y se han venido realizando cada año sin interrupciones hasta la fecha; adicionalmente desde el 2004 se han realizado cursos de Áreas Marinas Protegidas y de Tecnologías de la Información. En el desarrollo de estos cursos se ha contado con la participación de entidades como autoridades ambientales del orden nacional y subnacional, autoridades marítimas, autoridad pesquera, parques nacionales, oficinas de gobierno municipal, entidades académicas y otros centros de investigación.

Teniendo en cuenta la experiencia que tiene el INVEMAR desde 1999 en la realización de cursos anuales en las temáticas señaladas, durante el 2013 y 2014, la IODE evaluó la viabilidad de que el Instituto se convirtiera en centro de entrenamiento regional, y después durante visita de evaluación, en 2014, fue escogido para ser a partir de 2015 en el Centro Regional de Entrenamiento en Ciencias del Mar para Latinoamérica, el cual hace parte de la estrategia Ocean Teacher –Academia Global, de IODE-COI-UNESCO.

La Academia Global OceanTeacher hace parte de la Oficina de Proyectos de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental – COI de la UNESCO, como parte del “Programa de Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográficos (IODE por sus siglas en inglés)”. OceanTeacher se ha desarrollado como un sistema de formación para los gestores de datos oceánicos y de información marina, así como para los investigadores marinos que deseen adquirir conocimientos en los datos y/o gestión de la información. Además, OceanTeacher se está utilizando para la formación en otras disciplinas relacionadas.

Proporciona un programa de cursos de formación relacionados con programas de la COI, que contribuye a la gestión sostenible de los océanos y las zonas costeras de todo el mundo, y relevante para los Estados miembros en las regiones, a través de los Centros de Entrenamiento Regional.

**INDICADOR DE NÚMERO DE PERSONAS CAPACITADAS: FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN MANEJO INTEGRADO COSTERO****Definición e importancia del indicador**

En el ámbito nacional, sub-nacional y local, el entrenamiento en temas MIZC y AMP, de profesionales y funcionarios públicos es una prioridad, para el entendimiento e incorporación de los temas marinos y costeros en la planeación, ordenamiento territorial, gestión de áreas protegidas y la academia. Estos cursos se han realizado con el objetivo de fortalecer la capacidad técnica de las instituciones del SINA incluidos los entes territoriales con injerencia costera y consolidar un grupo interdisciplinario de profesionales que contribuyan al MIZC y a las AMP en el país, mediante el entrenamiento en conceptos, contexto internacional y nacional del tema, métodos y aplicación mediante casos de estudio, que contribuyan en la toma de decisiones para el manejo de las zonas marinas y costeras en Colombia.

Este indicador comprende dos elementos que se consideran importantes en el proceso de planificación y manejo de las zonas costeras. Se relaciona con el fortalecimiento de capacidades a los entes locales, regionales y/o nacionales, entendido como un instrumento para la planificación en las zonas marinas y costeras.

Este parámetro muestra el número de personas capacitadas en cursos de capacitación no formal en los temas de MIZC, Áreas Marinas Protegidas (AMP) y tecnologías de la información (TI). Su unidad de medida es número de personas.

**Fuente de los datos e información**

INVEMAR, Coordinación de Investigación e Información para la Gestión Marina y Costera GEZ.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS.

**Período reportado**

Los resultados que aquí se presenta son de estudios publicados entre 1999 y 2016.

## Reporte o cálculo del indicador

**Histórico de Capacitaciones por años (1999 - 2016)**  
**Total Capacitaciones: 997**


Figura 57. Número de personas capacitadas: Fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero.

#### Interpretación de los resultados

Teniendo en cuenta la experiencia que tiene el INVEMAR desde 1999 en la realización de cursos, a partir del 2015 se constituye como centro regional de entrenamiento en ciencias del mar para Latinoamérica, el cual hace parte de la estrategia Ocean Teacher – Academia Global, de Internacional Oceanographic Data and Information Exchange IODE, el INVEMAR durante el año 2016 organizó los cursos relacionados con el Manejo Integrado de Zonas y Planificación Espacial Marina, Tecnologías de Información - SIG Aplicado al medio Marino y Costero, Administración de Datos Biogeográficos Marinos (Contribuyendo al Uso de OBIS).

Para finales del segundo semestre, se llevaron a cabo los cursos de Áreas Marinas Protegidas (AMP) como materia electiva en el programa de Doctorado en Ciencias del Mar y de agregación de Datos Oceanográficos para la Ciencia (GODAR). Los cursos contaron con la participación de estudiantes de varios países y recibieron charlas de expertos, alguno de estos internacionales.

Actualmente se llevan 997 entre estudiantes, comunidad local, representantes de Corporaciones Autónomas Regionales, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS, entre otros.

#### Limitaciones del indicador

No aplican

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

No aplican



## SUBSISTEMA DE ÁREAS COSTERAS Y MARINAS PROTEGIDAS

Colombia está entre los cinco países con más biodiversidad del planeta. Es hogar de gran cantidad de hábitats y ecosistemas marinos tales como lagunas costeras y humedales, arrecifes de corales, algas marinas, manglares, playas rocosas y arenosas, zonas de afloramiento costero y varios tipos de fondos marinos. Las aguas marinas y de estuarios colombianas son el hogar de 306 especies de esponjas, 124 especies de corales, 15 corales de aguas profundas, 1.250 especies de moluscos, 246 especies de gusanos anélidos, 560 especies de crustáceos decápodos, 296 especies de equinodermos, 990 de peces, 18 de mamíferos marinos y 565 especies de algas marinas entre otras especies. Al presente Colombia tiene 35 Áreas Marinas Protegidas (AMPs) que cubren cerca del 8,9 % de sus zonas marinas y costeras. La biodiversidad costera y marina de Colombia es actualmente sujeto de varias formas de presión directa y degradación (por ejemplo, sobreexplotación de los recursos pesqueros, alteración del hábitat, polución, presencia de especies extrañas invasoras y del cambio climático) tanto dentro como fuera de las AMPs existentes. La solución a largo plazo a las muchas amenazas de la biodiversidad marina de Colombia, depende de la existencia de un Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) contribuyendo a través de sus componentes al aumento en la representatividad de los ecosistemas marinos y costeros en las AMP.

En el marco de las acciones que en Colombia se han desarrollado para el fortalecimiento del Sistema de Áreas Protegidas en Colombia – SINAP, desde hace 11 años, el país se ha dado a la tarea de desarrollar y posicionar el tema de las áreas marinas protegidas y avanzar en el “Diseño e implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia –SAMP”. Este proceso ha sido liderado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costera – INVEMAR, en conjunto con entidades nacionales e internacionales como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Parques Nacionales Naturales, PNUD, Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible costeras y Organizaciones No Gubernamentales como Conservación Internacional, WWF, TNC y MARVIVA.

El desarrollo de este proceso se enmarca en los compromisos internacionales adquiridos por Colombia en el Convenio sobre Diversidad Biológica, entre los cuales se estableció como meta para el 2012 contar con sistemas representativos, efectivos y completos de áreas marinas protegidas a nivel regional y nacional, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos, para lo cual en el ámbito nacional entre las directrices planteadas en la “Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia”, se estableció como meta la consolidación del SAMP.

Como parte del proceso, se ha avanzado en la identificación de sitios prioritarios de conservación y el diseño de redes de áreas marinas protegidas con el fin de contribuir a la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera, aportando insumos importantes para la consolidación del SAMP. La identificación de dichos sitios ha sido posible mediante la metodología de planificación ecorregional donde fueron seleccionados objetos de conservación, identificadas amenazas que podían incidir en su conservación y definidas metas para cada uno de ellos. Estos sitios prioritarios de conservación identificados incluyen sitios de agregación de peces, moluscos y crustáceos, sitios de anidamiento, reproducción y alimentación de especies y sitios con presencia de especies amenazadas, además de ecosistemas importantes que albergan una gran diversidad (Alonso *et al.*, 2008); (INVEMAR *et al.*, 2009)

La propuesta para la consolidación del SAMP en Colombia, desarrollada en el periodo 2011-2016, ha tenido por objetivo “Promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad marina y costera en las regiones Caribe y Pacífico a través del diseño e implementación de SAMP, financieramente sostenible y bien manejado”, considerando los siguientes componentes:

- Desarrollo de un marco legal, institucional y operacional con el fin de facilitar la eficacia y la eficiencia de los objetivos de manejo de las AMP nacionales y regionales,
- Definición de un marco financiero que garantiza la sostenibilidad del SAMP, a través del fortalecimiento de las fuentes actuales de financiación y la inclusión de nuevas opciones financieras,
- Aumento de la capacidad institucional e individual para el manejo del SAMP gestión (formación y monitoreo),
- Aumento en la proporción de la población colombiana y la comunidad internacional, que están sensibilizadas y conscientes de la importancia de la conservación de la biodiversidad marina y costera y acerca de la existencia y papel del SAMP en Colombia.

El desarrollo de estos componentes, ha permitido fortalecer las acciones de conservación de la biodiversidad marina y costera del país, que se evidencia en los logros alcanzados en los indicadores analizados, así: 1) Se superó el número de AMPs y hectáreas de ecosistemas marinos bajo protección y se incorporaron nuevos ecosistemas (corales de profundidad), ayudando a Colombia a llegar al 8,9 % del 10 % esperado al 2020 en las metas Aichi. 2) Se superaron los indicadores de sostenibilidad financiera con un aumento significativo en la destinación de recursos económicos de fuentes gubernamentales y haber disminuido la brecha financiera por encima de lo previsto en el proyecto. 3) De una propuesta piloto y metodología para proyectos tipo REDD+ en manglares, se dio el paso a un proyecto de implementación que redundará en beneficio de la salud del DRMI-Cispata y del bienestar de las comunidades locales que dependen de este. 4) Creación del Sistema de Soporte de Decisiones del SAMP enlazado al Registro Único de Áreas Protegidas - RUNAP y el Sistema de Información Ambiental Marino - SIAM de Colombia. 5) Generación de capacidades para el manejo de AMPs y de conciencia pública, igualmente superando en ambos los indicadores propuestos en el proyecto.

Las áreas marinas protegidas que integran el SAMP, son áreas de orden nacional y regional, ubicadas a lo largo de la zona marino costera, tanto en el Caribe como en la costa del Pacífico colombiano. Como punto de partida para el año 2010 se contaba con 23 áreas, incluyéndose en 2011 tres áreas más: Parque Nacional Natural - PNN Urumbá Bahía Málaga, Parque Natural Regional - PNR del río León y Suriquí, y Distrito Regional de Manejo Integrado – DRMI Musichi. En 2012 se realizó la actualización del listado de acuerdo a las categorías definidas en el Decreto 2372 de 2010 (recogido en el decreto 1076 de 2015 (MADS, 2015) y a los respectivos procesos de homologación llevados a cabo por cada una de las entidades responsables de las áreas; se creó la Reserva Natural de la Sociedad Civil Almejal y se incluyeron en el listado dos áreas que habían sido creadas antes del 2010: DMI Ensenada Río Negro, los bajos aledaños, la Ciénaga de la Marimonda y Salado y Reserva Natural de la Sociedad Civil Sanguaré; en total se 29 AMP. Al terminar el año en el 2013 se declararon dos nuevas áreas en el Caribe colombiano: Santuario de Fauna – SF Acandí-Playón-Playona y PNN Corales de Profundidad, llegando a 31 AMP. Para el año 2014 se declararon tres nuevas áreas DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes en el Chocó, el PNN

Bahía Portete – Kaurrele y el DRMI Río Ranchería en el departamento de La Guajira, llegando a 34 AMP. Finalmente, en el 2016, se tiene el reporte de la creación de una nueva AMP regional en la zona costera del departamento del Cauca, el PNR El Comedero, llegando a 35 AMP (Tabla 27).

En el año 2015 se elaboró el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) golfo de Tribugá – Cabo Corrientes y en el 2016 se finalizó el plan de manejo del PNN Uramba – Bahía Malaga y el documento diagnóstico para el plan de manejo del PNN Bahía Portete – Kaurrele.

Igualmente, a 2016 se habían alcanzado 66 acuerdos de uso y manejo de los recursos naturales relacionados con pesca responsable, limpieza de caños con manglares y uso y manejo integral de los ecosistemas marino-costeros y sus especies de flora y fauna asociadas. En cuanto a acuerdos con beneficiarios de la conservación, se establecieron acuerdos entre pescadores artesanales e industriales (caso DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes), cobros por tarifas de entrada y acuerdos con gremios de buceo.

Tabla 27. Listado de áreas marinas protegidas del SAMP.

REGIÓN	Nº	ÁREA MARINA PROTEGIDA	ORDEN	AUTORIDAD RESPONSABLE	TIPO
CARIBE CONTINENTAL	1	SFF Los Flamencos	Nacional	PNN	Costero
	2	PNN Sierra Nevada de Santa Marta	Nacional	PNN	Costero
	3	PNN Tayrona	Nacional	PNN	Marino Costero
	4	SFF Ciénaga Grande de Santa Marta	Nacional	PNN	Costero
	5	VP Isla de Salamanca	Nacional	PNN	Marino Costero
	6	PNN Corales del Rosario y San Bernardo	Nacional	PNN	Submarino
	7	SFF Corchal Mono Hernández	Nacional	SFF	Marino Costero
	8	PNN Corales de Profundidad	Nacional	PNN	Submarino
	9	SF Acandí, Playón y Playona	Nacional	PNN	Marino Costero
	10	PNN Bahía Portete - Kaurrele	Nacional	PNN	Marino Costero
	11	DMI Bahía Cispatá, La Balsa, Tinajones y sectores vecinos al delta río Sinú	Regional	CVS	Costero
	12	PNR Boca de Guacamayas	Regional	Carsucre	Costero
	13	DMI Ciénaga de la Caimanera	Regional	Carsucre	Costero
	14	DRMI Musichi	Regional	Corpoguajira	Costero
	15	DMI Ensenada Río Negro, los bajos aledaños, la Ciénaga de la Marimonda y Salado	Regional	Corpourabá	Costero
	16	PNR Humedales del Río León y Suriquí	Regional	Corpourabá	Costero
	17	DRMI La Playona - Loma de la Caleta	Regional	Codechocó	Costero
	18	Área Marina Protegida (AMP) Archipiélago del Rosario y SnBernardo - PNN CRSB y C.prof. - SFF	Nacional	MADS	Marino Costero

REGIÓN	N°	ÁREA MARINA PROTEGIDA	ORDEN	AUTORIDAD RESPONSABLE	TIPO
CARIBE CONTINENTAL	19	DRMI Lago Azul-los Manatíes	Regional	Codechocó	Costero
	20	Reserva Natural de la Sociedad Civil Sanguaré	Nacional	PNN	Costero
	21	Delta del río Ranchería	Regional	Corpoguajira	Costero
	22	Reserva Natural de la Sociedad Civil Almejal	Nacional	PNN	Costero
CARIBE INSULAR	23	PNN Old Providence McBean Lagoon	Nacional	PNN	Marino Costero
	24	PNR Manglar Old Point	Regional	Coralina	Marino Costero
	25	PNR Johnny Cay	Regional	Coralina	Marino Costero
	26	DMI Área Marina Protegida de la Reserva de Biósfera Seaflower	Nacional	MADS	Marino
PACÍFICO	27	PNN Utría	Nacional	PNN	Marino Costero
	28	PNN Sanquianga	Nacional	PNN	Costero
	29	PNN Uramba Bahía Málaga	Nacional	PNN	Marino
	30	PNN Gorgona	Nacional	PNN	Marino
	31	SFF Malpelo	Nacional	PNN	Marino
	32	PNR La Sierpe	Regional	CVC	Costero
	33	DMI La Plata	Regional	CVC	Costero
	34	DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes	Regional	Codechocó	Marino Costero
	35	PNR El Comedero	Nacional	CRC	Marino Costero

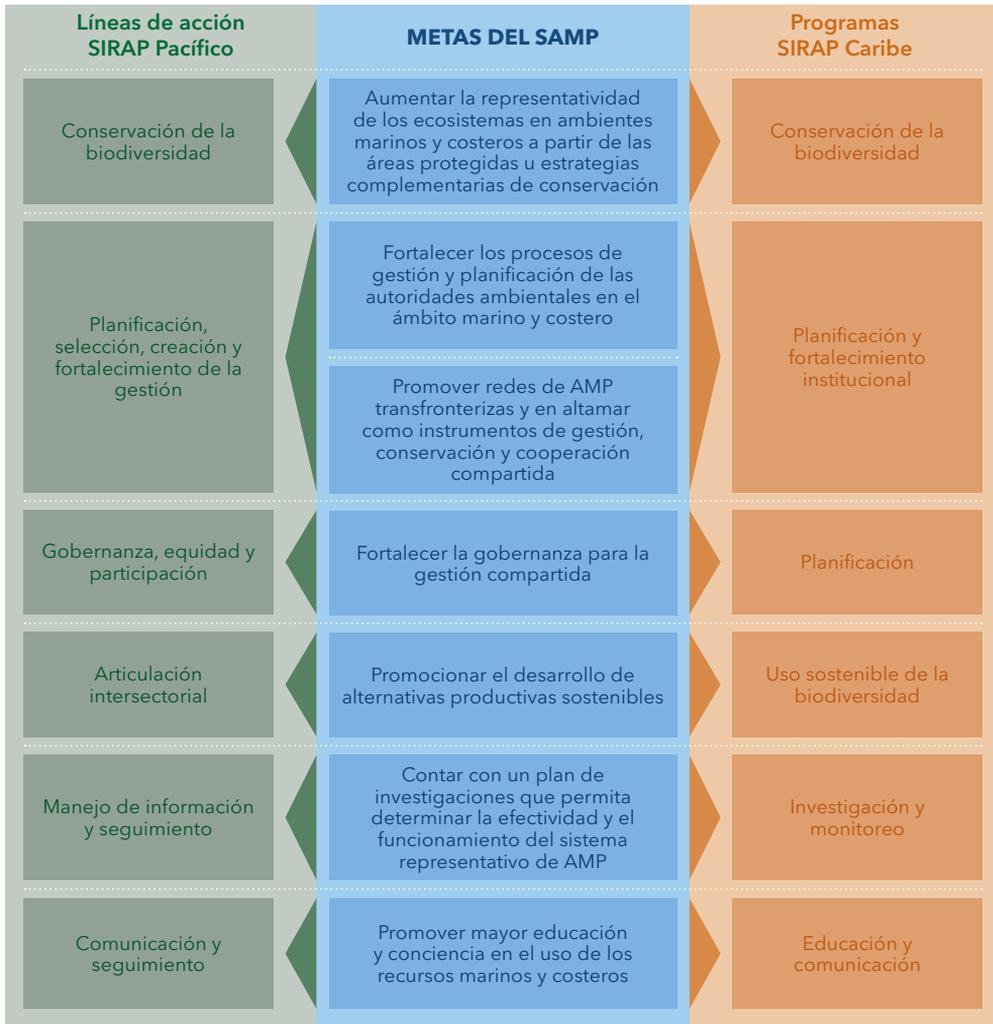
Para dar continuidad a las acciones planteadas entorno al SAMP y promover así su implementación y dinamización, se diseñó una estrategia de salida y sostenibilidad para los próximos 5 años, la cual plantea la bitácora de metas, el modelo de gobierno y matriz de roles y responsabilidades.

