

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

2018

Serie de Publicaciones Periódicas
Número 3 | **ISSN** 1692-5025
Año 2019 | Santa Marta | Colombia



Director

Francisco A. Arias Isaza

Subdirector Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Administrativa (SRA)

Sandra Rincón Cabal

Coordinadora de Investigación e Información
para la Gestión Marina y Costera

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador

Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

Coordinadora

Programa de Geociencias Marinas (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

Coordinadora

Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa

Coordinador

Programa Valoración y Aprovechamiento
de Recursos Marinos (VAR)

Mario Enrique Rueda Hernández

Coordinador

Coordinación de Servicios Científicos (CSC)

Julián M. Betancourt Pórtela

Calle 25 # 2 - 55, Playa Salguero

Santa Marta D.T.C.H. • 2017

PBX (575) 432 8600 • Fax (575) 4328694

www.invemar.org.co

ISSN: 1692-5025

Citar la obra completa:

INVEMAR, 2019. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2018. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.

Citar capítulos:

Autores, 2019. Título capítulo. (intervalo de páginas ej: Pp. 10-20). En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2018. 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 - SCI

AUTORES

Capítulo 1

Milena Hernández-Ortiz; Carolina García; Diana Romero; Julián Pizarro; Desireé Hernández y Anny P. Zamora-Bornachera.

Capítulo 2

Constanza Ricaurte-Villota; Marco González; Andrés Ordóñez Zúñiga; Martha Bastidas Salamanc; Magnolia Murcia Riaño; Julio Rodríguez; Francisco Briceño Gustavo Legarda. Paola Sofía Obando Madera; Lizbeth Janeth Vivas-Aguas; Max Martínez; Julián Beltrán-Pedraza; Alexandra Rodríguez-Rodríguez; Amanda Selene Rojas-Aguirre; Laura Sánchez; Raúl Navas Camacho; Diana Isabel Gómez López; David Alonso y Luis Chasqui.

Capítulo 3

Fabián D. Escobar T.; Efraín Viloria; Alexander Girón y Mario Rueda.

Capítulo 4:

Milena Hernández-Ortiz; Carolina García; Anny P. Zamora-Bornachera; Diana Romero y Julián Pizarro.

Capítulo 5

Alexandra Rodríguez-Rodríguez; Yeimy Vargas Castillo; Natalia Arbeláez; Diana Isabel Gómez; Anny P. Zamora-Bornachera; Desireé Hernández; Laura Jutinico y Javier Gómez-León.

Compilación

Isabela Katime Arroyave

Asistente de Comité Editorial

Edición

Isabela Katime Arroyave;

Cartografía

LABSIS

Foto portada

Isla de Providencia, San Andrés y Providencia, Colombia

Programa BEM, INVEMAR

Diseño

INVEMAR

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.

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 47 de la Ley 222, modificado por el artículo 1° de la ley 603 de 2000, manifiesto que INVEMAR da cumplimiento a las normas de derechos de auditor y de uso de software legal

PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR en cumplimiento de su misión, presenta la versión 2018 del Informe del Estado de los Recursos Marinos y Costeros de Colombia. Anualmente reporta información científica marina actualizada, particularmente sobre indicadores y análisis del estado de los ambientes y recursos del medio marino y costeros colombianos.

En esta oportunidad el informe suministra un reporte basado en indicadores de Estado, Presión y Respuesta, incorporados gracias a la actualización, ajuste y generación de nuevos indicadores y estrategias de análisis de información en el tiempo, las cuales tiene como finalidad la identificación de tendencias, para la evaluación del estado de los ambientes y recursos marino-costeros, en concordancia con las políticas del país, y articulando su gestión con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y demás instituciones del SINA, como Parques Nacionales Naturales - PNN, las Corporaciones Autónomas Regionales - CAR con incidencia en las zonas marino-costeras, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, entre otras, así como algunas universidades y centros de investigación.

Este documento dispone V capítulos, que incluyen la descripción de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia y la descripción de las unidades de gestión, establecidas por la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (Capítulo I). Adicionalmente, el reporte presenta un avance en el conocimiento del medio abiótico, una aproximación al estudio del oleaje y su potencial energético en puntos estratégicos del Caribe, los indicadores de estado de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera, de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano, e incluye un nuevo componente de la calidad de las aguas de baño en playas turísticas, así como los indicadores de “salud” para ecosistemas de especial interés marino costero para Colombia, tales como arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares. Por otra parte, en el Capítulo III se describen los indicadores de presión, es decir, las causas y tensores del cambio en los ecosistemas marinos y costeros, así como sus servicios de provisión de alimento y aprovechamiento por la pesca industrial o artesanal. Igualmente, respondiendo a las necesidades de planificación y gestión de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares del país, en el Capítulo IV se establecen los instrumentos que aportan a los planes de desarrollo, ordenamiento territorial, gestión ambiental, en el orden departamental y municipal, a los planes de manejo de los consejos comunitarios y los planes de vida de las comunidades indígenas. Por último, en el capítulo V se describe el estado del conocimiento de tales recursos y se analizan los vacíos de información sobre manglares, bioprospección marina y especies invasoras.

De este modo, el INVEMAR continúa generando y divulgando conocimiento para la formulación de políticas y la toma de decisiones que conduzcan al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos.

Jesus A. Garay Tinoco

Subdirector de Coordinación Científica

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

PRESENTACIÓN	3
TABLA DE CONTENIDO	4
BATERIA DE INDICADORES	6
LISTADO DE FIGURAS	8
LISTADO DE TABLAS	13
CAPÍTULO I	16
Los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia	16
MARCO GEOGRÁFICO	16
UNIDADES DE GESTIÓN	21
➤ Región Caribe insular	22
➤ Región Caribe Continental y Oceánica	22
CAPÍTULO II	26
Estado del ambiente y los ecosistemas marinos y costeros: indicadores de estado.	26
INTRODUCCIÓN	26
EL AMBIENTE ABIÓTICO	26
➤ Dinámica meteomarina: Huella meteorológica en registros marinos del Magdalena durante el 2018	26
➤ Oceanografía satelital: estacionalidad de la temperatura superficial del mar en el golfo de Salamanca.	28
➤ Oceanografía costera: respuesta halina en la CGSM a variaciones climáticas	29
➤ Hidrogeología	31
➤ Dinámica sedimentológica y ambiental	33
➤ Fondos Marinos	35
➤ Evolución Litoral	36
➤ Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera	38
➤ Energías Renovables a partir de fuentes marinas y Desarrollo Tecnológico para el estudio del ambiente abiótico	39
ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANOS	42
ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO EN PLAYAS TURÍSTICAS EN EL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANOS	46
BIODIVERSIDAD MARINA	49
ECOSISTEMAS Y HÁBITATS	51
➤ Arrecifes Coralinos	51

➤ Pastos Marinos.....	56
➤ Manglares.....	61
CAPÍTULO III.....	77
Causas y Tensores del Cambio en los Ecosistemas Marinos y Costeros y sus Servicios:	
Indicadores de presión.....	77
INTRODUCCIÓN.....	77
TENSOR DIRECTO.....	77
➤ Aprovechamiento de recursos pesqueros.....	77
CAPÍTULO IV.....	96
Instrumentos de gestión de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia:	
indicadores de respuesta.....	96
INTRODUCCIÓN.....	96
MANEJO INTEGRADO DE ZONAS COSTERAS	99
SUBSISTEMA DE ÁREAS COSTERAS Y MARINAS PROTEGIDAS	104
GESTIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS	108
➤ Zonificación de manglares.....	108
CAPÍTULO V.....	112
Estado del conocimiento y vacíos de información	112
ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN SOBRE LOS	
ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS.....	112
➤ Restauración de ecosistemas marinos y costeros.....	112
➤ Microalgas potencialmente nocivas	116
➤ Bioprospección Marina.....	121
ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN SOBRE CAUSAS Y	
TENSORES DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS	125
CAUSAS Y TENSORES DIRECTOS.....	125
➤ Enfermedades Asociadas	125
➤ Especies Exóticas Invasoras	126
➤ Daños Mecánicos	128
CAUSAS Y TENSORES INDIRECTOS	128
➤ Cambio Climático.....	128
LITERATURA CITADA	134

BATERIA DE INDICADORES

1 Indicador de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera	40
2 Indicador de calidad aguas (ICAM).....	43
3 Indicador de condición-tendencia de áreas coralinas - ICT _{AC}	52
4 Indicador de condición-tendencia para pastos marinos – ICT _{PM}	57
5. Indicador de extensión: cambio en la cobertura (Ie)	64
6 Indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) para la Ciénaga Grande de Santa Marta.....	67
7 Indicador de condición-tendencia de bosques de manglar – ICT _{BM}	71
8 Indicador de captura total y captura por especie (nacional).....	78
9 Indicador de captura total y captura por especie para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM	80
10 Indicador de abundancia relativa de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM.....	81
11. Indicador de talla media de captura para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM.....	82
12 Indicador de proporción de pesca incidental y descartes para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM	83
13 Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM.	84
14 Indicador de renta económica de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM.....	85
15 Indicador de captura total y captura por especie: pesca nacional industrial de camarón ..	86
16 Indicador de abundancia relativa del camarón: pesca industrial nacional	88
17 Indicador de talla media de captura (TMC): pesca industrial nacional de camarón	89
18 Indicador de proporción de pesca incidental y descartes: pesca industrial nacional de camarón.....	91

19 Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas: pesca industrial nacional de camarón.....	92
20 Indicador de rentabilidad económica: pesca industrial nacional de camarón	94
21 Indicador de número de personas capacitadas: fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero	102
22 Indicador de proporción de Áreas Protegidas con Plan de manejo vs total de áreas protegidas	107
23 Indicador de proporción de área de manglar destinada a conservación, recuperación y uso sostenible	109
24. Indicador de especies bioprospectadas (ensayadas).....	123
25 Indicador de organismos marinos con estructura química determinada/ elucidada	124

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino – costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2002).	18
Figura 2. Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000)...	23
Figura 3. Ciclo anual y estadístico de la magnitud en m/s a) y dirección del viento (b) en la estación meteorológica automática ubicada en el INVEMAR. La línea marrón en la magnitud corresponde a los percentiles 5 y 95.	27
Figura 4 Inventario de eventos meteorológicos en la zona costera norte del Caribe colombiano con base en CIOH y DIMAR (2018) y NHC 2018 (A) y residuo meteorológico de la señal de nivel del mar en El Rodadero en la temporada seca (enero-abril) de 2018 (B).	28
Figura 5 Temperatura superficial del mar (°C) en el golfo de Salamanca durante los meses de febrero (a), mayo (b), julio (c) y octubre (d) climatológicos. Fuente: MODIS-A 2003-2018.	29
Figura 6 Salinidad superficial en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y ciénaga de Pajarales durante los meses de marzo (a), julio (b) y octubre (c) de 2018.	30
Figura 7 Mapas de isoresistividad general aparente para el acuífero Ciénaga- Fundación. Tomado de INVEMAR GEO 2018.	32
Figura 8 Deconvolución granulométrica de las muestras de trampas de sedimento del estudio hidrosedimentológico de la CGSM.	33
Figura 9 Distribución del porcentaje de aporte por cada EM en los puntos de monitoreo de las trampas de sedimento de la CGSM, durante marzo (superior) y junio (Inferior).	34
Figura 10. Modelos generados con los datos de Subsuelo 3D, A) profundidad, B) pendientes.	36
Figura 11 Variaciones de la línea de costa en el sector de playa Salguero entre septiembre 2017 y septiembre de 2018.	37
Figura 12 Fotografía del prototipo de boya de oleaje durante prueba de campo (a) y fotografía de los componentes electrónicos del equipo (b).	39
Figura 13 Espectros de energía (a) y altura de la ola calculada (b) con los datos obtenidos en la estación de prueba ubicada en la Bahía Taganga.	40
Figura 14 Porcentaje de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja en Colombia.	41
Figura 15. Proporción de línea de costa bajo amenaza y vulnerabilidad para el Caribe y el Pacífico.	42

Figura 16 Tendencia comparativa de los cambios en la calidad de las aguas marinas y costeras evaluadas con el ICAMPFF entre los años 2015 y 2017.	45
Figura 17 Distribución porcentual (%) de la calidad de las aguas marinas y costeras evaluadas con el ICAM _{PFF} en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos, de acuerdo a los resultados obtenidos en el primer y segundo muestreo del año 2017.	46
Figura 18 Relación del número de playas evaluadas y el porcentaje de playas turísticas que cumplieron con el criterio de calidad microbiológica para aguas de baño de uso recreativo, evaluadas en la REDCAM entre 2007 y 2017. Fuente: INVEMAR-REDCAM, 2019.	48
Figura 19 Composición porcentual de las playas turísticas ubicadas en el Caribe y Pacífico colombianos, que cumplieron con los criterios de calidad microbiológica para aguas de baño de uso recreativo en el 2017. Fuente: INVEMAR-REDCAM, 2019.	48
Figura 20 Porcentaje de playas que cumplieron con el criterio de calidad microbiológica para aguas de baño de uso recreativo durante el año 2017 en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos.	49
Figura 21 Índice de condición-tendencia de áreas coralinas ICT _{AC} para el año 2018, en porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de condición-tendencia (Tabla 8) en cada área (los números al interior de las barras corresponden a la cantidad de estaciones.	54
Figura 22 Estaciones de monitoreo coralino y el estado de sus estaciones según el índice de condición-tendencia ICTAC realizados en el 2018 en el Caribe colombiano: A. PNN Old Providence McBean Lagoon, B. PNN Corales del Rosario y C. PNN Tayrona.	55
Figura 23 Estación de monitoreo coralino en el SFF Malpelo realizado en el 2018 y su estado según el índice de condición-tendencia ICT _{AC} en el Pacífico colombiano.....	55
Figura 24 Estaciones de monitoreo de pastos marinos y el estado de sus estaciones según el indicador de condición- tendencia ICT _{PM} (Densidad de vástagos y presencia del hongo Labyrinthula sp.) en el Caribe colombiano durante el 2018. A. estaciones San Andrés, B. Providencia, C. Guajira, D. Tayrona, E. Islas del Rosario.	59
Figura 25 Distribución de los manglares en Colombia (Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe y Pacífico). Esta imagen es una representación gráfica de la ubicación aproximada de los bosques de manglar en el país y tiene únicamente fines ilustrativos.	63
Figura 26 Tendencia de la cobertura de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).. 65	
Figura 27 Serie histórica (2000-2018) del indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) en cinco estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).	69
Figura 28 Localidades de monitoreo de manglar y estado de sus estaciones, según la variable de densidad del indicador de condición tendencia de bosques de manglar (ICTBM), en el Caribe insular	

y continental y en el Pacífico colombiano, para los años 2016 (San Andrés), 2017 (Cispata y Tumaco) y 2018 (Providencia). 74

Figura 29.Localidades de monitoreo de manglar y estado de sus estaciones, según la variable de área basal del indicador de condición tendencia de bosques de manglar (ICT_{BM}), en el Caribe insular y continental y en el Pacífico colombiano, para los años 2016 (San Andrés), 2017 (Cispata y Tumaco) y 2018 (Providencia). 75

Figura 30 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, por tanto, esta información es subestimada. 78

Figura 31 Composición porcentual de la captura artesanal en peso 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, por tanto, esta información es subestimada..... 78

Figura 32 Composición porcentual de la captura industrial en peso 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, por tanto, esta información es subestimada. 79

Figura 33 Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM..... 80

Figura 34 Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM..... 80

Figura 35 Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM. .. 81

Figura 36 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..... 83

Figura 37 Composición porcentual de las capturas en peso por arte de pesca para 2018, discriminando las capturas objetivo, incidental y descartes en la CGSM..... 84

Figura 38 Fracción desovante (color claro) y juvenil (color oscuro) de los principales recursos pesqueros en la CGSM durante 2018..... 85

Figura 39 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 equivalente a un SMMLV por año (en el 2018: SMMLV = \$ 781.242). 86

Figura 40 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

Figura 41 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)..... 87

Figura 42 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
Figura 43 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).	90
Figura 44 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).	90
Figura 45 Variación interanual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y el Caribe colombiano (B).	91
Figura 46 Estructura de tallas para las hembras de las principales especies objetivo en las pesquerías de CAS (izquierda) y de CAP (derecha) del Pacífico colombiano durante 2018, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).....	93
Figura 47 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).....	93
Figura 48 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. (- - - PRL = 15% más de los CT).	94
Figura 49. Variación interanual de la renta promedio por faena ($\pm$ DE) en las pesquerías de CAS del Caribe colombiano, con puerto de desembarco Tolú. CT = Costos totales. (- - - PRL = 15% más de los CT).....	94
Figura 50 Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia.	97
Figura 51 Metodología COLMIZC. Tomado de (Rojas-Giraldo et al., 2010).....	98
Figura 52 Número de personas capacitadas: Fortalecimiento de capacidades en Manejo Integrado de la Zona Costera.	103
Figura 53 Número de áreas marinas protegidas con/sin plan de manejo.	108
Figura 54 Distribución de la proporción del número de sectores de manglar en las categorías de zonificación aprobadas MinAmbiente, en resoluciones anteriores al 2005.	110
Figura 55 Distribución de la proporción del número de sectores de manglar en las categorías de zonificación aprobadas MinAmbiente, en resoluciones posteriores al 2005.....	111

Figura 56 Densidades de microalgas planctónicas registradas en el muestreo bimestral entre octubre de 2017 y agosto de 2018 en las estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta (A) CLU: Ciénaga la Luna y (B) LBA: La Boca de la Barra.	117
Figura 57 Densidades fitoplanctónicas registradas de octubre de 2017 a agosto de 2018 en las estaciones (A) BSM: Bahía de Santa Marta (boya 2) y (B) BCH: Bahía de Chengue.....	118
Figura 58 Logaritmo natural (LN) de las densidades de dinoflagelados potencialmente tóxicos asociados a las hojas de <i>Thalassia testudinum</i> en la bahía (línea azul) y laguna de Chengue (línea roja), entre octubre de 2017 y agosto de 2018.	120
Figura 59 Densidades fitoplanctónicas registradas en las estaciones monitoreadas en la bahía de Buenaventura en el departamento del Valle del Cauca, noviembre de 2018.	120
Figura 60 Especies de organismos marinos por grupos ensayados para evaluar su bioactividad. .	123
Figura 61 Distribución de actividades biológicas evaluadas en los organismos marinos y sus derivados durante el año 2018.....	124
Figura 62 Especies de organismos marinos cuyos extractos han sido caracterizados químicamente.	125
Figura 63 Escenario de Ascenso del nivel del mar para el año 2100 en la costa Caribe y Pacífico colombiano. Fuente: INVEMAR-IDEAM (2017).	130

LISTADO DE TABLAS

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 áreas y distancias	16
Tabla 2 Gobernabilidad en las regiones costeras colombianas.	19
Tabla 3. Comisiones Conjuntas de las Unidades Ambientales Costeras – UACs.....	24
Tabla 4. Áreas críticas por erosión costera de acuerdo a la clasificación de la amenaza y vulnerabilidad.....	38
Tabla 5 Proporción de línea de costa en erosión determinados para cada litoral.....	41
Tabla 6 Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM (Vivas-Aguas, 2011).	43
Tabla 7 Opciones de medidas que se puedan adoptar según la valoración del indicador. Tomado de Vivas-Aguas, 2011, modificado de Marín, 2001.	46
Tabla 8 Escala de valoración del indicador de condición-tendencia de áreas coralinas – ICT _{AC} (Rodríguez-Rincón et al., 2014).....	52
Tabla 9 Escala de referencias para las variables del indicador de condición-tendencia de áreas coralinas –ICTAC (Rodríguez-Rincón et al., 2014) en la región Caribe - Referencias de (HRI, 2012).	53
Tabla 10 Escala de referencias para las variables del indicador de condición-tendencia de áreas coralinas – ICTAC (Rodríguez-Rincón et al., 2014) en la región Pacífico (Tomado de SISMAR-INVEMAR). Se resalta que para el Pacífico no se hace referencia a biomasa.	53
Tabla 11 Escala ejemplo de la valoración general del indicador de condición-tendencia de pastos marinos – ICTPM. En la actualidad no se han evaluado los valores como reales, porque aún se encuentra en proceso de revisión la variable de función.....	57
Tabla 12 Escala de referencia para la densidad de vástagos del indicador de condición- tendencia pastos marinos ICTPM para praderas monoespecíficas o mixtas con mayor proporción de <i>Thalassia testudinum</i>	57
Tabla 13 Escala de referencia para la densidad de vástagos del indicador de condición- tendencia pastos marinos ICT _{PM} en praderas mixtas con dominancia de <i>Syringodium filiforme</i> (usada especialmente para la Isla de Providencia fuera del Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon)	58

Tabla 14 Escala de referencia para las variables de afectación de <i>Labyrinthula</i> sp. (Vref L) / o de presencia de mortalidad en la estación, del indicador de condición- tendencia pastos marinos ICT _{PM} .	58
Tabla 15 Resultados de la valoración 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 2018.	60
Tabla 16 Distribución de las especies de mangle del Caribe y Pacífico colombiano. Datos tomados de Sánchez-Páez et al. (1997); INVEMAR y CRA (2005); Spalding et al. (2010). 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.	63
Tabla 17 Indicador de extensión (Ie) de los bosques de manglar, caso “Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM”.	65
Tabla 18 Intervalos de referencia para calcular el IBIm para la Ciénaga Grande de Santa Marta. Los intervalos se construyeron para cada variable, teniendo en cuenta reportes de diferentes fuentes bibliográficas y de los mismos datos obtenidos en el proyecto de monitoreo del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ibarra et al., 2014). S: Subíndice (corresponde al rango de calificación para los intervalos de cada variable y es el resultado de la construcción realizada por expertos en el ecosistema de manglar); ind: individuos; ha: hectárea; plánt.: plántulas; propág.: propágulos.	67
Tabla 19 Escala de interpretación del indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) de la Ciénaga Grande de Santa Marta.	68
Tabla 20 Pesos o Factores de ponderación como ejemplo para las variables que componen el indicador de condición tendencia de bosques de manglar-ICTBM (Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón, 2014).	72
Tabla 21 Escala de calificación establecida para las variables de área basal (m ² /ha) y densidad (ind/ha) de los bosques de manglar de los departamentos costeros de Colombia (Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón, 2014).	72
Tabla 22 Escala de clasificación inicial a manera de ejemplo del índice de condición tendencia de bosques de manglar (ICT _{BM}). Se presentan cinco calificaciones posibles de condición general de los bosques de manglar.	72
Tabla 23 Resultados de la valoración del estado de los bosques de manglar de acuerdo con las variables indicadoras del ICT _{BM} : densidad de árboles y área basal del bosque, en las estaciones de monitoreo de las localidades del Caribe insular y continental y del Pacífico colombiano durante los años 2016, 2017 y 2018.	75
Tabla 24 Listado de áreas marinas protegidas del SAMP.	105

Tabla 25 Actos de aprobación de la zonificación de los manglares en Colombia y algunos estudios relacionados con los procesos de zonificación. NA: Sin información.	110
Tabla 26 Experiencias en restauración de ecosistemas marinos y costeros registradas por diferentes actores a nivel nacional, a través de la encuesta en línea realizada por INVEMAR en 2018.	113
Tabla 27 Zonas, estaciones y ubicación geográfica del monitoreo de microalgas potencialmente nocivas.....	117
Tabla 28 Densidades máximas de los géneros constituidos por especies potencialmente nocivas (IOC-UNESCO) observados en las estaciones de bahía Chengue (BCH), bahía de Santa Marta (BSM), la Boca de la Barra (LBA) y Ciénaga la Luna (CLU) entre octubre de 2017 y agosto de 2018.	119
Tabla 29 Densidades máximas de los géneros constituidos por especies potencialmente nocivas (IOC de UNESCO), observados en las estaciones de la bahía de Buenaventura, registradas en noviembre de 2018.	121
Tabla 30 Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2017 y las publicadas en 2018.	122

CAPÍTULO I

Los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia

MARCO GEOGRÁFICO

Colombia es un país con 1'137.814 km² 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 km² de aguas jurisdiccionales, según el mapa Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (IDEAM *et al.*, 2007), para una extensión total de cerca de 2'070.408 km². 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, de las áreas marinas protegidas y de los centros poblados costeros, y tiene una extensión emergida (continental e insular) de 16.128 km² (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 zona costera emergida de 7.673 km² y una superficie de aguas jurisdiccionales de 532.154 km² (**Tabla 1**) (**Figura 1**). Para efecto de una mejor comprensión de los datos de línea de costa debido a factores de escala y criterios geomorfológicos, en la Tabla 1, se describe la longitud a escala 1:100.000 y 1:500.000.

Tabla 1. Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia. Los vectores fueron reproyectados de Magna Colombia Bogotá a Lambert Azimutal Colombia para estimar áreas y distancias¹

		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
	Continental	2.070 *****	4.684 *****	

¹ Los datos de longitud de línea de costa (km), escala: 1:100.000 de esta tabla tiene como fuente principal la base de datos geográfica del proyecto de Elaboración del Análisis de Vulnerabilidad Marino Costera e Insular ante el Cambio Climático para el País (INVEMAR e IDEAM, 2017). Esta línea de costa fue generada en base a criterios geofísicos en donde se incluyeron de manera completa las zonas de esteros, bocas, islas barreras y sistemas deltaicos que tiene una mayor influencia de la marea; de por más se encontrará que la longitud en

		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
Línea de costa (km) Escala: 1.100.000	Insular del margen continental	100 **	24 *	6.969
	Insular Oceánico	84 ***	7 *****	
	Subtotal	2.253	4.715	
Línea de costa (km) Escala: 1.500.000 ²	Continental	1.785 *****	1.545 *****	3.531
	Insular del margen continental	86 **	50 *	
	Insular Oceánico	60 ***	4*****	
	Subtotal	1.932	1.599	
Área emergida de la zona costera (km ²)	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 ²)	Extensión de aguas costeras	30.219	21.205	892.102
	Extensión de aguas oceánicas	501.935	338.744	
	Subtotal	532.154	359.948	

Condiciones para medición de 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 Andres y Providencia. ****insular oceánico Pacífico incluye isla Malpelo. *****continental Caribe borde litoral externo, contando con los límites internos de lagunas costeras. *****continental Pacífico borde litoral externo, contando con los límites internos de los esteros e incluyendo San Andrés de Tumaco.

La división político administrativa de la costa continental del Caribe colombiano está conformada por los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó, a su vez con 44 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 (Steer *et al.*, 1997; INGEOMINAS, 1998; INVEMAR *et al.*, 2002; Correa y Restrepo, 2002; Posada y Henao, 2008). 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.

kilómetros excede la de reportes generados anteriormente, además de considerar que por el mayor detalle otorgado por la escala, la longitud de la línea aumenta en comparación a reportes previos generados a diferente escala (de menor detalle).

² Los datos de áreas y longitud de línea de costa escala 1:500.000 de esta tabla tienen como fuente principal la base de datos geográfica del Mapa de Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos, (IDEAM *et al.*, 2007) y fueron ajustados acorde a las condiciones descritas la fona de la tabla.

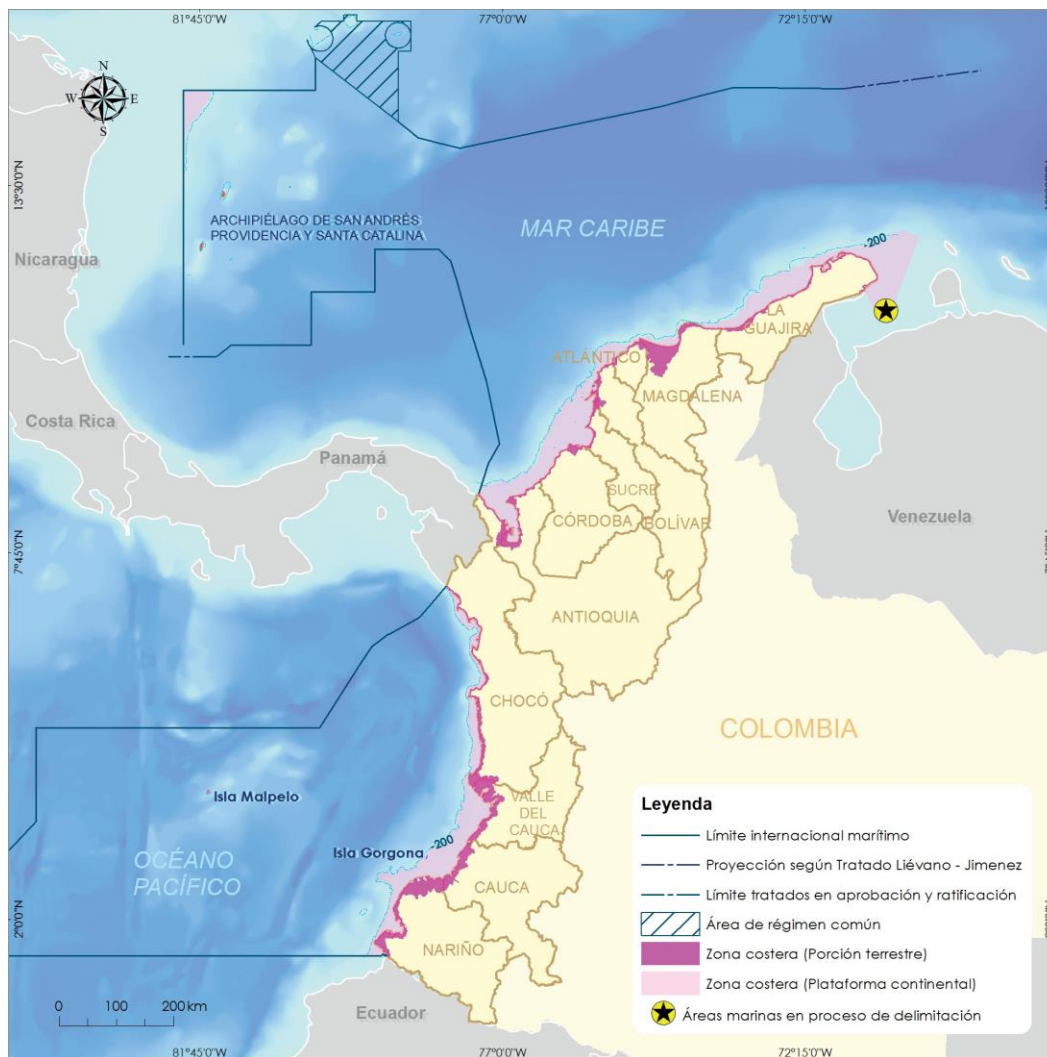


Figura 1. Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino – costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2002).