En cuanto al plan de acción establecido El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) de Colombia consideró que la estrategia para la armonización de la gestión en las Áreas Marinas Protegidas (AMP) es la conformación y puesta en funcionamiento del SAMP; así mismo, determinó como mecanismo de articulación y coordinación, que el SAMP operará articuladamente con los Subsistemas Regionales de Áreas Protegidas (SIRAP) del Caribe y del Pacífico, los cuales, instarán al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) a adelantar las gestiones necesarias para la efectiva implementación acciones que contribuyan a la consolidación del SAMP.



Figura 58. Reunión técnica SIRAP del Caribe y del Pacífico en torno al SAMP.

Bajo este contexto, se realizó el acompañamiento y articulación con los SIRAP del Caribe y del Pacífico, con los cuales se dio el proceso de construcción del plan de acción del SAMP 2016-2023, el cual se constituye en los lineamientos o pautas para avanzar en la consolidación y manejo de las AMP, con el fin de contribuir a la conservación de la biodiversidad marina como base natural para el desarrollo de la región y la generación de beneficios ambientales indispensables para las poblaciones. A continuación, se presentan las metas propuestas para avanzar en la consolidación del SAMP, en concordancia con las líneas de acción establecidas en los planes de acción de cada SIRAP:



**Figura 59.** Articulación de las metas del Plan de Acción del SAMP con las líneas de acción de los Planes de Acción de los SIRAP del Caribe y del Pacífico.

De igual manera se realizó la visita de Evaluación Final del proyecto, destacando el cumplimiento de los productos en cada uno de los componentes del proyecto. Igualmente, con la participación de los socios, se realizó la estrategia de sostenibilidad del proyecto para los próximos años y finalmente para finales del 2016 se realizó el evento de Cierre del proyecto, el cual contó con la participación de los socios del proyecto, comunidades locales de algunas de las Áreas Marinas Protegidas influenciadas, así como otros invitados de entidades nacionales y locales.

## INDICADOR DE PROPORCIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS CON PLAN DE MANEJO VS TOTAL DE ÁREAS PROTEGIDAS

### Definición e importancia del indicador

El plan de manejo es el instrumento que orienta las acciones hacia el logro de los objetivos de conservación de cada área, con visión a corto, mediano y largo plazo, convirtiéndose en una herramienta esencial para utilizar efectivamente los recursos financieros, físicos y humanos disponibles.

El indicador de porcentaje de áreas marinas protegidas con plan de manejo vs el total de las áreas marinas protegidas, da una idea del grado de planeación de las acciones hacia el logro de los objetivos de conservación de cada área, y en su conjunto de los objetivos del SAMP.

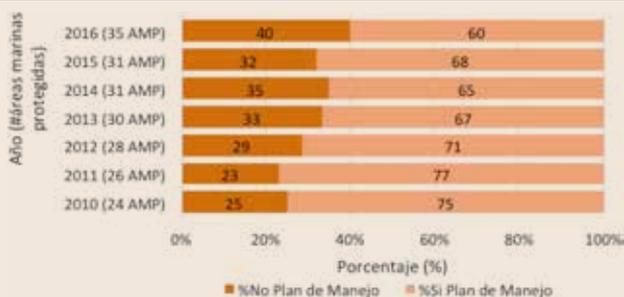
### Fuente de los datos e información

Consulta a las entidades responsables de la generación del plan de manejo de cada una de las áreas marinas protegidas que conforman el SAMP: Sistema de Parques Nacionales Naturales (áreas nacionales) y Corporaciones Autónomas Regionales (áreas regionales).

### Período reportado

Los resultados que aquí se presentan son de los avances a diciembre de 2010 a diciembre de 2016.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 60.** Número de áreas marinas protegidas con/sin plan de manejo.

### Interpretación de los resultados

Se aumentó el número total de AMP (se pasó de 31 a 35) al incorporarse las áreas DRMI Delta del Río Ranchería, Reserva Natural de la Sociedad Civil Sanguaré, Reserva Natural de la Sociedad Civil Almejal y el PNR El Comedero. De este total, el 60 % cuentan con plan de manejo frente a un 40 % que no lo tiene.

### Limitaciones del indicador

El plan de manejo es un instrumento flexible y dinámico que debe ser actualizado de acuerdo a las necesidades de cada área y al proceso de seguimiento del mismo. El presente indicador tiene en cuenta la existencia de los planes de manejo incluyendo que este se encuentre vigente o en proceso de actualización. No se referencian los planes que están en proceso de elaboración o aprobación. Áreas de conservación, aquellas especies y/o comunidades no adecuadamente representadas constituyen vacíos en los esfuerzos de conservación (Pliscoff y Fuentes, 2008).

### Recomendaciones y alternativas de manejo

No aplican

**INDICADOR REPRESENTATIVIDAD (%) DE UN ECOSISTEMA NATURAL DENTRO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS**
**Definición e importancia del indicador**

El indicador da una medida de la representatividad ecosistémica en un área determinada, se expresa como el porcentaje (%) de un ecosistema en un área de interés o área de análisis (MMA *et al.*, 2002). Para su estimación se requieren como insumos el cálculo de los índices de extensión total de las áreas de protección que incluyen áreas marinas del país.

El análisis de representatividad ecosistémica, es la principal herramienta para el establecimiento de prioridades en la planificación de áreas protegidas, ya que permite identificar el grado en el que comunidades naturales (ecosistemas) están representadas dentro de un sistema de áreas de conservación. Aquellas comunidades naturales no adecuadamente representadas constituyen vacíos en los esfuerzos de conservación (Pliscoff y Fuentes, 2008).

Este indicador evidencia en términos porcentuales, cuanto de la distribución de: Bosques de manglar, Playas, Acantilados rocosos, Arrecifes de coral, Pastos Marinos y Corales de profundidad a escala nacional, está dentro de las áreas marinas protegidas que conforman el Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP).

**Actualización del indicador**

La representación de la distribución de manglares, playas, acantilados rocosos, arrecifes de coral, pastos marinos y corales de profundidad para el territorio nacional es la más actualizada y es compilada en el Sistema de Información Ambiental Marino-SIAM a diciembre de 2016.

Los límites oficiales de las áreas marinas protegidas que conforman el SAMP, provienen del sistema de Parques Nacionales Naturales (áreas nacionales) y de las Corporaciones Autónomas Regionales (áreas regionales).

**Fuente de los datos e información**

La obtención de información actualizada sobre las coberturas que existen y su variación a través del tiempo a partir de la utilización de técnicas de procesamiento de imágenes de satélite y su cruce con los límites de las áreas marinas protegidas existentes.

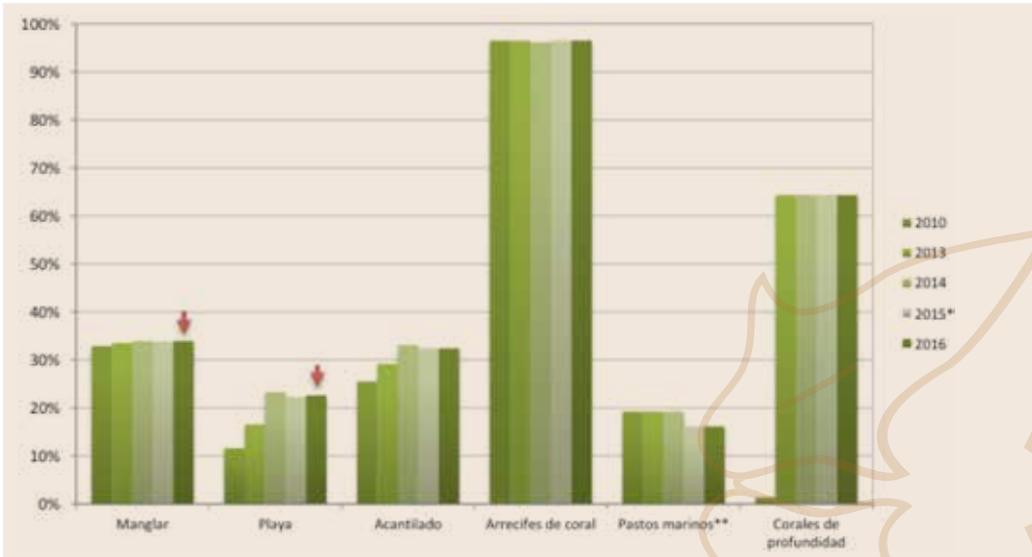
**Periodo reportado**

Línea base a 2010 con reporte del indicador a 2016.

**Reporte o cálculo del indicador**

**Tabla 28.** Línea base del año 2010 y cálculo al año 2016), se muestra la diferencia respecto al año anterior.

ECOSISTEMA	% REPRESENTATIVIDAD AÑO					DIFERENCIA
	2010	2013	2014	2015*	2016	
Manglar	32,9 %	33,5 %	33,9 %	33,8 %	33,9 %	↑ 0,1 %
Playa	11,6 %	16,6 %	23,3 %	22,3 %	22,6 %	↑ 0,4 %
Acantilado	25,5 %	29,2 %	33,1 %	32,4 %	32,4 %	→ 0,0 %
Arrecifes de coral	96,5 %	96,5 %	96,1 %	96,5 %	96,5 %	→ 0,0 %
Pastos marinos**	19,2 %	19,2 %	19,2 %	16,1 %	16,1 %	→ 0,0 %
Corales de profundidad	1,4 %	64,3 %	64,3 %	64,3 %	64,3 %	→ 0,0 %



**Figura 61.** Representatividad (%) de los ecosistemas marino costeros dentro de las áreas marinas protegidas, reportes año 2010 (línea base) y años 2013-2016 (fuente: Datos proyecto GEF-SAMP).

#### Interpretación de los resultados

Se resaltan con una flecha en color rojo las barras de proporción para los ecosistemas de manglar y playa en los que a 2016 se reporta una variabilidad en representatividad (Figura 61). Estos cambios se deben a la inclusión para 2016 de una nueva AMP (PNR El Comedero) la cual incluye en su paisaje ecosistema de manglar, y a variaciones en la extensión total nacional de estos dos ecosistemas.

*Fe de erratas:*

\* El presente reporte del indicador para el año 2015 difiere del publicado en la versión 2015 (anterior) de este informe, dado que posterior al mes de publicación, el monitoreo de cobertura de ecosistemas estratégicos en 7 AMP fue realizado, y su aporte al reporte de este indicador solo hasta este año pudo ser incluido.

\*\* Para el ecosistema de pastos marinos los datos de % de representatividad reportados en el informe anterior (2015) para los años 2010 y 2014 presentan diferencias con el presente reporte (2016) dado que se contabilizó dos veces extensiones por solapamiento de la AMP Seaflower (hoy DMI Seaflower) con el PNN Old Providence y también, de la AMP Corales del Rosario y San Bernardo con el PNN Corales del Rosario y San Bernardo. Por otra parte, a partir de 2015 la actualización de la cobertura de pastos marinos en el país aumentó en 24.000 ha los totales nacionales, y adicionalmente se creó una nueva AMP (PNN Portete – Kaurrele), razón por la cual el % de representatividad disminuye.

#### Limitaciones del indicador

La información de extensión a nivel nacional de los diferentes ecosistemas naturales utilizada para calcular el presente indicador, es información proveniente de diversas fuentes y escalas cartográficas; por lo tanto cuenta con limitaciones de la representación del paisaje en un sistema de información geográfica – SIG.

En consecuencia el dato porcentual presentado por éste indicador, debe asumirse siempre como un dato aproximado que en lo posible, en adelante, busque respaldarse con procesos cartográficos estandarizados que sean implementados por las entidades proveedoras de información, para garantizar mayor precisión.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

El interés por evaluar la representatividad ecosistémica, surge de la identificación de vacíos de protección y en el desbalance geográfico en la cobertura de las áreas naturales protegidas dentro del sistema objeto de análisis.

El análisis de representatividad permite identificar cuáles son los ecosistemas que presentan baja o nula protección (subrepresentados) y a su vez los que se encuentran en gran parte o la totalidad de su superficie dentro de un sistema de protección (sobrerepresentados). La identificación de los ecosistemas subrepresentados permite definir de mejor forma los criterios para la adición, definición y/o delimitación de nuevas áreas protegidas (Plischoff y Fuentes, 2008).

Estimar la representatividad ecosistémica, se convierte en la principal herramienta en la planificación de áreas protegidas (Margules y Pressey, 2000), su análisis puede ser entendido como un “método científico” para identificar el grado en el que especies nativas de fauna y flora, así como comunidades naturales (ecosistemas) están representados dentro de un sistema de áreas de conservación, aquellas especies y/o comunidades no adecuadamente representadas constituyen vacíos en los esfuerzos de conservación (Plischoff y Fuentes, 2008).

## RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

Teniendo en cuenta las pérdidas aceleradas de ecosistemas marinos y costeros en el último siglo (UNEP, 2006), es claro que las medidas de conservación por sí solas no serán suficientes para proteger las funciones ecosistémicas, los servicios y el hábitat para un gran número de especies en el futuro (Hilderbrand *et al.*, 2005). La “ecología de la restauración” ha surgido como alternativa para ayudar al restablecimiento del ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido, permitiendo la recuperación total o parcial de la estructura y las funciones deseadas (SER, 2004). Estas prácticas deben permitir la obtención de sistemas sustentables para el futuro en el marco del cambio climático y por tanto debe contemplar la integración de los sistemas naturales, geográficos, sociales, políticos y económicos, que permitan la recuperación a una escala de paisaje (Shackelford *et al.*, 2013).

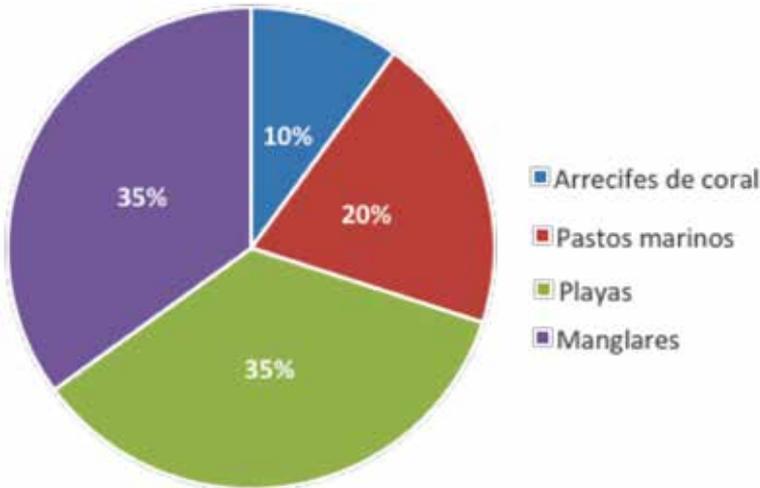
En aras de alinear los esfuerzos de los países hacia la conservación y la restauración ecológica, se ha suscrito el Convenio de Diversidad Biológica (año 1992 en Río de Janeiro) en el cual recientemente se estableció el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. Este plan compromete a la comunidad internacional con la protección de la biodiversidad y la mejora de sus servicios, con la misión de: “... detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza...” (UICN S.f).

A escala regional, Latinoamérica y el Caribe plantearon la Iniciativa 20X20, un programa que espera restaurar un poco más de 20 millones de hectáreas (ha) de tierras degradadas. Particularmente, Colombia está comprometida a restaurar 1 millón. Dicha iniciativa, contribuirá al Desafío de Bonn, meta global que apunta a 150 millones de hectáreas restauradas para el año 2020 (WRI 2014; UICN 2014). De esta manera, para dar alcance al Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, el Gobierno Nacional ha incluido en sus planes nacionales de desarrollo, la implementación de acciones de restauración de ecosistemas terrestres y marinos para asegurar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (DNP, 2016).

Así mismo, el país actualmente cuenta con la Política Nacional para la gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) cuyo objetivo es promover la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, a partir de la interacción entre sistemas de preservación, restauración, uso sostenible y construcción de conocimiento e información (PNGIBSE); un “Plan Nacional de Restauración (PNR)” que se constituye como un marco de referencia para adelantar acciones de restauración, rehabilitación o recuperación de áreas degradadas en Colombia (Ospina *et al.*, 2015) y finalmente, un Manual de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad (en revisión; MADS 2012); el cual contempla las acciones de restauración ecológica como medidas de compensación para recuperar, restaurar o reparar las condiciones de la biodiversidad afectada por los proyectos, obras o actividades de las empresas.

Colombia ha adelantado la priorización de áreas para restaurar a nivel nacional, destacándose la necesidad de iniciar acciones en las regiones Andina y Caribe (Ramírez *et al.*, 2016). Particularmente, para la zona marino costera, según Gómez-Cubillos *et al.* 2014, del total de mosaicos priorizados para restaurar (n=72) (áreas con más de un ecosistema priorizados para restaurar), la mayoría incluyen playas de arena y manglar (Figura 62). Se destaca la prioridad “Muy alta” para el 4 % de las playas y el 6 % de

los sectores de manglar; y “Alta” para el 29 % y 28 % de las áreas coralinas y pastos marinos priorizados respectivamente. Se destacan los mosaicos de *Cocoplum Bay* en San Andrés Isla; Tukakas y Portete en la Guajira; Cinto, Neguanje y Gairaca en el Parque Nacional Natural Tayrona en el Magdalena, y la isla Rosario e isla Palma en Bolívar, por poseer los 4 ecosistemas con necesidad de restauración. Los mosaicos restantes incluyen entre tres y dos de los ecosistemas evaluados, siendo los mosaicos con playas de arena y manglar los más recurrentes en todos los departamentos del Pacífico, y para el Caribe en: Atlántico, Córdoba, Sucre y Antioquia.



**Figura 62.** Unidades ecosistémicas incluidas en los mosaicos priorizados para restaurar en Colombia según Gómez-Cubillos *et al.* (2015a).

Como herramientas complementarias para el direccionamiento de acciones en estos ecosistemas, se construyó el portafolio de áreas con potencial de restauración para los ecosistemas marinos y costeros en Colombia (Gómez-Cubillos *et al.*, 2015); y una serie de lineamientos de restauración orientados a ecosistemas particulares tales como corales someros (MADS, 2014), manglar (Villamil, 2014) y lagunas costeras (INVEMAR-MADS, 2016).

Este último documento construido en 2016 junto con diferentes actores locales e institucionales, presenta 6 lineamientos principales para desarrollar proyectos de restauración en lagunas costeras: (1) Priorización de áreas para la restauración, (2) Caracterización diagnóstica del área objeto de estudio, (3) Identificación y análisis de tensores, (4) Determinación de objetivo del proyecto de restauración, (5) Planificación e implementación de acciones de restauración, (6) Evaluación, seguimiento y manejo adaptativo de los procesos de restauración y (7) Lineamiento transversal: Participación, educación y divulgación sobre la importancia de la restauración de las lagunas costeras.

Teniendo en cuenta las problemáticas de las lagunas costeras de Colombia, el documento sugiere tres estrategias de restauración para estos ecosistemas: (1) la restauración de flujos hídricos, (2) la recu-

peración geomorfológica, (3) restauración de ecosistemas de manglar y playas. Finalmente, los espacios de discusión generados durante el desarrollo de éste producto, permitieron fortalecer las relaciones entre diversos investigadores, entes territoriales, gubernamentales y no gubernamentales alrededor de la restauración de los ecosistemas marinos y costeros, lo que puso de manifiesto la necesidad de seguir impulsando este tema a nivel nacional (INVEMAR-MADS, 2016).

Algunas iniciativas puntuales para desarrollar acciones relacionadas con la restauración en los departamentos con territorio marino costero del país se registran en la (Tabla 29). Se destaca el desarrollo de acciones principalmente en ecosistemas de manglar y arrecifes de coral.

**Tabla 29.** Acciones de restauración ecológica realizadas en áreas con potencial de restauración (APR) definidas por Gómez Cubillos *et al.* (2015) y otras áreas no priorizadas (OA). NA: No se cuenta con información. Acciones de restauración: Piloto (P), Lineamientos (L), Implementación de proyecto (I), Monitoreo (M).

DEPARTAMENTO	NOMBRE MOSAICO/ SECTOR	APR / OA	ACCIONES DE RESTAURACIÓN				ECOSISTEMA INTERVENIDO	FUENTES RELACIONADAS
			P	L	I	M		
San Andrés Providencia y Santa Catalina (SAI)	McBean Lagoon	APR	x		x		Arrecife de coral	Pizarro <i>et al.</i> (2014), Cano (2016) y MADS (2015)
	Manchinnel Bay, South West Bay, Spratt Bight	APR					NA	NA
	Cocoplum Bay, Sound Bay, El Cove	APR		x			Manglares	INVEMAR - CORALINA (2017)
	Bahia Hooker, Bahia Honda	OA	x		x	x	Manglares	INVEMAR - CORALINA (2017)
	Avenida New Ball	OA	x				Manglares	INVEMAR - CORALINA (2017)
	Salt Creek, Smith Channel, Bahia Hooker, Bahia Honda	OA		x			Manglares	INVEMAR - CORALINA (2017)

DEPARTAMENTO	NOMBRE MOSAICO/ SECTOR	APR / OA	ACCIONES DE RESTAURACIÓN				ECOSISTEMA INTERVENIDO	FUENTES RELACIONADAS
			P	L	I	M		
La Guajira	Cocinetas, Tukakas, Punta Estrella, Hondita, Portete, Auyama, Pájaro, Mayapo, Buenavista, Ranchería, y Dibulla	APR					NA	NA
	Musichi y Camarones	APR		x			Manglares	Gómez-Cubillos <i>et al.</i> (2015)
Magdalena	Arrecifes, Cinto, Neguanje, Concha, Gairaca Santa Marta, Pozos Colorados	APR					NA	NA
	CGSM	APR	x		x	x	Manglares	INVEMAR-MADS (2017), Rodríguez-Rodríguez <i>et al.</i> (2016) e INVEMAR (2016)
	VIPIS	APR	x		x	x	Manglares	INVEMAR-MADS (2017)
	PNN Tayrona	OA	x				Arrecife de Coral	Charuvi <i>et al.</i> (2016); Pizarro <i>et al.</i> (2014)
	Taganga	OA	x				Arrecife de Coral	Charuvi <i>et al.</i> (2016)
Atlántico	Salgar, Balboa, Puerto Velero, Santa Verónica, Salinas del Rey y Astilleros	APR					NA	NA

DEPARTAMENTO	NOMBRE MOSAICO/ SECTOR	APR / OA	ACCIONES DE RESTAURACIÓN				ECOSISTEMA INTERVENIDO	FUENTES RELACIONADAS
			P	L	I	M		
Bolívar	Galerazamba, Tesca, Marbella, Manzanillo, Tierrabomba, Playa Blanca, Isla Grande, Isla Rosario P, Isla Múcura, Isla Palma e Isla Ceycén	APR					NA	NA
	Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB)	OA	x				Arrecife de Coral	Rodríguez-Goenaga (2016), Pizarro <i>et al.</i> (2014) y Devia <i>et al.</i> (2016)
Córdoba	Morrosquillo y Mestizos	APR					NA	NA
	DRMI Cispatá – San Antero, San Bernardo del Viento			x			Manglares	MADS - ASOCARS (2016)
Sucre	El Rincón, El Francés y Caimanera	APR					NA	NA
	Berrugas	APR	x				Arrecife de Coral	MADS (2015)
Antioquia	Arboletes, Damaquiel, Turbo y Cocogrande	APR					NA	NA

DEPARTAMENTO	NOMBRE MOSAICO/ SECTOR	APR / OA	ACCIONES DE RESTAURACIÓN				ECOSISTEMA INTERVENIDO	FUENTES RELACIONADAS
			P	L	I	M		
Chocó	Cupica, Mecana, y Abaquéia, Acandí	APR					NA	NA
	Virudó	APR	x				Manglares	CODECHOCÓ (2014)
	PNN Utría	OA	x				Arrecife de Coral	MADS (2015)
Valle del Cauca	Málaga, Buenaventura, Anchicayá, Cajambre y Yurumanguí	APR					NA	NA
Cauca	Timbiquí	APR	x				Manglares	Sáenz <i>et al.</i> (2016) y MADS y ASOCARS (2016)
	Obregones	APR					NA	NA
	Timbiquí y Guapi	OA	x				Manglares	MADS (2016)
Nariño	La Tola, Bocagrande y Bocanueva	APR					NA	NA
	Tumaco	APR		x			Manglares	INVEMAR <i>et al.</i> (2016)
Antioquia, Chocó y Córdoba	Bocas del Atrato-Gofo de Urabá	OA	x	x			Manglares	MADS y ASOCARS (2016)

## INDICADOR DE PROPORCIÓN DE ÁREA DE MANGLAR DESTINADA A CONSERVACIÓN, RECUPERACIÓN Y USO SOSTENIBLE

### Definición e importancia del indicador

Debido a la complejidad de los ecosistemas de manglar, en donde se integran componentes biológicos, ecológicos, físico-químicos, sociales y económico, su manejo debe estar orientado a la conservación de su estructura y función, por lo cual, se hace necesario dividir las áreas en zonas más o menos homogéneas o que compartan condiciones similares y sobre las cuales se dicten disposiciones de manejo teniendo en cuenta sus particularidades. De acuerdo a la resolución 0924 de 1997 y 0721 de 2002, las categorías consideradas para el manejo de ecosistemas de manglar son:

**Zonas de Preservación:** áreas de manglar que por su importancia ecológica, alta productividad biótica, ubicación estratégica, función relevante e insustituible y en general estar en buen estado de conservación, deberán ser protegidas y sostenidas sin alteración, para la investigación científica, la educación y el mantenimiento de las especies y comunidades en procura del beneficio común y permanente de las poblaciones humanas locales (Sánchez-Páez *et al.* 2004), en estas áreas se deberá prohibir totalmente el aprovechamiento de mangle, así como otros recursos bióticos y abióticos de uso masivo o comercial.

**Zonas de Uso Sostenible:** áreas que contienen ecosistemas naturales que deben conservarse, pero con una oferta de recursos naturales alta que permitan ser aprovechados sosteniblemente, sirviendo así a las necesidades humanas de manera continua, mientras contribuye a la conservación de la diversidad biológica. Estas zonas deberán mantener el buen estado de conservación del ecosistema, la vida, las comunidades y los hábitats en general.

**Zonas de Recuperación:** abarca todas las zonas que se encuentran en mal estado o en proceso de degradación que no están cumpliendo con sus funciones y pueden haberse perdido sus atributos naturales, o algunos de ellos están siendo severamente afectados. Igualmente comprende áreas que, aunque no evidencian daños severos, mantienen actividades potenciales que pueden destruir el manglar o desarrollaron actividades que en el pasado ya lo afectaron significativamente. Incluyen también áreas en donde los procesos naturales han afectado el estado del manglar o de aquellas que por su formación, ubicación o condición pueden ser aptas y básicas para el desarrollo de estos ecosistemas.

En este indicador se presenta porcentualmente la distribución de las tres categorías de manejo en los departamentos que poseen manglares en jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (Figura 62), y se discriminan aquellos estudios que han sido aprobados oficialmente por el MADS (Figura 63) y los que aún continúan en trámites para oficializar la propuesta de zonificación (Figura 64).

### Fuente de los datos e información

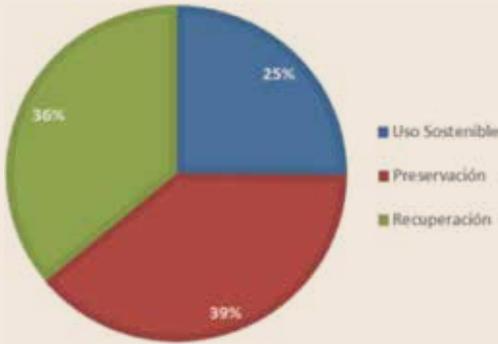
Resoluciones emitidas por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y estudios de zonificación realizados (Tabla 30).

**Tabla 30.** Actos de aprobación de la zonificación de los manglares en Colombia y algunos estudios relacionados con los procesos de zonificación. NA: Sin información.

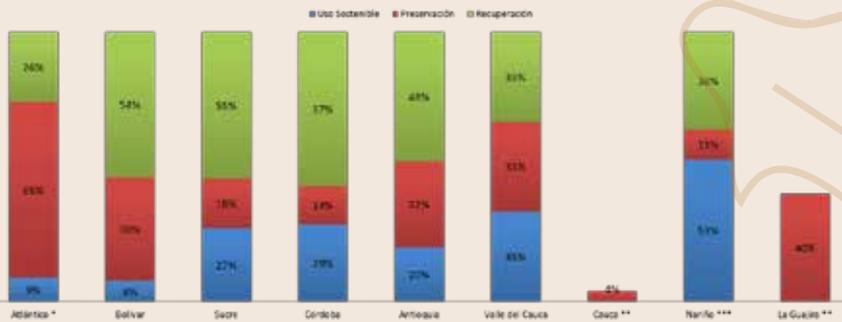
DEPARTAMENTO	ACTO DE APROBACIÓN	ESTUDIOS RELACIONADOS
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Ninguno	López Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
La Guajira	Res. 1082 de 2000	Gil-Torres <i>et al.</i> (2009)
Magdalena	Ninguno	NA
Atlántico	Res. 0442 de 2008	INVEMAR & CRA (2005)
Bolívar	Res. 0694 de 2000	NA
Sucre	Res. 0721 de 2002	NA
Córdoba	Res. 0721 de 2002	Sánchez-Páez <i>et al.</i> (2004)
Antioquia	Res. 2169 de 2009	NA
Chocó	Ninguno	NA
Valle del Cauca	Res. 721 de 2002	NA
Cauca	Res. 1082 de 2000	López Rodríguez <i>et al.</i> (2009); Sierra Correa <i>et al.</i> (2009)
Nariño	Res. 0619 de 2010	Tavera-Escobar (2010)
<b>Periodo reportado</b>		
2016		



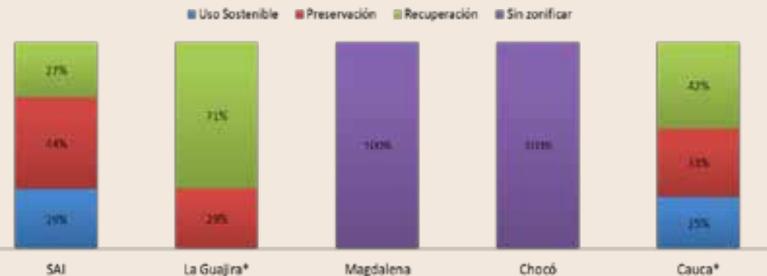
Reporte o cálculo del indicador



**Figura 63.** Distribución de la proporción del número de sectores de manglar en las categorías de la zonificación aprobada por el MADS, en la jurisdicción de CARs.



**Figura 64.** Proporción (número de zonas) zonas de uso sostenible, preservación y recuperación en cada departamento, según sectores reportados en estudios aprobados por el MADS.\*Solo se reportan las categorías asociadas a bosques de mangle, se excluyen ciénaga y salitres; \*\*Solo se incluyen los sectores aprobados por el MADS por resolución; \*\*\*La barra refleja la distribución de las categorías de zonificación en los bosques de mangle por concejos comunitarios.



**Figura 65.** Proporción (número de zonas) de categorías de uso sostenible, preservación y recuperación propuestas en los departamentos con zonificación NO aprobada por el MADS o en proceso de aprobación. \*Departamentos con zonificación parcialmente aprobada.

### Interpretación de los resultados

En Colombia según los estudios aprobados por el MADS, actualmente la mayoría de los sectores de manglar administrados por las CAR, se encuentran bajo la categoría de Preservación (39 %), el 36 % están en la categoría de recuperación y el 25 % en uso sostenible. De acuerdo a la Figura 62, cuatro de los cinco departamentos que tienen zonificaciones no aprobadas pertenecen al Caribe, por su parte tres del Pacífico (Valle del Cauca, Cauca y Nariño) ya poseen zonificación aprobadas. Se destaca el bajo porcentaje de los sectores destinados al Uso Sostenible en Atlántico y Bolívar, en comparación con su mayor porcentaje destinado a preservación y recuperación, lo cual se relaciona con el estado regular de sus bosques (Gómez-Cubillos *et al.*, 2014). Sucre, Córdoba y Antioquia poseen una mayor proporción de sectores destinados a la recuperación, mientras que en Nariño la mayoría de los concejos comunitarios poseen en sus territorios zonas de manglar destinadas al Uso Sostenible. Para Cauca, se destaca la categoría de preservación declarada para el sector de Guapi, mientras que, en La Guajira, el único sector con zonificación aprobada es la baja Guajira.

Respecto a los departamentos que no cuentan con zonificación aprobada, el departamento del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, propone un mayor porcentaje de sus sectores destinados a la preservación (44 %), seguido del uso sostenible y la recuperación. Para las zonas restantes de La Guajira (Media Guajira y Alta Guajira), el mayor porcentaje de sectores de manglar pertenecen a recuperación (71 %) y el restante a preservación; en el Cauca, los sectores comprendidos dentro de Timbiquí y López de Micay en conjunto se han propuesto en mayor porcentaje en la categoría recuperación (42 %), preservación (33 %) y una menor proporción son destinados al Uso sostenible (25 %). Magdalena y Chocó han iniciado estudios de zonificación para sus sectores de manglar, sin embargo, éstos aún no son aprobados de manera oficial por el MADS y no se contó con acceso a esta información, para el presente reporte.

### Limitaciones del indicador

Los sectores con los que se calcularon los porcentajes de los indicadores fueron definidos por la autoridad competente en cada estudio de zonificación. Para el caso del departamento de Nariño, el porcentaje reportado fue calculado a partir del número de categorías de zonificación que poseen cada concejo comunitario con manglares en su territorio.

Debe tenerse precaución con las cifras que incluyen datos con estudios no aprobados, pues éstos aún deben surtir procedimientos ante el MADS para considerarse oficiales.

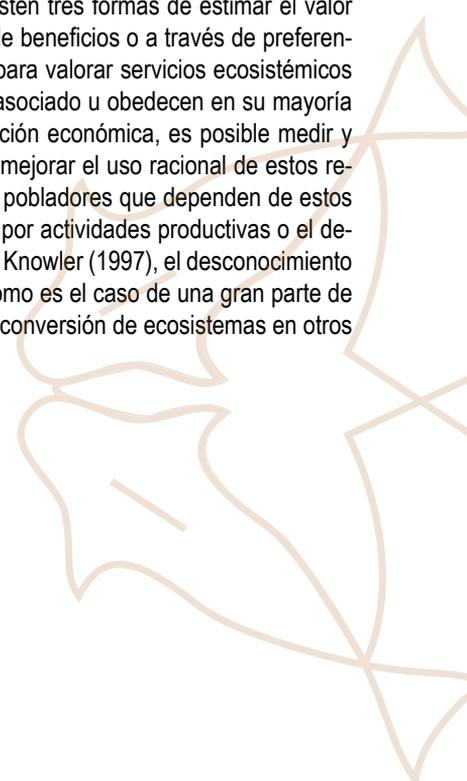
### Recomendaciones y alternativas de manejo

Los estudios de zonificación de manglares en Colombia, así como los actos de aprobación respectivos, son antiguos (Tabla 30), por lo que a nivel departamental conviene revisar la pertinencia actual de estas categorías y con base en un diagnóstico actualizado, re clasificar algunos sectores de manglar y modificar sus planes de manejo, en el caso de ser necesario.

La implementación de planes de manejo y zonificaciones actualizadas y congruentes con los criterios y lineamientos estipulados por el MADS es vital para la conservación, uso sostenible y preservación de los manglares del país. El monitoreo del ecosistema y la inclusión de las comunidades en estos procesos, resulta fundamental para el seguimiento al desarrollo del bosque y sus variables reguladoras, permitiendo estimar el éxito de las medidas de manejo aplicadas sobre el área, de acuerdo a la categoría asignada.

### ▼ Valoración de servicios ecosistémicos

La valoración económica se refiere a la asignación de valor monetario a un bien o servicio, donde los valores monetarios tienen un significado particular y preciso. Existen tres formas de estimar el valor económico: mediante preferencias reveladas, usando transferencia de beneficios o a través de preferencias declaradas. Este último ha sido el enfoque de más amplio uso para valorar servicios ecosistémicos marinos costeros, dado que muchos de ellos no tienen un mercado asociado u obedecen en su mayoría a valores de uso indirecto, de opción y de existencia. Con la valoración económica, es posible medir y comparar los beneficios derivados de ecosistemas específicos y así mejorar el uso racional de estos recursos. También sirve para compensar de manera justa a usuarios y pobladores que dependen de estos ecosistemas ante una eventual alteración del ecosistema provocada por actividades productivas o el desarrollo de infraestructura (Acharya, 2002). Según Barbier, Acreman y Knowler (1997), el desconocimiento del valor de bienes y servicios que no se cotizan en los mercados, como es el caso de una gran parte de los servicios ambientales, conduce a una explotación excesiva y a la conversión de ecosistemas en otros usos para el desarrollo.