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 $10^{\circ}49'$ y $16^{\circ}10'$ de latitud Norte y $78^{\circ}00'$ y $82^{\circ}14'$ de longitud Oeste (**Figura 1**). Tiene una extensión de línea de costa de 100 km aproximadamente y un área terrestre de 49 km² (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 Archipiélago 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		
COSTA CARIBE	Atlántico	Barranquilla	DAMAB	Barranquilla
		Puerto Colombia	CRA	
		Tubará		
		Juan de Acosta		
		Soledad		
		Piojó		
		Luruaco		
	Bolívar	Cartagena de Indias	EPA	Cartagena
		María la Baja	CARDIQUE	
		Santa Catalina		
		Santa Rosa		
		Turbaco		
		Turbaná		
Arjona				

COSTA DEL PACÍFICO	Sucre	San Onofre	CARSUCRE	Coveñas
		Tolú		
		Coveñas		
		Palmito		
	Córdoba	San Antero	CVS	
		San Bernardo del Viento		
		Lorica		
		Moñitos		
		Puerto Escondido		
		Los Córdoba		
	Antioquia	Apartadó	CORPOURABÁ	Turbo
		Arboletes		
		Carepa		
		San Juan de Urabá		
		Necoclí		
		Turbo		
	Chocó	Unguía	CODECHOCÓ	
		Acandí		
	Chocó	Juradó	CODECHOCÓ	Bahía Solano
		Bojayá		Buenaventura
		Bahía Solano		
		Nuquí		
		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, es importante resaltar el aporte de los 12 departamentos costeros al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, cuyo valor real para el año 2017 se aproxima al 40,9%, proyectado para ese mismo período en 341.407,221 billones de pesos (DANE, 2018). En Colombia se han delimitado

nueve zonas portuarias marítimas 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 durante el tercer trimestre del año 2018 el 99,98% de la carga de comercio exterior, con una variación positiva del 3,1% en promedio con respecto al mismo período del 2017, alcanzando los 3,1 millones de contenedores (Superintendencia de Puertos y Transporte, 2018).

La población que reside en las zonas costeras e insulares para el año 2018 es poco más de los seis millones de habitantes (DANE, 2017), de los cuales cerca del 83% se encuentran 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-Departamento Nacional de Planeación, 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 oceánico, 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 particulares.

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 diagnóstica.

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 según lo definido por la Ley 1450 de 2011, Decreto 1120 de 2013 y el Decreto único reglamentario 1076 de 2015 (MADS, 2015a). 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 límite convencional de la plataforma continental o insular.
- **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.

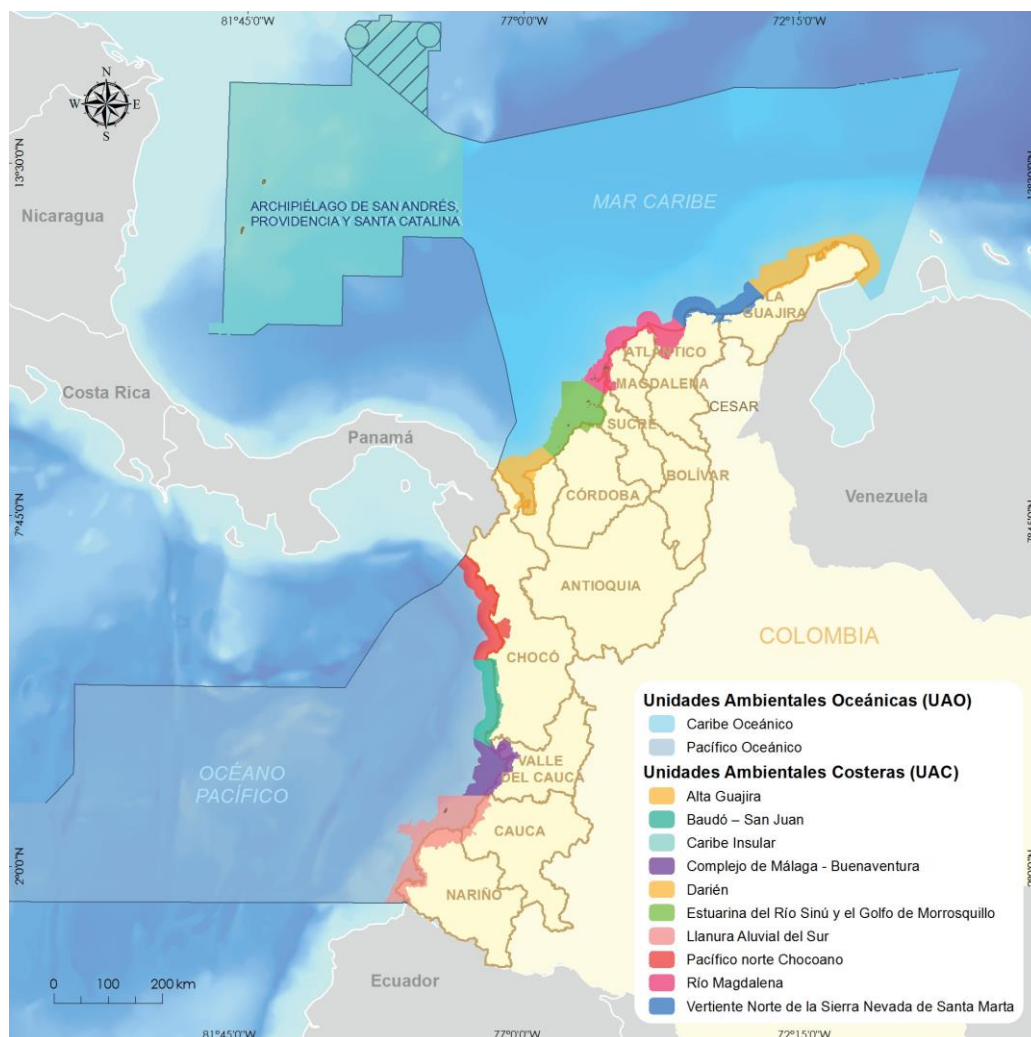


Figura 2. Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000).

Así mismo, el Decreto 1120 de 2013, compilado en el Decreto único reglamentario del sector ambiente 1076 de 2015 (MADS, 2015a), 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 - POMIUAC 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 y ordenamiento para fortalecer sus actividades misionales en el ámbito marino (**Tabla 3**); ejemplo de ello, es el apoyo técnico brindado al MADS para el año 2016, trabajando en la incorporación de lineamientos de cambio climático en los POMIUAC. Para este proyecto se tomaron como parte del 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 POMIUC y que ayude a implementar la guía técnica para la ordenación y manejo integrado de la zona costera, la cual fue adoptada mediante la resolución 0768 de 2017 del MADS.

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

UNIDAD AMBIENTAL COSTERA	INTEGRANTES DE LA COMISIÓN CONJUNTA
UAC Alta Guajira	• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), quien la presidirá. • Director(a) de la Corporación Autónoma Regional (CAR) de La Guajira (CORPOGUAJIRA), o su delegado. • Director(a) PNN (en el acta de creación de la Comisión Conjunta no figura, pero fue incluida en un acta posterior).
UAC Vertiente Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta	• Ministro(a) de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o su delegado (el Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS), quien la presidirá. • Director(a) de la Corporación Autónoma Regional (CAR) de La Guajira (CORPOGUAJIRA), o su delegado. • Director(a) de la CAR del Magdalena (CORPAMAG), o su delegado. • Director(a) de la Dirección Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado. • Director(a) del Departamento Administrativo Distrital para la Sostenibilidad Ambiental (DADSA), o su delegado.
UAC del Río Magdalena, complejo Canal del Dique – Sistema Lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta	• Ministro(a) de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o su delegado (el Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS) quien la presidirá. • Director(a) Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado. • Director(a) de la CAR del Atlántico (CRA), o su delegado. • Director(a) de la CAR del Canal del Dique (CARDIQUE), o su delegado. • Director(a) de la CAR del Magdalena (CORPAMAG), o su delegado. • El director(a) de la CAR de Sucre (CARSUCRE), o su delegado. • Director(a) del Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA), o su delegado. • Director(a) del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Barranquilla (DAMAB), o su delegado.
UAC Estuarina del Río Sinú y el Golfo de Morrosquillo	• Ministro(a) de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o su delegado (el Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá. • Director(a) de la Dirección Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado. • El director(a) de la CAR de Sucre (CARSUCRE), o su delegado. • Director(a) de la CAR del Canal del Dique (CARDIQUE), o su delegado. • Director(a) de la CAR de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), o su delegado.

UAC del Darién	• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá. • Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible de Chocó (CODECHOCÓ), o su delegado. • Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible del Urabá (CORPOURABÁ), o su delegado. • Director(a) de la Dirección Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia, o su delegado.
UAC Caribe Insular	• Decreto 415 de 2017
UAC Pacífico Norte Chocoano	• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá. • Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible de Chocó (CODECHOCÓ), o su delegado. • Director(a) de la Dirección Territorial Pacífico de Parques Nacionales Naturales de Colombia.
UAC Baudó-San Juan	• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá. • Director(a) de la CAR para el Desarrollo Sostenible de Chocó (CODECHOCÓ), o su delegado.
UAC del Complejo de Málaga - Buenaventura	• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá. • Director(a) de la CAR del Valle del Cauca (CVC), o su delegado. • Director(a) de la Dirección Territorial Pacífico de Parques Nacionales Naturales de Colombia.
UAC de la Llanura Aluvial del Sur	• Director(a) de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos del MADS, quien la presidirá. • Director(a) de la CAR de Nariño (CORPONARIÑO), o su delegado. • Director(a) de la CAR del Cauca (CRC), o su delegado. • Director(a) de la Dirección Territorial Pacífico de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

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 II

Estado del ambiente y los ecosistemas marinos y costeros: indicadores de estado.

INTRODUCCIÓN

Al hablar de medio ambiente, la interrelación entre lo abiótico y lo biótico es indisoluble, sus particularidades definen las características de la conformación de cada ecosistema, paisaje, hábitat, nicho y la composición de las comunidades humanas y de animales en el planeta: 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 o la definición geomorfológica del fondo marino que determina los ambientes duros en los que los corales pueden existir.

De acuerdo con la PNAOCI, por ‘Ecosistema’ se entiende un “complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.” Por lo anterior, en cada nivel de organización de los “ecosistemas”, se desarrolla una compleja interrelación biótica y abiótica que lo define particularmente. Por esta razón, es importante también entender la dinámica espacial y temporal de los factores abióticos presentes en los diferentes ecosistemas o ambientes en los litorales marinos y costeros de Colombia, con el fin de comprender integralmente un suceso o afectación que presentan los ecosistemas con el fin de mitigar, si es posible, la afectación para extender su sustentabilidad y los bienes y servicios que estos nos proveen.

EL AMBIENTE ABIÓTICO

El estudio de las condiciones físicas cobra gran importancia para entender las interrelaciones entre los ecosistemas y el ambiente marino-costero. Tanto su estacionalidad como su variabilidad espacial, pueden llegar a condicionar diferentes ensamblajes bióticos, poner en riesgo una población o impactar las actividades productivas de las zonas marinas y costeras del país. El desarrollo de la investigación básica y aplicada realizada en el 2018, contribuyó a avanzar en el conocimiento de los aspectos abióticos en las costas colombianas y dio inicio a un nuevo reto de investigación que incluyó el desarrollo tecnológico en el estudio de las energías renovables no convencionales de origen marino.

➤ **Dinámica meteomarina: Huella meteorológica en registros marinos del Magdalena durante el 2018**

La dinámica meteomarina presente en una zona puede determinar las condiciones de navegación así como afectar la línea de costa. Las variaciones del nivel del mar obedecen principalmente al movimiento de los astros (marea astronómica); sin embargo, existen otro tipo de variaciones que traen consigo fluctuaciones del nivel del mar que están asociadas a la acción del viento y la presión atmosférica, concepto conocido como marea meteorológica, cuyo valor es de importancia pues se

asocia con los valores extremos del nivel del mar y con la energía con la que los fenómenos meteorológicos afectan las condiciones marinas.

Empleando los datos de viento medidos durante el 2018 por la estación meteorológica automática instalada en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “Jose Benito Vives de Andrés” – INVEMAR, se calculó el ciclo anual de magnitud y dirección del viento para el sector de El Rodadero en el año 2018 (**Figura 3** a y b), en el cual se observa que febrero fue el mes que registró el mayor promedio de velocidades con 6,41 m/s y además presentó la mayor cantidad de eventos por encima del percentil 95 (extremos), alcanzando ráfagas de hasta 18,22 m/s (INVEMAR, 2018). Para este periodo, la menor velocidad fue registrada en mayo con 1,85 m/s, mes que a su vez presentó la menor cantidad de eventos atípicos (menor dispersión en los datos). El análisis direccional mostró que el cuadrante 1 (0 a 90°), fue en el que se presentó la mayor ocurrencia de eventos (**Figura 3b**) y cuya mayor proporción se alcanza en la dirección de procedencia 45° (NE), en la cual se registraron velocidades de 9,61 m/s.

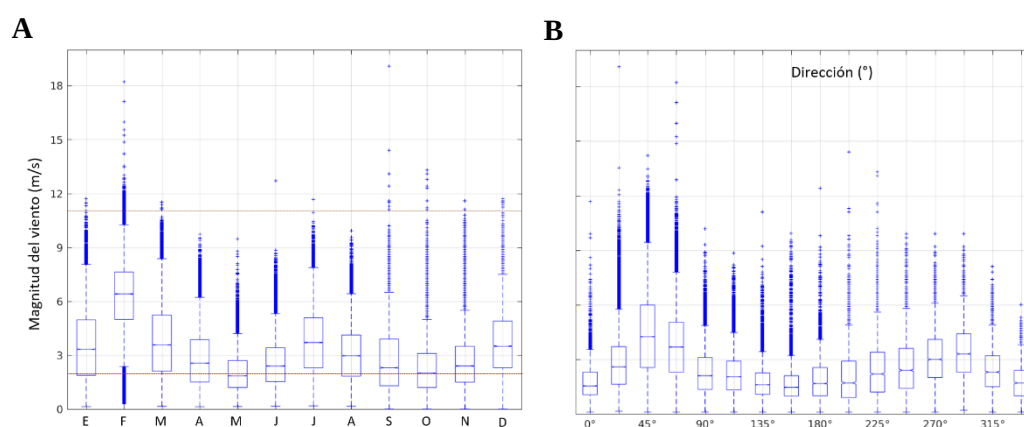


Figura 3. Ciclo anual y estadístico de la magnitud en m/s (a) y dirección del viento (b) en la estación meteorológica automática ubicada en el INVEMAR. La línea marrón en la magnitud corresponde a los percentiles 5 y 95.

Las perturbaciones meteorológicas que se presentaron en este periodo tuvieron consecuencias sobre el nivel del mar registrado en la bahía de El Rodadero. Para su identificación se consultaron los boletines meteomarineros del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH) y el archivo del análisis tropical del National Hurricane Center (NHC) y para extraer el residuo meteorológico de la señal marina, fueron empleados datos de nivel del mar registrados por el mareógrafo del INVEMAR instalado en El Rodadero durante el 2018.

A partir de la revisión de los boletines, se pudo identificar que durante los meses de temporada seca (enero a abril), se reportaron la mayor cantidad de condiciones adversas que hicieron tránsito en la zona costera norte del Caribe (**Figura 4a**). La evidencia de estos fenómenos sobre el clima local y para ese periodo (enero a abril) se muestra en la **Figura 4b**, en donde se presenta el residuo meteorológico resultante del procesamiento de los datos del mareógrafo (una vez descontada la marea astronómica). Los asteriscos superiores indican que los máximos de la señal marina coinciden en su mayoría con eventos climáticos de intensificación de los vientos; es decir, el residuo está relacionado con las condiciones climáticas que se presentaron en la región durante los diferentes meses de registro, especialmente aquellos en donde se manifestaron fenómenos meteorológicos a escala regional.

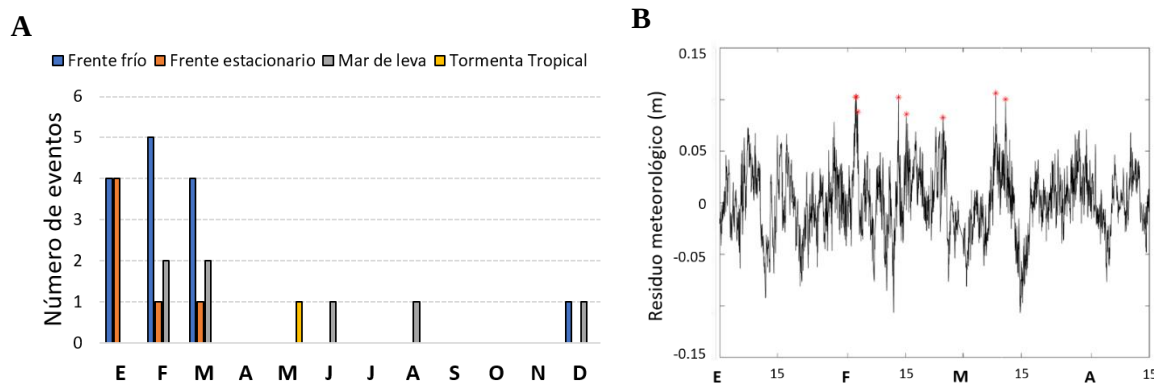


Figura 4 Inventario de eventos meteorológicos en la zona costera norte del Caribe colombiano con base en CIOH y DIMAR (2018) y NHC 2018 (A) y residuo meteorológico de la señal de nivel del mar en El Rodadero en la temporada seca (enero-abril) de 2018 (B).

➤ Oceanografía satelital: estacionalidad de la temperatura superficial del mar en el golfo de Salamanca.

El golfo de Salamanca (departamento del Magdalena) constituye una de las zonas más productivas e importantes para la pesca artesanal del Caribe colombiano, pero el conocimiento de sus condiciones oceanográficas es relativamente escaso (García *et al.*, 2013). Se destacan los trabajos realizados por Blanco *et al.*, (1994), García *et al.*, (2013) e INVEMAR (2014). En este último y a partir de mediciones en campo, los autores encontraron diferencias temporales en las condiciones termohalinas de la barra de Salamanca, las cuales son consecuencia de las características climáticas e hidrodinámicas del golfo (INVEMAR, 2014). El golfo de Salamanca hace parte de la región “Ciénaga Grande de Santa Marta, río Magdalena, Bolívar” descrita por Romero-Rodríguez *et al.* (2017), la cual está caracterizada por los aportes provenientes del río Magdalena así como por ser una zona de alta dispersión en el campo de vientos. Estos autores indican que el mes de febrero corresponde al de los máximos vientos, seguido por el mes de julio; mientras que mayo y octubre se caracterizan por los menores. De otro lado y para la zona costera adyacente (barra de Salamanca y complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta - CGSM), INVEMAR-CORPAMAG (2018) empleando datos de estaciones IDEAM, encontraron que las mayores precipitaciones se registran en el mes de octubre, mes que marca la temporada húmeda mayor, la cual contrasta con los mínimos del primer semestre que se ven interrumpidos por las precipitaciones del mes de mayo.

Empleando imágenes satelitales mensuales del espectroradiómetro MODIS AQUA (MODIS-A) a 4 Km de resolución espacial, se logró realizar una descripción de la temperatura superficial del mar (TSM) en el golfo de Salamanca con el fin de advertir sus cambios en el ciclo anual y relación de los mismos con la configuración topobatemétrica del golfo y las condiciones climáticas del sector. Una vez procesados todos los meses fueron seleccionados febrero, mayo, julio y octubre; esto debido a que corresponden a meses con unas particularidades climáticas ya descritas por otros autores. Se encontró un fuerte contraste entre semestres, tal que el mes de febrero se caracterizó por ser el más frío (**Figura 5a**) y marcado por la isoterma de 25,5°C, la cual desaparece completamente para los meses posteriores.

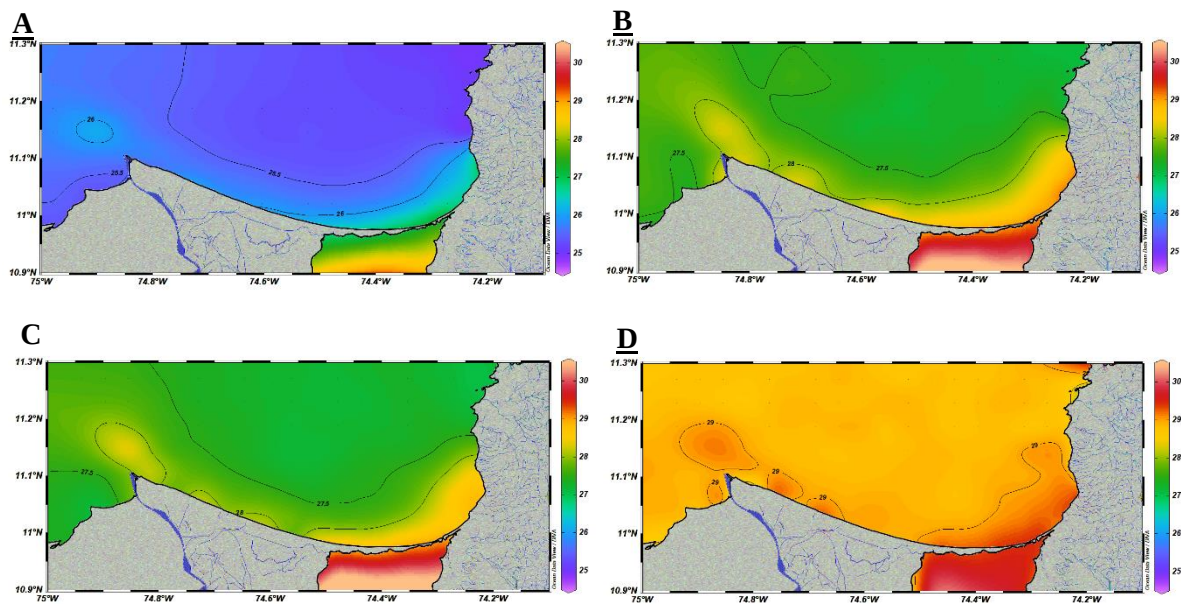


Figura 5 Temperatura superficial del mar (°C) en el golfo de Salamanca durante los meses de febrero (a), mayo (b), julio (c) y octubre (d) climatológicos. **Fuente:** MODIS-A 2003-2018.

El comportamiento de la TSM en febrero está directamente asociado al fortalecimiento de los vientos durante este mes, el cual enfría las aguas del Caribe. Se advierte que la franja marina inferior presenta temperaturas superiores (alrededor de los 26°C), lo cual obedece al intercambio de aguas que se da con la CGSM a través de la boca de La Barra y que exporta aguas de mayores temperaturas, las cuales quedan confinadas en frente de municipio de Ciénaga y zona de puertos de carbón debido a la configuración topográfica del sector y a las menores profundidades en esa zona.

Los meses de mayo (**Figura 5b**) y julio (**Figura 5c**), marcados por el segundo máximo de vientos y época húmeda menor respectivamente, presentan una respuesta oceanográfica similar en cuanto a TSM y ambos están caracterizados por la isoterma de 27,5°C. En ambos meses se conserva la franja de mayores temperaturas en la zona contigua a la CGSM y se identifica la pluma del río Magdalena, cuyas aguas resultan más cálidas que las del océano adyacente. Finalmente, el mes de octubre presenta los mayores valores de TSM y aparece la isoterma de 29°C. Estos resultados indican que el golfo de Salamanca presenta variaciones espaciales y temporales en cuanto a TSM; las primeras obedecen a su conexión con la CGSM a través de la boca de La Barra y a la configuración topobatemétrica del sector que confina las aguas más cálidas provenientes del complejo lagunar, mientras que las variaciones temporales (que alcanzan los 3,5°C) tienen su origen en la intensificación y relajación de los vientos.

➤ Oceanografía costera: respuesta halina en la CGSM a variaciones climáticas

Los ecosistemas estuarinos son críticos para la supervivencia de muchas especies vegetales (bosque de manglar) y animales (aves, reptiles, peces, etc.), ya que estos últimos utilizan los estuarios como refugio, alimento y para su reproducción. Dentro de las características más relevantes de estos lugares es su condición salobre, debido a que dichos organismos están condicionados a ciertos rangos y un

proceso de hipersalinización por ejemplo, traería consecuencias graves. Es por esto que realizar mediciones de salinidad es importante para evaluar las condiciones ambientales de este tipo de ecosistemas. Para el Caribe en particular, estas mediciones se realizaron durante el 2018 en el complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta en el marco de los Convenios No. 659 de 2017 (INVEMAR-MINAMBIENTE, 2018) y No. 209 de 2017 (INVEMAR-CORPAMAG, 2018). Para ello se realizaron salidas de campo mensuales (enero-noviembre) en las cuales la salinidad fue medida en un promedio de 30 estaciones distribuidas en el espejo de agua principal y la ciénaga de Pajarales. A continuación se describen los resultados encontrados para los meses identificados como contrastantes (**Figura 6**).

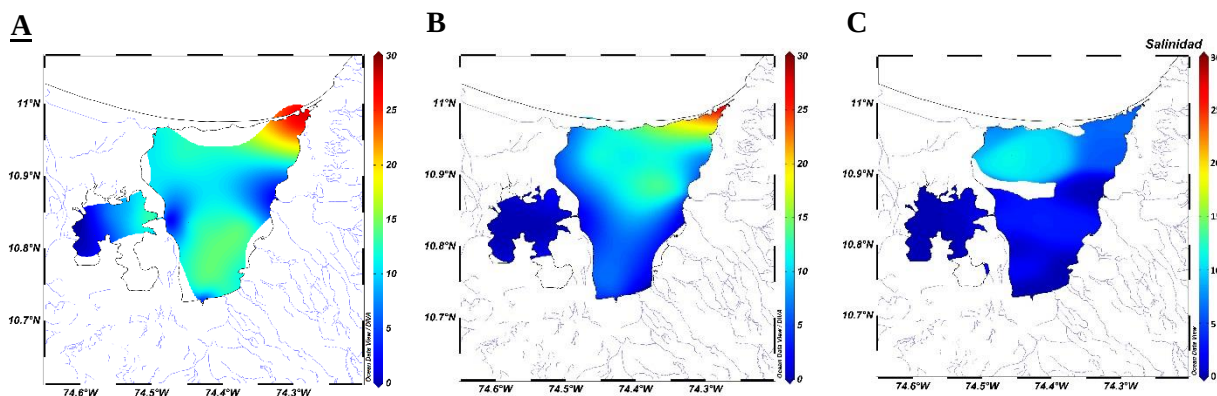


Figura 6 Salinidad superficial en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y ciénaga de Pajarales durante los meses de marzo (a), julio (b) y octubre (c) de 2018.

Se encontró que la salinidad tuvo un intervalo amplio de 0 a 30, registrándose los mayores valores en el primer trimestre del año con valores cercanos a 37, principalmente al noreste, en el sector de la boca de la Barra (**Figura 6a**). Adicionalmente, se encontró un gradiente hacia el interior del complejo lagunar, cuyos valores disminuyen hacia el sur, pero se mantiene la evidencia de la influencia marina. Este gradiente se ve interrumpido espacialmente por el aporte de los ríos, puesto que es notoria la señal del río Magdalena en el caño Grande (en la conexión entre el espejo de agua principal y Pajarales) y de los ríos Sevilla y Fundación provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta. Aunque estos ríos presentan sus mínimos para este mes (INVEMAR-CORPAMAG, 2018), se mantiene su señal de baja salinidad al interior de la CGSM.

Para mitad de año, particularmente el mes de julio, se registraron valores cercanos a 12 y la influencia marina es menor (**Figura 6b**), puesto que al sistema ya han ingresado los aportes de los ríos provenientes de la primera temporada de lluvias (húmeda menor), que ocurre normalmente en el mes de mayo. De otro lado, para los meses de octubre (**Figura 6c**) y noviembre toda la zona presentó valores promedio de 2,38, producto del incremento de la precipitación y la escorrentía de la segunda temporada de lluvias (húmeda mayor). Es importante mencionar que los valores contrastantes de los meses de marzo y octubre están relacionados con los niveles de agua al interior del complejo lagunar. Durante la época seca, los niveles son menores y la influencia de la marea es más notoria, tal que las aguas salinas provenientes del golfo de Salamanca y que ingresan a través de la boca de La Barra, logran penetrar hasta la parte sur del espejo de agua principal; comportamiento que ya no se presenta en octubre, mes en el cual el aporte proveniente de los ríos logra mezclar estas aguas salinas y los

valores de salinidad descienden notoriamente. Sin embargo, hay sectores que, por su poca lámina de agua, tienden a mostrar valores de alrededor de 10, principalmente en las estaciones de la zona noroccidental.

➤ Hidrogeología

Debido a la estrecha relación existente entre el medio marino y el recurso hídrico subterráneo costero; el INVEMAR tiene como función desarrollar investigación en hidrogeología de las zonas costeras del país. En concreto, se continuó avanzando en la caracterización del acuífero ubicado entre los municipios de Ciénaga y Fundación en el departamento de Magdalena. Como se realizó en las fases anteriores de este proyecto, mediante la técnica de prospección geoeléctrica SEV (sondeos eléctricos verticales) se determinó la configuración hidrogeológica del subsuelo en los puntos de sondeo, esta información una vez integrada con las características geológicas regionales y locales permitió generar una aproximación 2D del modelo de isoresistividad con mayor densidad de puntos con respecto a los estudios anteriores, principalmente hacia el margen oeste del acuífero.

A grandes rasgos, el acuífero Ciénaga- Fundación se encuentra alimentado por el sistema de afluentes que descienden de la Sierra Nevada de Santa Marta con dirección a la Ciénaga Grande. Los resultados obtenidos durante 2018 sugieren la presencia de niveles de sedimentos con agua salada o salobre ubicados hacia el margen Norte, en la zona litoral (INVEMAR, 2018a). Este escenario y condiciones han sido denominados como intrusión de cuña salina (Rosado de Palacio, 2012), quien describe esta como la saturación del sedimento con agua salada asociado a la interacción entre acuífero-playa-océano.

Estas señales se diagnostican mediante el registro de bajas resistividades en los sondeos geoeléctricos **Figura 7**. En este sentido, se identificó que dicha intrusión presenta su estadio de mayor influencia en el acuífero aproximadamente entre los 4 y 10 metros de profundidad (incluso más) en el sector Nororiental de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Sin embargo, la cobertura espacial disminuye y se encuentra confinada hacia el sector litoral. Cabe resaltar que esta campaña de sondeos se realizó durante época de lluvias (octubre), en donde el acuífero se encuentra recargado por la filtración de aguas producto de las precipitaciones, condición que hace que se ejerza presión en sentido contrario a la intrusión, por lo tanto, se esperaría algunas variaciones en las características de la cuña salina durante la época seca.

En dirección Sur, hacia el continente en el sector conocido como Zona Bananera, la integración de la información sugirió la presencia de una secuencia de depósitos sedimentarios, correspondientes a intercalaciones de arenas finas, medias y gruesas, limos y arcillas. La señal de los niveles de arena interpretados en general, evidencia la presencia y saturación de agua dulce, emplazada en capas que se encuentran desde los 2 metros en algunos puntos hasta los 15 metros, siendo esta acumulación beneficiada por la alta porosidad y permeabilidad del material presente. Hacia el margen Este del acuífero delimitado (**Figura 7**), se observan en profundidad valores de resistividad muy elevados que se asocian con el basamento ígneo metamórfico aflorante en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, representando según lo propuesto por (INGEOMINAS, 1998) un contacto fallido con los depósitos fluviales ya descritos.

Por otra parte, y descendiendo en el perfil estratigráfico en esta misma región, se interpretan señales asociadas a niveles arenosos saturados de agua dulce que infrayacen los depósitos gruesos granulares

(1- 15 metros de profundidad), en compañía a esta litología se extrapolan depósitos arcillosos limosos de ambiente transicional ubicados hacia el margen Oeste del acuífero en cercanías a la Ciénaga Grande de Santa Marta. Estos, se atribuyen a estadios antiguos del espacio que cubría el cuerpo de agua en mención y que en teoría van retrocediendo en dirección al mar, según la secuencia sedimentaria encontrada, lo que invita a hacer énfasis en el estudio más detallado del acuífero en el margen contiguo a la ciénaga (**Figura 7**).