**INDICADOR DE VALOR DE ESTIMACIÓN DE MEDIDAS DE BIENESTAR ASOCIADAS A SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

**Definición e importancia del indicador**

La disponibilidad a pagar (DAP) es la máxima cantidad de dinero que un individuo está dispuesto a ofrecer para obtener un incremento en un bien o servicio ambiental, o evitar un impacto indeseable. La DAP corresponde a una medida de valor basada en el supuesto de sustituibilidad de preferencias, por ejemplo entre un monto de dinero, restringido por el nivel de ingreso del individuo, y un cambio en la calidad o cantidad de un bien o servicio ambiental (Freeman, 2003). La DAP se define a partir de:  $u(m - DAP, Q_f, S, \eta) \geq u(m, Q_o, S, \eta)$ , donde  $u(.)$  es la función de utilidad del consumidor,  $m$  es el nivel de ingreso,  $Q_o$  y  $Q_f$  son los niveles iniciales y finales de la variable ambiental,  $S$  es el vector de características no monetarias del consumidor (nivel de educación, sexo, edad, etc.) y  $\eta$  es el componente estocástico del consumidor que no es observable al investigador. La media de la DAP estimada mediante la aplicación de métodos de valoración ambiental es un indicador de utilidad en el diseño de políticas públicas, teniendo en cuenta que el contexto de decisión usualmente involucra disyuntivas donde los beneficios y costos ambientales constituyen información de relevancia.

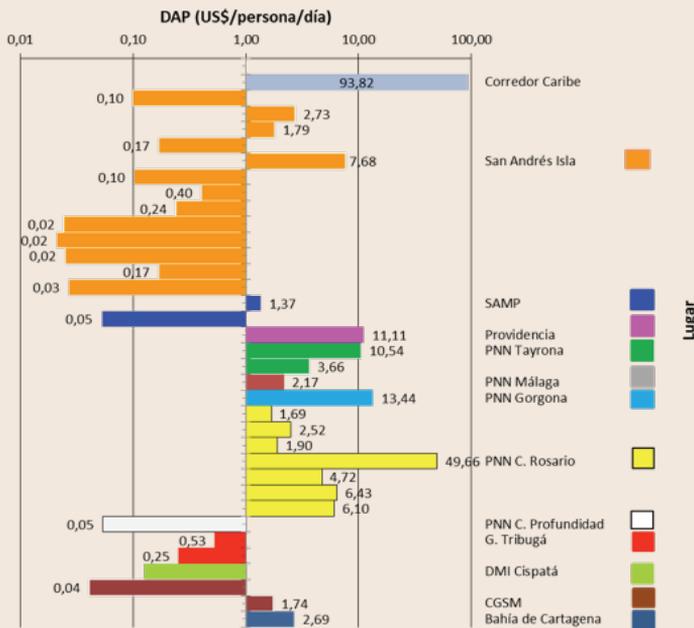
**Fuente de los datos e información**

Carrera (2008); Morales (1998); James (2003); Castaño-Isaza (2011); James-Cruz y Márquez-Calle (2011); Díaz (2001); Londoño (2003); Ibañez (2001); Martelo (1999); Gúzman y Toloza (2007); Wilson (2001); Maldonado y Cuervo-Sánchez (2016).

**Período reportado**

El período de los datos primarios corresponde a 1997 - 2016. Los metadatos se expresaron en US\$ de 2000.

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 66.** Disponibilidad a pagar (DAP) por servicios ecosistémicos.

### Interpretación de los resultados

El gráfico presentado muestra la DAP por persona/día en dólares de 2000 (usando la tasa de cambio ajustada por el factor de conversión de paridad de poder de compra, luego del ajuste inicial de datos a pesos colombianos constantes de 2000). La Figura 66 indica la cantidad de dólares que un agente individual (usuario directo o indirecto) está dispuesto a sacrificar por un incremento o mejora en servicios ecosistémicos brindados por un área específica. Se observa que el mayor número de estudios, que aplican la metodología de valoración contingente, han sido realizados para la zona del Caribe colombiano. La variación en los valores reportados se debe entender desde la perspectiva del estudio que lo elabora, ya que cada uno incluye uno o varios ecosistemas marinos de diversa extensión, diferente número de servicios ecosistémicos valorados y la disponibilidad a pagar de múltiples usuarios entre locales, nacionales o extranjeros.

### Limitaciones del indicador

La información procede de datos heterogéneos y no de muestras en procesos sistemáticos de encuestas bajo la misma metodología. Lo anterior, debido a que la valoración económica generalmente responde a demandas específicas de estimaciones monetarias sobre servicios ecosistémicos que son objeto potencial de políticas en sitios específicos. En este sentido, cada observación reportada obedece a particularidades en los objetivos y técnicas que deben ser revisadas con anterioridad al uso de la información, mediante la consulta de las fuentes originales. Este informe ha procurado la presentación de metadatos mediante la expresión de las medidas en la misma unidad monetaria, sin reflejar aún metadatos homogéneos desde el punto de vista de la consistencia del bien o servicio ambiental y de la medida de bienestar (Hicksiana o Marshalliana).

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Los valores reportados por cada uno de los estudios aquí incluidos sirven de soporte para la toma de decisiones y diseño de políticas que afecten la oferta de servicios ecosistémicos en las áreas abordadas o en áreas bajo condiciones similares. La valoración económica contribuye a la adopción óptima de estrategias de manejo para evitar la degradación o pérdida de ecosistemas y mantener o incrementar el bienestar tanto de poblaciones locales como otras poblaciones que también dependen de los servicios prestados por los ecosistemas.

# CAPÍTULO 5

# ESTADO DEL CONOCIMIENTO

# Y VACÍOS DE INFORMACIÓN



## ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS EN EL AMBIENTE MARINO Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

### ▼ Restauración de ecosistemas marinos y costeros

Si bien es cierto que la conservación y la gestión ambiental son medidas principales para afrontar la degradación de los ecosistemas marinos y sus servicios ecosistémicos, en muchos casos, las prácticas actuales han resultado insuficientes para revertir su acelerada degradación (Abelson *et al.*, 2016). En respuesta a ello, el reconocimiento de la ciencia de la “ecología de la restauración” como una alternativa para recuperar, rehabilitar o restaurar zonas que han sido degradadas o perdidas (SER, 2004), resulta indispensable. Pese a que, desde 1960 los esfuerzos se han centrado en la restauración de ecosistemas (Daily, 1995), actualmente el interés en la restauración se ha fortalecido en respuesta a los efectos del cambio climático (Nilsson y Aradóttir, 2013). Debido a su origen, gran parte de las experiencias que se tienen en restauración, corresponden a ecosistemas terrestres, mientras que la restauración ecológica de ecosistemas marinos alrededor del mundo, aún está en una etapa exploratoria e incipiente, retomando muchos elementos de las experiencias en tierra (France, 2016).

De acuerdo a las directrices del Plan Nacional de Restauración (PNR) y las metas establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (PND), las iniciativas internacionales mediante la estrategia 20x20 y metas AICHI, Colombia tiene como compromiso restaurar cerca de 300.000 ha a 2018. En el balance realizado en el 2015, se pone de manifiesto que a la fecha se ha avanzado en un 42,7 % de la meta (DNP, 2016). Particularmente, para el caso de ecosistemas marinos, en recientes encuentros del plano nacional, se destacó la escasa contribución de trabajos en restauración, en comparación con los avances en ecosistemas terrestres; debido principalmente a la escasa información de línea base y falta de experiencia en el diseño e implementación de proyectos de largo plazo (INVEMAR, 2016g).

Por otro lado, aunque los lineamientos desde la Sociedad de Restauración Ecológica (SER) y la Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE) se centran en planificar la restauración a escala de paisaje, se evidencia un gran porcentaje de proyectos de restauración en ecosistemas terrestres orientados a dicha perspectiva (Murcia y Guariguata 2014), pero aún se percibe falta de gestión a ésta escala por parte de las entidades ambientales regionales y locales competentes, lo cual dificulta el desarrollo de acciones de restauración bajo los parámetros establecidos. Así mismo, es importante tener en cuenta que parte de la integridad de los estudios en ecología de la restauración, incluyen un componente social que en gran medida define la necesidad y la viabilidad de un proyecto de restauración (Keenleyside *et al.*, 2014). Particularmente para el caso de los ecosistemas marinos y costeros, tanto los enfoques de paisaje como el enfoque social deben desarrollarse si se tiene en cuenta que estos ecosistemas son socio ecológicamente complejos, por lo que se requiere fortalecer y desarrollar modelos conceptuales y prácticos en relación a gobernanza y manejo que favorezcan la restauración en la zona costera (France, 2016).

El incipiente desarrollo de la restauración ecológica en la zona marino costera, insta al avance en la actualización de información de línea base y la implementación de pilotos en ecosistemas como manglares, playas, pastos marinos y arrecifes de coral, que permitan aprender de la experiencia local y formular estrategias adaptadas a la realidad nacional, los escenarios de cambio climático y la vulnerabilidad de la

zona costera, teniendo en cuenta las directrices de los lineamientos formulados por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Junto a la implementación de los proyectos, es necesario avanzar en monitoreos de largo plazo y en la generación de indicadores específicos para la evaluación del éxito de las acciones (Zhao *et al.* 2016). La genética de las poblaciones, las técnicas de propagación, el manejo del material una vez establecido las técnicas para facilitar su crecimiento y supervivencia en campo, así como la sostenibilidad, la resiliencia y la integración con el paisaje (Miller *et al.*, 2016), son aspectos prácticos que aún no se han desarrollado a gran escala para estos ecosistemas estratégicos y que constituyen una necesidad de investigación.

### ▼ Bioprospección marina

El ambiente marino alberga una gran diversidad de organismos que constituyen una fuente promisoriosa de productos naturales bioactivos con importantes aplicaciones biotecnológicas en la salud e industria (Gerwick y Moore, 2012; Kim y Venkatesan, 2013). En Colombia, el estudio de los productos naturales marinos se ha centrado en la búsqueda sistemática de compuestos químicos con actividad citotóxica, antitumoral, antimicrobiana, inhibitoria del quorum sensing, entre otros. A pesar de que el país posee costas en el mar Caribe y océano Pacífico con una alta diversidad de flora y fauna asociada, el avance en las investigaciones científicas aún es limitado, por lo que el estudio de los ecosistemas marinos y su potencial bioactivo es una temática de gran relevancia para el desarrollo de proyectos que impulsen el crecimiento científico y tecnológico del país, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos y genéticos del mar.

En este informe se evidencian los avances de la investigación realizada en productos naturales marinos de Colombia a partir de la recopilación de artículos científicos publicados en revistas indexadas de reconocimiento nacional o internacional. Respecto al informe del año 2015, se incluyen 7 artículos científicos, 3 del año 2016 y los demás de años anteriores (2015 y 2014), los cuales se reportan en este informe porque anteriormente no se tenía acceso a los mismos (Tabla 31). En estos artículos científicos se destacan los primeros estudios de productos naturales marinos en equinodermos que no habían sido previamente bioprospectados en Colombia, entre ellos, los pepinos *Holothuria floridana* (Santafé *et al.*, 2014; Guzmán *et al.*, 2014) e *Isostichopus badionotus* (Luna-Fontalvo *et al.*, 2014; Pastrana *et al.*, 2016), los erizos *Oreaster reticulatus* y *Mellita quinquesperforata* (Pastrana-Franco *et al.*, 2016b) y la estrella *Oreaster reticulatus* (Pastrana-Franco *et al.*, 2016). A partir de estos organismos se realizaron bioensayos cuyos resultados evidenciaron actividad antioxidante, antifúngica, y antimicrobiana, que indicaron el potencial bioactivo de los compuestos químicos sintetizados o almacenados por las especies estudiadas. Adicionalmente, en este informe se destaca que, a diferencia de las publicaciones científicas de 2015, en las cuales no se reportó caracterización química, en 2016 se realizó la identificación de compuestos químicos responsables de la actividad biológica de los organismos bioensayados. Pastrana-Franco *et al.* (2016), identificaron 38 compuestos lipídicos de *M. quinquesperforata* y determinaron el perfil de 20 ácidos grasos de *I. badionotus* obtenidos a partir de extractos que presentaron actividad antioxidante. Martínez-Matamoros *et al.* (2016) reportó el primer estudio químico de *Oceanobacillus profundus*, una bacteria aislada del coral blando *Antillogorgia elisabethae*, a partir de la cual se logró el aislamiento y la identificación de los compuestos tirosol y su acetato, moléculas responsables de la actividad inhibitoria de quorum Sensing determinada en este estudio.

**Tabla 31.** Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2015 y las publicadas en 2016.

GRUPO	NÚMERO ESTIMADO DE ESPECIES	ESPECIES ENSAYADAS HASTA 2015*	ESPECIES ENSAYADAS 2016	ESPECIES CARACTERIZADAS QUÍMICAMENTE HASTA 2015	ESPECIES CARACTERIZADAS QUÍMICAMENTE 2016
Equinodermos	296	12	2	7	2
Bryozoa	113	0	0	0	0
Poliquetos	246	0	0	0	0
Corales	97	17	1	8	1
Antipatharios	13	0	0	0	0
Anemonas	22	0	0	0	0
Hidrozoos	65	0	0	0	0
Esponjas	314	109	0	36	0
Algas	565	27	0	19	0
Zoantideos	43	4	0	3	0
Tunicados	140	0	0	0	0
Cianobacterias	352	0	0	1	0
Total	2.266	169	3	74	3

\*Dentro de las especies ensayadas se adicionan cinco especies de equinodermos: dos de pepinos (*Holothuria floridana* e *Isostichopus badionotus*) estudiadas por (Santafé et al., 2014; Guzmán et al., 2014; Luna-Fontalvo et al., 2014; Pastrana et al., 2016) dos especies de erizos (*Oreaster reticulatus* y *Meillia quinquesperforata*) estudiadas por (Pastrana-Franco et al., 2015, 2016), y una estrella (*Oreaster reticulatus*) estudiada por (Pastrana-Franco et al., 2015), las cuales no se habían incluido en los informes anteriores.

**INDICADOR DE ESPECIES BIOPROSPECTADAS (ENSAYADAS)**

**Definición e importancia del indicador**

El indicador contabiliza la cantidad de especies de organismos marinos colombianos a los que se les ha realizado al menos una prueba para evaluar su potencial bioactivo. Adicionalmente, se detalla el trabajo realizado durante el año, mostrando el total de actividades biológicas que se evaluaron ya sea en un organismo marino o un derivado del mismo, por ejemplo, algún compuesto, sea este modificado o natural. Se discrimina dentro de este indicador, los ensayos que corresponden a especies en las que no se reportó previamente algún estudio de actividad biológica y las especies en las que ya se ha reportado al menos una prueba para evaluar su potencial bioactivo.

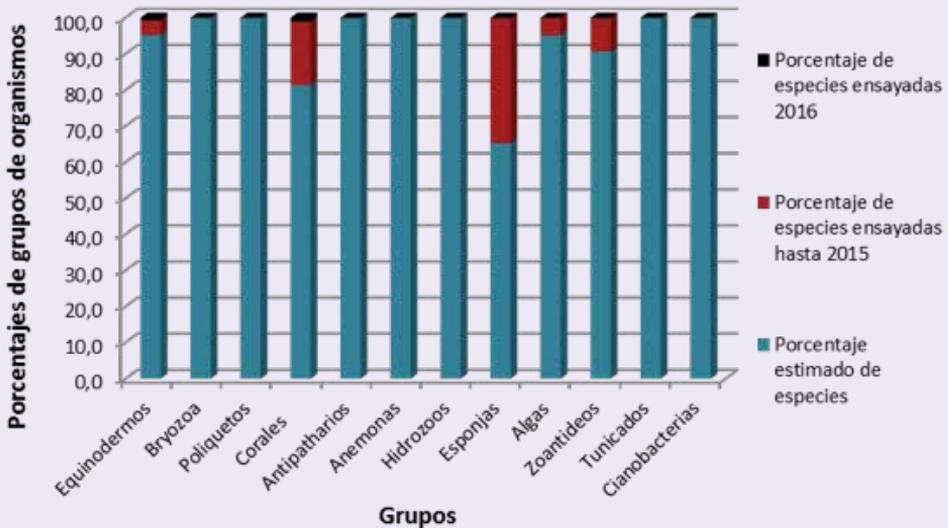
**Fuente de los datos e información**

Publicaciones científicas en bases de datos Scielo, Redalyc, Science Direct y Pubmed.

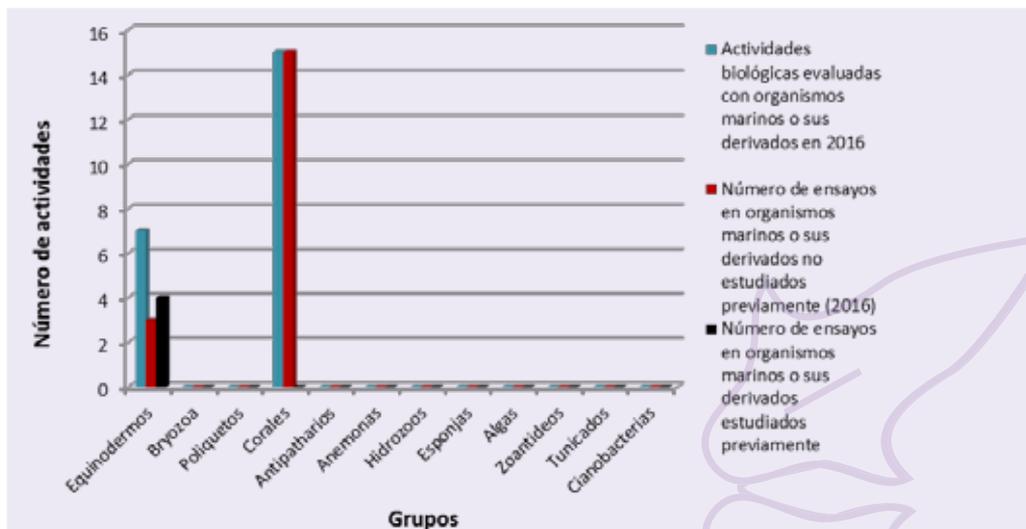
**Periodo reportado**

2007-2016.

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 67.** Especies de organismos marinos por grupos ensayados para evaluar su bioactividad.



**Figura 68.** Distribución de actividades biológicas evaluadas en los organismos marinos y sus derivados durante el año 2016.

#### Interpretación de los resultados

Durante el 2016 se publicaron resultados de 3 especies de organismos marinos no biospectados previamente, los cuales incluyen una especie de erizo, un octocoral y un pepino de mar, para un total de 172 especies evaluadas, obteniendo un avance de 7,24 a 7,59 % con relación al número estimado de especies ensayadas, respecto al año anterior. De acuerdo a las actividades biológicas evaluadas durante el 2016 en organismos marinos o sus derivados, se observa que las investigaciones se enfocaron al análisis del potencial bioactivo de corales y equinodermos, permitiendo avanzar en el conocimiento de otras especies marinas diferentes a las trabajadas constantemente como las esponjas y zoantideos, lo que permitió evidenciar su capacidad para biosintetizar o almacenar compuestos químicos bioactivos. Sin embargo, respecto al número de publicaciones solo se encontraron 3 artículos referentes al tema de bioprospección marina, esto indica que las investigaciones continúan siendo limitadas a pocos grupos de investigación, por lo que se requiere aunar esfuerzos para avanzar en la búsqueda de organismos como potencial fuente de productos naturales marinos.

#### Limitaciones del indicador

No toda la información es publicada, ni se tiene acceso a todas las revistas y bases de datos.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Continuar avanzando en la búsqueda de especies con potencial bioactivo y/o biotecnológico en el país mediante el fortalecimiento de los grupos de investigación, personal capacitado y equipos, generando bases de datos unificadas para Colombia en donde se permita el fácil acceso a la información sobre el avance de la investigación en el tema.

**INDICADOR DE ORGANISMOS MARINOS CON ESTRUCTURA QUÍMICA DETERMINADA/ELUCIDADA**

**Definición e importancia del indicador**

Número de organismos a los cuales se les ha caracterizado parte de su estructura química.

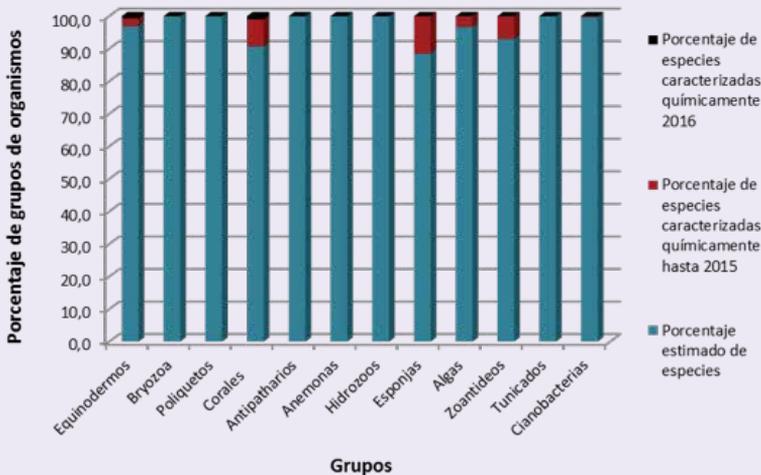
**Fuente de los datos e información**

Publicaciones científicas en bases de datos Scielo, Redalyc, Science Direct y Pubmed.

**Periodo reportado**

2007 a 2016.

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 69.** Especies de organismos marinos cuyos extractos han sido caracterizados químicamente.

**Interpretación de los resultados**

En el 2016 se obtuvo un aumento en el porcentaje de equinodermos caracterizados químicamente, destacando el inicio de la caracterización química de la especie de erizo Mellita quinquesperforata, a partir de la cual se identificaron 38 compuestos orgánicos (30 ácidos grasos y 8 esteroides) y la identificación de 20 ácidos grasos del pepino *Isoichthopus badionotus*. En este año también se realizó la primera caracterización química del microorganismo *Oceanobacillus profundus* asociado al octocoral *Antillologorgia elisabethae*, logrando el aislamiento y la identificación de los compuestos tirosoles y acetato de tirosoles como los responsables de la actividad inhibitoria de quorum sensing. Las especies que presentan los mayores porcentajes de caracterización química corresponden a corales y esponjas marinas o a sus microorganismos asociados, siendo valores aún bajos respecto al total de especies estimadas para cada grupo (8,2 % y 11,5 % respectivamente). A la fecha se han caracterizado químicamente 77 especies lo que implica una caracterización química de algún tipo en especies marinas de Colombia de 3,40 %.

**Limitaciones del indicador**

No toda la información es publicada, ni se tiene acceso a todas las revistas y bases de datos.

**Recomendaciones y alternativas de manejo**

Continuar avanzando en la búsqueda de especies con potencial bioactivo y/o biotecnológico en el país mediante el fortalecimiento de los grupos de investigación, personal capacitado y equipos, generando bases de datos unificadas para Colombia en donde se permita el fácil acceso a la información sobre el avance de la investigación en el tema.

## ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE LAS CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS

### ▼ Causas y tensores indirectos

#### Cambio Climático

El cambio climático, es considerado uno de los problemas más serios que enfrenta el planeta. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en su quinto informe señala que si no somos capaces de reducir la producción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la temperatura mundial podría aumentar de 2,6 a 4,8 °C para el año 2100, siendo los sistemas costeros altamente vulnerables. Esto será más preocupante en los próximos años, debido al aumento de la población y el crecimiento económico y la urbanización (Filatova *et al.*, 2011).

Colombia es un país con bajas emisiones correspondiente al 0,46 % de las emisiones globales de 2010 (García Arbeláez *et al.*, 2015) no obstante, los escenarios de cambio climático proyectan que la temperatura promedio del aire en el país aumentará con respecto al período de referencia 1971-2000 en: 1,4°C para el 2011-2040, 2,4°C para 2041-2070 y 3,2°C para el 2071-2100. Así mismo, los volúmenes de precipitación decrecerían entre un 15 % para amplias zonas de las región Caribe y existirían incrementos de precipitación hacia el centro y norte de la región del Pacífico (IDEAM, 2014b). Esta situación podría agravar los efectos de fenómenos de variabilidad climática como son El Niño o La Niña y pondría en riesgo los sistemas bióticos y socioeconómicos de las zonas costeras.

En este contexto, el INVEMAR continúa trabajando en la generación de estudios y estrategias encaminadas a levantar información para mejorar la capacidad de decisión en cualquiera de los temas relacionados con vulnerabilidad, mitigación, y adaptación al cambio climático para la zona marino costera e insular del país.

Para el tema de vulnerabilidad<sup>4</sup> al cambio climático en las zonas costeras e insulares del país, el INVEMAR desde hace 13 años ha venido generando información que ha permitido clasificar la zona costera colombiana con una alta vulnerabilidad frente a los efectos de inundación progresiva por Ascenso del Nivel del Mar (ANM) y erosión costera. A partir de estas valoraciones se han realizado análisis de vulnerabilidad a escala local para cinco sitios críticos como son Cartagena de Indias (año 2008), Santa Marta (año 2010) y Riohacha (año 2016) en el Caribe, Tumaco en el Pacífico (2008) y San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el Caribe insular (2014).

Estos resultados han sido la base para comunicaciones nacionales de cambio climático del país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas. Como insumo para la Tercera Comunicación Nacional, el INVEMAR bajo la coordinación del Ideam elaboró a escala 1:100.000 los escenarios de cambio climático marinos y costeros, a partir del análisis de los modelos globales para las variables de temperatura superficial del mar (TSM), ascenso en el nivel del mar (ANM), acidificación marina y erosión costera para los años 2040, 2070 y 2100. Los resultados de los escenarios climáticos, son el insumo principal para

<sup>4</sup> Vulnerabilidad: Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014)

determinar la vulnerabilidad de la zona costera colombiana en términos de seguridad alimentaria, hábitat humano, infraestructura y biodiversidad.

En materia de mitigación<sup>5</sup>, el MADS, a través de la Dirección de Cambio Climático, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y los Ministerios Sectoriales de Colombia viene avanzando en la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono – ECDDBC, la cual busca desligar el aumento de los GEI del crecimiento económico nacional. Esto se hará a través del diseño y la implementación de planes, proyectos y políticas que tiendan a la mitigación de GEI y simultáneamente, fortalezcan el crecimiento social y económico del país, dando cumplimiento a los estándares mundiales de eficiencia, competitividad y desempeño ambiental.

En este sentido, el INVEMAR con el apoyo del MADS y Mintransporte avanzó en la formulación del plan de cambio climático para puertos marítimos de Colombia, el cual contiene estrategias encaminadas a promover acciones de mitigación de GEI para el sector portuario marítimo de Colombia, las cuales apuntan en gran medida al mejoramiento de la eficiencia energética y al aprovechamiento de oportunidades que de estas acciones se deriven.

Por otro lado, para fortalecer la gestión de las áreas marinas protegidas (AMP) y promover acciones relacionadas con el tema de mitigación de GEI en estas áreas, se ha desarrollado ejercicios pilotos en el Caribe y en el Pacífico para evitar la deforestación del manglar, mediante el levantamiento de la línea base de existencias de carbono y establecimiento de parcelas de monitoreo en cuanto a deforestación y degradación en áreas de manglar con vista a evidenciar la factibilidad en la creación de proyectos sub-nacionales REDD+<sup>6</sup> en este tipo de ecosistema. Con base en los resultados obtenidos, para el AMP del Caribe colombiano denominada Distrito de Manejo Integrado (DMI) de Cispatá, La Balsa y Tinajones se ha venido trabajando en asocio con la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y la participación comunitaria, en la formulación del documento de proyecto para aplicar al estándar voluntario de carbono para proyectos de reducción de emisiones de GEI denominado Plan Vivo. Este se encuentra en la fase de validación para registro y certificación del proyecto, ante el estándar Plan Vivo. Complementario a esto, se cuenta con una guía metodológica para la formulación de proyectos tipo REDD+ en ecosistema de manglar, con base en la experiencia alcanzada y el trabajo con los actores locales.

En el tema de adaptación<sup>7</sup> se ha ido avanzando en la identificación de acciones para reducir la vulnerabilidad al cambio climático. El avance está representado en estrategias de incorporación del riesgo asociado al cambio climático en los esquemas e instrumentos de planificación de los entes territoriales departamentales y municipales y en planes de gestión sectorial considerados adecuados de acuerdo al escenario normativo y legislativo Nacional (Ley 388 de 1997; Conpes 3700; Ley 1450 de 2011) con miras

- 5 Mitigación: intervención humana para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático, a través de estrategias encaminadas a reducir las fuentes y emisiones de gases efecto invernadero GEI y a potenciar los sumideros (IPCC, 2014)
- 6 Según el Plan de Acción de Bali (2007), se denomina REDD+ a la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal; además de la conservación, el manejo sostenible y el mejoramiento del stock de carbono de los bosques en los países en desarrollo.
- 7 Adaptación: Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (IPCC, 2014).

a realizar un manejo integrado del riesgo, permitiendo a partir de una posición relativamente avanzada, aunque compleja, enfrentar las nuevas amenazas que impone el cambio climático global.

En este contexto, el INVEMAR con el apoyo del MADS, Mintransporte y el aporte de los representantes del sector portuario del país, han avanzado en la formulación de estrategias de adaptación encaminadas a reducir la vulnerabilidad al cambio climático para los puertos marítimos de Colombia, en términos de infraestructura, ecosistemas, tecnologías e innovación, planificación, fortalecimiento institucional, generación de información y educación y comunicación. Para la ciudad de Cartagena de Indias, el INVEMAR con el apoyo financiero de CDKN, el liderazgo de la Alcaldía distrital y la participación de actores públicos, privados y comunitarios formularon el Plan 4C “Cartagena Competitiva y Compatible con el Clima” que constituye un marco de planificación y acción para responder a un desarrollo compatible con el clima, el cual incluye también los lineamientos de adaptación para el territorio insular correspondiente al archipiélago del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte. Un resultado importante del Plan 4C son las estrategias propuestas: i) puertos e industrias compatibles con el clima; ii) sector turístico comprometido con la adaptación al cambio climático; iii) protección del patrimonio histórico; iv) barrios adaptados al cambio climático; v) adaptación basada en ecosistemas; vi) educación y comunicación; vii) información y monitoreo; y viii) planificación y ordenamiento. Estas estrategias, cuentan con fichas de proyectos para ser gestionados y ejecutados en el corto, mediano y largo plazo. Además, de la estrategia financiera para un horizonte de tiempo de 10 años y la propuesta de un marco operativo e institucional para promover la implementación del Plan por parte de las entidades competentes. En cuanto a los lineamientos de adaptación para las Islas, estos constituyen las bases para construcción del proceso adaptación integrada en la planificación territorial de la Ciudad y su socialización con los sectores económicos y actores sociales.

Para la ciudad de Santa Marta y Riohacha, el INVEMAR apoyó en la elaboración de los lineamientos de adaptación para el plan de cambio climático, que permitan reducir la vulnerabilidad. En cuanto al Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en el año 2014 se elaboró el Plan de adaptación al cambio climático formulado con el apoyo de la Dirección de Cambio Climático del MADS y con la participación de diversos actores públicos, privados y comunitarios.

Con base en la experiencia adquirida en los diferentes proyectos de investigación desarrollados por el INVEMAR, se elaboró en conjunto con el MADS los lineamientos y hoja de ruta para incorporar los temas de cambio climático en los procesos de formulación de los planes de ordenamiento y manejo integrado de las unidades ambientales costeras (POMIUAC), tomando como casos de estudios la UAC Alta Guajira en el Caribe y la UAC LLAS en el Pacífico.

Por otra parte, el INVEMAR continúa con el mantenimiento y administración del sistema de Observación Global para el Caribe Occidental, sistema instalado desde el 2009 como parte de la medida de adaptación nacional. El sistema mantiene el acopio y generación de información mete-oceanográfica para el público, incrementando la capacidad nacional para la toma y procesamiento de información que permita desarrollar, a través de la generación de series de tiempo para 4 estaciones en el Caribe, que conlleven a la mejora de diseños de escenarios y modelos regionalizados de cambio climático y ANM para el Caribe colombiano.

Dentro de las acciones de fortalecimiento institucional, educación, divulgación y socialización, se continúa, con la interacción interinstitucional con la Red de Centros de Investigación Marina, que desde el año 2009 tiene como principal foco de estudio temáticas relacionadas con el cambio climático global, y la cual se presenta como una estrategia de adaptación efectiva tendiente a la reducción de la incertidumbre asociada y con aplicación directa en las zonas marinas y costeras del país. Se mantiene el accionar en el marco de los nodos regionales establecidos por el decreto 298 de 2016 que reglamenta el Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA) a través de la participación en eventos y reuniones para el fortalecimiento de capacidades.

El sitio web de CLIMARES se mantiene garantizando igualmente su disponibilidad desde el portal de cambio climático nacional (<http://cambioclimatico.invemar.org.co/>). Y sobre esta plataforma se continúa la publicación de tres boletines anuales de cambio climático con contenidos sobre análisis de información y eventos mete-oceanográficos del Caribe.

## Literatura citada

- Abelson A., B. Halpern, D.C. Reed, O. Orth R., G.A. Kendrick, M.W. Beck, J. Belmaker, G. Krause, G. Edgar, L. Airoidi, E. Brokovich, R. France, R. Shashar, A. De Blaeij, N. Stambler, P. Salameh, M. Shechter and P. Nelson. 2014. Upgrading Marine Ecosystem Restoration Using Ecological-Social Concepts. *BioScience* • February 2016 / Vol. 66 No. 2. Ver: <http://biosciencie.oxfordjournals.org>. 31/01/17.
- Acker, J., Ouilon, S., Gould Jr., R.W., Arnone, R.A., 2005. Measuring marine suspended sediment concentrations from space: history and potential. In: *Proceedings of 8th International Conference Remote Sensing for Marine and Coastal Environments (CD-ROM)*. Altarum/AMRS, Halifax, Canada.
- Agardy, M.T. 1994. Advances in marine conservation: the role of marine protected areas, *Trends in Ecology & Evolution*. Vol. 9, No. 7: 267-260.
- Alcaldía de Cartagena de Indias, MADS, INVEMAR, CDKN y Cámara de Comercio de Cartagena. 2014. Lineamientos de adaptación al cambio climático del área insular del distrito de Cartagena de Indias. Editores: Castaño, F., J. Moreno, L. Ospino, A. López y M. Ulloque R. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 64, Santa Marta. 56p.
- Aleman, J. y R. Bruttomesso. 2016. RETE, Portus y las ciudades portuarias del sur de Europa y América Latina. *Portus*. No 32. Editorial. <http://portusonline.org/es/rete.portus.y.las.ciudades.portuarias.del.sur.de.europa.y.de.america.latina/>. 5/12/2016. <http://portusonline.org/es/rete.portus.y.las.ciudades.portuarias.del.sur.de.europa.y.de.america.latina/>. 5/12/2016.
- Alongi, D. M. 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, Vol. 3, No.2: 313–322. Ver: <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>. 24/01/17.
- Alongi, D.M. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1–13. Ver: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.024>. 24/01/17.
- Alonso, D., C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres y J. Gerhantz-Muro. 2008. Avances en el diseño de una red de áreas marinas protegidas: estrategia de conservación para el norte del Caribe continental colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. vol. 37: 129-156.
- Bandaranayake, W.M. 1998. Traditional and medicinal uses of mangroves. *Mangroves and salt marshes*. Springer. Vol. 2, No. 3: 133-148.
- Bastidas M.L., S. A. Ordóñez y C. Ricaute. 2016. Eventos de intensificación y relajación del viento en la bahía de Santa Marta (Caribe colombiano ): implicaciones oceanográficas. *Boletín de Investigaciones marinas y Costeras*. Vol. 45, No. 1156: 181-196.
- Bastidas-Salamanca, M., C. Ricaute-Villota, E. Santamaría-del-Ángel, A. Ordóñez-Zúñiga, M. Murcia-Riaño y D. Romero-Rodríguez. 2017. Regionalización dinámica del Caribe, Regionalización

- oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 14. Eds. C. Ricaurte-Villota y M.L. Bastidas-Salamanca. Santa Marta, Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés (INVEMAR). 14-31.
- Batista-Morales, A., D.I. Gómez, S. Navarrete y D. Alonso. 2014. Documento de conceptualización del sistema de monitoreo del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia. INVEMAR, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 78, Santa Marta. 22p.
- Beentje, H. and S. Bandeira. 2007. Field Guide to the Mangrove Trees of Africa and Madagascar. Kew Publishing, United Kingdom. 91p.
- Bello, J.C., M. Báez, M.F. Gómez, O. Orrego y L. Nägele (eds.) 2014. Biodiversidad 2014. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá D. C. 59p.
- Blaikie, P., T. Cannon, I. David y B. Wisner. 1996. Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres. LA RED: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 290p.
- Blanco, J.A., E.A. Viloría y J.C. Narváez. 2006. ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. Estuarine Coastal and Shelf Science. Vol. 66: 157-167.
- Börjk, M., F.T. Short, E. McLeod y S. Beer. 2008. Managing seagrasses for resilience to climate change. IUCN, Gland, Switzerland. 55p.
- Brown, B., R. Fadillah, Y. Nurdin, I. Soulsby and R. Ahmad. 2014. Case study: Community based ecological mangrove rehabilitation (CBEMR) in Indonesia. S.A.P.I.E.N.S Ver: <http://sapiens.revues.org/1589>. 25/12/16
- Burke, L., K. Reytar, M. Spalding y A. Perry. 2011. Reefs at Risk Revisited. World Resources Institute, Washington DC. 114p.
- Cairns, S.D. 1999. Species richness of recent Scleractinia. Atoll Research Bulletin. Vol. 459: 1-12.
- Cajiao, E.G., C.P. Mendieta y L.H. Cardona. 2016. Papel del distrito portuario colombiano de Buenaventura en el “Diamante Puerta del Pacífico”, Portus. No 32. Report 04 <http://portusonline.org/es/papel.del.distrito.portuario.colombiano.de.buenaventura.en.el.diamante.puerta.del.pacifico/>. 11/12/2016
- Campbell, D.E. 2000. Using energy systems theory to define, measure and interpret ecological integrity and ecosystem health. Ecosystem Health. Vol. 6, No. 3: 181-204.
- Cano M. 2016. Avances en la restauración de especies de coral en el Parque Nacional Natural Old Providence Mcbean Lagoon. 217p. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Libro de resúmenes III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Oriente Antioqueño, Colombia. 342p.
- Carrera, R. 2008. Preferencias reveladas de los agentes socioeconómicos para el uso y el manejo de los arrecifes de coral en la isla de San Andrés (Caribe colombiano). 111p.