Resulta concluyente relacionar las litologías interpretadas con depósitos de origen fluvial, marcados por intercalaciones y estructuras a manera de lentes que exponen la migración de los cauces que dieron origen a estos depósitos. De este modo se interpretó un sistema hidrogeológico general y regional con diferentes niveles rocosos saturados de agua que varían en profundidad según la geometría de los depósitos y el desarrollo estructural y tectónico de la zona.

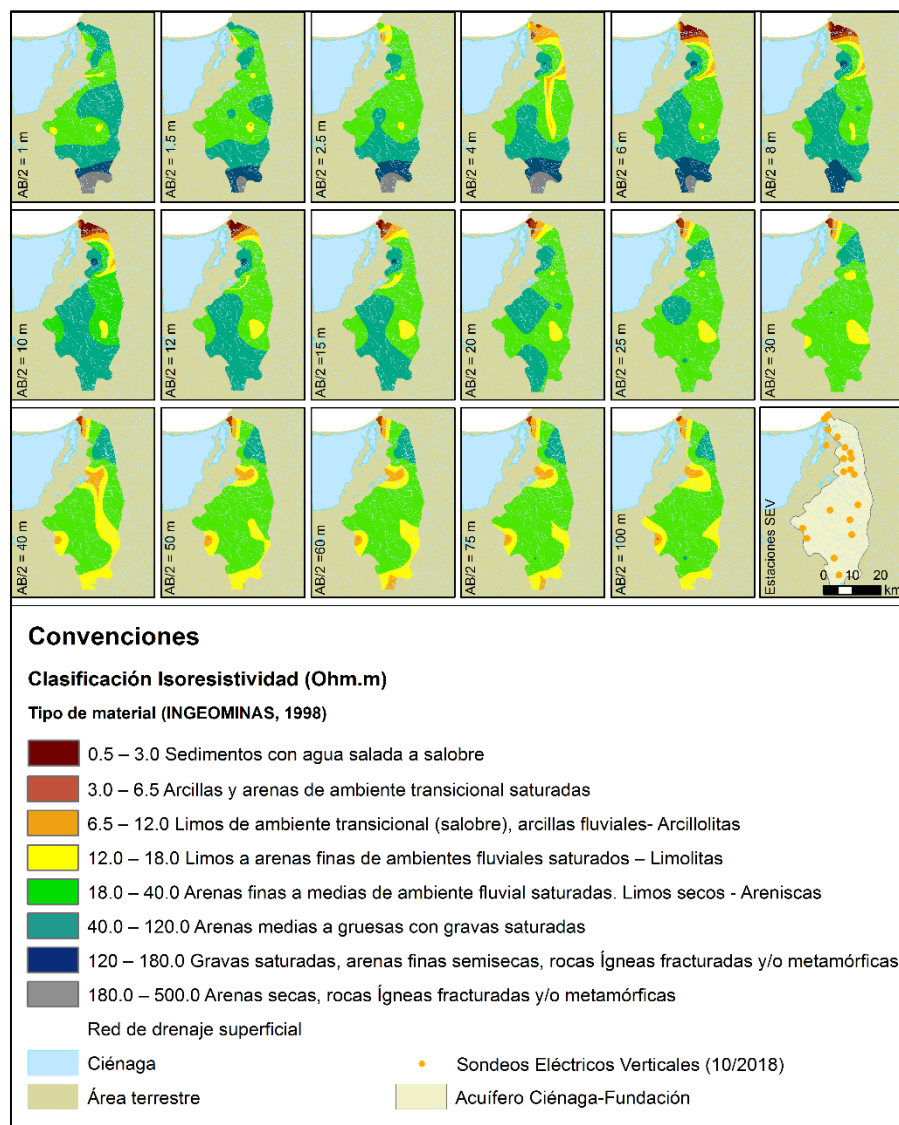


Figura 7 Mapas de isoresistividad general aparente para el acuífero Ciénaga- Fundación. Tomado de INVEMAR GEO, 2018.

➤ Dinámica sedimentológica y ambiental

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), es un ecosistema dinámico que constantemente está sometido a diversas presiones del orden natural y antrópico. En este sentido, una de las principales perturbaciones es la colmatación propiciada por la alta dinámica sedimentar. Esto resulta en costosos procesos de dragado que en algunas ocasiones resultan en procesos nocivos secundarios por cuenta de la difícil disposición y destino de los sedimentos producto de esta maniobra. Los resultados de (INVEMAR, 2016) evidenciaron una amplia pero constante variabilidad espacial y temporal (en profundidad) relacionada con la deposición de sedimentos de origen biogénico o detrítico. Dicha variabilidad espacial fue congruente con la documentada en estudios anteriores ejemplo (Cohen y Wiedemann, 1973; Erffa, 1973).

Dentro del marco del estudio hidrosedimentológico de la CGSM llevado a cabo durante el año 2018 (INVEMAR-CORPAMAG, 2018), se instalaron trampas de sedimento; las cuales, entre otras cosas, permitieron analizar el material en proceso de depositación. Dentro de estos análisis se encontraba el estudio de la distribución granulométrica de partículas finas entre 0.1 hasta 1000 μm (**Figura 8**). La composición granulométrica del material sedimentar es resultado de un proceso geofísico de mezcla de fuentes, procesos de transporte, procesos biogénicos entre otros (Dietze *et al.*, 2012). Por consiguiente, la deconvolución de este material puede dar una idea de su dispersión y proveniencia.

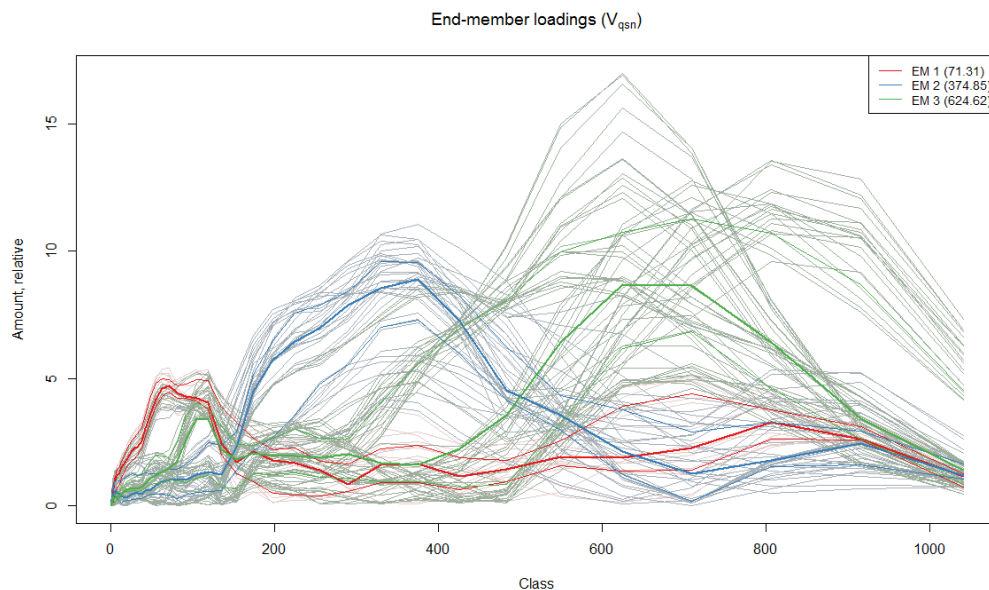


Figura 8 Deconvolución granulométrica de las muestras de trampas de sedimento del estudio hidrosedimentológico de la CGSM.

El principio es que las propiedades granulométricas del sedimento dan una idea de su dispersión y proveniencia (Barusseau y Braud, 2014; Dietze *et al.*, 2012). De esta manera, el principal objetivo de este estudio fue extraer información del comportamiento ambiental de la CGSM a través de las propiedades sedimentológicas del material en proceso de depositación en dos fases hidro-climáticas contrastantes (Marzo/Seca y Junio/Húmeda).

Siguiendo el principio de identificación de End Members (EM) sugerido por Dietze *et al.*, 2012; se identificaron 3EM en el material sedimentar. Después de una inspección, estos EM mostraban estar relacionados con la dominancia de fragmentos calcáreos (EM1) mica y limolita (EM2) y fragmentos sillicos algares (EM3). Los resultados mostraron que existe una marcada diferencia en cuanto a la composición sedimentológica en ambas fases hidro-climáticas (**Figura 9**). Se puede apreciar como en época seca (marzo) dominan los fragmentos calcáreos producto de una mayor asimilación carbonática, lo que sugiere mayor intrusión de aguas salinas, acorde con lo que se esperaría para esta época. Por otra parte, en junio es evidente una disminución de la presencia de M2 e incremento de M3, lo que se traduce en mayor producción de fragmentos algares que indican mayor productividad. Estos resultados son importantes en el sentido de que diagnostican los cambios abruptos en la CGSM bajo condiciones contrastantes y a futuro se puede estudiar las relaciones entre los cambios granulométricos y los cambios ambientales a través del tiempo en épocas análogas a las condiciones actuales. Esta condición podría ayudar a predecir futuras condiciones en la CGSM bajo la actual tendencia de variabilidad climática lo que es importante para la toma de decisiones.

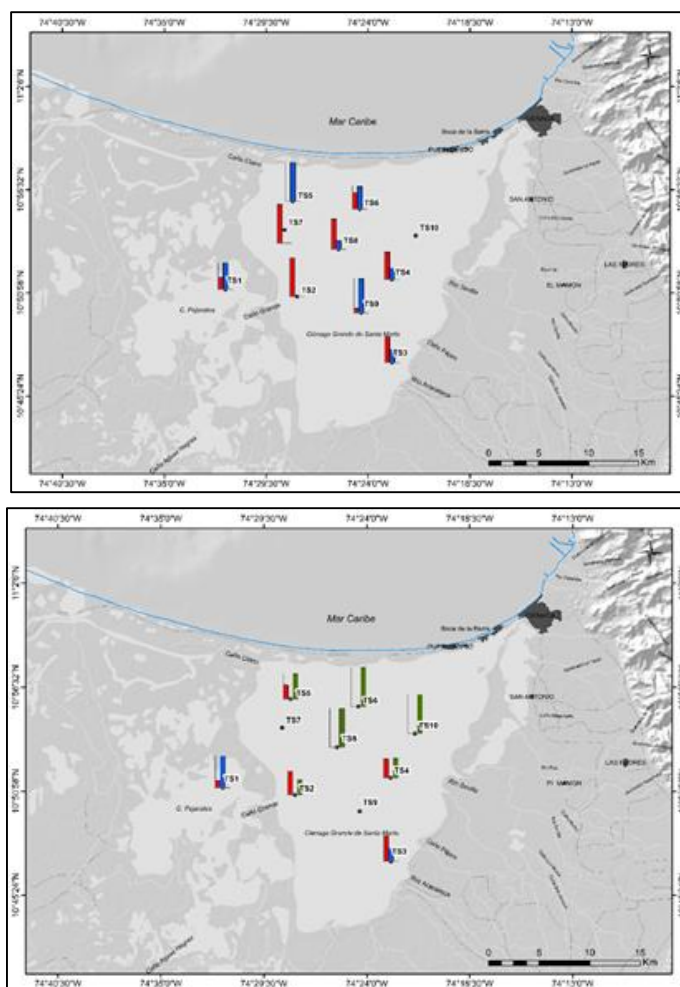


Figura 9 Distribución del porcentaje de aporte por cada EM en los puntos de monitoreo de las trampas de sedimento de la CGSM, durante marzo (superior) y junio (inferior).

➤ Fondos Marinos

Los fondos marinos son áreas con ciertas características físicas que a menudo están asociadas con especies, comunidades o ensamblajes bióticos en particular. Las características geomorfológicas en conjunto con los mapas de hábitat pueden dar una idea de la composición distribución y extensión de los entornos físicos, ayudando entre otras a predecir la distribución de algunas especies y comunidades asociadas. Por otro lado, el conocimiento del fondo marino y sus condiciones geológicas aporta valiosa información que permite un mejor aprovechamiento y diagnóstico por parte de la industria pesquera, desarrollo de infraestructura de crudo y gas del país, así como gestión ambiental marina. Además, el seguimiento de los cambios geomorfológicos y sedimentarios, pueden servir como herramienta para ayudar a identificar y predecir los cambios recurrentes de la erosión costera. En este sentido fue evaluada el área de playa sumergida y fondos someros frente al sector de playa Salguero en el municipio de Santa Marta (Magdalena) como análogo y representativo de los cambios asociados a la erosión costera en el Caribe colombiano. Los estudios de monitoreo realizados por el INVEMAR en este sector han podido establecer que la playa responde a cambios temporales en la precipitación que derivan en variación en los aportes sedimentarios que modulan la acreción o erosión de la misma; fenómeno recurrente en las playas del Caribe colombiano.

Durante el monitoreo de 2018, este sector presentó profundidades homogéneas entre 2 y 10 m (INVEMAR, 2018b). La mayor parte de la batimetría varió entre 0,02° a 8° categorizando así un área de baja pendiente. El área está relacionada con el prisma de sedimentación del río Gaira y con dirección al SW, y con progradación hacia el NE del área de estudio. El depósito se extiende hasta 420 m frente a la línea de costa en el área de la desembocadura, el mismo se va contrayendo hacia el área sur donde la distancia se reduce hasta 120 m frente al inicio de la Punta Gloria (**Figura 10**). Con la exageración vertical se alcanzaron a apreciar las acumulaciones menores de sedimentos a manera de montículos de bajo relieve cuyo origen puede asociarse al material transportado por el río Gaira en la temporada de lluvias de 2018. El estrechamiento de la batimetría es un indicador de la ausencia de aportes sedimentarios permanentes hacia el sur de playa Salguero. Los resultados sugieren que perturbaciones de origen natural (ej. sequía) o antrópica (extracción de arenas), pueden tender a agudizar los procesos de erosión costera en sectores donde la dinámica y equilibrio de acreción/erosión depende del aporte de arenas por la variabilidad climática en la precipitación.

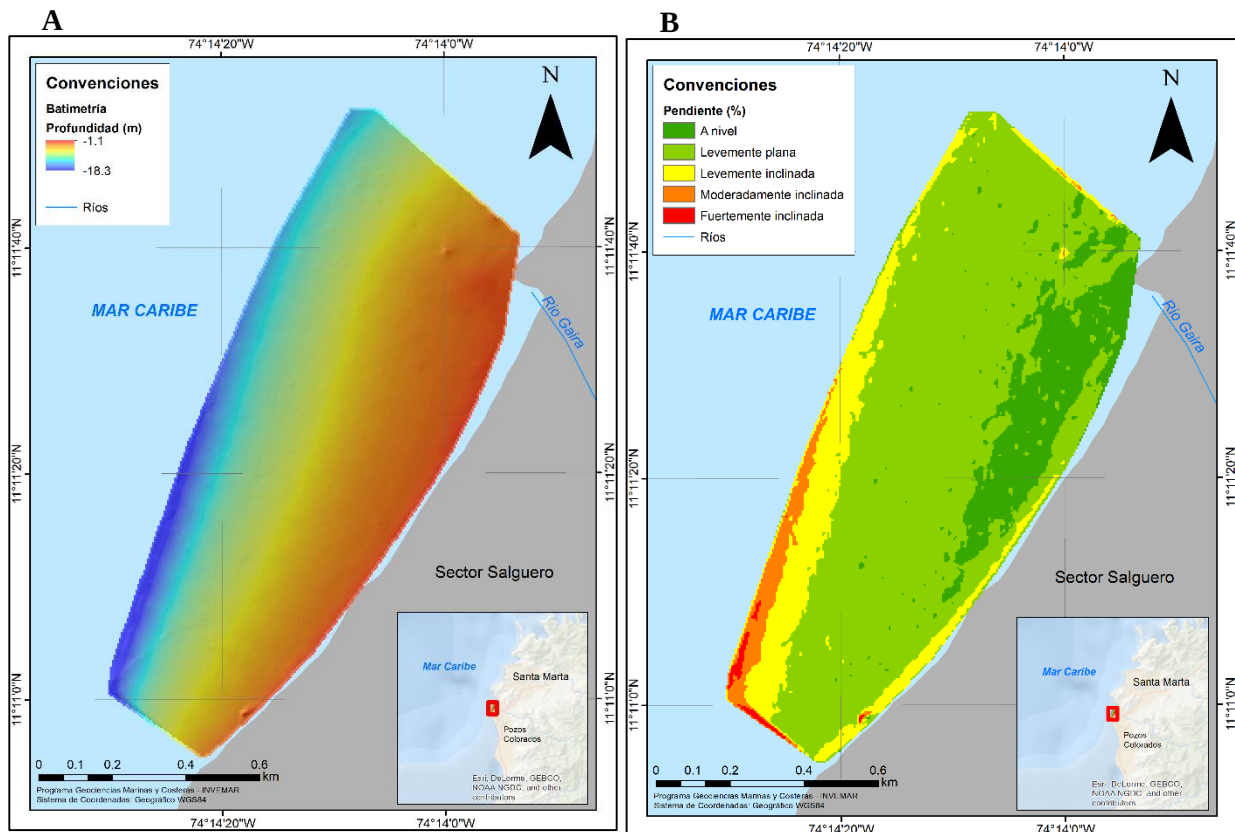


Figura 10. Modelos generados con los datos de Subsuelo 3D, A) profundidad, B) pendientes.

➤ Evolución Litoral

Los estudios de evolución litoral aportan conocimiento sobre las características morfodinámicas, así como las diversas escalas espaciales y temporales en las que ocurren en un área en particular. Además, estos estudios permiten identificar los procesos y factores que intervienen en la dinámica de la costa sean estos naturales o antrópicos (Scott *et al.*, 2011; Del Río *et al.*, 2013). De igual manera, estos estudios contribuyen con la gestión del riesgo especialmente en regiones del país donde por causa de este fenómeno las poblaciones pueden verse directamente afectadas (Ricaurte-Villota *et al.*, 2018). En el marco del Convenio No 211 de 2017 entre INVEMAR y CORPAMAG ejecutado durante el año 2018 se dio continuidad con el monitoreo y estudio de la erosión costera del departamento de Magdalena mediante la medición de perfiles de playa en su litoral, el cual se basó en el monitoreo de las variaciones morfológicas y muestreo de sedimentos en ocho (8) playas ubicadas entre la barra de Salamanca y la bahía de Santa Marta. Además, como caso de estudio se enfocó en el cálculo de las tasas de cambio de la línea de costa a lo largo de ~1,5 km en el sector de playa Salguero, puesto que corresponde a uno de los lugares con mayores cambios morfológicos asociados a procesos erosivos e intervención por obras de protección costera (INVEMAR - CORPAMAG, 2017).

El monitoreo fue realizado de manera trimestral (enero, abril, julio y septiembre de 2018) permitiendo así, completar un registro de tres años. Durante este tiempo los estudios han permitido la

identificación de sectores donde hay dominio de la erosión costera, los cuales requieren medidas de mitigación o adaptación acordes con su estado y en los que se debe tener en cuenta aspectos ambientales como batimetría, aportes fluviales, transporte litoral e intervenciones antrópicas (obras de protección tipo espolón). En particular de estos sectores se destacan: 1) la barra de Salamanca (km 54 – 55) la cual evidencia retrocesos que alcanzan los -10 m con débil recuperación estacional (acreción) causada por el déficit de sedimentos; 2) el sector Ciénaga (área urbana) en estado crítico en el cual se presentan procesos erosivos severos (-2 m), agudizado por la ausencia de un balance de sedimentos que recupere la playa y exposición de viviendas a un eventual aumento del oleaje y mareas; y 3) el sector de Playa Salguero el cual aunque muestra eventos de recuperación, es notable el retroceso de la línea de costa en el sector sur en el cual se presenta una tasa de erosión del orden de los -7,2 m/año, agravado posiblemente por la interrupción del transporte litoral de sedimentos en sentido norte a sur (**Figura 11**). Por otra parte, un mejor escenario se observa en otros sectores como la playa del Rodadero, bahía Calle 22 y playa Los Cocos los cuales se mantienen estables la mayor parte del año.

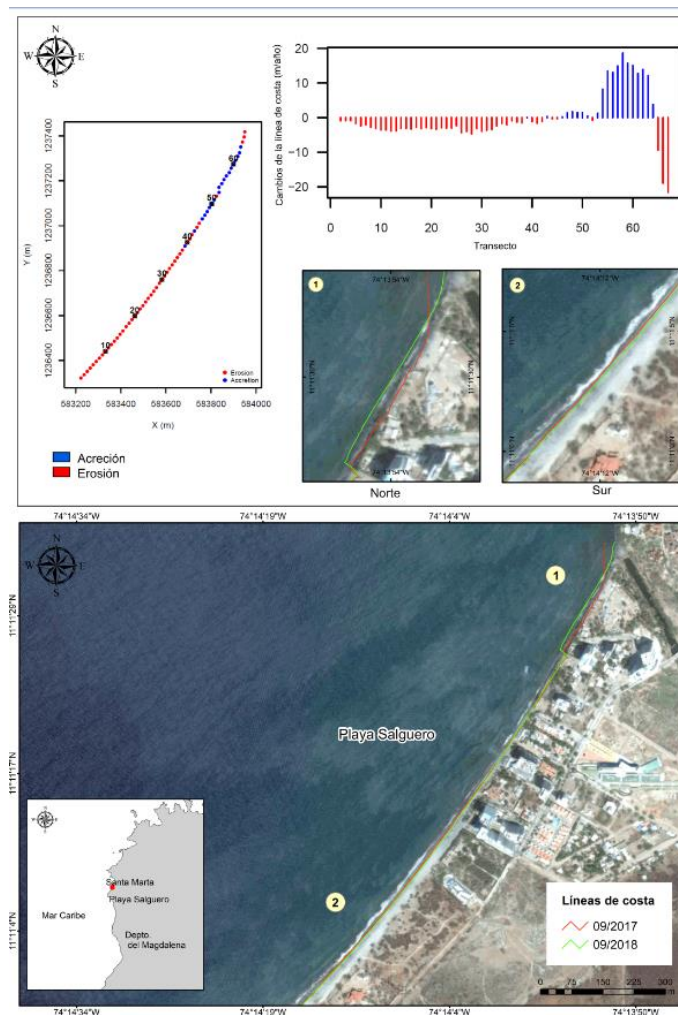


Figura 11 Variaciones de la línea de costa en el sector de playa Salguero entre septiembre 2017 y septiembre de 2018.

➤ Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera

La erosión costera constituye una de las amenazas que se origina por procesos naturales y al interactuar con condiciones antrópicas adversas puede desencadenar grandes afectaciones al litoral. Este fenómeno hace parte de una serie de amenazas que afectan las zonas costeras entre las que se encuentran la inundación, sismicidad, tsunamis, subsidencia, licuación de suelos, vendaval, entre otras; las cuales pueden actuar de manera conjunta sobre un área y aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones costeras. Los estudios sobre la región costera del Pacífico colombiano muestran que la incidencia de la dinámica litoral está condicionada por los aportes fluviales y un régimen mesomareal (Parra *et al.*, 2014; INVEMAR-CVS, 2017; 2018). Esta dinámica se ve manifestada en el departamento de Nariño en la sedimentación del frente de costa resultando en procesos de formación y migración de islas barrera.

En este contexto, durante el año 2018 se llevó a cabo adquisición de datos primarios y secundarios de las zonas marinas y costeras en las cuales se tenía planteado como objetivo “Definir las áreas críticas afectadas por el fenómeno de erosión costera de acuerdo con la evaluación de índices de amenaza y vulnerabilidad en el departamento de Nariño” (INVEMAR, 2018c). Por lo tanto, se visitaron las poblaciones sobre la línea de costa del departamento desde el corregimiento de Candelilla de la Mar hasta el municipio de Mosquera en las cuales registraron aspectos físicos y socioeconómicos. En cada una de las localidades donde se logró ingresar, se realizaron entrevistas a la comunidad de manera informal, reuniendo los líderes de los consejos comunitarios o un grupo de pobladores conscientes de las condiciones y necesidades del poblado (relacionadas con erosión costera). Estas entrevistas y observaciones permitieron el registro de información socioeconómica, cultural, ecológica e institucional. Esta información permitió el análisis de la vulnerabilidad, especialmente en comunidades apartadas geográficamente, logrando entre otras cosas hacerlas visibles a nivel departamental, regional y nacional. La metodología para la fase de recolección y posterior procesamiento y análisis estuvo basada en la desarrollada por (Coca-Domínguez, 2015) y posteriormente revisada por Coca-Domínguez y Ricaurte-Villota (en prensa).

Los análisis muestran que las áreas críticas en el departamento de Nariño corresponden a los segmentos de la línea de costa con los valores más altos de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera. La mayoría de estas áreas se concentran en veredas o centros poblados a lo largo de la costa, siendo Candelilla de la Mar la que está más al sur y Mulatos al norte del departamento (**Tabla 4**). Estos resultados aportaron insumos para una publicación, cuyo enfoque regional en el análisis de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera convirtiéndola en un insumo importante en la gestión del riesgo para las costas colombianas (Ricaurte-Villota *et al.*, 2018).

Tabla 4. Áreas críticas por erosión costera de acuerdo a la clasificación de la amenaza y vulnerabilidad.

Sector/vereda	Municipio	Amenaza	Vulnerabilidad
Mulatos	La Tola	155	121
Vigía	La Tola	145	128
San Juan de la Playa	Francisco Pizarro	91	146
Majagual	Francisco Pizarro	154	141
San Ignacio	Francisco Pizarro	125	136
Caleta Viento Libre	Tumaco	133	161

Trujillo	Tumaco	150	138
Teherán	Tumaco	125	133
Candelilla	Tumaco	125	135

Muy Alto: 200 – 160 (**Rojo**), Alto: 159 – 120 (**Naranja**), Medio: 119 – 80 (**Amarillo**), Bajo: 79 – 40 (**Verde claro**), Muy Bajo: 39 – 0 (**Verde oscuro**)

➤ Energías Renovables a partir de fuentes marinas y Desarrollo Tecnológico para el estudio del ambiente abiótico

La energía del océano es considerada como una de las fuentes de energía renovables más confiable, limpia y abundante que se manifiesta a través del oleaje, los mares, las corrientes y el gradiente térmico entre superficie y fondo marino. Su potencial de aprovechamiento depende en gran medida de las condiciones ambientales y oceanográficas locales. Sin embargo, aún existen muchos desafíos de investigación para producir energía eléctrica a escala comercial (Osorio *et al.*, 2016). En términos generales, la energía potencial del oleaje es proporcional a la altura de las olas (Ortega, 2010), de ahí la importancia de su medición, dado que dicha energía puede ser útil para las comunidades costeras o isleñas, que pueden aprovechar su cercanía a esta fuente de energía.

Para el caso de Colombia, son escasas las investigaciones que se han hecho para cuantificar el potencial energético del oleaje, debido a las limitadas fuentes de información y a la poca instrumentación marina que tiene el país. Con el objetivo de realizar una aproximación al estudio del oleaje y su potencial energético, se construyó un prototipo de boya de oleaje con elementos de bajo costo utilizando un microcontrolador programable open source con giróscopo y acelerómetro instalados (**Figura 12**).

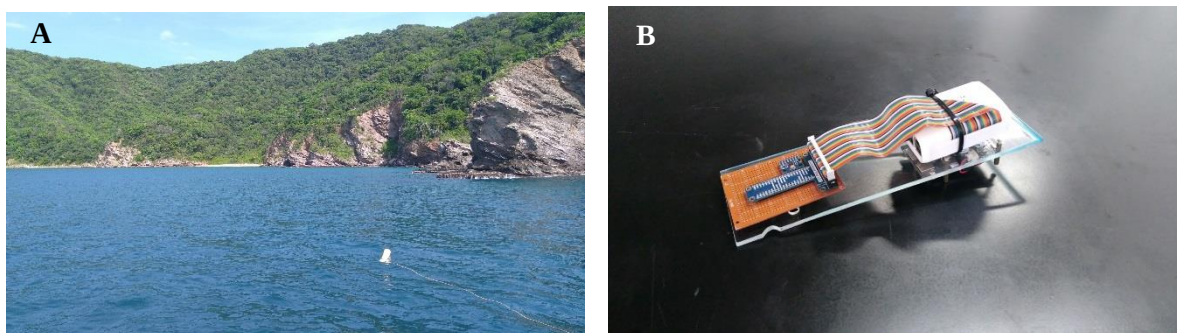


Figura 12 Fotografía del prototipo de boya de oleaje durante prueba de campo (a) y fotografía de los componentes electrónicos del equipo (b).

Para el desarrollo del prototipo de boya de oleaje; inicialmente, se ejecutaron pruebas de laboratorio, programación de códigos de adquisición, procesamiento y filtrado de datos. Posteriormente, se realizó el procesamiento en el entorno de computación numérica MatLab® y se calculó el espectro de energía asociado a los registros de aceleración obtenidos para identificar las frecuencias dominantes y su periodo. Se calculó los datos asociados al oleaje integrando la señal de aceleración (**Figura 13**).

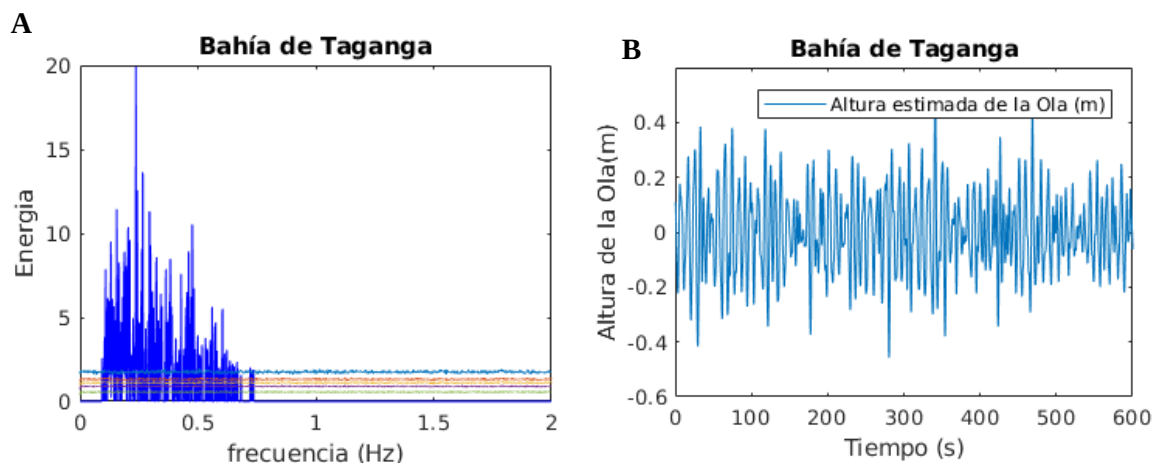


Figura 13 Espectros de energía (a) y altura de la ola calculada (b) con los datos obtenidos en la estación de prueba ubicada en la Bahía Taganga.

Se realizaron tres pruebas de funcionamiento del prototipo en la zona costera del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) en las bahías de Gayraca, Chengue y Taganga en el mes de noviembre de 2017. Se obtuvieron registros puntuales de oleaje en cada una de las estaciones (30 minutos por estación). Es importante aclarar que esta información no es significativa para concluir sobre las características del régimen de oleaje del sector ni sobre el potencial de generación de energía; sin embargo, permitieron analizar el oleaje presente en el periodo de funcionamiento del prototipo y validar los resultados obtenidos con las mediciones de un observador en campo (oleaje visual). De igual forma, se identificó la necesidad de optimizar la estructura del prototipo de la boya para atenuar la influencia del viento.

Los resultados obtenidos asociados al potencial energético del oleaje en las estaciones, fueron inferiores a los establecidos para aplicaciones comerciales los cuales oscilan entre 20 y 70 kW/m (Falcão, 2010). A partir de las medidas de aceleración, para Gayraca se encontró un potencial de 0,93, Chengue 0,60 y Taganga 0,84 kW/m. Dichos resultados sugieren que podría plantearse una solución a pequeña escala dirigida a suplir necesidades locales.

1 Indicador de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera
Definición e importancia del indicador
La erosión costera ha sido en los últimos años un tema de preocupación nacional debido a sus causas y consecuencias. La evaluación de la amenaza y la vulnerabilidad permite identificar de manera muy eficaz, los lugares donde debe priorizarse los esfuerzos con el objetivo de mitigar dicho fenómeno.
La amenaza es definida como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno a cierta magnitud que pueda causar daño. Este índice resulta de un concienzudo análisis multicriterio a través de la ponderación y la relación de variables físicas (oceanográficas, geológicas y geomorfológicas). Por otro lado, la evaluación de la vulnerabilidad por erosión costera se calcula a partir de tres ejes o componentes: i) componentes expuestos; ii) fragilidad de los sistemas o dimensiones sea esta física, social, económica, ecológica, institucional y cultural; iii) la capacidad de resiliencia. Cada uno de los indicadores muestra el estado de vulnerabilidad y amenaza de la línea de costa dimensionada en kilómetros y porcentaje de afectación según su clasificación sea está: Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja.
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 proporción de línea de costa de su jurisdicción que puede ser afectada por el fenómeno de erosión costera (**Tabla 5**).

El indicador presenta la extensión en proporción los kilómetros de línea de costa con amenaza y vulnerabilidad por erosión costera con respecto al total de la línea de costa de cada departamento evaluado hasta 2018 (**Figura 14**).

Fuente de los datos e información

Los datos fueron obtenidos de diferentes proyectos realizados por INVEMAR, en algunos casos en asocio con otras instituciones (INVEMAR y Gobernación de La Guajira, 2017; MADS e INVEMAR, 2016; MADS e INVEMAR, 2015; CVS e INVEMAR, 2015; INVEMAR, 2014a; INVEMAR, 2014c; INVEMAR, 2014d; INVEMAR, 2013a; INVEMAR, 2013b; INVEMAR *et al.*, 2012; Alcaldía de Cartagena de Indias *et al.*, 2014), CVS e INVEMAR, 2016; 2017; 2018; Ricaurte-Villota *et al.*, 2018.

Periodo reportado

Los resultados que aquí se presentan corresponden a estudios publicados entre 2012 y 2018.

Reporte o cálculo del indicador

Tabla 5 Proporción de línea de costa en erosión determinados para cada litoral.

Zona	Línea de costa (Km)	Amenaza Alta (Km)	Porcentaje	Vulnerabilidad Alta (Km)	Porcentaje
Caribe	2.267,9	631,19	28	703	31
Pacífico	3.589,5	1.101	31	115,8	3

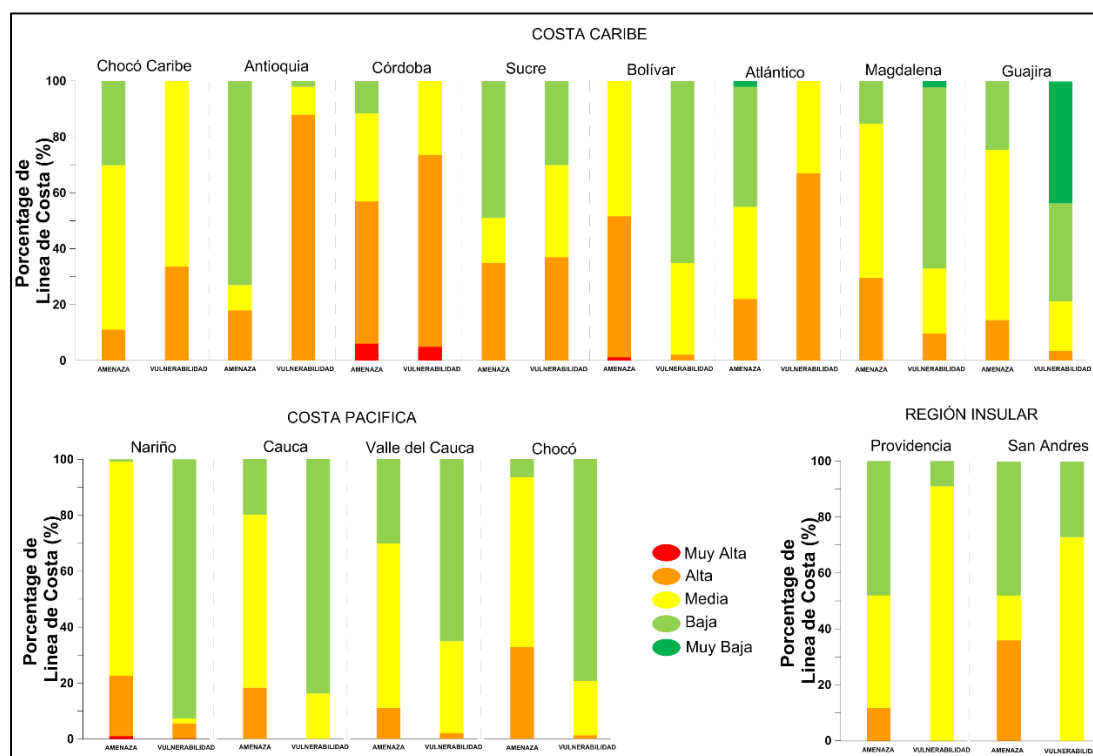


Figura 14 Porcentaje de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja en Colombia.

Interpretación de los resultados

En la costa Caribe, los departamentos de Bolívar y Córdoba presentan la mayor extensión y porcentaje de línea de costa en amenaza alta y los departamentos de Antioquia y Atlántico la mayor porción de línea de costa con vulnerabilidad alta. En la costa Pacífico el departamento de Nariño tiene el mayor porcentaje de línea de costa en amenaza alta y Cauca el mayor en vulnerabilidad alta (**Figura 14**). De la línea de costa

estudiada en el Caribe, el >30 % se encuentra en amenaza alta y muy alta, así como el >31 % en vulnerabilidad alta y muy alta. Por su parte, en el litoral del Pacífico colombiano el >30 % se encuentra amenaza alta y muy alta; mientras que el >3 % en vulnerabilidad alta y muy alta (**Figura 15**).

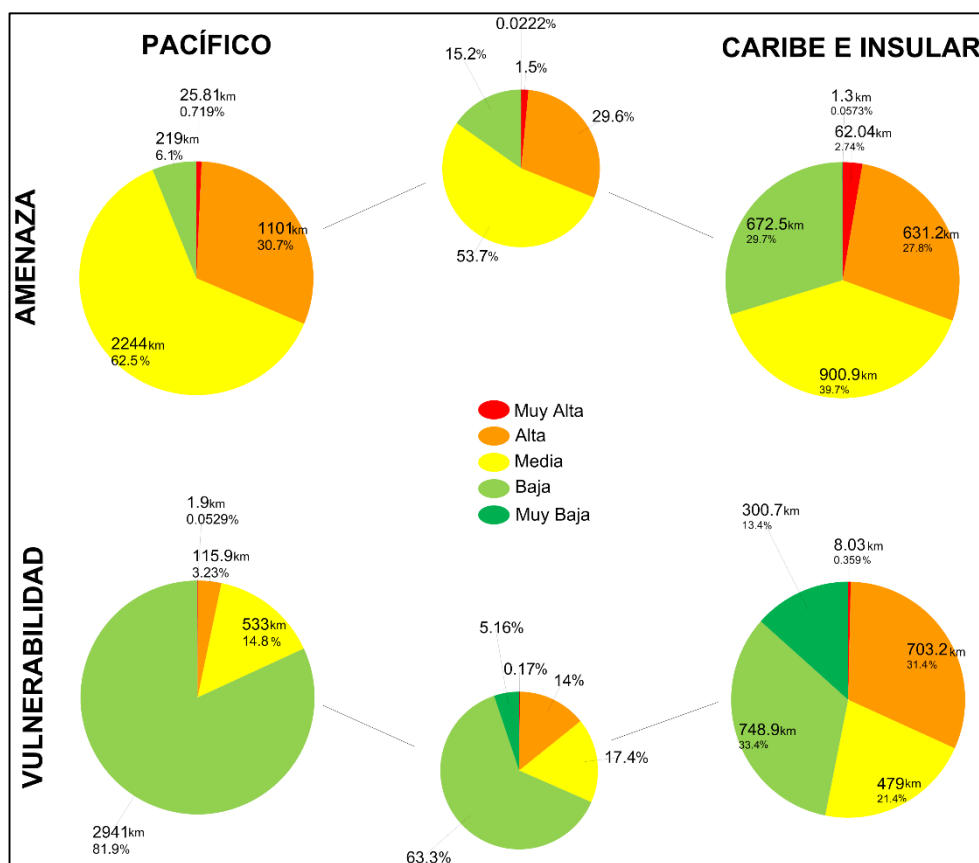


Figura 15. Proporción de línea de costa bajo amenaza y vulnerabilidad para el Caribe y el Pacífico.

Limitaciones del indicador

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

ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANOS

El agua es el eje transversal del desarrollo de la fauna y flora marina, así como de otros múltiples usos, sin embargo, su aprovechamiento eficiente y sostenible dependerá de la gestión integral que realicen las autoridades ambientales competentes, para mitigar los efectos de la variabilidad climática y diferentes tensores que afectan las condiciones de calidad de las aguas superficiales y en particular las aguas marinas. Por lo anterior, la información y el conocimiento que se tenga de los sistemas hídricos es fundamental. En este sentido, el programa nacional de monitoreo de la Red de vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM, del cual hacen parte las corporaciones con jurisdicción costera CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABA, CODECHOCO, CVC,

CRC, CORPONARIÑO y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR como el coordinador nacional, realizan mediciones de parámetros fisicoquímicos y de contaminantes; esta información es analizada a través del índice de calidad de aguas marino-costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}), una herramienta desarrollada para interpretar los cambios en la calidad del agua superficial marina, teniendo en cuenta épocas climáticas, la ubicación geográfica de las estaciones de muestreo a una escala nacional, regional, departamental y local, considerando la ocurrencia de fenómenos naturales y la influencia de actividades antropogénicas (Vivas-Aguas, 2011; Vivas-Aguas *et al.*, 2017). En este informe se presenta el análisis detallado del ICAM con información del año 2017 y una comparación con las tendencias de los años 2015 y 2016.

2 Indicador de calidad aguas (ICAM)			
Definición e importancia del indicador			
El índice de calidad de aguas marinas y costeras para la preservación de la flora y fauna (ICAM _{PFF}) 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 6).			
Tabla 6 Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM (Vivas-Aguas, 2011).			
Escala de calidad	Color	Categorías	Descripción
Óptima	Azul	100-90	Calidad excelente del agua
Adecuada	Verde	90-70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
Aceptable	Amarillo	70-50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso
Inadecuada	Naranja	50-25	Agua que presenta muchas restricciones de uso
Pésima	Rojo	25-0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado
El ICAM _{PFF} para aguas marinas integra la información de ocho variables (oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, y coliformes termotolerantes). En el caso de aguas estuarinas se tiene en cuenta las concentraciones de Clorofila en reemplazo de los hidrocarburos disueltos y dispersos; cada índice se estima 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 referencia o criterios de calidad nacionales o internacionales para la preservación de la flora y fauna (Vivas-Aguas <i>et al.</i> , 2017).			
Ecuación 1:			
$ICAM = \left(\prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}}$			
Donde:			
ICAM= [(X _{OD}) ^{0,16} x (X _{pH}) ^{0,12} x (X _{SST}) ^{0,13} x (X _{DBO}) ^{0,13} x (X _{CTE}) ^{0,14} x (X _{HDD}) ^{0,12} x (X _{NO3}) ^{0,09} x (X _{PO4}) ^{0,13}] ^{1/wi}			
Xi = subíndice de calidad de la variable i			
Wi = factor de ponderación para cada subíndice, según su importancia dentro del ICAM, el cual es ponderado entre cero y uno.			
i = equivale a cada una de las variables que integra el ICAM			
Fuente de los datos e información			
Base de datos del sistema de información de soporte del programa nacional de monitoreo de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM.			

Periodo reportado

Año 2017.

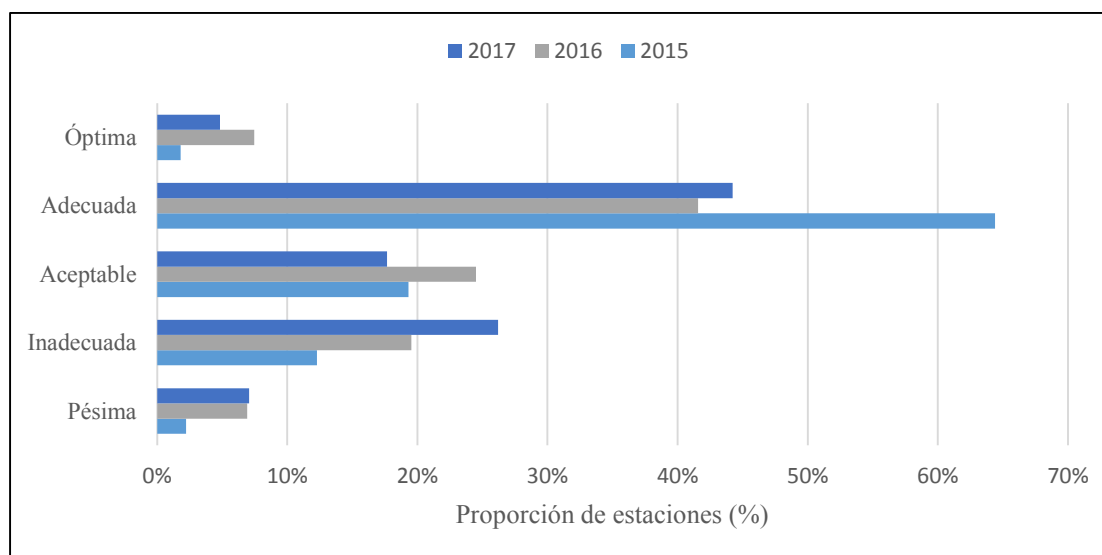
Reporte o cálculo del indicador

Se presentan los resultados del cálculo del ICAM_{PFF}, para el año 2017, describiendo la información de manera detallada, teniendo en cuenta los momentos de muestreo, épocas climáticas y la ubicación geográfica (departamentos y estaciones).

Interpretación de los resultados

Durante los muestreos del año 2017, a nivel nacional el 5% de los sitios presentaron calidad óptima para la preservación de la flora y la fauna, el 44% adecuada, el 25% aceptable y el 33% entre inadecuada y pésima, con tendencia progresiva de deterioro del agua que se viene registrando desde el año 2015, al incrementar las condiciones pésimas e inadecuadas (INVEMAR, 2019; **Figura 16**), y que está asociado a la persistencia del inadecuado manejo de residuos líquidos y sólidos provenientes de las fuentes puntuales y difusas de contaminación, como el urbanismo, industria, minería, agricultura y turismo, entre otras presentes en la zona costera. Esta situación sumada a los precarios o inexistentes sistemas de tratamiento en los municipios costeros, hace notoria la necesidad de una articulación en las nuevas políticas del sector vivienda, para robustecer la infraestructura de saneamiento básico que permitan aumentar la cobertura y mejorar su funcionamiento (MAVDT, 2004; Garay y Vélez., 2004; Superservicios y DNP, 2018).

En particular durante el 2017 las aguas superficiales marinas y costeras del país, estuvieron regidas por variaciones climatológicas que mantuvieron condiciones débiles de “La Niña”, presentándose en algunos momentos precipitaciones por encima de lo normal en las regiones Caribe y Pacífico (IDEAM, 2017). Las condiciones de calidad del agua estuvieron influenciadas por el aumento del caudal de los ríos, con incrementos de la carga doméstica en términos de materia orgánica (IDEAM, 2018; INVEMAR, 2019); lo cual, se reflejó con el aumento en la concentración de indicadores microbiológicos, nutrientes inorgánicos disueltos (nitritos y fosfatos); la disminución de oxígeno disuelto; y la presencia de hidrocarburos disueltos y dispersos que si bien están en bajas concentraciones y no fueron determinantes en los resultados del ICAM en todos los departamentos, es importante hacerles seguimiento por el impacto que pueden generar a la biota acuática, es especial en el departamento del Magdalena, en la estación puente calle 22, lugar donde se registró pésima calidad por hidrocarburos en el segundo muestreo de 2017. Su presencia se atribuye al uso de combustible y sus derivados, utilizados en el desarrollo de actividades como el tránsito de embarcaciones, venta en expendios informales de gasolina y a las escorrentías de los ríos que reciben aportes de los asentamientos humanos.



Año	2015	2016	2017	Tendencia	Situación actual
Pésima	2%	7%	7%	→	☹ Recurrente
Inadecuada	12%	20%	26%	↑	☹ Desfavorable
Aceptable	19%	25%	18%	↓	😊 Recurrente
Adecuada	64%	42%	44%	↑	☹ Favorable
Óptima	2%	7%	5%	↓	😊 Favorable

Figura 16 Tendencia comparativa de los cambios en la calidad de las aguas marinas y costeras evaluadas con el ICAM_{PFF} entre los años 2015 y 2017.

El análisis detallado para la región Caribe, mostró que en todos los departamentos costeros (San Andrés y Providencia Islas, La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba y Antioquia), el 38% de los sitios presentó condiciones de calidad del agua marina entre pésimas e inadecuadas (**Figura 17**), destacándose la tendencia pésima y casos más críticos en los departamentos del Magdalena y Antioquia, al igual que en el año 2016, cuando se registraron los ICAM más desfavorables en Antioquia, particularmente en las playas de Arboletes, Uveros y Lechugal, el muelle Armada; los frentes de los ríos Atrato, Leoncito, León y las desembocaduras de los ríos Volcán, Caimán Nuevo, Turbo, San Juan, Necoclí, Damaquiel, Currulao y León. Estos resultados, se asocian a que todos los municipios en esta zona excepto Turbo que tiene una laguna de oxidación, realizan descargas de aguas residuales sin tratamiento previo directamente a los ríos y zona costera (Superservicios, 2014), además que en el Golfo de Urabá tributan más de 10 cuencas (Castaño, 2002; MMA, 2002) que reciben las escorrentías agrícolas procedentes de los cultivos de plátano y banano que representan el cultivo fuerte del agro del Urabá Antioqueño (García-Valencia, 2007).

En el Pacífico, el 18% de los sitios estuvieron entre pésima e inadecuada calidad (**Figura 17**), en donde se destaca que los resultados se ven influenciados por los ciclos de marea donde se experimentan cambios progresivos sobre la dinámica y flujos del agua marina (IDEAM, 2017a). Las condiciones más críticas se presentaron en el departamento de Nariño, en la estación del Arco el Morro, estero el Pajal y frente a la sociedad portuaria; en algunas estaciones de la bahía de Buenaventura, y en las playas Magüipi, Pianguita y la Barra en Valle del Cauca.

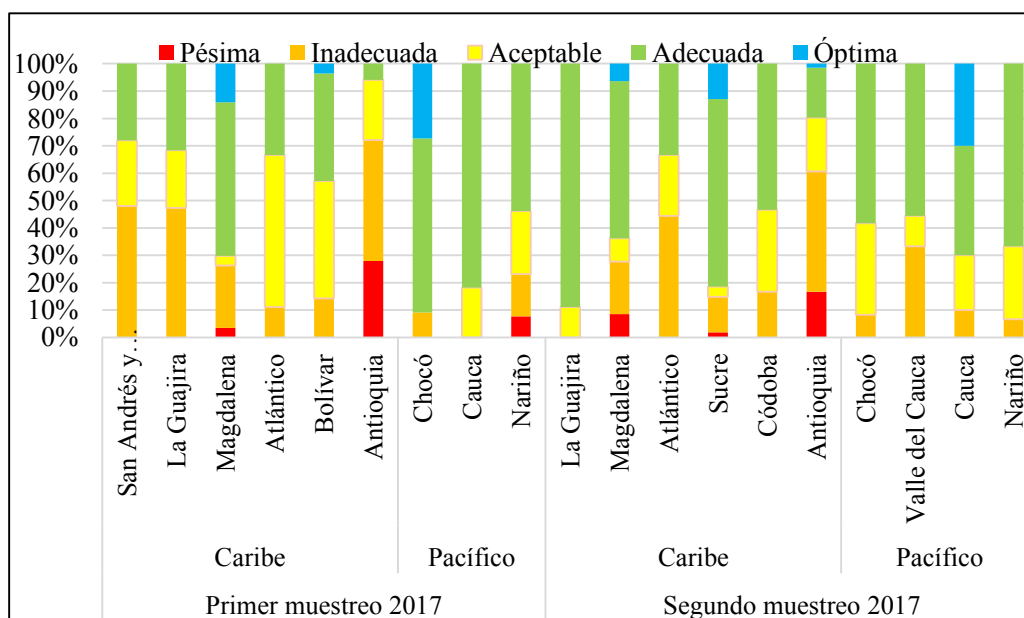


Figura 17 Distribución porcentual (%) de la calidad de las aguas marinas y costeras evaluadas con el ICAM_{PFF} en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos, de acuerdo a los resultados obtenidos en el primer y segundo muestreo del año 2017.

Limitaciones del indicador		
El ICAM _{PFF} está formulado para estimar la calidad del agua con fines de preservación de flora y fauna en cuerpos de agua marinos y costeros. Se recomienda excluir aplicaciones en aguas típicamente continentales, teniendo en cuenta que las características propias de otros sistemas no son compatibles con las que determina este índice, y los resultados no estarían acorde con la calidad esperada.		
Para aplicar el ICAM _{PFF} la información debe cumplir con los criterios analíticos de laboratorio para las aguas superficiales marinas y estuarinas (características marinas, o de las desembocaduras y frentes de los ríos que llegan al mar), además para calcularlo se recomienda que 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 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 _{PFF} incorpora en su estructura de cálculo, variables que obedecen a cambios naturales y antropogénicos en la calidad de aguas marinas y estuarinas, la representación del resultado esperado es adecuada, siempre y cuando los datos se hayan obtenido mediante técnicas analíticas validadas con metodologías ampliamente usadas 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 _{PFF} , se propone adoptar las medidas de seguimiento e investigación descritas en la Tabla 7 mediante las cuales se puede identificar la causa y la fuente o fuentes del deterioro del agua, como insumos para el diseño de medidas de reducción o mitigación del impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado.		
Tabla 7 Opciones de medidas que se puedan adoptar según la valoración del indicador. Tomado de Vivas-Aguas, 2011, modificado de Marín, 2001.		
Escala de calidad	Categorías	Descripción
Óptima	100-90	Continuar con el monitoreo
Adecuada	90-70	Caracterización, diagnóstico, verificación
Aceptable	70-50	Monitoreo y evaluación: fisicoquímicos y tóxicos semestral
Inadecuada	50-25	Monitoreo /bioensayos/ medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos plan de contingencia trimestral
Pésima	25-0	Monitoreo y seguimiento /bioensayos/ evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral

ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO EN PLAYAS TURÍSTICAS EN EL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANOS

En Colombia, así como en el resto del mundo, las playas se consideran un ecosistema de vital importancia, ya que sirven como hábitat, zonas de anidamiento y refugio de organismo marinos y además, son empleadas para actividades deportivas y recreativas, permitiendo el desarrollo turístico, económico y cultural (Castaño-Isaza *et al.*, 2015). En el 2005, a través del Programa de Apoyo Institucional para el estudio ambiental de las playas turísticas colombianas, se identificaron algunas problemáticas que afectan la integridad de estos ecosistemas, como la pérdida de línea de costa, ocupación indebida, déficit de ordenamiento, baja calidad de las aguas de baño debido a vertimientos de aguas residuales, entre otras (MINCIT, 2011). Esta última afectación es una de las más

determinantes, debido al potencial riesgo a los usuarios de contraer enfermedades como, gastroenteritis e infecciones del tracto respiratorio superior, ojos, oídos y piel (Phillips *et al.*, 2011). No obstante, los vertimientos de aguas residuales no son la única fuente que deteriora la calidad del agua, también se puede dar por fuentes difusas, como las escorrentías urbanas y rurales durante la época de lluvias, así como la misma actividad turística, por el alto número de usuarios y disposición de residuos sobre el ecosistema.

Por esta razón y con el propósito de hacer seguimiento al estado de las aguas de baño en las playas de uso turístico ubicadas en el Caribe y Pacífico colombianos, 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, se vienen realizando desde el año 2001 mediciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal como los Coliformes termotolerantes que permiten indicar si el agua es apta o no para uso recreativo, teniendo en cuenta los criterios de calidad nacional (Decreto 1076 MinAmbiente, 2015). En este informe se presenta el análisis detallado del año 2017 y una comparación con la tendencia de la última década (desde el 2007) de los datos colectados por las corporaciones con jurisdicción costera y el INVEMAR en el marco de la REDCAM.

Los resultados de 2017 mostraron que tan solo el 64% de las 87 playas evaluadas cumplieron con los criterios de calidad y fueron aptas para uso recreativo (**Figura 18**), evidenciando una marcada disminución en el porcentaje de cumplimiento, que confirma el deterioro de calidad del agua de baño en el último año. El análisis regional señaló que el 70% de las 69 playas ubicadas en el Caribe presentaron condiciones aptas para uso recreativo de contacto primario, mientras que solo el 44% de las 18 playas del Pacífico fueron aptas (**Figura 19**).

El análisis detallado por departamentos (**Figura 20**), muestra que los porcentajes de incumplimiento se presentaron en las playas de los departamentos del Chocó, Antioquia y Nariño (**Figura 20**), debido a que se ven fuertemente afectados por los vertimientos de aguas residuales, principalmente de tipo doméstico que llegan directamente al mar o a los esteros, o a través del escurrimiento de las cuencas que drenan a la zona costera. Si bien la proporción del incumplimiento es mayor en el Pacífico, es claro que en el Caribe es superior el número de playas que se monitorean y que no cumplen con el criterio de calidad, particularmente, las playas del Urabá Antioqueño (6 de 7 playas) y Sucre (5 de 10 playas; **Figura 20**).

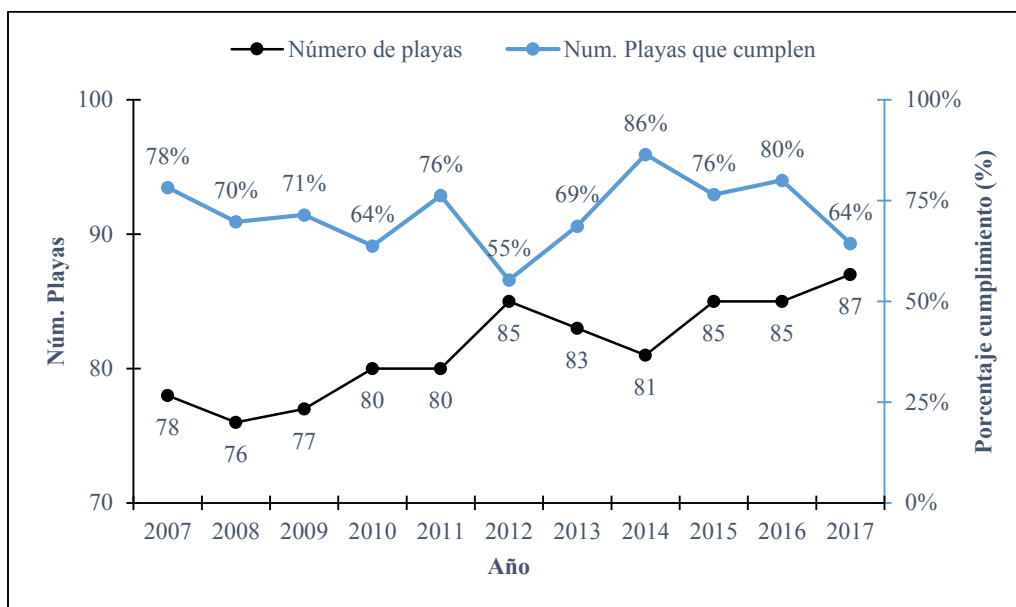


Figura 18 Relación del número de playas evaluadas y el porcentaje de playas turísticas que cumplieron con el criterio de calidad microbiológica para aguas de baño de uso recreativo, evaluadas en la REDCAM entre 2007 y 2017. **Fuente:** INVEMAR-REDCAM, 2019.

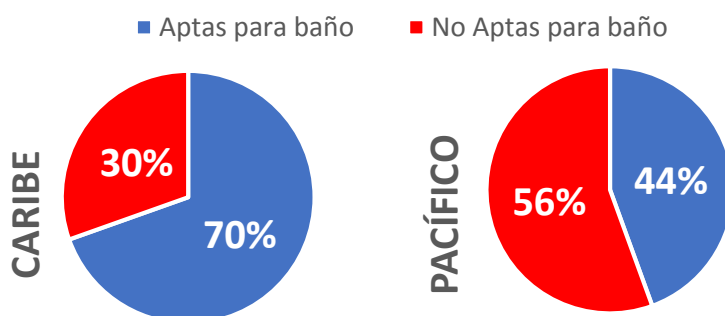


Figura 19 Composición porcentual de las playas turísticas ubicadas en el Caribe y Pacífico colombianos, que cumplieron con los criterios de calidad microbiológica para aguas de baño de uso recreativo en el 2017. **Fuente:** INVEMAR-REDCAM, 2019.

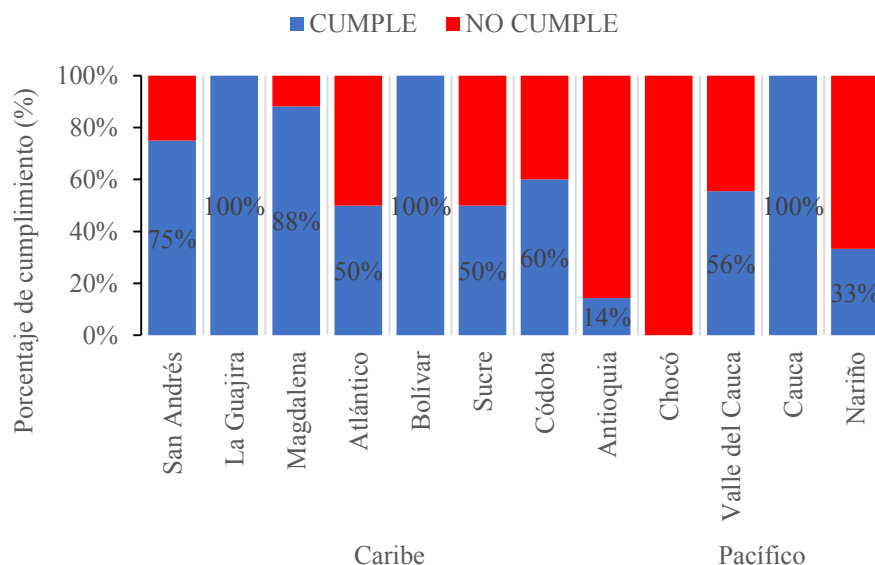


Figura 20 Porcentaje de playas que cumplieron con el criterio de calidad microbiológica para aguas de baño de uso recreativo durante el año 2017 en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos.