- Castaño-Isaza, J. 2011. Development of payments for ecosystem services for the Seaflower MPA: An innovative financing mechanism to protect coastal and marine ecosystems. 65p.
- CDB - Convenio sobre diversidad biológica. 1992. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro, Brasil. 30p.
- Charuvi, N., R. Castaño y C.M. Aponte. 2016. Participación ciudadana en trabajos de restauración ecológica de arrecife, experiencias prácticas como administrativas y estrategias de escalar. 212p. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Libro de resúmenes III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Oriente Antioqueño, Colombia. 342p.
- Cintrón-Molero, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la ecología del manglar. Ed. ROSTLAC UNESCO. Montevideo, Uruguay. 109p.
- CODECHOCÓ-Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó. 2014. Informe de Gestión 2014. Quibdó. 85p.
- COLCIENCIAS e INVEMAR. 2012. Propuesta de estandarización de los levantamientos geomorfológicos en la zona costera del Caribe colombiano. Santa Marta. 60p.
- COLCIENCIAS e INVEMAR. 2015. Fortalecimiento del INVEMAR en la investigación de la oceanografía y el clima en las zonas marino costeras de Colombia. Santa Marta. 21p.
- Comisión Europea. 2005. EUROSION, Vivir con la erosión costera. Sedimentos y espacios para la sostenibilidad. Comisión Europea. Países Bajos. 40p.
- CONAMA-Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2000. Guía para el control y la prevención de la contaminación industrial actividad portuaria. Santiago de Chile. 64p.
- CVS - Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinu y del San Jorge e INVEMAR – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2015. Monitoreo de la calidad de las aguas marinas y monitoreo de la erosión costera en el departamento de Córdoba.
- Da Costa, F. 2011. El impacto de las especies exóticas sobre la biodiversidad y la respuesta internacional. p15-18. En: Gracia, A., Medellín-Mora, J., Gil-Agudelo, D.L. y V. Puentes (Eds.). Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. INVEMAR. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 136p.
- Daily, G. 1995. Restoring value to the world's degraded lands. *Science*, 269: 350-354.
- DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2017. Estimaciones de población 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020 total departamental por área. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/Municipal\\_area\\_1985-2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls). 11/02/2017
- DANE-Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2015. Proyecciones nacional y departamentales de población 2005 – 2020. Bogotá D.C. 300p.
- De la Torre-Castro, M. and P. Ronnback. 2004. Links between humans and seagrasses- an example from tropical East Africa. *Ocean and Coastal Management*. Vol. 47: 361-387.

- Devia A.; J. Rojas; P.A. Pinzón; M. Garzón; F. Jacob; R. Vieira. 2016. Crecimiento y supervivencia de trasplantes en el medio natural de fragmentos de *Acropora cervicornis* cultivados en guarderías, dentro del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Caribe colombiano. 216p. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Libro de resúmenes III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Oriente Antioqueño, Colombia. 342p.
- 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, J.A. 2001. Hallando la tarifa de entrada óptima al Parque Corales del Rosario: un modelo de disponibilidad a pagar. 41p.
- Díaz, J.M., L. M. Barrios y D. I. Gómez-López (Eds). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta. 160p.
- DIMAR-Dirección General Marítima y CCCP - Centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. 2012. Panorama de la contaminación marina del Pacífico Colombiano 2005-2010. Ed. DIMAR. Serie de Publicaciones Especiales. Vol. 7, San Andrés de Tumaco. 158 p.
- DIMAR-Dirección General Marítima. 2002. Informe de Gestión. Ministerios de Defensa, Armada Nacional, Bogotá. 55 p.
- DNP-Departamento Nacional de Planeación. 2007. Visión Colombia II Centenario 2019. Aprovechar el territorio marino costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Presidencia de la República, Bogotá, Colombia. 101p.
- DNP-Departamento Nacional de Planeación. 2013. Elementos para la formulación de la política nacional de ordenamiento territorial y alcances de las directrices departamentales. 33p.
- DNP-Departamento Nacional de Planeación. 2015. Plan nacional de desarrollo 2014-2018, tomos 1 y 2. Imprenta nacional de Colombia, Bogotá D.C. ISBN: 978-958-8340-88-3. 1228p.
- DNP-Departamento Nacional de Planeación. 2016. Balance de resultados 2015. Plan Nacional de desarrollo 2014-2018: "Todos por un nuevo país". Bogotá .D.C. 345p. Ver: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Balance\\_de\\_Resultados\\_PND\\_2015.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Balance_de_Resultados_PND_2015.pdf). 24/01/17
- Donato, D.C., J.B. Kauffman, D. Murdiyarsa, S. Kurnianto, M. Stidham and M. Kanninen. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Publishing Group. Nature Geoscience. Vol. 4, No. 5: 293-297.
- Duarte, C.M., H. Kennedy, N.M. and I.H. 2011. Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: current limitations and future strategies, Ocean & Coastal Management 51: 671-688.
- Duke, N. 2010. *Mora oleifera*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T178858A7629292. Ver: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178858A7629292.en>. 26/01/17.

- Duke, N.C. 1992. Mangrove floristics and biogeography. En: Robertson, A.I y Alongi, D.M. (Eds). Tropical mangrove ecosystems. Washington D.C., American Geophysical Union. . 329p.
- Dyer, K. 2010. Estuarine Circulation. Encyclopedia of Ocean Sciences. 299-305. <https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00077-1>
- Ehler, C. y F. Douvere. 2013. Planificación espacial marina: una guía paso a paso hacia la gestión ecosistémica. UNESCO. Comisión Oceanográfica Intergubernamental y el Programa del Hombre y la Biosfera. COI manuales y guías n° 53. Paris. 99p.
- Eichbaum, W.M., M.P. Crosby, M.T. Agardy y S.A. Laskin. 1996. The role of marine and coastal protected areas in the conservation and sustainable use of biological diversity. *Oceanography*. Vol. 9, No. 1: 60-70.
- Ellison, J. 2012. Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems. World Wildlife Fund (WWF), Washington, DC. 130p.
- EPA. 2012. Quantifying Coral Reef Ecosystem Services. EPA/600/R-11/206. Washington D. C. 147p.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. CEPAL, Santiago de Chile. 68p.
- Escobar-Toledo, F., M.J. Zetina-Rejón y L.O. Duarte. 2014. Measuring the spatial and seasonal variability of community structure and diversity of fish by-catch from tropical shrimp trawling in the Colombian Caribbean Sea, *Marine Biology Research*. Vol. 11, No. 5: 528-539.
- Feller, I.C., C.E. Lovelock, U. Berger, K.L. McKee, S.B. Joyce and M.C. Ball. 2010. Biocomplexity in Mangrove Ecosystem. *Annu. Rev. Mar. Sci* 2: 395-417.
- Field, C. 1997. La restauración de ecosistemas de manglar. Ed. OIMT - Organización Internacional de Maderas Tropicales. Sociedad Internacional para los Ecosistemas de manglar. ISME. Managua. 211p.
- Filatova, T., J. Mulder y A. Van der Veen. 2011. Ocean & Coastal Management Coastal risk management : How to motivate individual economic decisions to lower flood risk ? Elsevier Ltd. *Ocean and Coastal Management*. Vol. 54, No. 2: 164-172.
- Fourqurean, J.W., C.M. Duarte, H. Kennedy, N. Marbà, M. Holmer, M.A. Mateo, E.T. Apostolaki, G.A. Kendrick, D. Krause-Jensen, K.J. McGlathery and O. Serrano. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*. Vol. 5, No. 7: 505-509.
- France, R.L. 2016. From land to sea: governance-management lessons from terrestrial restoration research useful for developing and expanding social-ecological marine restoration. *Ocean & Coastal Management*. Vol. 133: 64-71.
- Freeman III, A.M., J.A. Herriges y C.L. Kling. 2003. The Measurement of Environmental and Resource Values: theory and Methods. Resources for the Future, Washington D. C. 491p.

- Garay, J.A. y A.M. Vélez. 2004. Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar – PNICM. ed Jesús Garay; Vélez, Ana Maria. MAVDT/ INVEMAR/CCO, Santa Marta. 114 p.
- Garay, J.A., D.I. Gómez-López y J. R. Ortíz-Galvis (Eds). 2006. Diagnóstico integral del impacto biofísico y socioeconómico relativo a las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un Plan de Manejo. Proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA - Programa de Acción Mundial PAM) y Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR-Centro Control Contaminación del Pacífico CCCP- Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, Santa Marta. 262p.
- Garcés-Ordóñez, O. 2016. Evaluación de la presencia de microplásticos en el contenido estomacal de *Cetengraulis mysticetus*, procedente de la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Convenio CPPS - INVEMAR, 2016. Informe técnico final. Santa Marta. 10p.
- Garcés-Ordóñez, O., E. Arteaga, P. Obando, L.J. Vivas-Aguas, L. Espinosa, M. González, C. Giraldo y C. Ricaurte. 2016. Atención a eventuales emergencias ambientales en la zona marino-costera del departamento del Magdalena. Convenio CORPAMAG-INVEMAR No. 14 de 2014, código: PRY-CAM-011-14. Informe técnico final. ed Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR No. 4 (2016). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM). Informe técnico 2015. Santa Marta. 79p.
- Garcés-Ordóñez, O., E. Arteaga, P. Obando, L.J. Vivas-Aguas, L. Espinosa, M. González, C. Giraldo y C. Ricaurte. 2016b. Atención a eventuales emergencias ambientales en la zona marino-costera del departamento del Magdalena. Convenio CORPAMAG-INVEMAR No. 14 de 2014, código: PRY-CAM-011-14. Informe Técnico Final. Santa Marta. 79p.
- Garcés-Ordóñez, O., L.J. Vivas-Aguas, M. Martínez, T. Córdoba, A. Contreras, P. Obando, Y. Moreno, J. Muñoz, Y. Nieto, M. Ríos, J. Sánchez y D. Sánchez. 2016. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Santa Marta. 377p.
- Garcés-Ordóñez, O., L.J. Vivas-Aguas, M. Martínez, T. Córdoba, A. Contreras, P. Obando, Y. Moreno, J. Muñoz, Y. Nieto, M. Ríos, J. Sánchez y D. Sánchez. 2016a. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR No. 4 (2016). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM). Informe técnico 2015. INVEMAR, MADS y CAR costeras. Santa Marta. 377p.
- García Arbeláez, C., X. Barrera, R. Gómez y R. Suárez Castaño. 2015. El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. WWF-Colombia. 31p.
- García, S. y L. Le Reste. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. Ed. FAO. Roma. Doc. Téc. Pesca (203): 180p.
- Gerwick, W.H. and B.S. Moore. 2012. Lessons from the past and charting the future of marine natural products drug discovery and chemical biology. *Chemistry & Biology*. Vol. 19, No. 1: 85-98.

- Gil-Torres, W., G. Fonseca, J. Restrepo, P. Figueroa, L. Gutiérrez, G. Gómez, P.C., Sierra-Correa, M. Hernández-Ortiz, A. López y C. Segura-Quintero. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira. 283p. + 2 anexos
- Giraldo, R., J. Martínez, L. Hurtado, S. Zea y E. Madera. 1995. Análisis de clasificación de series temporales: el caso de la salinidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Vol. 24, No. 1: 123-134.
- Girón, A., F. Rico y M. Rueda. 2010. Evaluación experimental de dispositivos excluidores de fauna acompañante en redes de arrastre para camarón de aguas someras en el Pacífico colombiano. Boletín de investigaciones marinas y costeras. Vol. 39, No. 2: 337-357.
- Gobernación de Antioquia. 2012. Diagnóstico técnico del municipio de Arboletes. Medellín, 104 p.
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, A. Rodríguez, D. Romero, D. Ballesteros, D.I. Gómez, A. Melo, J. García, L. Chasqui, M. Bastidas, C. Ricaurte y L. Perdomo. 2014. Asistir técnicamente en la implementación de los productos de restauración y monitoreo de ecosistemas marinos costeros: Identificación de las áreas potenciales de restauración ecológica. En: INVEMAR. Elementos técnicos que permitan establecer medidas de manejo, control, uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Código ACT-BEM-001-014. Informe técnico final. Convenio MADS-INVEMAR No 190. Santa Marta – Colombia. 286p. + anexos
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, A. Rodríguez, K. Vasquez, L.F. Espinosa, A. Melo-Valencia, H. Rodríguez, D. Argüelles, A. Rosado, G. Fonseca y P. Barros. 2015. Piloto de restauración de ecosistemas de manglar en La Guajira - Plan Básico de Restauración y Monitoreo para ecosistemas de manglar en zonas semiáridas, casos de estudio: Distrito de Manejo Integrado Musichi y Santuario de Fauna y Flora los Flamencos. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 59p.
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, L. Perdomo, J. A. Rodríguez, D. Romero, D. Ballesteros, Contreras, D. Gómez-López, A. Melo, L. Chasqui, M. Ocampo, D. Alonso, J. García, C. Peña, C. Peña, M. Bastidas y C. Ricaurte. 2015a. Portafolio “Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia”. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No, 79, Santa Marta. 69p.
- Gómez-López, D. I., S. M. Navarrete-Ramírez, R. Navas-Camacho, C. M. Díaz-Sánchez, L. Muñoz-Escobar y E. Galeano. 2014. Protocolo indicador condición tendencia praderas de pastos marinos (ICT<sub>PM</sub>). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). INVEMAR, GEF y PNUD. Santa Marta. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 68. 36p.
- Gómez-Lopez, D., C. Díaz, E. Galeano, L. Muñoz, S. Millán, J. Bolaños y C. García. 2014. Actualización cartográfica del Atlas de pastos marinos de Colombia: sectores Guajira, Punta San Bernardo y Chocó. Extensión y estado actual. Informe técnico Final PRY- BEM-005-13 (convenio interadministrativo 2131068 FONADE –INVEMAR). Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 136p.
- González, A.J. 1990. Metodología para evaluación de riesgo por deslizamientos a nivel intermedio. Memorias de las VI Jornadas Geotécnicas Colombianas. Sociedad Colombiana de Ingenieros, Bogotá. 55p.

- González, H. 2013. Identificación y evaluación de aspectos ambientales. Calidad y Gestión. ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000, OHSAS 18000. 20/12/2016. <https://calidadgestion.wordpress.com/2013/05/14/identificacion.y.evaluacion.de.aspectos.ambientales/>
- González, M., C. Giraldo y C. Ricaurte. 2016. Perfiles de playa y sedimentos. Atención a eventuales emergencias ambientales en la zona marino-costera del departamento del Magdalena. Convenio CORPAMAG-INVEMAR No. 14 de 2014, código: PRY-CAM-011-14. Informe técnico final, Santa Marta. 79p.
- Gracia, A., J. Medellín-Mora, D. Gil-Agudelo y V. Puentes. 2011. Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. INVEMAR, Bogotá. 136p.
- Gúzman, J. y D. Toloza. 2007. Valoración económica del uso recreativo del Parque Nacional Natural Tayrona a través de los métodos de valoración contingente y costo de viaje. 121p.
- Guzmán, M., J. Quiroz, A. Angulo Ortiz, O. Torres y G.G. Santafé. 2014. Bioprospección e identificación de los ácidos grasos del pepino de mar *Holothuria floridana*. Vol. 1, No. 1: 39-46.
- Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson y A.D. Cembella. 2004. Manual on Harmful Marine Microalgae. Eds. G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, y A.D. Cembella. UNESCO, Paris, Francia. 793p.
- Hallegraeff, G.M., S.I. Blackburn, C.J. Bolch y R.J. Lewis. 2001. Harmful Algal Blooms 2000. Proceedings of the Ninth International on Harmful Algal Blooms. eds G.M. Hallegraeff, S.I. Blackburn, C.J. Bolch, y R.J. Lewis. UNESCO, Paris, Francia. 518p.
- Heck Jnr, K., G. Hays y R.J. Orth. 2003. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. Marine Ecology Progress Series. Vol. 253: 123-136.
- Herazo-C., D., A. Torres-P. y E. Olsen-V. 2006. Análisis de la composición y abundancia de la ictiofauna presente en la pesca del camarón rosado (*Penaeus notialis*) en el golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. Revista MVZ Córdoba. Vol. 11, No. Suplemento 1: 46-61.
- Higgins, A., J.C. Restrepo, J.C. Ortiz, J. Pierini y L. Otero. 2016. Suspended sediment transport in the Magdalena River (Colombia, South America): Hydrologic regime, rating parameters and effective discharge variability. International Journal of Sediment Research. Vol. 31, No. 1: 25-35.
- Hilderbrand, R., A. Watts and A. Randle. 2005. The myths of restoration ecology. Ecology and Society. Vol. 10, No. 1: 19p.
- Ibañez, A.M. 2001. Health effects and recreation a model for incorporating the costs of imperfect information. Ed. CEDE. Bogotá D.C. 33p.
- Ibarra, K.P., M.C. Gómez, E.A. Vilorio, E. Arteaga, I. Cuadrado, M.F. Martínez, Y. Nieto, J.A. Rodríguez, L.V. Licero, L.V. Perdomo, S. Chávez, J.A. Romero y M. Rueda. 2014b. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2014. INVEMAR, Santa Marta. 140p.

- Ibarra, K.P., M.C. Gómez, E.A. Viloria, E. Arteaga, M. Quintero, I. Cuadrado, J.A. Rodríguez, L. Licero, L.V. Perdomo y M. Rueda. 2014a. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2013. Santa Marta. 160p.
- Ibarra, K.P., T.L. Córdoba-Mesa, E. Arteaga-Sogamoso, A. Contreras-Guerrero y J. Nieto-Gil. 2016. Componente calidad de aguas y sedimentos: Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. 1-57.
- IDEAM–Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2014a. Información hidrológica en 26 estaciones ubicadas en los litorales Pacífico y Caribe colombiano. Series históricas a escala mensual. Formato digital. Bogotá, Colombia.
- IDEAM–Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2014b. Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Bogotá, D. C. 134p.
- IDEAM–Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2016. Anuario climatológico año 2015. Bogotá, Colombia. 365p.
- IDEAM–Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2016. Información hidrológica en 21 estaciones ubicadas en los litorales Pacífico y Caribe colombiano.
- IDEAM–Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2016. Información hidrológica en 21 estaciones ubicadas en los litorales Pacífico y Caribe colombiano. Series históricas a escala mensual. Formato digital. Bogotá, Colombia.
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. Sinchi e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andréis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C. 276p. + 37 hojas cartográficas.
- INGEOMINAS. 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. INGEOMINAS, Bogotá. 111p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2000. Programa Nacional de Investigación en biodiversidad Marina y Costera. Eds. J.M. Díaz y D. Gómez. INVEMAR-FONADE-MMA. 83p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2003. Eds Leonardo Arias y Carolina García. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 329p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2005. Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del departamento del Atlántico, Caribe colom-

- biano. Informe Final. A. López y P. C. Sierra-Correa (Eds). INVEMAR – CRA. Santa Marta. 191p. + 5 anexos
- INVEMAR – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2010. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR No. 8. Santa Marta. 319p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2011. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR No. 8. Santa Marta. 322p.
- INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2013a. Vulnerabilidad por erosión costera en el departamento del Cauca - Pacífico. 136p.
- INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2013b. Vulnerabilidad por erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina. 109p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2014. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2013. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 192p.
- INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2014a. Evolución reciente de la línea de costa entre isla de Salamanca y el Parque Nacional Natural Tayrona (departamento del Magdalena). Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 82p.
- INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2014b. Evolución litoral reciente, amenaza y vulnerabilidad por erosión costera de la bocana de la bahía de Buenaventura (Valle del Cauca), Pacífico colombiano. Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 71p.
- INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2014c. Erosión costera en la isla de San Andrés. Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 72p.
- INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2014d. Análisis de la dinámica litoral y poblacional en el caserío de La Barra, Buenaventura. Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 28p.
- INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016a. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos de la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>. 04/12/2016.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016b. Dinámica litoral y vulnerabilidad por amenazas naturales en el norte de Nariño (Énfasis en erosión costera). Actividad GEO - BPIN INVEMAR. Santa Marta. 46 p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016c. Aportes sedimentarios del río Sinú y su relación con los procesos costeros del departamento de Córdoba. Fase II. Informe técnico final. Actividad GEO-BPIN INVEMAR. Santa Marta. 104p.

- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016d. Dinámica oceanográfica en la franja Taganga–río Córdoba (Caribe colombiano) y su relación con la variabilidad natural y antrópica del sector. Actividad GEO - BPIN INVEMAR. Santa Marta. 94p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016e. Dinámica sedimentológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe colombiano). Fase II. Informe técnico final. Actividad GEO - BPIN INVEMAR. Santa Marta. 78 p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016f. Evolución reciente de la zona costera del departamento del Valle del Cauca. Fase II. Informe técnico final. Santa Marta. 97p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016g. Simposio Experiencias en restauración ecológica de ecosistemas marinos y costeros en Colombia. p210. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Libro de resúmenes III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Oriente Antioqueño, Colombia. 342p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016h. Geovisor del SSD-SAMP, <http://cinto.invemar.org.co/ssdsampindicadores/>
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2017. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2016, Volumen 15. Santa Marta 139p.+ anexos
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, CARSUCRE y CVS. 2002. Formulación del plan de manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera Estuarina del río Sinú y golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano. Fase I Caracterización y Diagnóstico. Santa Marta.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras; CORPONARIÑO–Corporación Autónoma Regional de Nariño; Universidad del Valle y Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico-CCCP. 2016. Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del departamento de Nariño. Propuesta técnica y económica. 57p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, MADS, Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias y CDKN.2012. Lineamientos para la adaptación al cambio climático de Cartagena de Indias. Proyecto Integración de la Adaptación al Cambio Climático en la Planificación Territorial y Gestión Sectorial de Cartagena de Indias. Editores: Rojas, G. X., J. Blanco y F. Navarrete. Cartagena. Serie de Documentos Generales del INVEMAR N° 55. 40p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, TNC, CI y UAESPNN. 2009. Informe Técnico: Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano. Serie de Documentos Generales No. 41. Santa Marta. 106p.
- INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras y CORALINA- Corporación Autónoma para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2017.

Actividades de investigación para la gestión ambiental marino - costera del archipiélago de San Andrés y Providencia. Convenio 005 de 2016. Anexo 7.6 Memoria de los talleres “Perspectivas de la reforestación de manglar” con Instituciones de la isla de San Andrés. Informe técnico final convenio 005de 2016. 187p.

INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras y CRA – Corporación Autónoma Regional del Atlántico. 2005. Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del departamento del Atlántico, Caribe colombiano. Informe final. INVEMAR y CRA, Santa Marta, Colombia. 191p. + 5 anexos.

INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras y MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016. Resolución No. 478 de 2016. Componente 2: Diseñar, coordinar y fortalecer programas de conservación y restauración de ecosistemas marinos, costeros e insulares. Actividad 3: Lineamientos generales para la restauración de las lagunas costeras de Colombia. 148p. + anexos

INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras y MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016a. Caracterización topo-batimétrica de la Ciénaga Grande de Santa Marta con énfasis en el complejo de Pajarales. Convenio Interadministrativo No. 508 de 2016. Santa Marta. 18p.

INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras y MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016b. Resolución No. 478 de 2016. Componente 5: Realizar el diagnóstico de riesgo ecológico y ambiental en las CAR costeras. 101p.

INVEMAR–Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras y MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta, Colombia. 139p.

IPCC–Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. eds C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, y L.L. White. OMM, Ginebra, Suiza. 34p.

James, J. 2003. Estimación de la tarifa de acceso al Parque Regional Johnny Cay (San Andrés isla). 44p.

James-Cruz, J.L. y G. Márquez-Calle. 2011. Valoración económica del buceo como estrategia de uso sostenible de la biodiversidad marina, Archipiélago de San Andrés y Providencia, Caribe Colombiano. Revista Gestión y Ambiente. Vol. 14, No. 1: 37-54.

Karr, J.R. 1991. Biology Integrity: a long-neglected aspect of water resource management. Ecological application. Vol. 1, No. 1: 66-84.

Keenleyside, K.A., N. Dudley, S. Cairns, C.M. Hall y S. Stolton. 2014. Restauración ecológica para áreas protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas. Ed. UICN. Gland, Switzerland. 118p.

- Kim, S. and J. Venkatesan. 2013. Introduction to marine biomaterials. *Marine Biomaterials*. Ed. S.K. Kim, Taylor & Francis Group. 817p.
- Lahet, F. and D. Stramski. 2010. MODIS imagery of turbid plumes in San Diego coastal waters during rainstorm events. *Elsevier Inc. Remote Sensing of Environment*. Vol. 114, No. 2: 332-344.
- Londoño, L.M. 2003. Preferencias lexicográficas y valoración contingente: un estudio de caso en el ecosistema de corales de San Bernardo, Caribe colombiano. Tesis de Maestría en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 49 p.
- Lonin, S.A., J.L. Hernández y D.M. Palacios. 2010. Atmospheric events disrupting coastal upwelling in the southwestern Caribbean. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 115, No. C6: C06030.
- López Rodríguez, Á., P.C. Sierra Correa, J.C. Rodríguez Peláez y M. Hernández Ortiz. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de López de Micay, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). Serie de Documentos Generales INVEMAR No. 34. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 197p. + anexos
- López Rodríguez, Á.C., M. García, P.C. Sierra Correa, M. Hernández Ortiz, I. Machacón Guzmán y J. Lasso Zapata. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Serie de Documentos Generales INVEMAR No. 30. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 117p.
- Luna-Fontalvo, J., A. Rodríguez-Forero y J. Sarmiento-Rodríguez. 2014. Microbiota aislada del pepino de mar (*Isostichopus badiotus*) nativo de la bahía de Taganga, Caribe colombiano. *Intropica*. Vol. 9: 75–83.
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2011. Manglares de Colombia. Ver: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=412:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-14>. 24/01/17
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad (en revisión). 49p.
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. Protocolo nacional para la restauración integral de arrecifes de coral someros. Bogotá D. C. 110p.
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia Decreto 1076 de 26 de mayo de 2015.
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016. Informe de Gestión 2015. Bogotá D.C. 200p.
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e INVEMAR – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2015. Avances en la investigación y el conocimiento sobre amenazas y vulnerabilidad por erosión costera y riesgo ecológico en la zona costera colombiana Convenio 484 del 2015. 168p.
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e INVEMAR - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2016. Actualización de la guía ambiental para puertos carboníferos y la guía ambien-

tal para terminales portuarios. Convenio MADS-INVEMAR No. 370 de 2016 PRY-CAM-007-16. Santa Marta. 43p. + anexos

- MADS–Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y ASOCARS- Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible. 2016. Relatoría Taller Nacional de Manglares 2016. Convenio 380 de 2016.
- Maldonado, J.H. y R. Cuervo-Sánchez. 2016. Valoración económica del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Vol. 45, No. 1: 99-121.
- Mancera, J.E. y L.A. Vidal. 1994. Florecimiento de microalgas relacionado con mortandad masiva de peces en el complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. An. Inst. Invest. Mar. Vol. 23: 103-117.
- Mancera, J.E., B.A. Gavio y G. Rencibia. 2009. Floraciones algales nocivas, intoxicación por microalgas e impactos en el desarrollo regional: El caso de San Andrés isla, Caribe colombiano. Cuadernos del Caribe 13: 46-62.
- Mancera-Pineda, J.E., B. Gavio y J. Lasso-Zapata. 2013. Principales amenazas a la biodiversidad marina., Actual. Biol. Vol. 35, No. 99: 111-133.
- Manjarrés, L., L.O. Duarte, J. Altamar, F. Escobar, C. García y F. Cuello. 2008. Efectos del uso de dispositivos reductores de pesca acompañante en la pesquería de camarón del Mar Caribe de Colombia. Ciencias Marinas. Vol. 34, No. 2: 223-238.
- MAPAMA-Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2015. Calidad y evaluación ambiental. Atmósfera y calidad del aire. Emisiones y problemáticas ambiental y contaminantes. Partículas en suspensión. 11/02/2017. <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/particulas.aspx>
- Margules, C. and R. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. Nature. Vol. 405: 243 – 253.
- Marin, B. 2001. Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Informe Técnico Final. Santa Marta D. T. C. H. 45p.
- Márquez, J.C., C. Vecino, J. Castañeda, C. Ricaurte, S.A. Ordóñez, M. Bastidas, D.A. Romero, L. Ramos, J.N. Daza, M.P. Martínez, J. Barrera, J.S. Cortés, M.I. Aguilar, F. Ballesteros, F.J. Reyes y S. Millán. 2016c. Caracterización ambiental del bloque SIN OFF-7, Caribe colombiano, épocas lluvia y seca. . Informe Técnico Final. 53p.
- Márquez, J.C., P. Quintero, C. Ricaurte, S.A. Ordóñez, M. Bastidas, D.A. Romero, S. Herrera L. Ramos, J.M. Beltrán, M.P. Martínez, A. Cárdenas, T. Posada, E. Barrios, M. Moreno, S. Millán. 2016a. Caracterización ambiental del área de mayor interés extendida del bloque Guajira Offshore 3, Caribe colombiano. Coordinación de Servicios Científicos. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta. 23p.
- Márquez, J.C., P. Quintero, S.A. Ordóñez, M. Bastidas, M. Murcia, C. Ricaurte, H. Pertúz, L. Ramos, J.M. Beltrán, M.P. Martínez, A. Cárdenas, M.I. Aguilar, T. Posada, M. Bolaño, F. Ballesteros, F.J. Reyes

- y S. Millán. 2016b. Caracterización ambiental del área de interés extendida del bloque Colombia offshore 3, épocas lluvia y seca, Caribe colombiano. Informe Técnico Final. Santa Marta. 75p.
- Martelo, T.M. 1999. Valoración económica de los servicios recreativos del Parque Nacional Natural Gorgona. 71p.
- Martínez-Matamoros, D., M. Laiton, C. Duque, F. Ramos y L. Castellanos. 2016. Búsqueda de bacterias marinas como fuente de inhibidores de quorum sensing (IQS): Primer estudio químico de *Oceanobacillus profundus* (RKHC-62B). Revista Vitae. Vol. 23, No. 1: 30-47.
- Mazzoni, E. 2014. Unidades de paisaje como base para la organización y gestión territorial. Estudios Socioterritoriales, 16 (1). 4712/2016. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853.43922014000300004&Ing=es&tIng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853.43922014000300004&Ing=es&tIng=es)
- Meadows, P.S. and J.L. Campbell. 1981. Introducción a las ciencias del mar. Acribia, Zaragoza. 325p.
- Mejía, F., O. Mesa, G. Poveda Jaramillo, J.I. Vélez Upegui, C.D. Hoyos Ortiz, R. Mantilla Gutiérrez, O.J. Barco Mejía, L.A. Cuartas Pineda, B. Botero Hernández y M. Montoya. 1999. Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. XIV Seminario de Hidráulica e Hidrología. No. 127: 7-26.
- Mesa García, J.C. 2009. Metodología para el reanálisis de series de oleaje para el Caribe colombiano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Medellín. 114p.
- Mesa, O., G. Poveda y L. Carvajal. 1997. Introducción al clima de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 390p.
- Millar, R.B. and R.J. Fryer. 1999. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. Reviews in Fish Biology and Fisheries. Vol. 9, No. 1: 89-116.
- Miller, B. P., Sinclair, E. A., Menz, M. H. M., Elliott, C. P., Bunn, E., Commander, L. E., Dalziell, E., David, E., Davis, B., Erickson, T. E., Golos, P. J., Krauss, S. L., Lewandrowski, W., Mayence, C. E., Merino-Martín, L., Merritt, D. J., Nevill, P. G., Phillips, R. D., Ritchie, A. L., Ruoss, S. and Stevens, J. C. 2016. A framework for the practical science necessary to restore sustainable, resilient, and biodiverse ecosystems. Restor Ecol. 13p. doi:10.1111/rec.12475
- MinTrabajo – Ministerio de Trabajo y PNUD – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. 2013. Perfil Productivo del Municipio de Turbo. Bogotá. 128 p.
- MinTransporte - Ministerio de Transporte. 2008. Actualización de los estudios de ordenamiento físico, portuario y ambiental de los litorales colombianos. INCOPLAN S.A. Bogotá. 203 p. 11 tomos + anexos
- MMA – Ministerio del Medio Ambiente. 2001. Política Nacional Ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia. 81p.

- MMA, IDEAM, SINCHI, IAvH, IIAP, INVEMAR y Embajada del Reino de los Países Bajos. 2002. Primera generación de Indicadores de Línea Base de la Información Ambiental de Colombia. Sistema de información ambiental de Colombia –SIAC. Eds C. Castaño-Urbe y R. Carrillo.
- Morales, D. 1998. Valoración económica de áreas naturales, estudio de caso: las islas de Providencia y Santa Catalina. 50p.
- Morales-Caselles, C. A., F. Ric, T. Abbondanzi, A. Campisi, A. Lacondini, I. Riba y A. DelValls. 2008. Evaluación de la calidad del sedimento en puertos españoles mediante un bioensayo con algas verdes. *Ciencias Marinas*, 34(3): 329–337.
- Mumby, P.J., A.J. Edwards, J.E. Arias-González, K.C. Lindeman, P.G. Blackwell, A. Gall, M.I. Górczynska, A.R. Harborne, C.L. Pescod, H. Renken y others. 2004. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature* 427: 533-536.
- Murcia, C. y M.R. Guariguata. 2014. La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades. Ed. CIFOR. Bogor, Indonesia. Documentos Ocasionales, 107: 56p.
- Nezlin, N. P & DiGiacomo, P.M. 2005. Satellite ocean color observations of stormwater runoff plumes along the San Pedro Shelf (southern California) during 1997–2003. *Continental Shelf Research* 25: 1692–1711.
- Nilsson, C. and Á.L. Aradóttir. 2013. Ecological and social aspects of ecological restoration: new challenges and opportunities for northern regions. *Ecology and Society*. Vol. 18, No. 4: 35p.
- Noguera, K. y J. Olivero. 2010. Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano. *Revista Académica Colombiana Ciencias*. Vol. 34, No. 132: 347-356.
- Ospina, O.L., S. Vanegas, G. Escobar, W. Ramírez y J. Sánchez. 2015. Plan nacional de restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Ed. MADS. Bogotá, Colombia. 92p.
- Páramo, J. and U. Saint-Paul. 2010. Morphological differentiation of southern pink shrimp *Farfantepenaeus notialis* in Colombian Caribbean Sea. *Aquatic Living Resources*. Vol. 23: 95-101.
- Paramo, J., D. Pérez and M. Wolff. 2014. Reproduction of the pink shrimp *Farfantepenaeus notialis* (Decapoda: Penaeidae) in the Colombian Caribbean. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 62, No. 2: 513-521.
- Paramo, J., J. Buelvas, N. P. Correa y E.D. Egurrola. 2006. Dinámica de la pesquería del camarón de aguas someras (*Farfantepenaeus notialis*) (Pérez Farfante, 1967), en el Caribe colombiano. In: informe proyecto: Monitoreo Biológico Pesquero del camarón de aguas someras del Caribe colombiano. INCODER. 20p.
- Pastrana-Franco, O., G. Santafé Patiño y A. Angulo Ortiz. 2015. Actividad antibacteriana y antifúngica de la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Valvata: Oreasteridae) y de los erizos de mar *Mellita quinquesperforata* (Clypeasteroidea: Mellitidae) y *Diadema antillarum* (Diadematoida: Diadematidae) del Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 63, No. 2: 329-337.