BIODIVERSIDAD MARINA

De acuerdo con La Convención sobre Diversidad Biológica (CDB), el término “diversidad biológica”, en su segundo artículo, se define como la “variabilidad entre organismos vivos de todos los orígenes comprendiendo, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que hacen parte; comprendiendo además la diversidad dentro de las especies, entre las especies y dentro de los ecosistemas”. Aceptando esta definición como la más amplia en la que se incluyen todos los niveles de organización biológica (desde ecosistemas hasta genes), reconocerla en su más extenso sentido da una idea del incommensurable deber que tienen todos (Constitución Política de Colombia Artículo 8: Es Obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación) en el buen uso, aprovechamiento y conservación de la herencia natural, que ha sido reconocida a nivel mundial con una posición entre los primeros lugares tanto a nivel continental como marino.

La inmensidad (hablando numéricamente) de especies conocidas (alrededor de unos 1,7 millones de especies en la actualidad) y aún más, las que se desconocen, alrededor de 10 millones a nivel global (Wilson, 2004), especialmente porque no hay especialistas para todos los grupos o porque sencillamente se ignora su existencia, siendo muy probable que al tener la capacidad de identificarlas, unas cuantas decenas sino más, ya habrán desaparecido (Pimm y Raven, 2000), lo que lleva a pensar que las medidas para la conservación de la biodiversidad que se están generando actualmente, se basan en menos del 20% de lo que realmente existe (Kim y Byrne, 2006, Pérez-Schultheiss, 2009) y si a esto se le suma que no existe un presupuesto que permita conocer o hacerle seguimiento a todas o al menos a un cierto número de especies (o de ciertos grupos) de manera significativa, ya sea por su interés ecológico o económico, es un poco más práctico ver el todo desde el punto de vista del ecosistema, que cada componente que lo conforma de manera individualizada.

En este sentido, sin subestimar la valiosa información que es requerida y que se puede recolectar hoy día para distintas especies en riesgo de extinción, endémicas, exóticas o invasoras, la cual es crucial para tomar acciones de manejo de su presencia en los ecosistemas naturales y su afectación a otras especies, es imprescindible el mejoramiento de la identificación de las variables indicadoras (físicas, químicas o biológicas) que permiten, a corto o mediano plazo, visualizar integralmente el estado de toda la comunidad en un ambiente determinado.

Es por lo anterior, que los indicadores de condición tendencia –ICT en ecosistemas, a pesar de trabajar sobre unos supuestos generales y no contar para manglares y pastos marinos aún con el 100% de la información requerida para su implementación completa, los resultados actuales nos dan ya una idea muy cercana del estado de “salud” del mismo, mientras se sigue recolectando la información base para determinar todos los valores de referencia requeridos para tener un ICT más robusto. Es así como para el ecosistema de corales, el Informe de estado del año 2019 que se publicará en el 2020, tiene planteado reajustar los valores de referencia en los indicadores para algunas áreas coralinas, específicamente para el SFF Malpelo, teniendo en cuenta que es un área que se presenta ciertas particularidades con respecto a las demás, y por ende medir su estado requiere tener valores apropiados.

Por otra parte, para el ecosistema de pastos marinos, a pesar de que en los últimos años dos de las tres variables que lo componen hoy están ajustadas, se identificó que las praderas mixtas de la isla de Providencia presentan un comportamiento atípico, específicamente el área fuera del PNN Old Providence McBean Lagoon, estableciendo la necesidad de establecer valores de referencia en la variable de densidad, dada la fuerte asociación en el área entre la especie *Thalassia testudinum* con *Syringodium filiforme*. Es muy probable que, al involucrar especies de fauna al indicador, también se encuentren situaciones atípicas que obliguen a tener valores de referencia específicas sólo para algunas áreas.

Para manglares, se complejiza un poco más la situación, ya que además de que su fauna asociada, la cual es aún desconocida en la gran mayoría de sitios, puede ser literalmente opuesta entre localidades de una misma región, cada especie de manglar se puede comportar de manera diferente por se y por sus tipos fisiográficos, se le imprime una variabilidad más alta a su valor intrínseco de estar “bien”. Es por esto que, aunque de manera preliminar y por un buen tiempo, los valores de los indicadores de Densidad y Área Basal del ICT para bosque de manglar (ICTBM), están referenciados por departamentos, más que por especie de mangle o tipo fisiográfico, en estudios más avanzados a mediano o largo plazo, tal vez se pueda afinar un poco más cada variable involucrada en este indicador. Para el ICTBM se cuenta actualmente con la construcción de las referencias para las otras dos variables de Regeneración natural y presencia de Aves indicadoras con la información histórica disponible de la Ciénaga Grande de Santa Marta y del complejo de Cispata. Esta última variable que compone el ICTBM, se desataca porque permite dar indicios de la función que está realizando el bosque de manglar de manera integral, ya sea en términos de proveer refugio, alimento o zona de anidamiento, entre otras que, con el tiempo, pueden irse identificando teniendo la suficiente información recopilada. Al respecto, cabe aclarar que el grupo biológico de aves, por ser el más conspicuo y estudiado en las evaluaciones de manglares que se han hecho en el país, fue el que se seleccionó preliminarmente para ser tenido en cuenta dentro del ICTBM, no obstante, esta selección de variable no significa que en todos los casos deban ser las aves el grupo biológico indicador y siempre queda abierto en caso tal, a que sean grupos o especies de invertebrados (moluscos, crustáceos, etc.) o mamíferos (por ejemplo la zorra manglera, *Procyon lotor*) quienes puedan ejercer

este papel, siempre y cuando su comportamiento natural sea sensible a las alteraciones del estado del manglar.

Por último, es de mencionar que, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, en los últimos años, se ha estado empleado el indicador de integridad biológica para manglares (IBIm), no obstante, dentro de la actualización de los indicadores biológicos, el INVEMAR desde el 2014 diseñó una serie para ecosistemas basándose en la importante función ecológica y de bienes y servicios que éstos soportan, razón por la cual la variable de Función y su estrecha relación con la incorporación de indicadores de la fauna asociada a éstos, son tan fundamentales en esta evolución de la identificación del estado de los ecosistemas de especial interés marino costero para el país. Es por ello, que la implementación del ICTBM, surte una gran importancia en el sentido en que permite a corto y mediano plazo, visualizar integralmente el estado de toda la comunidad biológica en el ambiente abiótico en que se desarrolla, permitiendo de este modo, dar una idea más acertada del estado de “salud” del ecosistema. Por lo anterior, a partir de la próxima publicación de este informe, la información del indicador de Manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta se presentará en el formato ICTBM.

A continuación, se presenta para corales, pastos y manglares los avances a la fecha sobre los índices de condición-tendencia.

ECOSISTEMAS Y HÁBITATS

➤ Arrecifes Coralinos

Los arrecifes coralinos son estructuras ciclópeas tridimensionales 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 (Prahl y Erhardt, 1985; Cairns, 1999; Díaz *et al.*, 2000; Reyes *et al.*, 2010), son propios de aguas someras y cálidas, por lo que se les observa más comúnmente alrededor de los trópicos por todo el mundo, principalmente en zonas costeras, pero llegando incluso a tener presencia a los 6.000 m en los que la luz está ausente (Murray Roberts *et al.*, 2009). Los arrecifes creados pueden tener tamaños de miles de kilómetros de extensión y generan entre otras cosas hábitat, alimento y protección para más del 25% de especies marinas (EPA, 2012). Son muchos los bienes y servicios que le brinda a la humanidad generando desde protección costera hasta generación de divisas por buceo y turismo, siendo a la vez epicentros de biodiversidad y valor paisajístico (Buddemeier *et al.*, 2004). Esta mencionada belleza, que le confiere valor económico y ecológico, hace que sea de vital importancia el continuar monitoreando, investigando, conociendo y preservando estos ecosistemas que hoy por hoy son el ecosistema emblemático de la humanidad, pese a atravesar serias amenazas contra su conservación (Burke *et al.*, 2011).

Localización y distribución

Las áreas coralinas han sido exploradas con mayor detalle en aguas someras hasta los 30 m de profundidad, tanto a nivel del Caribe como del Pacífico. En este sentido, dichas áreas comprenden además de los arrecifes de coral o formaciones coralinas que le dan su nombre, una serie de biotopos y hábitats asociados, usualmente distribuidos en forma de mosaico, cuya localización puede 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, 2015). Estas áreas a nivel del Caribe se encuentran ubicadas en la región insular en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, así como en el borde costero en las zonas de bahía Portete, el sector de Chocó Darién y los Parques Nacionales Naturales Tayrona y Corales del Rosario y San Bernardo. A nivel del Pacífico, los sitios más representativos son la ensenada de Utría, punta Tebada, isla Gorgona e isla Malpelo, donde la cobertura de las áreas coralinas es más notable.

3 Indicador de condición-tendencia de áreas coralinas - ICT_{AC}

Definición e importancia del indicador

El indicador de condición tendencia de áreas coralinas (ICT_{AC}) es un indicador de estado que permite establecer de manera inicial la condición del ecosistema y con series de datos anuales, las tendencias de la estructura ecológica en áreas coralinas de hasta 30 m de profundidad, a partir de cuatro variables: corales, algas, peces arrecifales carnívoros y herbívoros (Rodríguez-Rincón *et al.* 2014) (**Tabla 8**). El resultado del ICT_{AC} será el estimado por un promedio aritmético de las variables adimensionadas y será específico para el conjunto de estaciones de una localidad, por lo que no se recomienda extrapolarlo a nivel nacional como un solo valor total. Cada una de las cuatro variables que conforman el indicador, se clasifican según escalas de referencia para el Caribe y Pacífico colombiano como: deseable, buena, regular, alerta y no deseable (**Tabla 9** y **Tabla 10**). 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 (g/100m²)

BPC = Biomasa de peces carnívoros para las familias Lutjanidae, Serranidae (g/100m²)

Tabla 8 Escala de valoración del indicador de condición-tendencia de áreas coralinas – ICT_{AC} (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014).

Condición general de integridad	Valor ICT _{AC}
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

Tabla 9 Escala de referencias para las variables del indicador de condición-tendencia de áreas coralinas – ICTAC (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014) en la región Caribe - Referencias de (HRI, 2012).

Variables	Deseable	Buena	Regular	Alerta	No Deseable
Cobertura de coral pétreo vivo CCV-%	≥40	20 -39,9	10-19,9	5,0 - 9,9	< 5
Cobertura de macroalgas frondosas- CMF %	0 - 0,9	1,0 - 5	5,1 - 12,0	12,1 - 25	> 25,0
Biomasa Peces herbívoros - BPH (g/100m ²) Loros y cirujanos	≥3480	2880 - 3479	1920 - 2879	960 - 1919	< 960
Biomasa Peces carnívoros - BPC (g/100m ²) meros, chernas y pargos	≥1680	1260 - 1679	840 - 1259	420 - 839	< 420

Tabla 10 Escala de referencias para las variables del indicador de condición-tendencia de áreas coralinas – ICTAC (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014) en la región Pacífico (Tomado de SISMAC- INVEMAR). Se resalta que para el Pacífico no se hace referencia a biomasa.

Variable	Deseable	Buena	Regular	Alerta	No Deseable
Cobertura de coral pétreo vivo CCV-%	>60	59,9 - 30	29,9 - 15	14,9 - 10	< 9,9
Cobertura de macroalgas frondosas- CMF %	<9,9	10 - 19,9	20 - 39,9	40 - 59,9	> 60
Abundancia Peces herbívoros - APH (g/100m ²) Loros y cirujanos	>35,46	35,45 - 12,84	12,83 - 2,02	2,01 - 1,39	< 1,38
Abundancia Peces carnívoros - APC (g/100m ²) meros, chernas y pargos	>22,22	22,23 - 3,13	3,12 - 0,78	0,72 - 0,57	< 0,57

Fuente de los datos e información

Los resultados que aquí se presentan corresponden a datos obtenidos del monitoreo en cada una de las áreas de: Caribe insular en isla Providencia PNN-Old Providence McBean Lagoon. Caribe continental en PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y en el Pacífico del SFF Malpelo (**Figura 21**). La información recolectada se encuentra salvaguardada en el Sistema de Información del Monitoreo de Arrecifes Coralinos (SISMAC) contenido en el Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia SIAM.

Periodo reportado

El periodo reportado corresponde a la información analizada de los resultados del 2018.

Reporte o cálculo del indicador

En el año de 2018 se realizó por cuarto año consecutivo la medición de las variables que conforman el ICT_{AC}: Corales escleractíneos, algas, peces arrecifales carnívoros y herbívoros en cada uno de los cuatro sitios seleccionados en Colombia (**Figura 21**). Se presenta el porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de Condición-Tendencia que cuentan con información disponible (**Figura 22** y **Figura 23**).

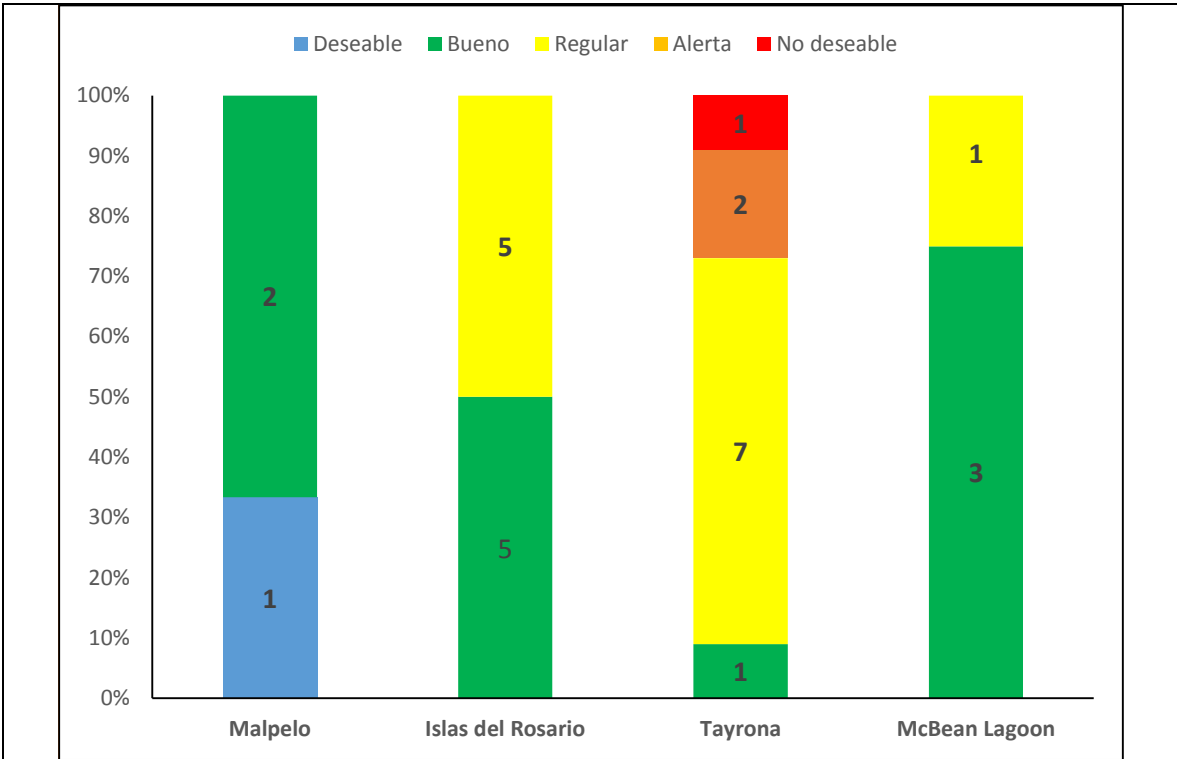


Figura 21 Índice de condición-tendencia de áreas coralinas ICT_{AC} para el año 2018, en porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de condición-tendencia (**Tabla 8**) en cada área (los números al interior de las barras corresponden a la cantidad de estaciones).

Interpretación de los resultados

Al comparar los resultados del 2018 con el año anterior, se observa en el Pacífico, que las estaciones de Malpelo mostraron una mejoría con respecto al 2017, al presentar una estación en condición “Deseable” y las demás en “Bueno”. Lo anterior, pese a continuar presentando un detrimento considerable en la cobertura coralina de la estación de El Arrecife, debido a remoción física por el oleaje y corrientes, que se inició desde el 2010 por un movimiento telúrico y una ola tsunami que debilitó la base del arrecife en la estación media. Por su parte en el Caribe, en McBean Lagoon aumentó el número de estaciones en condición “Bueno”, mientras que para las islas del Rosario si bien dos estaciones bajaron de “Deseable” a “Bueno”, dos más subieron de “Alerta” a “Regular”. En el Tayrona, disminuyó el número de estaciones en “Bueno” y la ubicada en la bahía de Granate, mostró condición “No Deseable” por la disminución de la cobertura coralina por sedimentación y la presencia disminuida de peces carnívoros usualmente presentes.

Para todo lo anterior se debe mencionar que hay especies de algas (ie. *Lobophora variegata*, *Halimeda sp.*, *Dictyota sp.*) y peces que presentan dinámicas variables a lo largo del año en forma de migraciones o pulsos, que se evidencian en altas abundancias o escasez por épocas, e incluso naturalmente no se les observa en algunos lugares, sin que esto signifique la existencia de un deterioro ambiental, por esto el conocimiento de la variabilidad natural es fundamental en un diagnóstico acertado del estado de un ecosistema o de la misma especie, por lo que los resultados deben mirarse en relación con la tendencia histórica para con ello tener más claridad de su condición real. En conclusión, el índice da una visión integral de los arrecifes tomando cada variable como parte de un todo, cada una con el mismo peso, por lo que, para que se presente una categoría negativa debe estar sucediendo algo mal, integralmente.

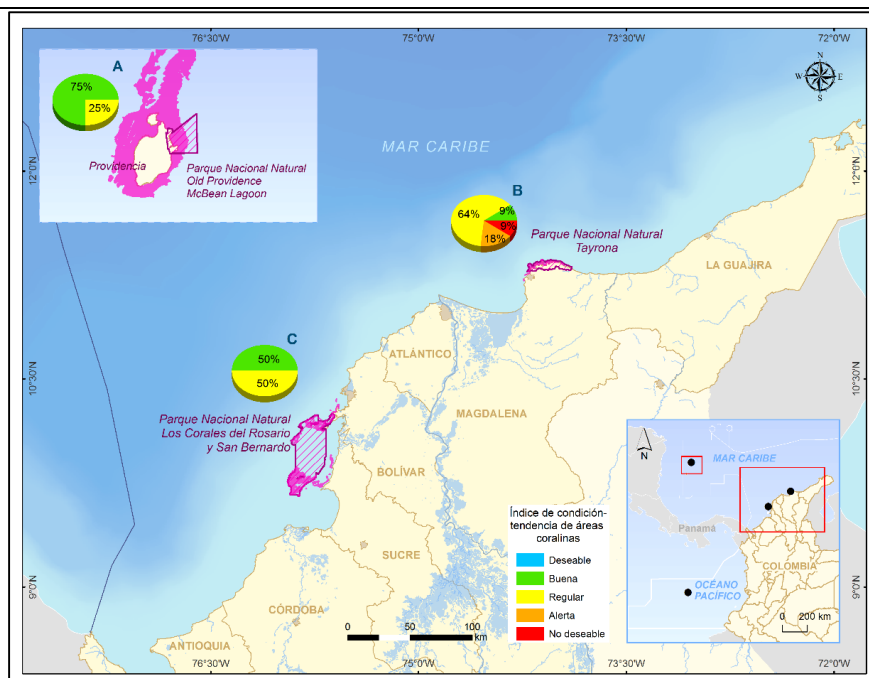


Figura 22 Estaciones de monitoreo coralino y el estado de sus estaciones según el índice de condición-tendencia ICTAC realizados en el 2018 en el Caribe colombiano: A. PNN Old Providence McBean Lagoon, B. PNN Corales del Rosario y C. PNN Tayrona.

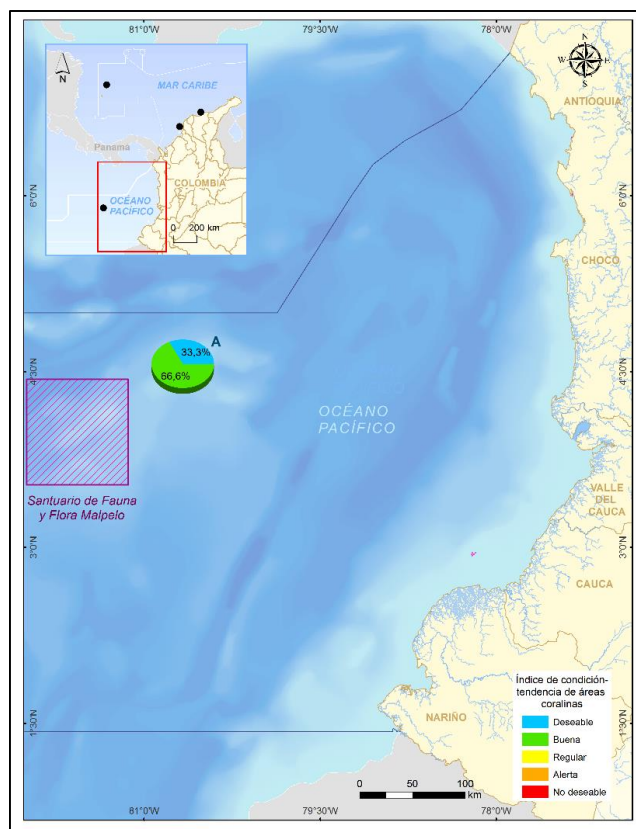


Figura 23 Estación de monitoreo coralino en el SFF Malpelo realizado en el 2018 y su estado según el índice de condición-tendencia ICT_{AC} en el Pacífico colombiano.

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 términos de unos pocos días y que dificultan las actividades náuticas y de buceo. Así mismo, el indicador es sensible a la presencia o ausencia 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, buscando con ello que dichas alteraciones en las poblaciones de peces, bien sea residentes de la zona o no, no afecten de manera evidente el resultado del índice para cada área evaluada.
Recomendaciones y alternativas de manejo
El indicador ICT _{AC} 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 <i>et al.</i> , 2014).
Es necesario, además, 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 minimizar errores en la toma in situ al interior de las áreas evaluadas. De igual manera y con el propósito 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 condiciones ambientales similares; también es importante analizar los datos como un mancomunado y no como variables independientes, dado que cada una de ellas puede tener naturalezas diferentes y, por ende, arrojar conclusiones erradas sobre la condición de un área en particular.
Por último, se recomienda revisar la página web http://siam.invemar.org.co/sibm-simac-indicadores en la que se puede ver el comportamiento de los indicadores en los sitios de monitoreo de los años anteriores (2014, 2015, 2016 y 2017).

➤ 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 entre 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), y 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 de protección contra la erosión (Börjk *et al.*, 2008), son hábitat y alimento para diversas especies de interés comercial que luego migran hacia los arrecifes coralinos y manglares (De la Torre-Castro y Ronnback, 2004), 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 (Pendleton *et al.*, 2012; Fourqurean *et al.*, 2012).

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 más del 85% sobre la plataforma continental del departamento de La Guajira (Díaz *et al.*, 2003; Gómez-Lopez *et al.*, 2014a). Se presentan en forma monoespecífica o multiespecífica (*Thalassia testudinum* – *Syringodium filiforme* / *Halodule wrightii*

/ *Halophila decipiens* / *Halophila baillonis*) compartiendo hábitat con formaciones coralinas y/o de macroalgas, por eso en la actualización cartográfica y de distribución que se realizó en las áreas que no hacen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SINAP, es decir que no contaban en ese momento con algún tipo de protección ambiental sobre este ecosistema como lo eran el departamento de La Guajira y el Chocó Caribe, se contabilizó en su totalidad una extensión actual nacional 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-macro- algas-parches de pastos marinos para un total de 66.132,47 ha (Gómez-López *et al.*, 2014a).

4 Indicador de condición-tendencia para pastos marinos – ICT_{PM}

Definición e importancia del indicador

El indicador de condición tendencia de pastos marinos (ICT_{PM}) 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 cinco 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.*, 2014b). La fórmula del ICT_{PM} que es sugerida y puede ser diferente al tener ya todas las variables en funcionamiento, 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 (Vref) respectiva y entre todos, por medio de una relación aritmética ponderada. Cada una de las cinco variables que conforman el indicador, se clasifican según escalas de referencia para el Caribe colombiano como: deseable, buena, regular, alerta y no deseable (Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13).

$$ICT_{PM} = \left(\frac{D}{Vref D} \right)^{0,30} * \left(\frac{DH}{Vref DH} + \frac{DCO}{Vref DCO} + \frac{DC}{Vref DC} \right)^{0,60} * \left(\frac{L}{Vref L} \right)^{0,10}$$

Donde:

D = Densidad de vástagos por m² Vref D = Valor de referencia de Densidad de vástagos.

DH = Densidad de Herbívoros por m² Vref DH= Valor de referencia de Densidad de herbívoros.

DCO = Densidad de detritívoros/omnívoros por m² Vref DCO = Valor de referencia de densidad de detritívoros/ omnívoros.

DC = Densidad de Carnívoros por m² Vref DC = Valor de referencia de Densidad de carnívoros.

L = Afectación por *Labyrinthula sp.* por cuadrante.

Tabla 11 Escala ejemplo de la valoración general del indicador de condición-tendencia de pastos marinos – ICTPM. En la actualidad no se han evaluado los valores como reales, porque aún se encuentra en proceso de revisión la variable de función.

Condición general de pastos marinos	Valor ICT _{PM} (valores no reales)
Deseable	4,11-5,00
Buena	3,31-4,10
Regular	2,61-3,30
Alerta	1,81-2,60
No Deseable	1,00-1,80

Tabla 12 Escala de referencia para la densidad de vástagos del indicador de condición- tendencia pastos marinos ICT_{PM} para praderas monoespecíficas o mixtas con mayor proporción de *Thalassia testudinum*.

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

Tabla 13 Escala de referencia para la densidad de vástagos del indicador de condición- tendencia pastos marinos ICT_{PM} en praderas mixtas con dominancia de *Syringodium* filiforme (usada especialmente para la Isla de Providencia fuera del Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon)

Condición general de referencia para densidad de vástagos de pastos marinos Isla de Providencia	Equivalente para el (ICT _{PM})	Densidad de vástagos/m ²
Deseable	5	>240
Buena	4	144,1-240
Regular	3	96,1-240
Alerta	2	48,1-96
No deseable	1	<48

Tabla 14 Escala de referencia para las variables de afectación de *Labyrinthula* sp. (Vref L) / o de presencia de mortalidad en la estación, del indicador de condición- tendencia pastos marinos ICT_{PM}.

Condición general de referencia para afectación por <i>Labyrinthula</i> sp.	Equivalente para el (ICT _{PM})	% afectación	% mortalidad/ estación
Deseable	5	< 30	0-5
Buena	4	31 - 40	6-20
Regular	3	41 - 60	21-40
Alerta	2	61 - 89	41-70
No deseable	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: Caribe continental PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y San Bernardo, departamento de La Guajira y Caribe insular en las Islas de San Andrés y Providencia.

Periodo reportado

El reporte que se realiza en este informe corresponde a la información tomada durante el 2018. Los valores de referencia, están basados en el registro histórico individual de las variables escogidas, que se tiene desde el 2013 para los PNN Tayrona, Corales del Rosario y Bernardo, información desde 2015 del Chocó Caribe y Guajira y de San Andrés y Providencia desde el 2016 (**Tabla 12**, **Tabla 13** y **Tabla 14**).

Reporte o cálculo del indicador

En el año de 2018 fue realizada por tercera 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 sólo 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 (**Figura 24**).

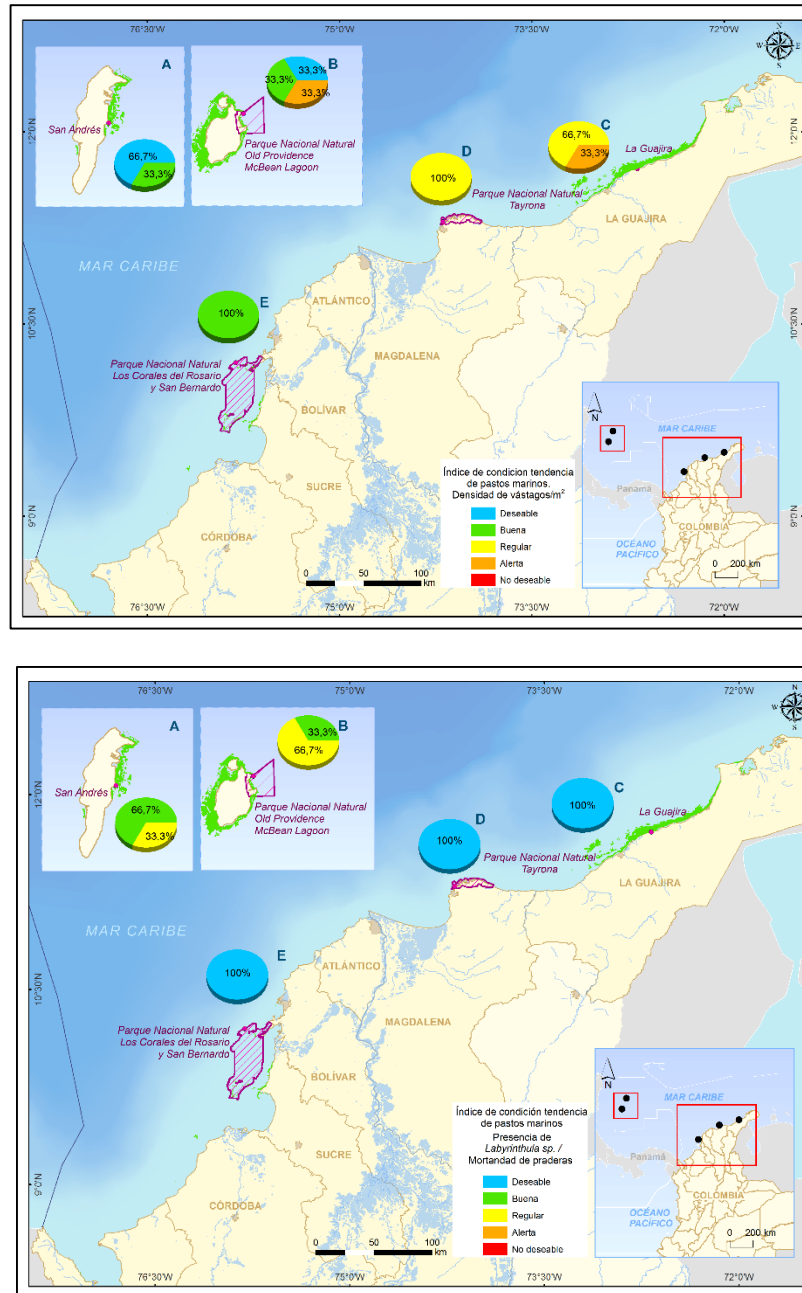


Figura 24 Estaciones de monitoreo de pastos marinos y el estado de sus estaciones según el indicador de condición- tendencia ICT_{PM} (Densidad de vástagos y presencia del hongo *Labyrinthula* sp.) en el Caribe colombiano durante el 2018. A. estaciones San Andrés, B. Providencia, C. Guajira, D. Tayrona, E. Islas del Rosario.

Tabla 15 Resultados de la valoración 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 2018.

Área	Localidad	Densidad de vástagos/m ² (2018)	Presencia de <i>Labyrinthula sp.</i> /mortandad de praderas (2018)
PNN Tayrona	Chengue	Regular	Deseable
	Neguanje	Regular	Deseable
PNN Corales del Rosario y San Bernardo	Rosario	Bueno	Bueno
La Guajira	Cabo Nuevo	No deseable	Deseable
	Manaure	Alerta	Deseable
	Ballena	Regular	Deseable
Isla Providencia	San Felipe	Alerta	Regular
	Camp	Deseable	Deseable
	McBean	Bueno	Alerta
Isla San Andrés	Cotton Cay	Deseable	Bueno
	Mar Azul	Bueno	Bueno
	Isleño	Deseable	Regular

Interpretación de los resultados

En la **Tabla 15** se puede observar que el indicador de densidad de vástagos, arrojó resultados variables siendo los de Alerta y No Deseable los que se llama la atención primordialmente. Teniendo en cuenta los resultados del año pasado, se resalta en Neguanje y Chengue un descenso en su densidad, pasando a una calificación “Regular” que se ha mantenido desde el año 2017 (INVEMAR, 2017) lo cual se explica por la evidencia de sepultamiento y fragmentación encontradas en las estaciones ocasionadas por el anclaje y las propelas de embarcaciones, respectivamente. Estas estaciones se han caracterizado por reportar un muy buen estado en el valor de densidad en años anteriores (Gómez-López *et al.*, 2018) y por tal motivo se hace especial mención en esta variación. La estación de Cabo Nuevo presentó un caso especial también, ya que es producto del estado actual del Cabo de La Vela, luego de la remoción de la estación original por el coletazo del huracán Mathew (sept- 2016) reportando un estado No deseable, debido a la baja densidad de vástagos presentes y a la baja extensión del parche, ya que sólo se pudieron establecer los transectos A y B reduciendo así el área de estudio. De una manera similar, las estaciones de Ballena y Manaure fueron afectadas y aún se encuentran en recuperación. La estación de San Felipe en Providencia ha mostrado un marcado aumento de *Syringodium* filiforme sobre la *Thalassia testudinum* en los últimos muestreos.

Por su parte el indicador de *Labyrinthula sp.* reportó que la mayoría de las estaciones monitoreadas, oscilaron entre los estados Deseable y Bueno, únicamente las estaciones de San Felipe e Isleño obtuvieron una calificación de estado Regular y McBean para el estado de Alerta, estación que en años anteriores presentó igualmente la mayor afectación por el hongo (INVEMAR, 2017).

Limitaciones del indicador

La producción del Índice general aún se encuentra en desarrollo, ya que dos (densidad de vástagos/m² y presencia del hongo *Labyrinthula sp.*) de las tres variables poseen suficiente información histórica que permitió hacer una versión preliminar a los valores de referencia. La tercera variable (presencia de distintos grupos tróficos en las praderas) ya cuenta con información base para identificar las especies en las que se desarrollará la recolección de información en campo para realizar los valores de referencia correspondientes, y con esto finalizar con la prueba y el ajuste de la ecuación propuesta para el índice de condición tendencia en pastos marinos.

Recomendaciones y alternativas de manejo

El indicador ICT_{PM} se diseñó para que pueda de manera holística servir como referencia para determinar fácilmente el estado integral del ecosistema de pastos marinos del Caribe colombiano mediante un protocolo

de evaluación en campo sencillo 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 esté acorde con las necesidades (o preguntas de investigación) de las autoridades ambientales, así como de los ajustes de los valores de referencia, como también el mantener debidamente entrenado en las técnicas y metodologías para la toma del dato, tanto al personal del Instituto como a 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 conlleven 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 se propicien falsas conclusiones.

➤ Manglares

Los manglares comprenden árboles o arbustos que colonizan la línea de costa a lo largo de las zonas tropicales y subtropicales del planeta (Woodroffe *et al.*, 2016), ubicándose aproximadamente entre los 30°N y 30° S de latitud (Giri *et al.*, 2011). Se cree que su distribución global está delimitada por las grandes corrientes oceánicas y la isoterma marina de 20°C de invierno (Alongi, 2009). Son plantas halófitas facultativas o tolerantes a la salinidad, con adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que les permiten establecerse en localidades con poca o nula cantidad de oxígeno, con alta concentración de sales, y/o de inundación permanente o semipermanente. Entre las adaptaciones más importantes se encuentran la tolerancia a la anegación, la aparición de estructuras especializadas en la respiración como lo son las lenticelas y neumatóforos y la generación de raíces aéreas que permiten la colonización de sustratos inestables (Saenger, 2002). Otras de las características relevantes de estos árboles, incluyen el uso eficiente del agua, que les confiere tolerancia a la salinidad del sustrato, así mismo, presentan una estrategia reproductiva en la que la semilla germina cuando aún se encuentra ligada al parental (viviparismo), lo que facilita en primer lugar la implantación en condiciones más favorables para el desarrollo y segundo, una mayor dispersión en largas distancias (Field, 1997; Feller *et al.*, 2010), confiriéndoles una ventaja adaptativa (Nettel y Dodd, 2007). Finalmente, el uso y conservación eficiente de los nutrientes; la alta plasticidad y capacidad para regenerarse en ambientes muy disturbados, hacen de los manglares las coberturas vegetales dominantes y más representativas de la zona costera colombiana.

Los manglares desempeñan una función ecológica muy importante en la zona intermareal en donde los aportes hídricos provienen principalmente del mar, los ríos y la escorrentía del continente. Estos ecosistemas, generan una serie de bienes y servicios ecosistémicos que incluyen: la mitigación de la erosión; la reducción del oleaje; facilitan la retención, fijación, estabilización y acreción del suelo, aumentando la resiliencia de la zona costera frente a escenarios de cambio climático (Alongi, 2008) y protegiendo a las comunidades de la acción de la dinámica costera.

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 peces, mamíferos, aves, reptiles, anfibios e invertebrados y, regulan el microclima (Field, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 1997). Los manglares, además están dentro de los bosques más productivos del trópico, actúan como sumideros de carbono principalmente a nivel de subsuelo (Donato *et al.*, 2011;

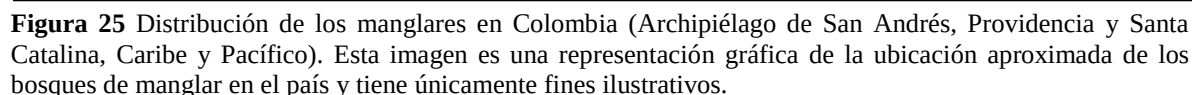
Alongi, 2012). Debido a ello y a su estrecha relación con las comunidades humanas desde tiempo ancestrales (registros de uso datan del año 1230) (Walsh, 1977), los bosques de manglar han sido ampliamente usados como fuente de madera para combustible, material para construcción, en la medicina tradicional y la producción de taninos (Bandaranayake, 1998), así como fuente de recursos hidrobiológicos a comunidades costeras, brindándoles seguridad alimenticia. A nivel mundial, es ampliamente reconocido su soporte a las pesquerías, actuando como guardería 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).

Si bien, la degradación de los manglares sigue siendo mayor a la de los bosques continentales y los arrecifes de coral, principalmente por causas asociadas al cambio en el uso del suelo (desarrollo urbano, agricultura, acuicultura) y la sobreexplotación (Alongi, 2002; Giri *et al.*, 2008; Spalding *et al.*, 2010); a nivel mundial, la pérdida de estos bosques parece haber disminuido en las últimas tres décadas, posiblemente por el incremento de la resiliencia o por los esfuerzos de conservación, restauración o rehabilitación (Webber *et al.*, 2016). Otros factores como el aumento relativo del nivel del mar por efectos del cambio climático, podrían representar una seria amenaza para los manglares (Giri *et al.*, 2011); mientras que se prevé que el aumento de temperaturas, favorecería a la intrusión del manglar sobre las áreas de marismas (Kelleway *et al.*, 2017).

En Colombia, los factores antrópicos más destacados, son los relacionados con: el cambio en el uso del suelo, incluida 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 (Villamil, 2014), los cuales generan entre otros, pérdida de biomasa, desaparición de nichos ecológicos, disminución de la biodiversidad, formación de playones salinos, colmatación de cuerpos de agua e incremento de la erosión costera (Ulloa-Delgado *et al.*, 1998; MADS e INVEMAR, 2015).

Localización y distribución

Los manglares en Colombia, se distribuyen a lo largo de las dos costas (**Figura 25**). En el Caribe, se encuentran cinco de las ocho especies de mangle reportadas para el país (**Tabla 16**), 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 Cispata en Córdoba, en la bahía de Barbacoas e isla de Barú en Bolívar, en ciénaga Honda y de Pablo en Sucre, en el golfo de Morrosquillo y en la bahía de Marirrí en el Urabá antioqueño. 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 con 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 encuentra el helecho *Achrostichum aureum* y el arbusto *Tabebuia palustris* (Spalding *et al.*, 2010).

[illegible]

	<i>Conocarpus erectus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Acanthaceae**	<i>Avicennia germinans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tetrameristaceae**	<i>Pelliciera rhizophorae</i>					X	X	X	X	X	X	X	X
Caesalpiniaceae	<i>Mora oleifera</i>									X	X	X	X

* *Rhizophora harrisonii* es considerada por autores como Duke (1992) y Beentje *et al.* (2007), como una especie híbrida.

** Las familias fueron revisadas con base a la actual clasificación en The Plant List (2013) y Trópicos (2018).

5. Indicador de extensión: cambio en la cobertura (Ie)
Definición e importancia del indicador
El indicador permite medir los cambios en la extensión o en el área total de manglar en un intervalo temporal para un sector determinado, mostrando así la dinámica general del ecosistema. Su cálculo es muy sencillo y se obtiene al estimar la diferencia entre el área de manglar reportada de una fecha y la correspondiente fecha anterior.
Fuente de los datos e información
En la actualidad el indicador está formulado, sin embargo, no se tiene información sistemática de las áreas de manglar de todo el país para aplicarlo. Para calcular el indicador de extensión y a modo de ejercicio práctico, se usaron los datos generados de la interpretación y análisis de imágenes satelitales entre 1956 y el 2018 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”, el cual cuenta con los insumos necesarios para tal fin (Tabla 17, Figura 26).
Con la implementación del Sistema de monitoreo del subsistema de áreas marinas protegidas en Colombia (Batista-Morales <i>et al.</i> , 2014), se espera que se puedan generar datos de extensión de los bosques de mangle de las áreas protegidas del país, valiéndose de técnicas de teledetección y validación en campo. Igualmente, el protocolo nacional de monitoreo de manglares, diseñado para ser ejecutado por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible del país, estipula la recolección de los datos necesarios para determinar los cambios temporales de las áreas de manglar de acuerdo a la normatividad vigente (Resolución 1263 de 2018 “por medio de la cual se actualizan las medidas para garantizar la sostenibilidad y la gestión integral de los ecosistemas de manglar, y se toman otras determinaciones” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). 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) que cuenta dentro de sus herramientas con un geovisor que permitiría la inclusión de este tipo de datos.
Periodo reportado
Para la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) el periodo de análisis contempla desde el año 1956 hasta 2018.
Reporte o cálculo del indicador

Tabla 17 Indicador de extensión (Ie) de los bosques de manglar, caso “Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM”.

Año	Línea base (ha)	Porcentaje de 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*	29.139	57,0	3.389
2003*	26.683	52,2	-2.456
2007*	29.510	57,7	2.827
2009*	35.581	69,6	6.071
2011*	38.514	75,3	2.933
2013*	39.535	77,3	1.021
2015*	39.291	76,8	-244
2017*	31.876	62,3	-7.415
2018*	34.365	67,2	2.489

* Las capas ajustadas corresponden a las generadas después del año 2001. Para el reporte del indicador en el año 2017 se realizó un ajuste entre el sistema de coordenadas utilizado anteriormente en Colombia, conocido como DATUM-BOGOTÁ y el oficial a la fecha, denominado MAGNA-SIRGAS. De esta manera existen pequeñas diferencias con las áreas reportadas en informes anteriores de menos del 0,3%, las cuales no son significativas para el objetivo del indicador.

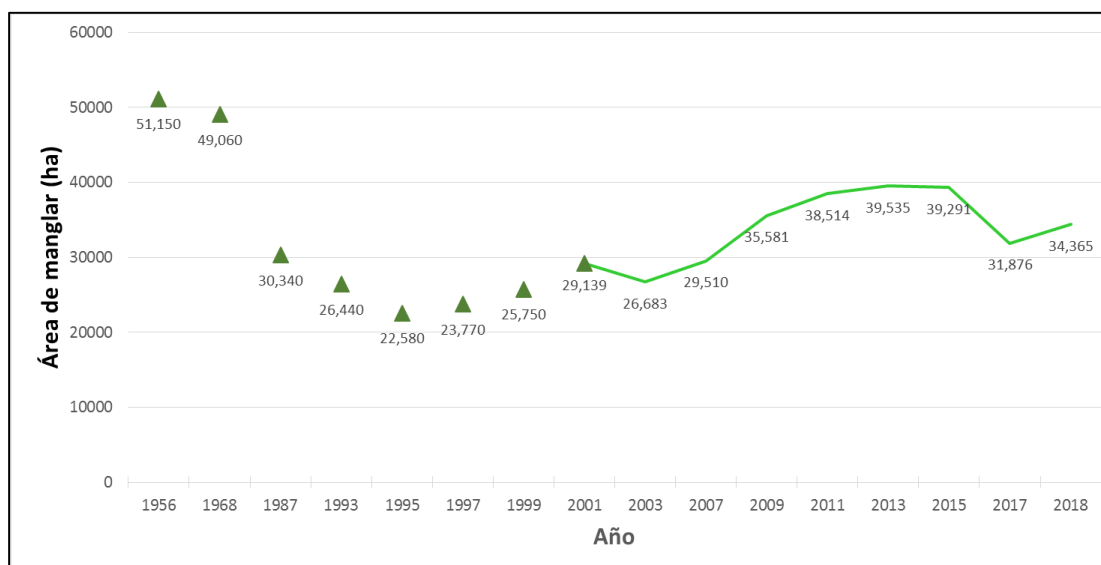


Figura 26 Tendencia de la cobertura de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).

Interpretación de los resultados

El caso del indicador de extensión (Ie) aplicado a la CGSM, muestra una reducción del bosque de manglar hasta el año 1995, punto en el cual se observa la más baja cobertura dentro del complejo, aproximadamente 22.580 ha (**Figura 26**). A partir de este momento y gracias a la finalización de las obras hidráulicas relacionadas al proyecto PROCIENTAGA que permitieron la entrada de agua dulce al sistema, se observa un aumento en la cobertura y un mejor desarrollo del componente vegetal. En la figura se observa que hubo pérdidas puntuales en los años 2003, 2015 y 2017. Durante el 2015 se registró una pérdida de 244 ha en el complejo (**Tabla 17**), principalmente por procesos de cambio 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) y, por la degradación de hectáreas de manglar en la Barra de Salamanca producto de la hipersalinización.

Se ha observado la dependencia que tiene la salinidad del complejo lagunar con los eventos de variabilidad climática local y global tales como El Niño y La Niña (Blanco *et al.*, 2006). Para 2015 se reportó un año “Niño” muy fuerte en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Santoso *et al.*, 2017), el cual trajo consigo la reducción de la precipitación en la zona Caribe colombiana y con ello el aumento en los valores de salinidad intersticial en las estaciones monitoreadas, alcanzando en el tercer trimestre del año 2016 valores de hasta 90 unidades, afectando drásticamente el estado de salud del manglar (INVEMAR, 2017), lo que finalmente se reflejó en la pérdida de extensión de al menos 7.415 ha en el año 2017 (**Tabla 17**). La reducción en el aporte de agua dulce de los ríos que provienen de la Sierra Nevada de Santa Marta o del propio río Magdalena, también puede afectar negativamente el ecosistema de manglar, al generar indirectamente un aumento en la salinidad o la disminución del nivel de agua, lo que, en último, puede ser determinante en la disminución de la extensión del bosque.

Para el año 2018, el indicador mostró la recuperación del bosque, representado en un aumento de cobertura (2.400 ha, aproximadamente), este hecho pudo haber sido causado por el aumento en los aportes hídricos derivados de los trabajos de dragado y mantenimiento realizados en el sector noroccidental en los caños Bristol, Covado, Covado II, Caleta del Tambor, El Burro y Salado bajo la supervisión de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG.

Otro factor que pudo llevar a la recuperación, fue el aumento en las precipitaciones durante el segundo y tercer trimestre del año, haciendo las condiciones propicias para el establecimiento de los propágulos y plántulas de manglar. Adicionalmente, durante el proceso de verificación de coberturas, llevado a cabo en 2018, se pudo observar el crecimiento y establecimiento de numerosos arbustos y pequeños árboles de la especie *Laguncularia racemosa* (mangle amarillo); esta especie se caracteriza por colonizar sitios que han sufrido algún tipo de alteración, se le considera una especie pionera o de estadios primarios de sucesión que contribuye en el restablecimiento hídrico de la zona (Pennington y Sarukhan, 2005; López-Enríquez *et al.*, 2014).

Limitaciones del indicador

Dada la potencialidad del indicador de extensión (Ie) para ayudar a entender la dinámica de los bosques y como herramienta de manejo, se hace necesario que se lleve a cabo un levantamiento sistemático de información cartográfica a nivel nacional de calidad, con resolución, frecuencia adecuada y en lo posible siguiendo la misma metodología, que permita la aplicación del indicador a escala país.

Recomendaciones y alternativas de manejo

La Resolución 1263 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dicta medidas para garantizar la sostenibilidad y la gestión integral de los ecosistemas de manglar. Bajo esta Resolución, se incluyen los lineamientos nacionales para el monitoreo de manglares, que han sido implementados por algunas Corporaciones Autónomas Regionales desde aproximadamente el año 2016. Igualmente, existe un protocolo para el monitoreo de la extensión de los ecosistemas marinos y costeros en el Subsistema de Áreas Marinas Protegidas – SAMP. Estas herramientas muestran la necesidad de aunar esfuerzos para el desarrollo periódico de las mismas, bajo ciertos estándares de calidad (atributos, escala mínima identificable) con el fin de obtener información sistemática y comparable. Los trabajos cartográficos sugeridos para el ecosistema de manglar deben ser desarrollados al menos con una escala de 1:25.000.

Existe además a nivel nacional, el Sistema de Información para la gestión de los manglares (SIGMA) que fue construido con el fin de constituirse en un repositorio de información, por lo que se recomienda reportar la información de éste y otros esfuerzos al Sistema (<http://sigma.invemar.org.co>). Se espera que con la información cargada al SIGMA se puedan construir diferentes indicadores para reportar el estado, presiones, entre otros, relacionados a las áreas de bosque de manglar de todo el país, incluyendo el indicador de extensión (Ie) de Manglar.

6 Indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) para la Ciénaga Grande de Santa Marta

Definición e importancia del indicador

El indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) fue diseñado a partir de los conceptos propuestos por Karr (1991) y Campbell (2000), junto al desarrollo conjunto con expertos en el ecosistema. Este indicador tiene como finalidad reflejar la capacidad del sistema para mantener sus atributos estructurales y funcionales, de forma equiparable a como ocurriría si el sistema evaluado se hallara en un estado de referencia, y en cuyo valor máximo la red de procesos y componentes esté completa y funcionando óptimamente. Considerando la disponibilidad de datos que han sido tomados en el marco del programa de monitoreo de la Ciénaga Grande de Santa Marta, el IBIm fue formulado, calibrado y ajustado para este sector en particular, partiendo del uso de variables relacionadas con la estructura arbórea, la dinámica poblacional y la salinidad de las aguas asociadas al manglar. De este modo, aunque el IBIm esté siendo trabajado e interpretado a partir de los elementos que lo conforman aún es necesario incorporar variable (s) que permitan establecer la función de ecosistema y alcanzar un indicador de estado general de “salud”.

El cálculo de este indicador bajo cierta temporalidad y en diferentes áreas de manglar es importante para hacer un acercamiento al grado de estabilidad de los bosques y, además, para conocer su vulnerabilidad frente a los tensores. Este hecho es crucial a la hora de proponer medidas de manejo y conservación, implementar proyectos de rehabilitación o restauración y al evaluar el éxito de las medidas implementadas.

Para el cálculo del IBIm se seleccionaron variables simples que se asocian a alguno de los atributos de integridad (composición y estructura), 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 y los valores obtenidos en campo deberán ser cotejados con los rangos de referencia para establecer los subíndices correspondientes (**Tabla 18**).

La formulación del indicador se describe a continuación:

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

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

Donde

D_{spn}= Subíndice de densidad para la especie n

AB_{spn}= Subíndice de área basal para la especie n

S= Subíndice de Salinidad

Pl= Subíndice de plántulas

Pr= Subíndice de propágulos

Tabla 18 Intervalos de referencia para calcular el IBIm para la Ciénaga Grande de Santa Marta. Los intervalos se construyeron para cada variable, teniendo en cuenta reportes de diferentes fuentes bibliográficas y de los mismos datos obtenidos en el proyecto de monitoreo del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ibarra *et al.*, 2014). S: Subíndice (corresponde al rango de calificación para los intervalos de cada variable y es el resultado de la construcción realizada por expertos en el ecosistema de manglar); ind: individuos; ha: hectárea; plánt.: plántulas; propág.: propágulos.

Tipo fisiográfico	Salinidad	S	Densidad (ind/ha)	S	Área basal (m²/ha)	S	Plántulas (plánt./m²)	S	Propágulos (propág./m²)	S
Cuenca	x<30	5	<564	1	x<2,2	1	x<0,865	1	x<3,17	1
	30<x≤38,4	4	564<x≤669	3	2,2<x≤4,2	2	0,865<x≤2,16	2	3,17<x≤8,11	2
	38,4<x≤46,7	3	669<x≤1.210	5	4,2<x≤7,7	3	2,16<x≤3,4	3	8,11<x≤16,78	3

	46,7<x≤55	2	1.210<x≤1.812	4	7,7<x≤15,9	4	3,4<x≤7,13	4	16,78<x≤37,19	4
	>55	1	>1.812	2	>15,9	5	>7,13	5	>37,19	5
Ribereño	x<10	5	<564	1	x<9	1	Por definir*			
	10<x≤16,70	4	564<x≤669	3	9<x≤17	2				
	16,7<x≤23,3	3	669<x≤1.210	5	17<x≤25	3				
	23,3<x≤30	2	1.210<x≤1.812	4	25<x≤30	4				
	>30	1	>1812	2	>30	5				
Borde	x<40	5	<564	1	x<10	1				
	40<x≤46,67	4	564<x≤669	3	10<x≤20	2				
	46,6<x≤53,3	3	669<x≤1.210	5	20<x≤30	3				
	53,3<x≤60	2	1.210<x≤1.812	4	30<x≤40	4				
	>60	1	>1.812	2	>40	5				

* En ausencia de una variable, ésta no es considerada 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 IBIm, a partir de la integración de los subíndices deberá emplearse la escala mostrada en la **Tabla 19**.

Tabla 19 Escala de interpretación del indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Valor total del IBIm Ciénaga Grande de Santa Marta	Interpretación del indicador
< 1,5	No deseable
≥ 1,5 y < 2	Alerta
≥ 2 y < 3	Regular
≥ 3 y < 4	Bueno
> 4	Deseable

Fuente de los datos e información

La aplicación práctica del indicador incluye los datos de cinco estaciones de monitoreo de manglar 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”. La información de las estaciones dentro del complejo cenagoso está enmarcada en el tipo fisiográfico tipo Cuenca. Se reporta información en el periodo comprendido entre los años 2001 y 2018 (**Figura 27**).

Periodo reportado

Para la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) el periodo de análisis contempla desde el año 2000 hasta 2018.

Reporte o cálculo del indicador

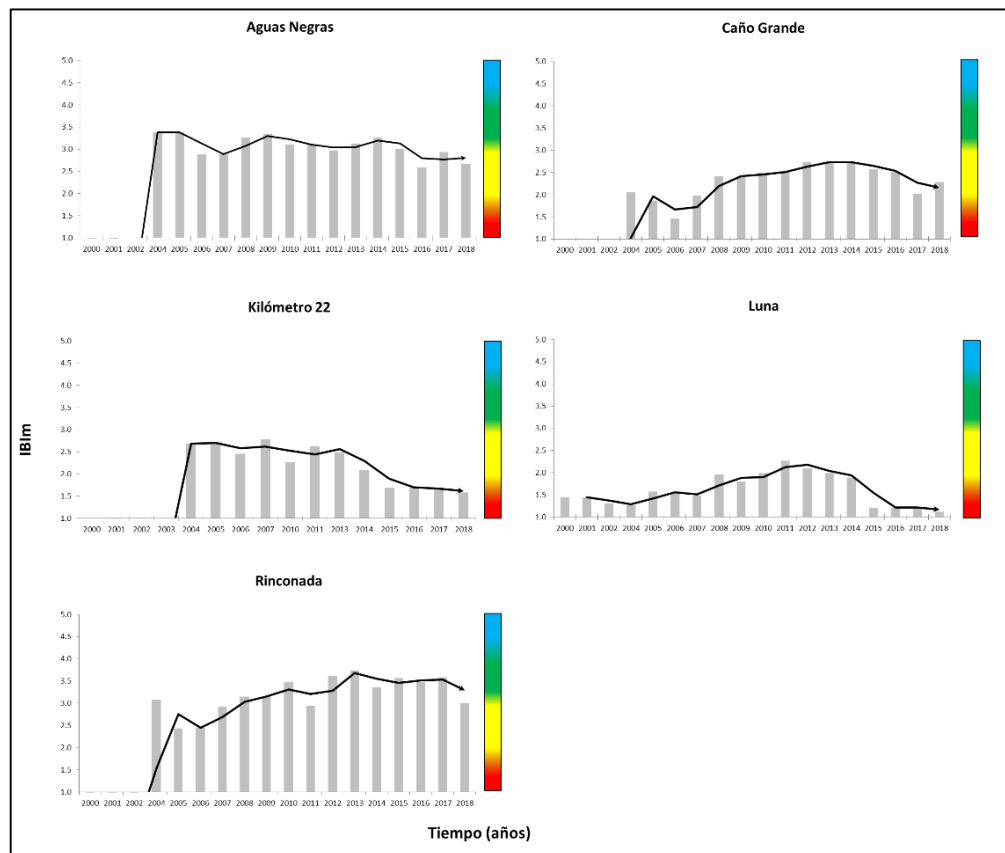


Figura 27 Serie histórica (2000-2018) del indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) en cinco estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).

Interpretación de los resultados

El indicador de integridad biológica de manglares (IBIm) aplicado para 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 (**Figura 27**). De manera general, durante los primeros años de observación, el indicador muestra una recuperación de la integridad del bosque en estaciones con impactos moderados a severos (Kilómetro 22 y Luna). La estación Rinconada, que es la estación con menor impacto inicial, evidencia cierta estabilidad en la categoría “Bueno”, lo que 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 y capacidad adaptativa; aspectos que hacen de Rinconada un buen modelo ecológico para evaluar la rehabilitación del complejo estuarino (Rodríguez-Rodríguez, 2015). En esta estación, después del 2014, se observa una disminución del indicador, posiblemente relacionado con el aumento en la salinidad intersticial en los años 2015, 2016 y 2018. (INVEMAR 2016; INVEMAR 2017; INVEMAR 2018d) De forma puntual, se presentan pérdidas en los años 2005 y 2018, relacionadas con la disminución del área basal, causada principalmente por la muerte o pérdida de árboles.

Las obras hidráulicas llevadas a cabo en el complejo entre los años 1995 y 1998, además del patrón climático La Niña que se presentó en los años 2006, 2008 y 2010, permitieron la mejora en las condiciones fisicoquímicas del suelo (mayor disponibilidad de agua dulce) lo que permitió el incremento del IBIm hasta el año 2012 en estaciones con estado “No deseable” como Luna o “Alerta” como Caño Grande (**Figura 27**). Esta última estación presentó recuperación del bosque en el periodo 2002 a 2014, probablemente influenciada por el proceso de reforestación con *Rhizophora mangle* llevado a cabo dentro del proyecto “Manglares de Colombia” en los años 2000, que modificó el proceso de sucesión natural en esta zona (Rodríguez-Rodríguez, 2015). En el año 2018, la estación conservó el estado “Regular”, lo que concuerda con el estado estructural de la misma (INVEMAR, 2018d); vale la pena resaltar que en esta localidad y dentro

de la misma parcela de monitoreo, se ha observado entresaca de árboles en buen estado, lo que también puede ser una causa de la reducción del indicador desde el año 2015.

En la estación “Aguas Negras”, el indicador ha mostrado principalmente dos estados, “Regular” y “Bueno”, siendo el último el que prevalece entre los años 2004 y 2015 (**Figura 27**), debido probablemente a los dragados realizados sobre el caño del mismo nombre en 1998, que permitió el ingreso de agua dulce del río Magdalena, mejorando consecuentemente las condiciones fisicoquímicas del agua y suelo y por lo tanto del bosque, al disminuir la salinidad intersticial y al aumentar la densidad y el área basal de especies como *A. germinans* y *L. racemosa*. En el año 2018, la estación muestra una reducción en el IBIm, que probablemente se deba a la reducción en el número de propágulos disponibles y la disminución de los árboles adultos (INVEMAR, 2018d).

En las estaciones Kilómetro 22 y Luna, se han registrado los valores más bajos del indicador, encontrándose en las categorías “Regular”, “Alerta” y “No deseable” (**Figura 27**), lo que se ha atribuido principalmente a las condiciones de alta salinidad encontradas en el monitoreo durante los años 2002 al 2005, 2007 y del 2015 al 2018 para Luna y, del 2009 al 2018 para Kilómetro 22 (INVEMAR, 2018d), las cuales finalmente, han afectado considerablemente el desarrollo del ecosistema de manglar. Para la estación Luna, los valores de salinidad menores a 50 unidades (2008), favorecieron la regeneración natural, lo que llevó a un aumento en la densidad de plántulas y al mejoramiento del estado del sistema hasta el año 2013, cuando la salinidad impactó negativamente los valores del indicador. Para el año 2018, en esta estación el valor del indicador decayó, probablemente por el estado de afectación de la misma en donde aproximadamente a partir del año 2016 los árboles vivos y en pie son casi nulos (INVEMAR, 2018d).

De manera general, la mayoría de estaciones monitoreadas en CGSM mostraron una recuperación progresiva de la integridad hasta el año 2011-2012, sin embargo, a partir de los años 2013-2014, se ha observado una tendencia a la reducción del IBIm en la mayoría de los sitios.

Estos resultados se pueden explicar por el aumento de la salinidad intersticial derivada del déficit hídrico en el sistema lagunar, ocasionado por las escasas precipitaciones (400 mm/año), la alta tasa de evapotranspiración del sistema (41.434 mm/año) y la alta tasa de sedimentación del río Magdalena que ha colmatado y sedimentado los caños que surten de agua dulce al sistema ($145 \pm 47 \times 10^6$ t/yr; Higgins *et al.*, 2016); factores que han actuado de manera sinérgica, explicando el deterioro del complejo lagunar registrado para los últimos cuatro años. Para el 2018, en todas las estaciones (excepto en Caño Grande) hubo una disminución del IBIm, que pudo ser causada por el deterioro acelerado de las condiciones estructurales del bosque (INVEMAR, 2018d) y por la reducción de individuos juveniles en las etapas de reclutamiento y de sucesión que llevaron a este estado. Igualmente, este hecho puede ser consecuencia del largo proceso de sequía presentado entre los años 2015 a 2017, que pudo generar estrés y posterior daño en el desarrollo del bosque.