- Pastrana-Franco, O.J., G.G. Santafé y O.L. Torres. 2016. Perfil de ácidos grasos y evaluación de las actividades antioxidante y antifúngica del holotureo *Isostichopus badionotus*. Información tecnológica. Vol. 27, No. 3: 3-10.
- Pastrana-Franco, O.J., G.G. Santafé-Patiño y J.A. Quirós-Rodríguez. 2016. Actividad antioxidante del erizo de mar *Mellita quinquesperforata* (Leske) e identificación de sus compuestos lipídicos mayoritarios. Actualidades Biológicas. Vol. 38, No. 104. 15-22.
- Pendleton L, D.C. Donato, B.C. Murray, S. Crooks, W.A. Jenkins, S. Sifleet, C. Craft, J.W. Fourqurean, J.B. Kauffman, N. Marba, P. Megonigal, E. Pidgeon, D. Herr, D.G. and A.B. 2012. Estimating Global "Blue Carbon" Emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. Plos one, vol. 7, No. 9: 7p.
- PGN-Procuraduría General de la Nación. 2008. Amenazas de desastres. Construcciones palafíticas sobre bienes de uso público. ed Instituto de estudios del ministerio público. División de Investigaciones sociopolíticas y asuntos Socioeconómicos. Bogotá, Colombia. 328p.
- Pizarro, V., V. Carrillo y A. Garcia-Rueda. 2014. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos. Biota Colombiana 15 (Supl 2): 132-149.
- Pliscoff, P. y T. Fuentes. 2008. Análisis de representatividad ecosistémica de las áreas protegidas públicas y privadas en Chile. Informe Final. Santiago de Chile. 103p.
- Polania, J. 2010. Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. Gestión y Ambiente. Vol. 13, No. 3: 75-86.
- Portafolio. 2015. Los puertos más importantes de Colombia, 13/08/2015, <http://www.portafolio.co/especiales/principales-puertos-colombia-2015>. 15/08/2016
- Posada, B.O. y W. Henao. 2008. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano. Serie Publicaciones Especiales No. 13. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 200p.
- Posada, B.O., D. Morales-G. y W. Henao P. 2011. Diagnóstico de la erosión costera del territorio insular colombiano. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales No. 24, Santa Marta, Colombia. 112p.
- Posada, B.O., D.F. Morales, N. Neiza, J. Idárraga-García y W. Henao. 2009. Estudio batimétrico y sedimentológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la plataforma somera al frente de La Barra de Salamanca (Magdalena, Colombia). Informe tecnico final. 109p.
- Posada, B.O., W. Henao y G. Guzmán. 2009. Diagnóstico de la erosión y sedimentación en la zona costera del Pacífico colombiano. INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales No. 17. Santa Marta, Colombia. 148p.
- Prahl, H. y H. Erhardt. 1985. Colombia: corales y arrecifes coralinos. Fondo para la protección del medio ambiente "José Celestino Mutis" - FEN- Bogotá, Colombia. 231-245.
- Prahl., H. von. y H. Erhardt. 1985. Colombia. Corales y arrecifes coralinos. Fondo para la protección del medio ambiente "José Celestino Mutis" FEN Colombia. 295 pp

- Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. 2015. Inventario de vertimientos puntuales de agua residuales, cobertura de alcantarillado, tratamiento, disposición final y cuerpo receptor de vertimientos. 20 /10/2016
- Quintero-Rendón, L., E. Agudelo, Y. Quintana-Hernández, S. Cardona-Gallo y A. Osorio-Arias. 2010. Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Gestión y Ambiente. Vol. 13, No. 3: 51-64.
- Ramírez, W., C. Murcia, M. Guariguata, E. Thomas, M. Aguilar y P. Isaacs. 2016. Restauración ecológica, los retos para Colombia. En: Gómez, M.F., L.A. Moreno, G.I. Andrade y C. Rueda (Eds.). Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogota D.C., Colombia.
- Ramírez-Barón, J.S., A. Franco-Herrera, L.M. García-Hoyos y D.A. López. 2010. La comunidad fitoplanctónica durante eventos de surgencia y no surgencia, en la zona costera del departamento del magdalena, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. Vol. 39, No. 2: 23p.
- Ramos, A. y D.S. Guerrero. 2010. El suelo costero, propuesta para su reconocimiento. Eds. Instituto de Estudios del Ministerio público, Procuraduría General de la nación, y Fundación MarViva. 120p.
- Reguera, B., R. Alonso, Á. Moreira y S. Méndez. 2011. Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. ARCAL RLA 7/014. Eds. B. Reguera, R. Alonso, Á. Moreira, y S. Méndez. UNESCO, Paris y Viena. 46p.
- Restrepo, J. 2006. Aporte de los caudales de los ríos Baudó, San Juan, Patía y Mira a la cuenca Pacífica colombiana. Boletín Científico CCCP No. 13: 17-32.
- Restrepo, J. 2006. Aporte de los caudales de los ríos Baudó, San Juan, Patía y Mira a la cuenca Pacífica Colombiana. Boletín Científico CCCP, (13): 17-32.
- Reyes, J., N. Santodomingo y P. Florez. 2010. Corales escleractinios de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales No. 14. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Santa Marta D.T.C.H. 246p.
- Ricaurte-Villota, C., D. Morales-Giraldo, J. Coca-Domínguez, O. Hernandez-Pinto, S. Bastidas-Salamanca, M. Ordoñez-Zuñiga, J. Velandia-Bohorquez, A. Vivas-Aguas, P. Obando-Madera y A. Navas-Camacho, R. Rodríguez-Rodríguez. 2015. Estado del ambiente y los ecosistemas marinos y costeros. p26-69. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2015. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 180 p.
- Ricaurte-Villota, C. y M.L. Bastidas-Salamanca (Eds.). 2017. Regionalización oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 14, , Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés (INVEMAR), Santa Marta, Colombia. 180p.
- Rivera-Monroy, V., J. Mancera-Pineda, R. Twilley, O. Casas-Monroy, E. Castañeda-Moya, J. Restrepo, F. Daza-Monroy, L. Perdomo, S. Reyes-Forero, E. Campos, M. Villamil y F. Pinto-Nolla. 2001. Es-

- estructura y función de un ecosistema de manglar a lo largo de una trayectoria de restauración: el caso de la región Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe final. Contrato 429-97 Minambiente/ INVEMAR/COLCIENCIAS/University of Louisiana at Lafayette. Santa Marta, Colombia. 244p.
- Rodríguez, A., M. Rueda, J. Viaña, C. García, F. Rico, L. García y A. Girón. 2012. Evaluación y manejo de la pesquería de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano 2010-2012. Serie de publicaciones generales del INVEMAR No. 56. Santa Marta, Colombia. 114 p.
- Rodríguez, S. 2011. Residuos sólidos en Colombia: su manejo es un compromiso de todos. *L'esprit Ingénieur*, 2 (1): 91-96.
- Rodríguez-Goenaga, L.S. 2016. Evaluación del cultivo y trasplante de fragmentos del coral *Acropora palmata* provenientes de guarderías en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. 214 p. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Libro de resúmenes III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Oriente Antioqueño, Colombia. 342 p.
- Rodríguez-Rincón, A. M., S. M. NavarreteRamírez, D. I. Gómez-López y R. Navas-Camacho. 2014. Protocolo Indicador Condición Tendencia Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). INVEMAR, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 66, Santa Marta. 52p.
- Rodríguez-Rodríguez, J., J.E. Mancera, S.D. Martínez-Martínez y L. V. Perdomo-Trujillo. 2016. Trayectorias de rehabilitación de los bosques de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta: 17 años después de su reconexión con el río Magdalena. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Libro de resúmenes III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Ed. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Oriente Antioqueño, Colombia. 211p.
- Rodríguez-Rodríguez, J.A. 2015. Trayectorias de rehabilitación del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, luego de su reconexión con el Río Magdalena. Trabajo de Tesis como requisito parcial para obtener el título de Magister en Ciencias, Biología, Línea Biología Marina. Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe. Santa Marta. 94p.
- Rodríguez-Rodríguez, J.A; Morales-Giraldo, D., Jerez, S., Olivero, W., Contreras, A., Gómez C., Guillen K., Gómez-López D., Millán, C., Romero D' Achardi. 2016a. Informe técnico de avance: Viabilidad de un proyecto de restauración coralina en el Banco de las Ánimas, departamento del Magdalena. Santa Marta. 12p. + anexos
- Rojas Giraldo, X., Sierra-Correa P.C., Lozano-Rivera P., López Rodríguez A. 2010. Guía metodológica para el manejo integrado de las zonas costeras en Colombia, manual 2: planificación de la zona costera. Serie de Documentos Generales INVEMAR No.44. 74 p.
- Rueda, M., F. Rico-Mejía, W. Angulo, A. Girón, A. Rodríguez, L. García y L. Arenas. 2010. Evaluación biológico-pesquera del estado de las poblaciones de camarón de aguas profundas, mediante la aplicación de métodos directos (prospección pesquera) e indirectos (estadísticas de captura y esfuerzo) en el Pacífico colombiano. Informe Técnico Final. Santa Marta. 130p.

- Rueda, M., J.A. Angulo, N. Madrid, F. Rico y A. Girón. 2006. La pesca industrial de arrastre de camarón en aguas someras del Pacífico colombiano: su evolución, problemática y perspectivas hacia una pesca responsable. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés - INVEMAR. Santa Marta. 60p.
- Sáenz Okuyama, P., C. Villamil, C. Quiro, C.F. Caicedo, J.C. Rodríguez y E. Moreno. 2016. Acciones de restauración ecológica en manglares considerando el conocimiento tradicional de pueblos indígenas caucanos Eperara– Siapidara: Resguardos Calle Santa Rosa y San Isidro. Libro de resúmenes III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Ed. Red Colombiana de Restauración Ecológica. Oriente Antioqueño, Colombia. 211p.
- Sánchez Núñez, D.A. 2009. Patrones de floración, polinización y producción de frutos de tres especies neotropicales de mangle presentes en humedales de San Andrés isla, Caribe Colombiano. Tesis master en Biología Línea Ecología. Universidad Nacional de Colombia. 84p.
- Sánchez-Páez, H., G. Ulloa-Delgado, R. Álvarez-León., W. Gil-Torres, A. Sánchez-Alfárez, O. Guevara-Mancera, L. Patiño-Callejas y F. Páez-Parra. 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe colombiano. Proyecto PD/171/91 Rev 2 (F) fase II. Etapa II. Minambiente, Acofore, OIMT. Bogotá. 294p.
- Sánchez-Páez, H., G. Ulloa-Delgado y H. Tavera-Escobar. 2004. Manejo Integral de Manglares por Comunidades Locales Caribe de Colombia. Ministerio De Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, CONIF, OIMI. Proyecto PD 60/01 Rev 1. (F) Manejo Sostenible y restauración de los manglares por comunidades locales del Caribe de Colombia. Bogotá, Colombia. 335 p.
- Sánchez-Páez H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A.S. Sánchez-Alfárez, J.C. Pino-Renjifo, I. García-Hansen y M.T. Acosta-Peñaloza. 1997. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. Proy. PD 171/91 Rev.2 (F) Fase I. Conservación y Manejo Para el uso múltiple de los manglares de Colombia. MinAmbiente/OIMT. Santafé de Bogotá D. C., Colombia. 511p.
- Santafé, G.G., M.S. Guzmán y O.L. Torres. 2014. Triterpenos holostánicos con actividad antifúngica obtenidos del pepino de mar *Holothuria floridana*, recolectado en la bahía Cispatá, Córdoba-Colombia. Información tecnológica. Vol. 25, No. 2: 87-92.
- Santander, E., L. Herrera y C. Merino. 2003. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18' S): II. Composición específica y abundancia celular. Rev. Biol. Mar. y Océ. Vol. 38: 13-25.
- Sar, E.A., M.E. Ferrario y B. Reguera (Eds). 2002. Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. Instituto Español de Oceanografía; UNESCO, Madrid - España. 311p.
- Seijo, J.C., O. Defeo y S. Salas. 1998. Fisheries bioeconomics. Theory, modelling and management. Roma. 108p.
- SER - Society for Ecological Restoration. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica., [www.ser.org](http://www.ser.org). 24/03/2014

- SGS ACADEMY. 2012. Transforming people and business., Aspectos e impactos ambientales., [http://ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1c697920.c8b1.4425.8952.1b16718a223b&groupId=24732](http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=1c697920.c8b1.4425.8952.1b16718a223b&groupId=24732). 19/12/2016
- Shackelford, N., R.J. Hobbs, J.M. Burgar, T.E. Erickson, J.B. Fontaine, E. Laliberté, C.E. Ramalho, M.P. Perring and R.J. Standish. 2013. Primed for change: developing ecological restoration for the 21st century. *Restoration Ecology*. Vol. 21, No. 3: 297-304.
- Short, F.T., T.J.B. Carruthers, W.C. Dennison y M. Waycott. 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* Vol. 350: 3-20.
- Sierra-Correa, P.C., A. Sánchez, A. López Rodríguez, J.C. Rodríguez Peláez, C. Muñoz; C. Satizabal; A. Moreno; G. Almario, F. Bedoya, M. Hernández-Ortiz, J. Bolaños, y L.M. Prieto. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Timbiquí, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). Serie de documentos generales INVEMAR No 32. 198p. + 2 anexos
- Spalding, M., M. Kainuma y L. Collins. 2011. Atlas mundial de los manglares. Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) – The International Society for Mangrove Ecosystems (ISME). 320p.
- Steer, R., Arias-Isaza F., Ramos A., Sierra-Correa P., Alonso D., Ocampo P. 1997. Documento base para la elaboración de la “Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas”. Documento de consultoría para el Ministerio del Medio Ambiente. Serie publicaciones especiales No.6: 413p.
- Superintendencia de Puertos y Transporte. 2010. Logística portuaria. Bogotá. 80p.
- Superintendencia de Puertos y Transporte. 2015. Informe consolidado movimiento de carga en los puertos marítimos de Colombia 2014. [www.supertransporte.gov.co](http://www.supertransporte.gov.co). 01/02/2016.
- Superservicios – Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2014. Disposición final de residuos sólidos. Informe Nacional. Bogotá, Colombia. 66p.
- Superservicios – Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2016. Información sobre producción de residuos sólidos y sistemas de tratamiento de agua residuales en los municipios costeros. Bogotá.
- Superservicios – Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y Supertransporte - Superintendencia de Puertos y Transporte y Superservicios. 2014. Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Bogotá. 101p.
- SuperTransporte – Superintendencia de Puertos y Transporte. 2016. Boletín Estadístico. Tráfico portuario en Colombia. Primer Trimestre. Bogotá. 32p.
- Tan, C.K., J. Ishizaka, A. Manda, E. Siswanto and S.C. Tripathy. 2007. Assessing post-tsunami effects on ocean colour at Eastern Indian Ocean using MODIS Aqua satellite. *Taylor & Francis. International Journal of Remote Sensing*. Vol. 28, No. 13-14: 3055-3069.

- Tan, C.K., J. Ishizaka, S. Matsumura, F.M. Yusoff, M. Ibrahim and H. Mohamed. 2006. Seasonal variability of SeaWiFS chlorophyll a in the Malacca Straits in relation to Asian monsoon. *Continental Shelf Research*. Vol. 26: 168-178.
- Tansley, A.G. 1899. The use and abuse of vegetational concepts and terms. 284-307.
- Tavera, H.A. 2014. Lineamientos nacionales para el monitoreo de ecosistemas de manglar en Colombia. Tercer informe documento final. Contrato de prestación de servicios No. 52 -14, en el marco del Convenio No. 156 del 2014 suscrito entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS y la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible – ASOCARS. 57p.
- Tavera-Escobar, H. 2010. Documento síntesis: Caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares en el departamento de Nariño. Bogotá. 68p.
- Télez-Rodero, N. 2011. Contaminación ocasionada por las aguas de lastre en el Mediterráneo Occidental. Trabajo final de carrera – Diplomatura Navegación Marítima. 150p.
- Tomlinson, P.B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge tropical biology series. Cambridge University Press, Cambridge. 436p.
- UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. Países de Latinoamérica y el Caribe lanzan la Iniciativa 20x20 para restaurar 20 millones de hectáreas de tierra degradada. Ver: <https://www.iucn.org/es/content/pa%C3%ADses-de-latinoam%C3%A9rica-y-el-caribe-lanzan-la-iniciativa-20x20-para-restaurar-20-millones-de>. 07/02/17
- UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Sin fecha. Serie Notas de Política: Objetivos de Desarrollo Sostenible – 1. Integrar las Metas de Biodiversidad de Aichi en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. [https://cmsdata.iucn.org/downloads/aichi\\_targets\\_brief\\_spanish.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/aichi_targets_brief_spanish.pdf) 20/12/2016
- UNEP - United Nations Environment Programme. 2006. Marine and coastal ecosystems and human well-being: a synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment. 76p.
- UNEP-RCU/CEP. 2010. Actualización del informe técnico del PAC No. 33 fuentes y actividades terrestres en la región del Gran Caribe. Cargas contaminantes domésticas e industriales y el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias. Informe técnico del programa ambiental del Caribe. UNEP-PAC-CIMAB. 84 p.
- UNEP-RCU/CEP. 2010. Actualización del informe técnico del PAC No. 33 fuentes y actividades terrestres en la región del Gran Caribe. Cargas contaminantes domésticas e industriales y el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias. Informe técnico del programa ambiental del Caribe. UNEP-PAC-CIMAB. 84p.
- Valiela, I., Bowen, J., and J. York. 2001. Mangrove Forests: One of the World's threatened major tropical environments. *Bioscience*. Vol. 51, No. 10: 807-715.

- Vides, M., D. Gómez y D. Alonso (Eds). 2016. Levantamiento de información ambiental de sistemas marinos y costeros sobre el Caribe colombiano Fase II. Informe Técnico Final Convenio 167-16 INVEMAR – ANH. 620p.
- Villamil, C. 2014. Lineamientos Nacionales para la restauración de ecosistemas de manglar y justificación técnica. Informe Final Convenio de asociación No. 156 de 2014 suscrito entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible-ASOCARS. Bogotá, D.C. 62p.
- Vivas-Aguas, L.J. 2011. Formulación del índice de calidad de aguas costeras (ICAM) para los países del Pacífico Sudeste. Documento Metodológico. Proyecto - SPINCAM. Santa Marta. 40p.
- Vivas-Aguas, L.J., P.S. Obando-Madera y A. Herrera. 2015. Hoja metodológica del indicador. Índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM). Versión 1.0. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR y Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, Bogotá. 16p.
- Walsh, G.E. 1977. Exploitation of mangal. Wet Coastal Ecosystems. Vol. 1: 347-362.
- Walters, B.B., P. Rönnbäck, J.M. Kovacs, B. Crona, S.A. Hussain, R. Badola, J.H. Primavera, E. Barbier and F. Dahdouh-Guebas. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. Elsevier. Aquatic Botany. Vol. 89, No. 2: 220-236.
- Wells, M., V.L. Trainer, T.J. Smayda, B. Karlson, C.G. Trick, R.M. Kudela, A. Ishikawa, S. Bernard, A. Wulff, D.M. Anderson and W.P. Cochlan. 2015. Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. Harmful Algae 49: 68-93.
- Wilson, R. 2001. Economic valuation of the non-market values of mangroves of San Andres Island, Colombia, and recommendations for management. Tesis de maestría, Heriot-Watt University Edinburgh, Escocia. 74p. + anexos
- WRI - World Resources Institute. 2014. Initiative 20x20. Bringing 20 million hectares of degraded land in Latin America and the Caribbean into restoration by 2020. Ver: <http://www.wri.org/news/2014/12/release-pa%C3%ADses-de-latinoam%C3%A9rica-y-el-caribe-lanzan-la-iniciativa-20x20-para-restaurar.07/02/17>
- Zhao, Q., J. Bai, L. Huang, B. Gu, Q. Lu and Z. Gao. 2016. A review of methodologies and success indicators for coastal wetland restoration, Ecological Indicators. vol. 60: 442-452.



invemar