Limitaciones del indicador

Los datos con los que se construyeron los intervalos de referencia para el IBIm, corresponden a estudios realizados para la región Caribe, por ende, el indicador no debe aplicarse a la región Pacífica colombiana, hasta que se establezcan las condiciones de evaluación específicas para cada una de las zonas de manglar del país, teniendo en cuenta la gran variabilidad de este ecosistema en nuestro país.

Para la región Caribe, las ponderaciones asignadas para las distintas variables incluidas en el indicador dependen de la dominancia de cada especie y de las características intrínsecas de cada zona de estudio, por lo que idealmente deben ser calibradas para cada sitio con una base de datos sólida y validación con expertos, considerando que las ponderaciones actualmente asignadas fueron construidas con la base de datos histórica de la CGSM. Así mismo, se resalta que el indicador ha sido calibrado según los tipos fisiográficos descritos; por lo tanto, antes de calcular el indicador para un área de interés del Caribe, es importante identificar el tipo fisiográfico al cual corresponde y atribuir los subíndices de acuerdo a los intervalos presentados en la Tabla 18.

Aunque el IBIm cuenta con variables indicadoras de la estructura, la dinámica poblacional (densidad, área basal e incluso la regeneración natural que es el potencial que hará parte estructurante del bosque) y la salinidad del agua; no contempla alguna variable que refleje de manera indirecta la función ecológica del

manglar, por lo que actualmente el indicador presenta limitaciones para determinar de manera integral el estado general de “salud” del ecosistema. Con el fortalecimiento al monitoreo de la CGSM, se espera que futuras aproximaciones puedan consolidar la inclusión de variables relacionadas con la función de hábitat de este ecosistema.

Recomendaciones y alternativas de manejo

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, la implementación de este protocolo por parte de otras autoridades y entidades ambientales, así como la carga de los mismos en el Sistema de Información para la Gestión de los Manglares de Colombia (SIGMA) (<http://sigma.invemar.org.co>), es de suma importancia para consolidar una base de datos a nivel nacional que facilite el cálculo del indicador de manera automatizada, así como su permanente re-calibración y validación.

7 Indicador de condición-tendencia de bosques de manglar – ICT_{BM}

Definición e importancia del indicador

A diferencia del indicador de integridad biológica de manglares (IBIm), expuesto anteriormente y aplicado exclusivamente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, el indicador de condición-tendencia de bosques de manglar (ICT_{BM}), tiene incorporado en su concepción, una variable que permite de manera indirecta, entender la función ecológica del ecosistema. De este modo, el ICT_{BM} evalúa la condición general de integridad biótica y por tanto, el estado de conservación de los manglares y sus cambios a través del tiempo, por medio de la incorporación de la información de cuatro variables, que miden atributos estructurales (densidad de árboles, área basal del bosque y regeneración natural –densidad de plántulas y propágulos) y de función (presencia de aves indicadoras u otro organismo seleccionado) en un solo valor numérico (Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón, 2014). El ICT_{BM} al ser un indicador compuesto, integra la relación entre cada una de estas variables, con su respectivo valor de referencia. El peso o factor de ponderación que aporta cada variable es el mismo para todos inicialmente (**Tabla 20**). No obstante, debido a que aún no se tienen los valores de referencia de las variables de regeneración natural (densidad de plántulas y propágulos) y de especies de aves indicadoras a nivel nacional, el ICT_{BM} no puede calcularse en su totalidad. Las otras dos variables, densidad y área basal, sí cuentan con valores de referencia por departamento para el Caribe y Pacífico colombiano y, se clasifican, según dichos valores de referencia, como: Muy Bueno, Bueno, Regular y Pobre (**Tabla 21**). La importancia del ICT_{BM}, una vez se tenga completamente desarrollado éste con las dos variables que hacen falta, radica en la fácil aplicabilidad que tendrá en los monitoreos de manglares de Colombia y en que los resultados darán un aporte significativo al conocimiento del estado de salud y conservación del manglar a través del tiempo, al hacer su interpretación.

La formulación del indicador se describe a continuación:

$$ICT_{BM} = \left(\prod_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{V_{ref\ i}} \right)^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}}$$

ICT_{BM} =

$$\left(\frac{D_{sp1}}{V_{ref\ Dsp1}} + \frac{D_{sp2}}{V_{ref\ Dsp2}} + \frac{D_{spX}}{V_{ref\ DspX}} \right)^{0,25} \times \left(\frac{AB_{sp1}}{V_{ref\ ABsp1}} + \frac{AB_{sp2}}{V_{ref\ ABsp2}} + \frac{AB_{spX}}{V_{ref\ ABspX}} \right)^{0,25} \times \left(\frac{R_{progsp1}}{V_{ref\ Sp1}} + \frac{R_{plantsp1}}{V_{ref\ Sp1}} + \frac{R_{progsp2}}{V_{ref\ Sp2}} + \frac{R_{plantsp2}}{V_{ref\ Sp2}} + \frac{R_{progspX}}{V_{ref\ SpX}} + \frac{R_{plantspX}}{V_{ref\ SpX}} \right)^{0,25} \times \left(\frac{AvR}{V_{ref\ AvR}} \right)$$

Donde

D = Densidad de árboles

AB = Área basal

R = Reclutamiento (densidad de plántulas y propágulos)

Av = Especies de aves indicadoras de la salud del manglar

Tabla 20 Pesos o Factores de ponderación como ejemplo para las variables que componen el indicador de condición tendencia de bosques de manglar-ICT_{BM} (Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón, 2014).

Peso de las variables	
Densidad de árboles (D)	0,25
Área basal (AB)	0,25
Reclutamiento (R)	0,25
Especies de aves indicadoras de la salud del manglar (Av)	0,25

Tabla 21 Escala de calificación establecida para las variables de área basal (m²/ha) y densidad (ind/ha) de los bosques de manglar de los departamentos costeros de Colombia (Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón, 2014).

DEPARTAMENTO	Área Basal (m ² /ha)				Densidad (ind/ha)			
	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno
Archipiélago	<10	11 - 20	21 - 31	>32	<531	532 - 881	882 - 2237	>2237
La Guajira	<2,2	2,3 - 5,3	5,4 - 12,0	>12,1	<163	164 - 466	467 - 1281	>1282
Magdalena	<17,8	17,9 - 19,6	19,7 - 26,9	>27,0	<1637	1638 - 2006	2007 - 3620	>3621
Atlántico	<3,1	3,2 - 11,7	11,8 - 16,3	>16,4	<737	738 - 1325	1326 - 2483	>2484
Bolívar	<0,8	0,9 - 2,5	2,6 - 6,0	>7,0	<104	105 - 273	274 - 442	>443
Sucre	<1,3	1,4 - 2,3	2,4 - 5,8	>5,9	<46	47 - 355	356 - 1031	>1032
Córdoba	<7,5	7,6 - 12,1	12,2 - 17,5	>17,6	<77	78 - 556	557 - 1300	>1301
Antioquía	<2,2	2,3 - 8,1	8,2 - 21,6	>21,7	<240	241 - 898	899 - 1658	>1659
Valle del Cauca	<0,6	0,7 - 1,5	1,6 - 3,0	>3,1	<17	18 - 47	48 - 153	>154
Cauca	<1,0	1,1 - 3,2	3,3 - 14,3	>14,4	<62	63 - 135	136 - 230	>231
Nariño	<0,6	0,7 - 2,9	3,0 - 12,5	>12,6	<36	37 - 127	128 - 346	>346

Para obtener la calificación de condición general, del bosque de manglar evaluado, el valor obtenido para el ICT_{BM} se clasificará según la escala de valores que se presenta en la **Tabla 22** (a medida que se vaya consolidando la aplicación del indicador y se genere mayor información sobre cada una de las variables, los valores de la tabla irán siendo actualizados y particularizados). Para la interpretación adecuada del indicador, es indispensable contar con información complementaria del manglar, como las condiciones de inundación del sistema, la salinidad de las aguas superficiales e intersticiales asociadas al manglar y los posibles agentes de degradación que sean evidenciados durante los monitoreos o que hayan sido reportados antes del monitoreo por las personas de la comunidad; con el fin de tener un panorama más general y comprender la clasificación obtenida del indicador, en cualquiera de sus condiciones: Deseable, Buena, Regular, Alerta o No deseable.

Tabla 22 Escala de clasificación inicial a manera de ejemplo del índice de condición tendencia de bosques de manglar (ICT_{BM}). Se presentan cinco calificaciones posibles de condición general de los bosques de manglar.

<table> <tr> <th colspan="2">Condición general de referencia para el ICT_{BM}</th></tr> <tr> <td>Deseable</td><td>0,80 - 1,00</td></tr> <tr> <td>Buena</td><td>0,60 - 0,79</td></tr> <tr> <td>Regular</td><td>0,40 - 0,59</td></tr> <tr> <td>Alerta</td><td>0,21 - 0,39</td></tr> <tr> <td>No deseable</td><td>0,00 - 0,20</td></tr> </table>		Condición general de referencia para el ICT _{BM}		Deseable	0,80 - 1,00	Buena	0,60 - 0,79	Regular	0,40 - 0,59	Alerta	0,21 - 0,39	No deseable	0,00 - 0,20
Condición general de referencia para el ICT _{BM}													
Deseable	0,80 - 1,00												
Buena	0,60 - 0,79												
Regular	0,40 - 0,59												
Alerta	0,21 - 0,39												
No deseable	0,00 - 0,20												
Fuente de los datos e información													
Los resultados que aquí se presentan corresponden a los obtenidos durante los monitoreos de manglar realizados por el INVEMAR, para las respectivas Corporaciones Autónomas Regionales, en las siguientes localidades: manglares de la isla de San Andrés (Vergara-Barrero <i>et al.</i>, 2016), manglares de Tumaco (INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO 2017), manglares del Distrito de Manejo Integrado de la bahía de Cispatá, La Balsa y Tinajones, en adelante Cispatá (Rojas-Aguirre <i>et al.</i>, 2018) y manglares de la isla de Providencia (INVEMAR, 2018e).													
Periodo reportado													
El reporte que se realiza en este informe corresponde a la información del 2016 para la isla de San Andrés, del 2017 para Tumaco y Cispatá y del 2018 para la isla de Providencia. Los valores de referencia para la densidad y el área basal de los manglares, están basados en la escala de calificación establecida para los departamentos del Caribe y Pacífico colombiano (Tabla 21), según Gómez-Cubillos <i>et al.</i> (2014) y que son parte integral del ICT_{BM} (Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón, 2014).													
Reporte o cálculo del indicador													
En los años 2016, 2017 y 2018, fueron realizados monitoreos de los manglares de distintas regiones del Caribe continental e insular y del Pacífico colombiano (cuatro localidades en total, con sus respectivas estaciones de monitoreo), evaluando la condición de las variables de densidad y área basal del ICT_{BM}. Si bien estas son solo dos, de las cuatro variables que conforman el ICT_{BM}, constituyen una base preliminar para poder calificar el estado de los manglares del país. De este modo, en la Figura 28 y Figura 29 se presenta el porcentaje de estaciones de monitoreo por localidad, con determinada condición del estado de la densidad y el área basal del ICT_{BM}. Así mismo, en la Tabla 23 se muestran los resultados de la valoración preliminar del estado de las variables densidad de árboles y área basal del bosque, en las estaciones de monitoreo de las localidades del Caribe y Pacífico colombiano durante los años 2016, 2017 y 2018.													

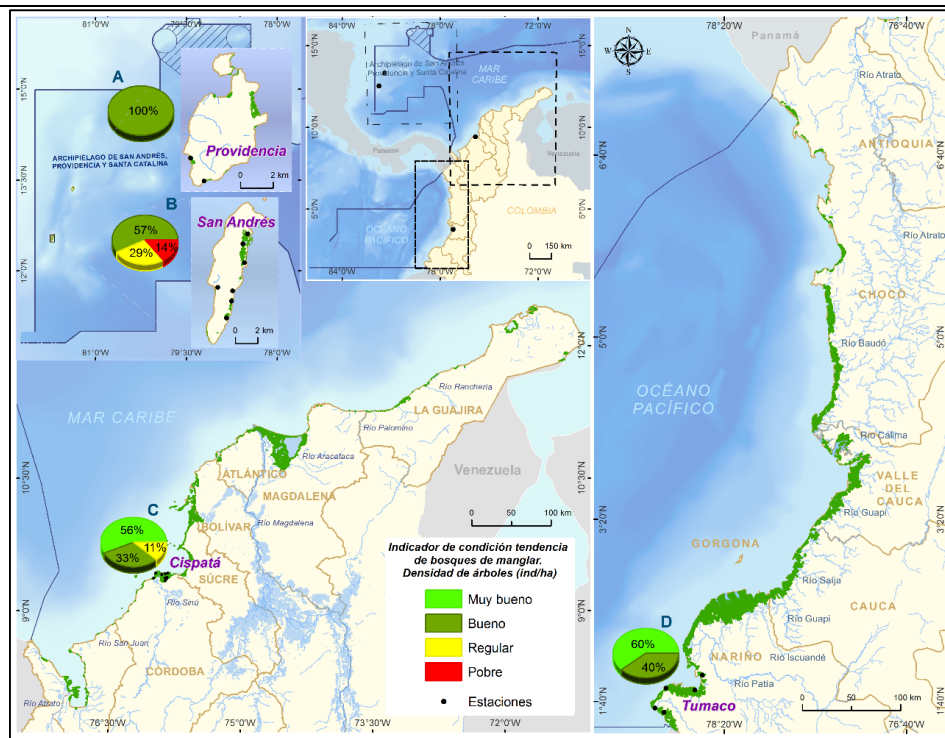


Figura 28 Localidades de monitoreo de manglar y estado de sus estaciones, según la variable de densidad del indicador de condición tendencia de bosques de manglar (ICT_{BM}), en el Caribe insular y continental y en el Pacífico colombiano, para los años 2016 (San Andrés), 2017 (Cispata y Tumaco) y 2018 (Providencia).

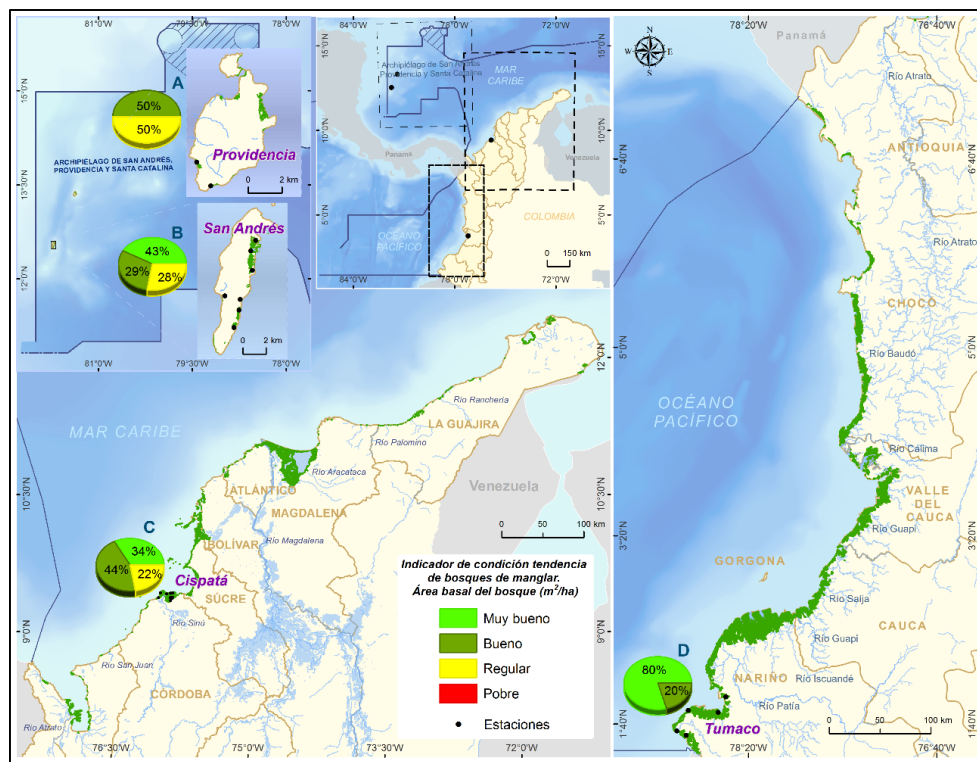


Figura 29.Localidades de monitoreo de manglar y estado de sus estaciones, según la variable de área basal del indicador de condición tendencia de bosques de manglar (ICT_{BM}), en el Caribe insular y continental y en el Pacífico colombiano, para los años 2016 (San Andrés), 2017 (Cispata y Tumaco) y 2018 (Providencia).

Tabla 23 Resultados de la valoración del estado de los bosques de manglar de acuerdo con las variables indicadoras del ICT_{BM}: densidad de árboles y área basal del bosque, en las estaciones de monitoreo de las localidades del Caribe insular y continental y del Pacífico colombiano durante los años 2016, 2017 y 2018.

Localidad	Estación	Densidad (ind/ha)	Área basal (m ² /ha)
San Andrés	Bahía Honda	Bueno	Bueno
	Bahía Hooker	Bueno	Bueno
	Cocoplum Bay	Bueno	Muy bueno
	Salt Creek	Bueno	Regular
	Sound Bay	Regular	Muy bueno
	Smith Channel	Pobre	Muy bueno
	El Cove	Regular	Regular
Providencia	Manzanillo	Bueno	Bueno
	Suroeste	Bueno	Regular
Cispata	Ciénaga Mestizos	Muy bueno	Bueno
	Última Boca	Muy bueno	Muy bueno
	La Balsa	Muy bueno	Regular
	Caño Salado	Muy bueno	Bueno
	Ciénaga Ostional	Bueno	Bueno
	Ciénaga Galo	Regular	Muy bueno
	Caño Arteaga	Bueno	Muy bueno
	Caño Tijó	Muy bueno	Bueno
	Agrosoledad	Bueno	Regular
Tumaco	Curay (Control)	Bueno	Bueno
	Trujillo	Bueno	Muy bueno
	Bocagrande	Muy bueno	Muy bueno
	Terán	Muy bueno	Muy bueno
	Chontal	Muy bueno	Muy bueno

Interpretación de los resultados

En el presente informe, se hace una primera aproximación del indicador de condición tendencia de bosques de manglar (ICT_{BM}), a través de la evaluación de la condición en que se encuentran los manglares de cuatro regiones o localidades del Caribe insular y continental y del Pacífico colombiano (representadas por 24 estaciones de monitoreo), teniendo en cuenta la escala de calificación establecida para los indicadores de densidad y área basal, los cuales hacen parte integral del ICT_{BM}.

De manera general se evidenció que, en cada una de las localidades monitoreadas, fue mayor el porcentaje de estaciones con calificación de “Muy bueno” y “Bueno” para densidad de árboles y área basal del bosque (más del 55% de las estaciones por localidad), que con calificación de “Regular” o “Pobre” (menos del 30%

del total de estaciones, específicamente de las localidades de Cispata y San Andrés) (**Figura 28, Figura 29, Tabla 23**), indicando que la mayoría de los manglares monitoreados, presentaron una buena condición en su densidad árboles y área basal del bosque, ya que los valores obtenidos, de acuerdo con la referencia de cada departamento, se encontraron por encima del valor mínimo esperado, para considerar el buen estado del manglar según su densidad y área basal. Esto último, confirma la alta variabilidad que se puede encontrar dentro de los manglares, que incluso, haciendo parte de la misma localidad, el bosque de manglar presenta diferencias estructurales en cuanto a densidad y área basal, especialmente debido a las condiciones propias locales del sitio en donde éste se desarrolle (geomorfología, fisiografía, salinidad de las aguas asociadas, entre otros), el tiempo que lleve establecido en el área o sitio monitoreado, e incluso, los impactos y presiones sobre éste, provenientes principalmente de actividades antrópicas.

Así las cosas, se evidenció que, dependiendo la calificación de cada uno de los intervalos de los valores de referencia de variables de densidad y área basal de cada departamento (**Tabla 21**), los manglares de las estaciones con una densidad de árboles “Muy bueno”, correspondieron a bosques jóvenes, en los que la característica principal fue presentar un alto número de árboles por hectárea (Cispata, Córdoba: estación Ciénaga Mestizos con una densidad de 2.833 ind/ha y Tumaco, Nariño: estación Bocagrande con una densidad de 691 ind/ha), en comparación con aquellos que presentaron en el indicador de área basal, una calificación de “Muy bueno”, sugiriendo que corresponden a bosques de manglar desarrollados, maduros, por lo que su particularidad, es presentar árboles de gran porte diamétrico (San Andrés: estación Smith Channel con un área basal de 53,1 m²/ha, que es el reflejo de la presencia de árboles de alto desarrollo diamétrico en esta estación: DAP promedio de 34,5 cm y diámetro promedio cuadrático de 38,1 cm).

Limitaciones del indicador

La formulación y aplicación completa del ICT_{BM}, todavía se encuentra en desarrollo, ya que sólo dos de sus variables (densidad y área basal), presentan suficiente información histórica que permitió obtener los valores de referencia para los departamentos costeros del Caribe continental e insular y del Pacífico colombiano. Las otras dos variables (reclutamiento: densidad de plántulas y propágulos y, aves indicadoras del estado de salud), ya cuentan con alguna información histórica que puede ser evaluada y utilizada, en al menos dos localidades del Caribe colombiano, en los manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Distrito de Manejo Integrado de la bahía de Cispata, La Balsa y Tinajones, por lo que el próximo avance será el desarrollo y formulación de los valores de referencia de las dos variables y de este modo, continuar avanzando en el ajuste de la formulación del indicador de condición tendencia de bosques de manglar.

Recomendaciones y alternativas de manejo

El indicador ICT_{BM} fue diseñado para determinar de una manera simple, pero holística, en qué estado se encuentra el ecosistema de manglar en Colombia. Para ello, está para el acceso a la comunidad interesada, el protocolo de evaluación en campo, que puede seguirse fácilmente y permite identificar las variables que integran el indicador y aquellas complementarias que ayudan en conjunto a evaluar el estado del ecosistema, en términos de su estructura y función.

No obstante, como cualquier sistema de monitoreo, se requiere una continua verificación, así como una revisión y ajuste periódico de los valores de referencia, con el fin de que el indicador esté acorde con las necesidades o pregunta de fondo para la gestión, que surjan por parte de quienes lo implementan. Es imperante continuar con el levantamiento de información asociada al reclutamiento de los manglares y a las aves indicadoras del estado de salud del manglar, en varias regiones del país, para continuar alimentando la base de datos que ayudará a establecer y definir los valores de referencia de estas variables del ICT_{BM}.

CAPÍTULO III.

Causas y Tensores del Cambio en los Ecosistemas Marinos y Costeros y sus Servicios: Indicadores de presión.

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo presenta los 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, de los cuales el INVEMAR posee información. 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. Cada uno de los indicadores en sus fichas es definido, calculado, interpretado y discutido en sus usos y limitaciones para manejo.

TENSOR DIRECTO

➤ 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 condiciona 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 CO₂ 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 (Rueda y Defeo, 2003; Rueda *et al.*, 2004; Escobar-Toledo *et al.*, 2015). 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 manejo del recurso pesquero. Los indicadores fueron contruidos con base en información colectada por el Invemar tanto en proyectos de investigación como en actividades de monitoreo pesquero y del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC) de la AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca).

8 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: 2012-2018).
Periodo reportado
1990-2018. 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 2014-2018, 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

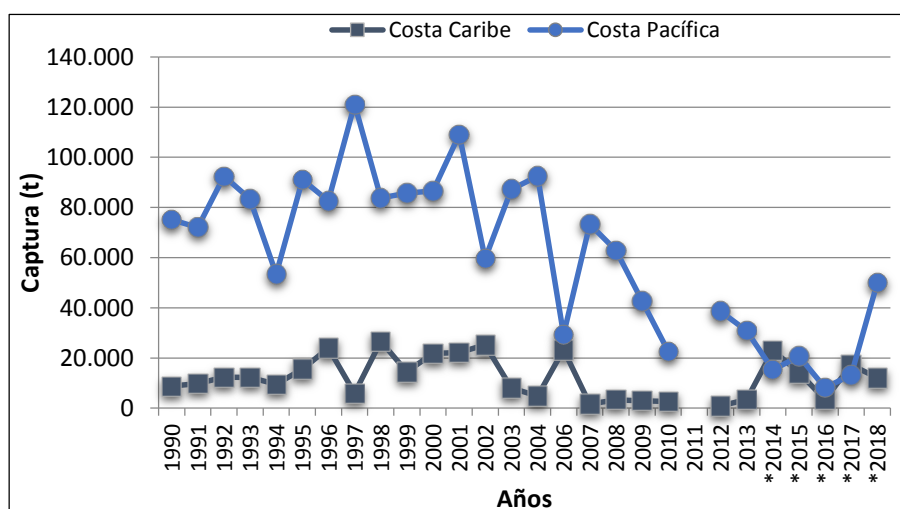


Figura 30 Captura industrial y artesanal desembarcada para el Caribe y Pacífico colombiano. *Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para algunos meses del año, por tanto, esta información es subestimada.

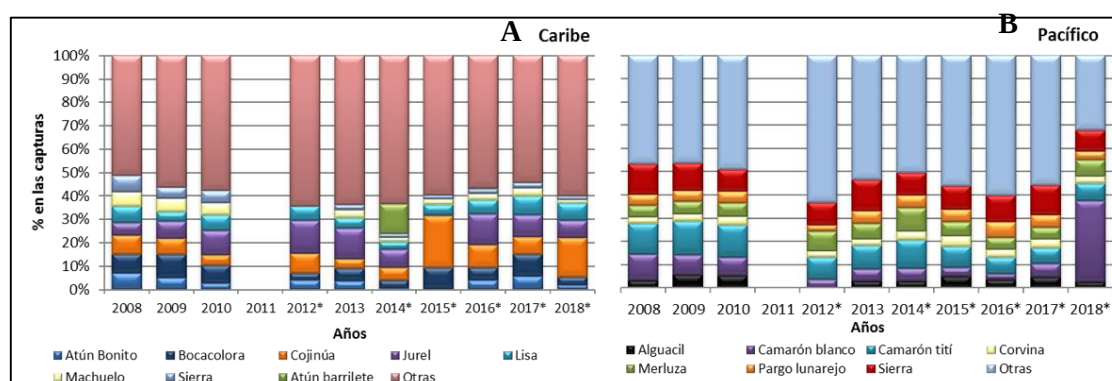


Figura 31 Composición porcentual de la captura artesanal en peso por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). *Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para algunos meses del año, por tanto, esta información es subestimada.

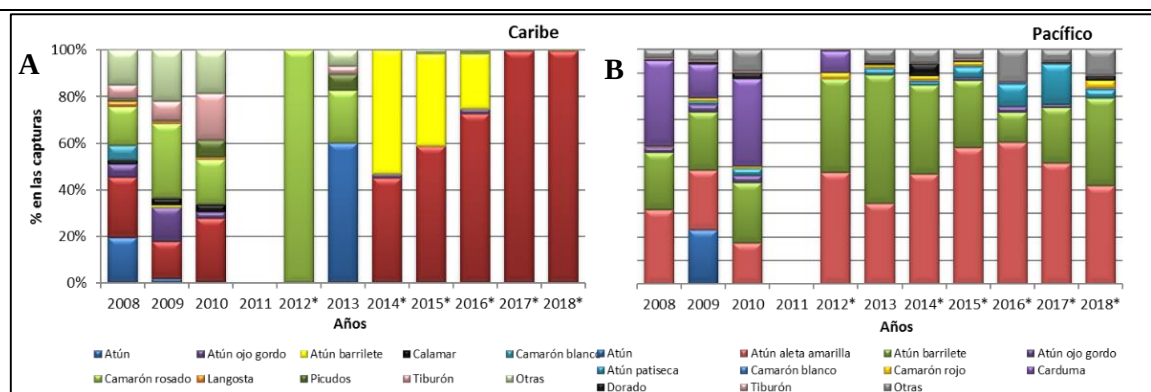


Figura 32 Composición porcentual de la captura industrial en peso por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). *Los datos publicados en SEPE C tienen vacíos de información para algunos meses del año, por tanto, esta información es subestimada.

Interpretación de los resultados

Los registros históricos de la captura desembarcada en el Caribe y el Pacífico muestran a partir del 2006 un progresivo declive en el rendimiento pesquero. En 2018, para el Caribe, se obtuvo un rendimiento de 12.109 t, el valor más bajo del último lustro representando un 45% de valor máximo registrado históricamente. Contrario a lo ocurrido en el Caribe, en el Pacífico la captura en 2018 mostró el valor más alto de los últimos diez años (50.225 t; **Figura 30**). El indicador no incluye las capturas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina ni de la Ciénaga Grande de Santa Marta; adicionalmente para los años señalados en las Figuras 30 y 31, aproximadamente un 25% del año se encuentra sin reporte de información. En el Caribe se registraron 2.717,17 t en 2018 provenientes de la pesca artesanal para el periodo (marzo-diciembre), predominado peces de las familias Carangidae (cojinúas y jureles; 24,0%), Mugilidae (8,0%) y Haemulidae (bocacolorá; 3,6%) (**Figura 31A**). En el Pacífico, el desembarco artesanal fue de 4.574,5 t, destacando las familias Penaeidae (camarón tití y camarón blanco; 42,3%), Scombridae (sierra; 9,0%) y Ophidiidae (merluza; 7,1%) (**Figura 31B**).

A nivel industrial, en 2018 el desembarco registrado para el Caribe fue de 9.391,6 t, con mayor representación de los peces de la familia Scombridae (Atún aleta amarilla; 99,7%) **Figura 32A**). De igual manera, para el Pacífico el desembarco fue de 7.943,7 t, con predominio de la familia Scombridae (atunes, 82,8%) (**Figura 32B**).

Limitación 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 AUNAP, 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 (p.e. captura por unidad de esfuerzo), es limitado el juicio de valor que se pueda suministrar sobre el estado de explotación de las poblaciones aprovechadas por pesca.

Recomendaciones y alternativas de manejo

El indicador sigue mostrando una tendencia a la disminución en general para el país, principalmente en el Pacífico, aunque en 2018 hubo un repunte de los desembarcos. Es claro que desde 2012, la información corresponde a una fracción del año que puede no ser representativa del comportamiento de las capturas en todo un año, dada la estacionalidad del recurso. Así mismo, se debe considerar el esfuerzo de pesca aplicado, la influencia de factores ambientales y condiciones del hábitat en la disponibilidad y abundancia del recurso. De manera precautoria las cuotas de pesca formuladas por la AUNAP, deben ser conservadoras sobre los registros mostrados confrontados con estimaciones de Máximo Rendimiento Sostenible basados en aplicaciones de modelos pesqueros.

9 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 posterior a su captura 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

2000-2018

Reporte o cálculo del indicador

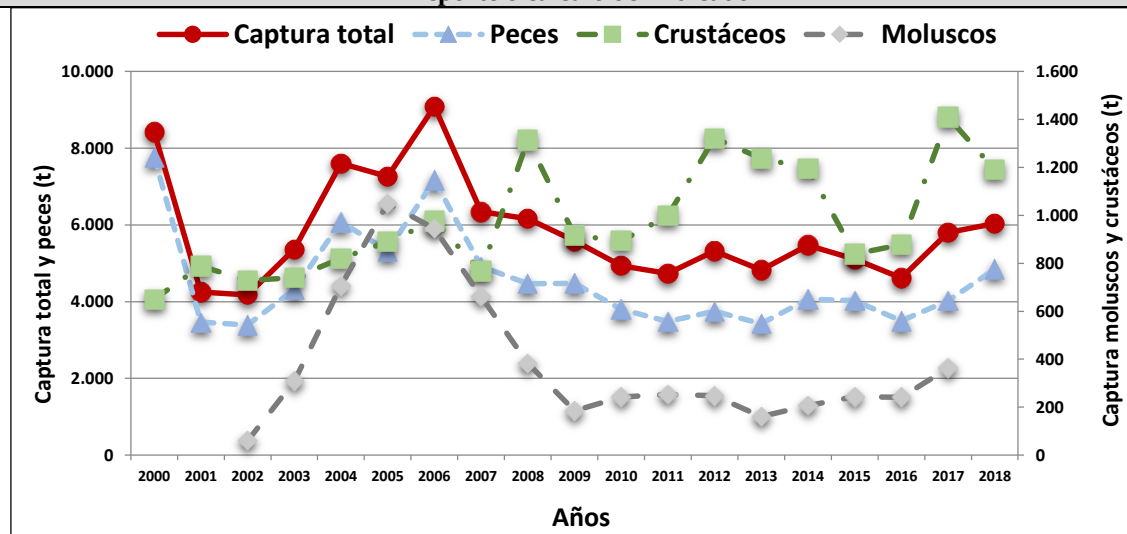


Figura 33 Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM.

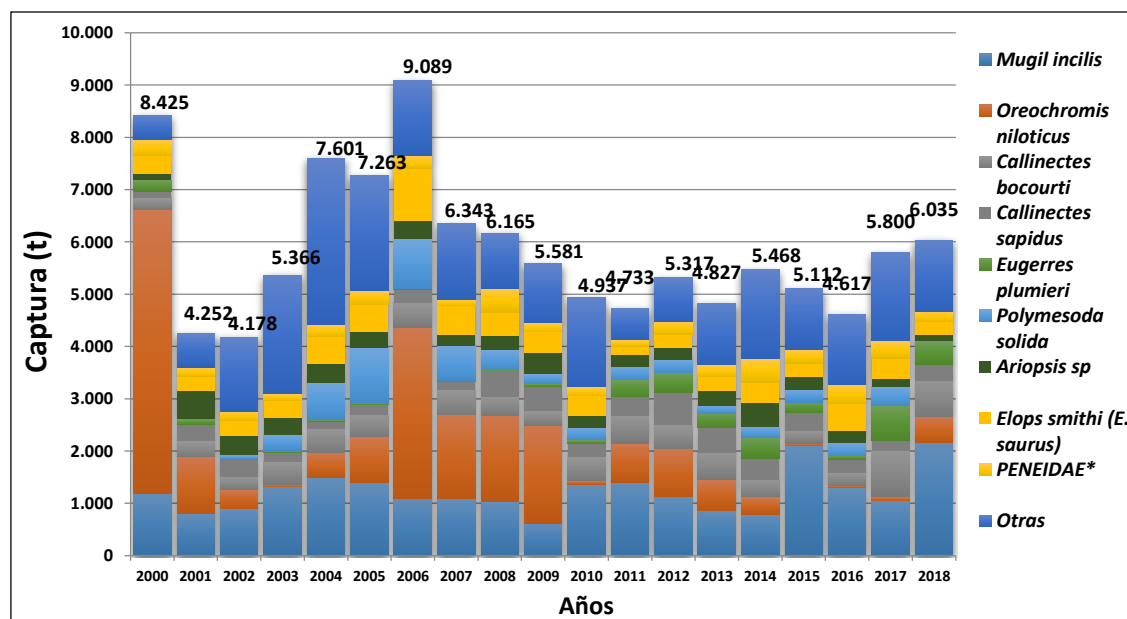


Figura 34 Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM.

Interpretación de los resultados

En 2018, la captura total se estimó en 6.035 t, mostrando un incremento respecto a años anteriores, similar a la producción de hace una década, pero aún inferior al año 2006 cuando se registró la máxima captura relacionada con la entrada al ecosistema de la mojarra lora, una vez entraron en funcionamiento los caños dragados (**Figura 33**). La mayor representación de las capturas en 2018 estuvo dada por los peces con 4.845, t (80,3%) de tendencia estable desde 2008, seguidos por los crustáceos con una captura de 1.190 t (19,7%), cuya tendencia ha sido variable. Para 2018, no se realizó el registro de los moluscos por lo que no puede hacerse comparaciones con este grupo (**Figura 33**). A nivel de los peces, se destacan las especies lisa (*Mugil incilis*; 35,9%), mojarra lora (*Oreochromis niloticus*; 8,2%) y mojarra rayada (*Eugerres plumieri*; 7,4%), mostrando la adaptación al ecosistema de especies tolerantes a mayores concentraciones de salinidad (**Figura 34**). Respecto a los crustáceos, su alta captura se debe al aumento en el desembarco de las jaibas (83% del total), principalmente de *Callinectes bocourti*.

Limitaciones del indicador

El indicador posee una 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 del 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 (aproximación de cuotas de pesca) y esfuerzo óptimo (número de faenas permisibles).

10 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 en la CGSM, 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.

Periodo reportado

2000-2018.

Reporte o cálculo del indicador

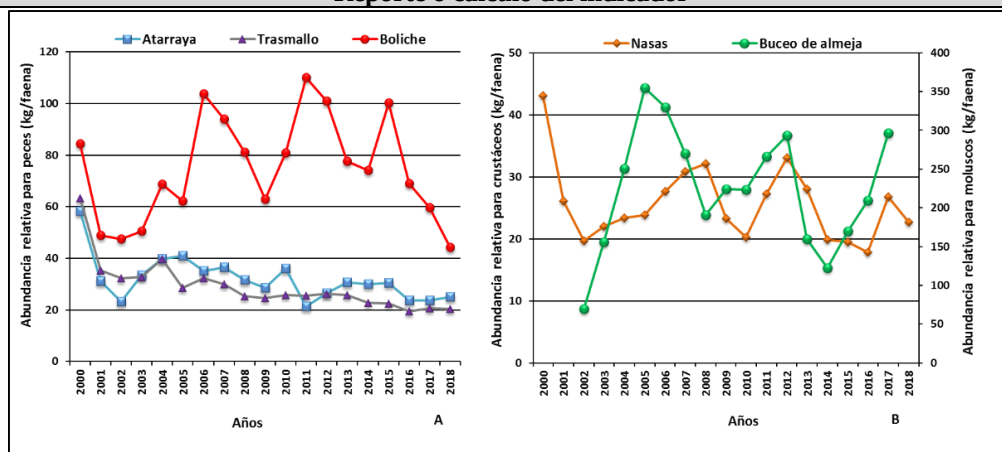


Figura 35 Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM.

Interpretación de los resultados

La abundancia relativa reflejada por los tres principales artes de pesca para peces, muestra cierta estabilidad en la abundancia de peces capturados por la atarraya y trasmallo con valores entre 20 y 40 kg/faena, pero una disminución del arte más efectivo para la captura de peces (el boliche con 44,14 kg/faena en 2018)

(Figura 35A). La tendencia general de la abundancia de peces es a disminuir, producto de las altas capturas y esfuerzo de pesca registradas. La abundancia de jaibas capturadas con nasas, mostró ser inferior al año anterior pero aún se mantiene con valores promedio arriba de los 20 kg/faena (Figura 35B). Para el caso de las almejas, no se pudo verificar su comportamiento durante 2018, pero se espera que haya mantenido la recuperación del recurso que ha mostrado en los últimos años por acciones de conservación hechas al interior del Parque Vía Isla de Salamanca (Figura 35B).

Limitaciones del indicador

El indicador ha sido estimado con buen grado de certidumbre. Teniendo en cuenta el carácter multispecífico 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 el esfuerzo, es posible determinar el rendimiento máximo sostenible (RMS) como una alternativa de punto de referencia límite para sugerir cuotas de pesca y establecer el nivel de esfuerzo permisible que contribuya al mantenimiento de la biomasa aprovechable. En el caso del buceo, no se establecen puntos de referencia, debido a que el recurso almeja es aprovechado en áreas protegidas, en donde Parques Nacionales Naturales ejerce el control respectivo hacia una disminución de esta actividad.

11. 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

2000-2018

Reporte o cálculo del indicador

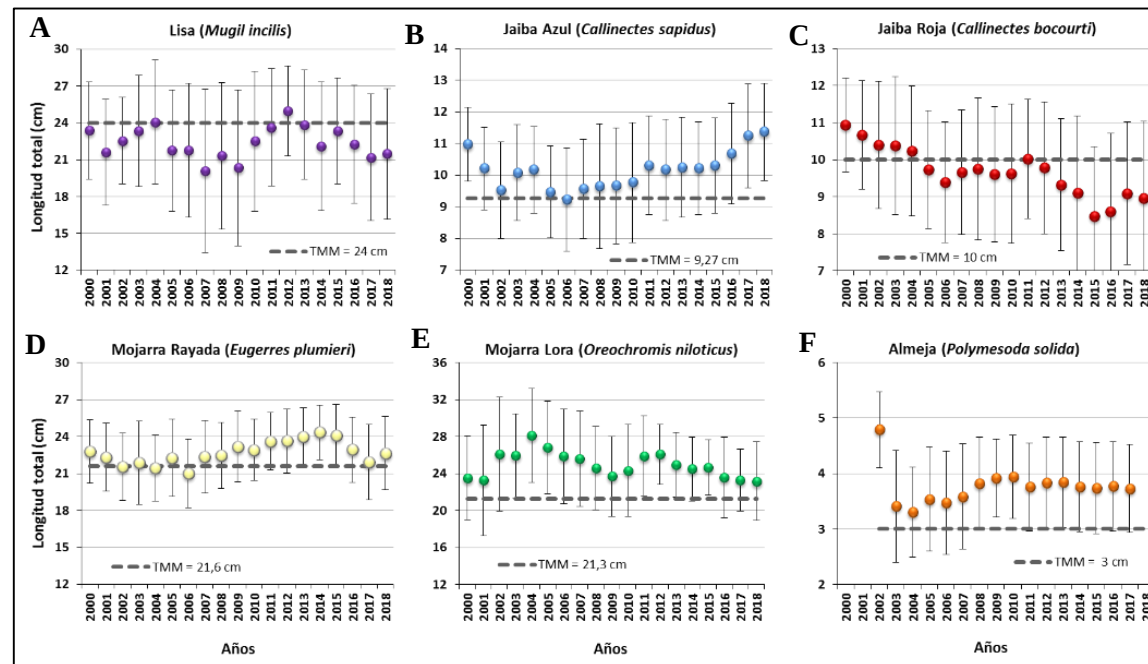


Figura 36 Variación interanual de la talla media de captura (TMC) para las principales especies en la CGSM y su ubicación con respecto a la talla media de madurez sexual (TMM). En el caso de las Jaibas (B y C) la medida es el ancho del caparazón.

Interpretación de los resultados
El análisis evidenció una fuerte presión pesquera sobre la lisa, dado que la TMC se encuentra por debajo de la TMM (punto de referencia límite – PRL) desde 2014 con tendencia a la baja que amenaza la sostenibilidad del recurso (Figura 36A). Para la jaiba roja se registra similar situación, aunque la jaiba azul muestra mayor recuperación al estar la TMC por encima del PRL (Figura 36 B y 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 36 D, E y 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 criterio del PRL expresado en la TMM como talla mínima de captura, para las especies: lisa (<i>M. incilis</i>) = 24 cm LT; mojarra rayada (<i>E. plumieri</i>) = 20 cm LT; mojarra lora (<i>O. niloticus</i>) = 21 cm LT y almeja (<i>P. solida</i>) = 3 cm. Para las jaibas (<i>C. bocourti</i> y <i>C. sapidus</i>), 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). Las medidas operacionales para maximizar la captura de individuos en TMM o por encima de ésta, se basan en el control de la selectividad de los artes de pesca usados.

12 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 objetivo 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
2018
Reporte o cálculo del indicador

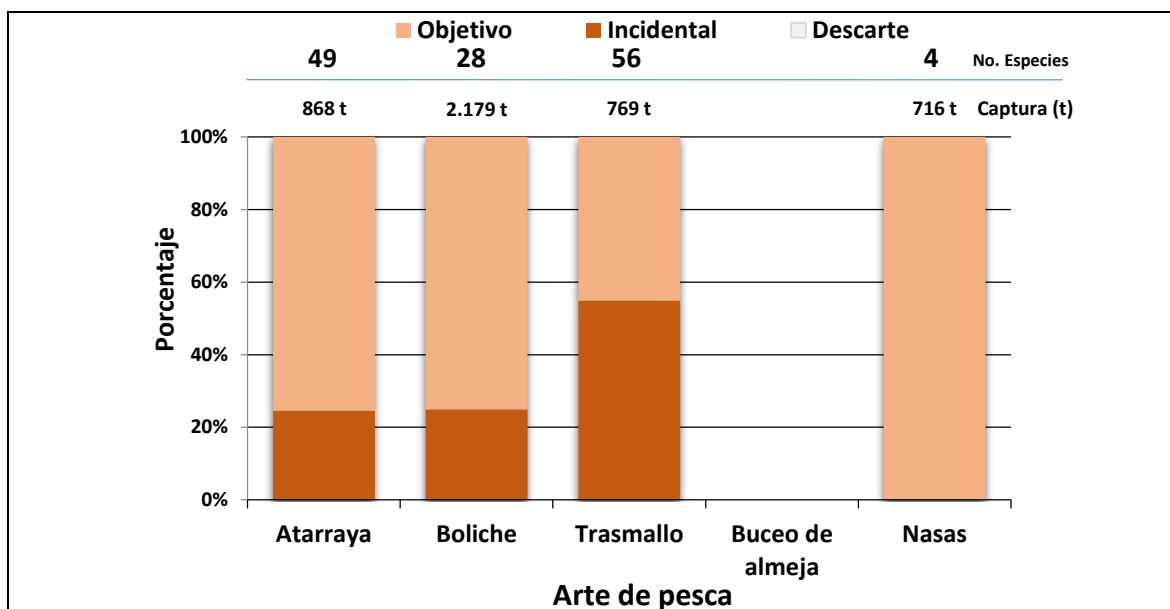


Figura 37 Composición porcentual de las capturas en peso por arte de pesca para 2018, discriminando las capturas objetivo, incidental y descartes en la CGSM.

Interpretación de los resultados

La pesca artesanal de la CGSM no muestra descartes, ya que toda la captura es aprovechada por el pescador (p.e. especies pequeñas para alimento en zoocriaderos, para carnada e incluso para alimento humano). Esto indicaría un impacto sobre la biodiversidad, aunque contribuya a proporcionar alimento e ingresos a los pescadores. Para 2018, solo las nasas fueron totalmente selectivas. Así mismo, en el caso del buceo también es una pesquería selectiva, pero para 2018 no se tuvo información. En el caso del boliche, atarraya y red fija (trasmallo), fueron los artes menos selectivos para la extracción de peces, siendo el trasmallo el de mayor impacto por su mayor porcentaje de captura incidental (57%), representada en 2018 en 53 de las 56 especies registradas. Las principales especies objetivo fueron: la lisa (*M. incilis*), el macabí (*Elops smithi*) y mapalé (*Cathorops mapale*). La atarraya capturó 54 especies, siendo las especies objetivo la lisa (*M. incilis*) y el mapalé (*C. mapale*); mientras que para el boliche la captura objetivo fue la lisa (*M. incilis*) y mojarra rayada (*E. plumieri*) con 27 especies explotadas (**Figura 37**). 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 en estado juvenil y otras de baja importancia comercial, pero de repercusión ecológica. 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 de control y vigilancia.

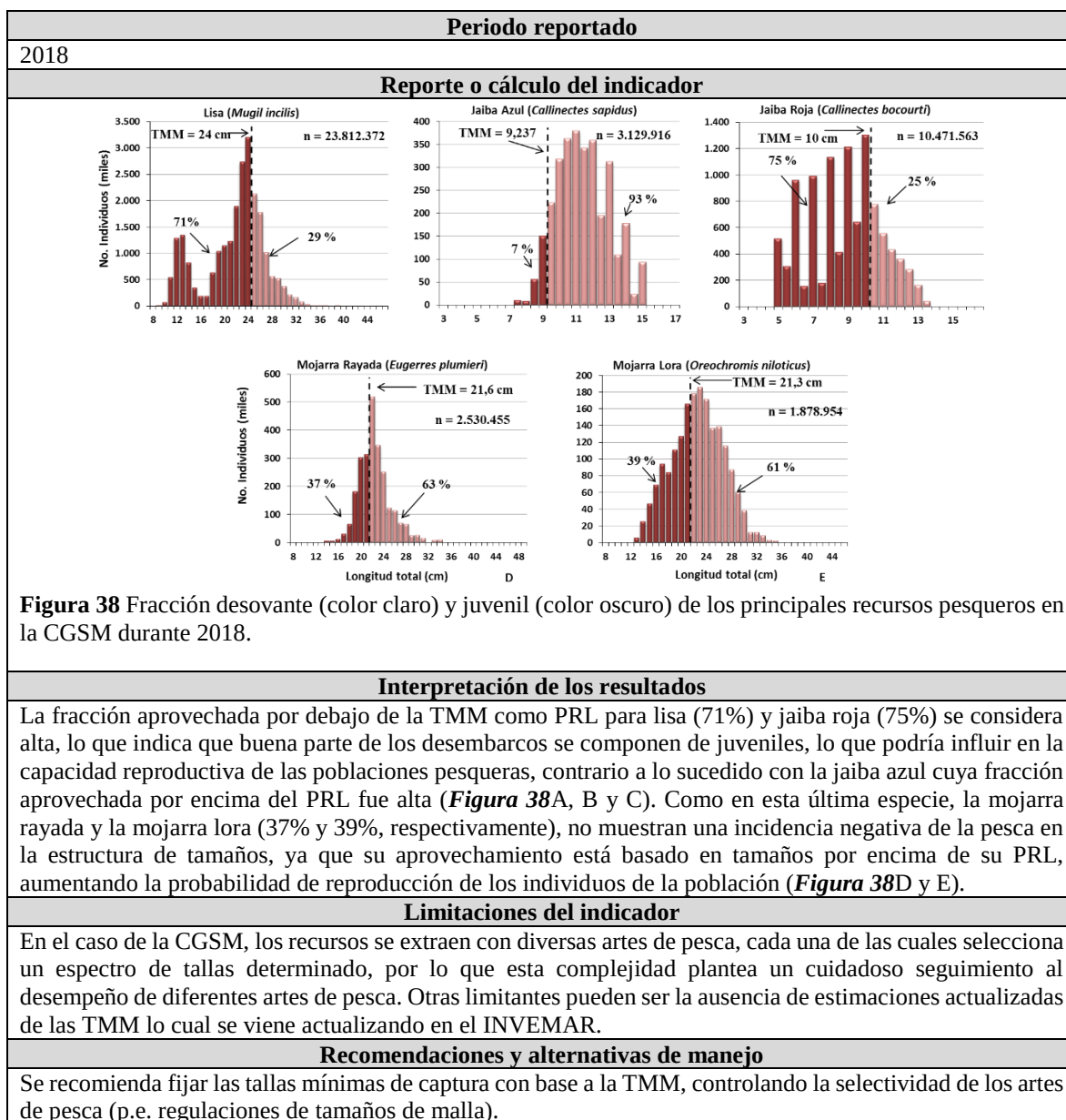
13 Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM.

Definición e importancia del indicador

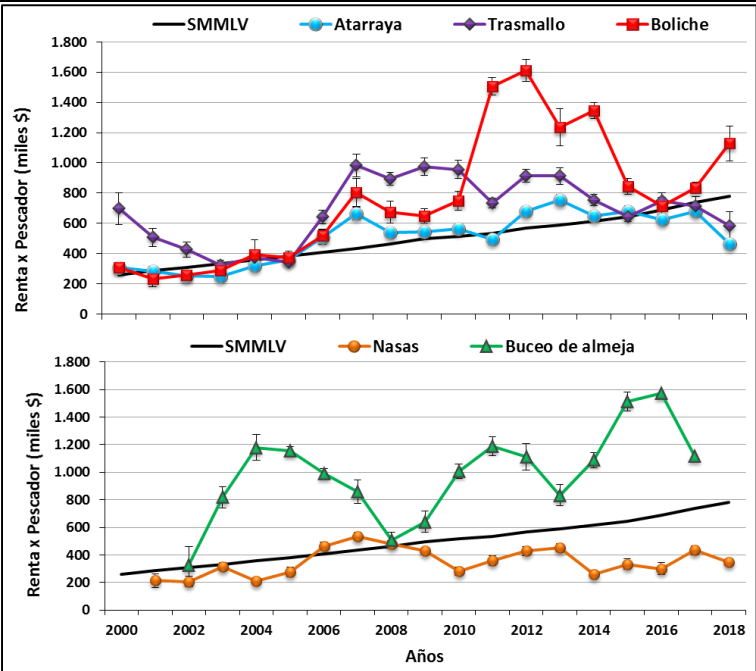
Corresponde a la fracción juvenil y desovante medida sobre la frecuencia de las capturas desembarcadas por tallas para las diferentes especies. Para la división de la fracción desovante y/o juvenil de las capturas, se toma en forma simplificada la TMM. La mayor o menor fracción desovante o juvenil, indicará 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 INVEMAR – SIPEIN.



14 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).
Fuente de los datos e información
Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

Periodo reportado	
2000-2018	
Reporte o cálculo del indicador	
 Figura 39 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 equivalente a un SMMLV por año (en el 2018: SMMLV = \$ 781.242).	
Interpretación de los resultados	
En 2018, la renta de los pescadores que utilizaron boliche, se incrementó fuertemente respecto a los tres años anteriores, superando el umbral de referencia (SMMLV); no obstante, para los otros dos artes analizados (atarraya y trasmallo) sigue presentándose la tendencia descendente llegando la renta a valores muy por debajo de un SMMLV. En lo relativo a la actividad de buceo de almeja no se registró información para el 2018 por lo que no se tiene referencia del comportamiento para el último año. Para el caso de las nasas usadas para la extracción de jaiba, mostraron una renta por debajo del umbral fijado, tendencia que se observa desde 2009 (<i>Figura 39</i>).	
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 contribuiría a la determinación de las cuotas de pesca, relacionando además del máximo rendimiento biológico, el máximo rendimiento económico.	

15 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 INVEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.	
Periodo reportado	
2008 a diciembre de 2018 para el Pacífico. 2009 a diciembre de 2018 para el Caribe.	
Reporte o cálculo del indicador	

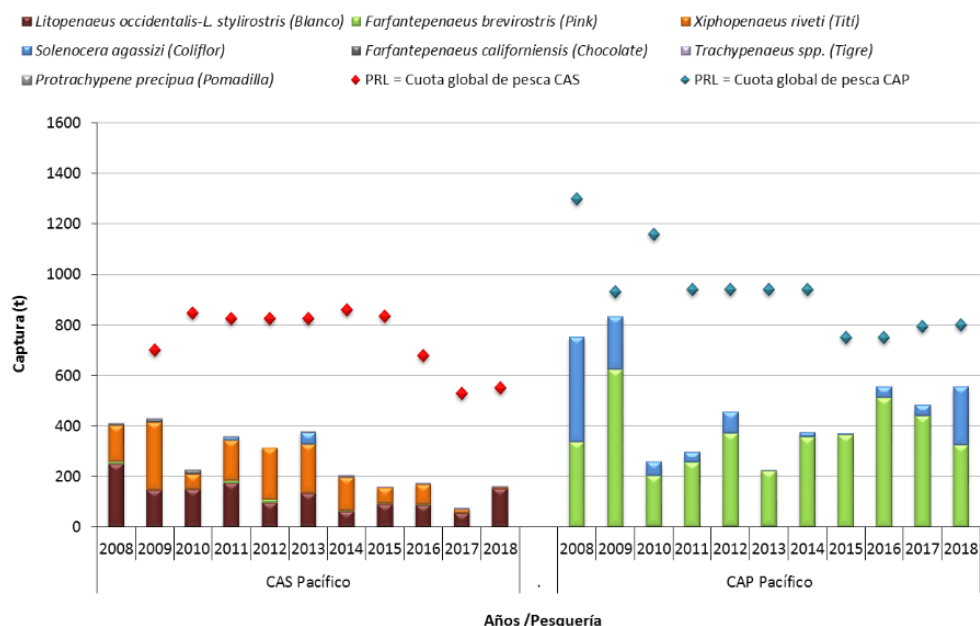


Figura 40 Variación interanual de la captura objetivo en las pesquerías industriales de camarón del Pacífico (CAS y CAP) y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).

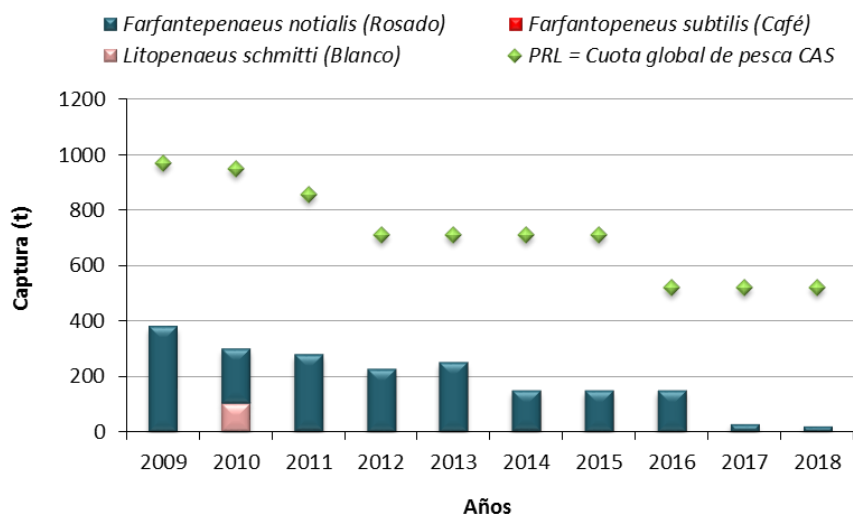


Figura 41 Variación interanual de la captura objetivo en la pesquería de camarón industrial del Caribe y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).

Interpretación de los resultados
En 2018, la pesquería de CAS en el Pacífico colombiano presentó un desembarco de 159,1 t de captura objetivo (CO), un aumento de casi el 100% respecto al año inmediatamente anterior y cercano a los valores de 2015 y 2016. La captura solamente cubrió el 28,9% de la cuota global de pesca asignada para el año (550

t) establecida por la AUNAP (**Figura 40**). El camarón blanco fue el principal producto de la CO (*Litopenaeus occidentalis*-*L. stylirostris*; 95,2%), seguido del camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) que representó el 3,3% y el camarón chocolate (*Farfantepenaeus californiensis*) con el 1,4%. La captura de CAP para 2018 fue de 553,7 t, superior a lo obtenido en 2017, pero con un valor muy similar al de 2016. La captura correspondió al 69,2% de la cuota global de pesca (800 t) asignada para 2018. A diferencia de los últimos años, donde la pesquería mantenía una tendencia de capturar principalmente camarón pink, en 2018 la captura de camarón pink representó el 58,6% de la captura total, mientras que el camarón coliflor alcanzó el 41,4% (**Figura 40**). El grado de aprovechamiento de esta pesquería se encuentra aún en niveles de sostenibilidad lo que representa un bajo riesgo de sobrepesca.

La captura del CAS en el Caribe en 2018 fue de 18,0 t, la menor captura durante la serie de tiempo, aproximadamente 40% menos que la captura de 2017, pero muy inferior a las capturas de los años anteriores de la serie. La captura representó solo el 3,5% de la cuota de pesca establecida en 2018 (520 t) (**Figura 41**). Los desembarcos industriales de camarón se llevan a cabo en dos puertos del Caribe: Tolú y Cartagena; no obstante, la reducción significativa del esfuerzo incide en las bajas capturas. La única especie representativa fue el camarón rosado (*F. notialis*), recurso que ha pasado por estados de sobrepesca y 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 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 ha mostrado ser sostenible manteniendo su producción en los últimos años.

16 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 INVEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

Periodo reportado

- 2008 a diciembre de 2018 para el Pacífico.
- 2010 a diciembre de 2018 para el Caribe.

Reporte o cálculo del indicador

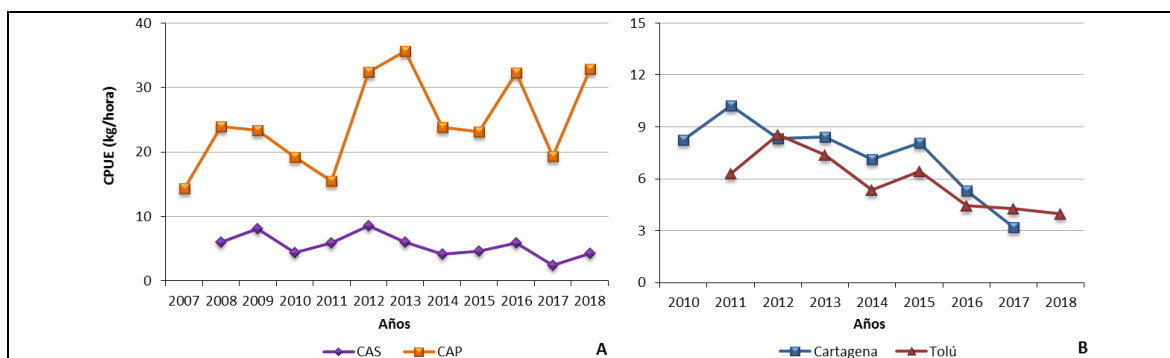


Figura 42 Variación interanual de la captura por unidad de esfuerzo (kg/h) estimada en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y Caribe (B) colombiano.

Interpretación de los resultados

La abundancia relativa del CAS en el Pacífico durante 2018 fue de 4,25 kg/h, siendo mayor a la del año anterior (2,4 kg/h) y representando un valor promedio de toda la serie de tiempo evaluada (**Figura 42A**). En esta pesquería se ejerce una presión secuencial de pesca industrial y artesanal sobre el camarón blanco, lo que ha llevado al estado prolongado de sobreexplotación del recurso. El CAP en el Pacífico también mostró un incremento en este indicador para 2018 (32,9 kg/h), siendo una de las abundancias relativas más alta de toda la serie de tiempo (**Figura 42A**). No obstante, se considera que el recurso continúa en un estado de plena explotación por lo que se sugiere mantener las actuales medidas de regulación de la pesquería.

En el Caribe, la abundancia relativa del CAS continuó su comportamiento al descenso como ha sido en toda la serie mostrada. La flota con puerto base en Tolú (3,9 kg/h), presentó el valor más bajo en la abundancia relativa del recurso. Cabe destacar que, para 2018, en la flota con puerto base en Cartagena no se obtuvo información (**Figura 42B**). Aun así, todo indica que el camarón rosado aún no muestra signos de recuperación consistente.

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 en Colombia requieren mayor control de las medidas de manejo que permitan su recuperación, principalmente la del CAS. Aunque estas medidas solo se han enfocado al establecimiento de cuotas de pesca, tanto globales como por permisionarios, y que aplican solo a la flota industrial, es necesario realizar control sobre la selectividad de los artes, mejoramiento de la tecnología de pesca y establecer nuevas vedas espacio-temporales y realizar acompañamiento a las existentes. 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.

17 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 2018 para el Pacífico.
- 2010 a diciembre de 2018 para el Caribe.

Reporte o cálculo del indicador

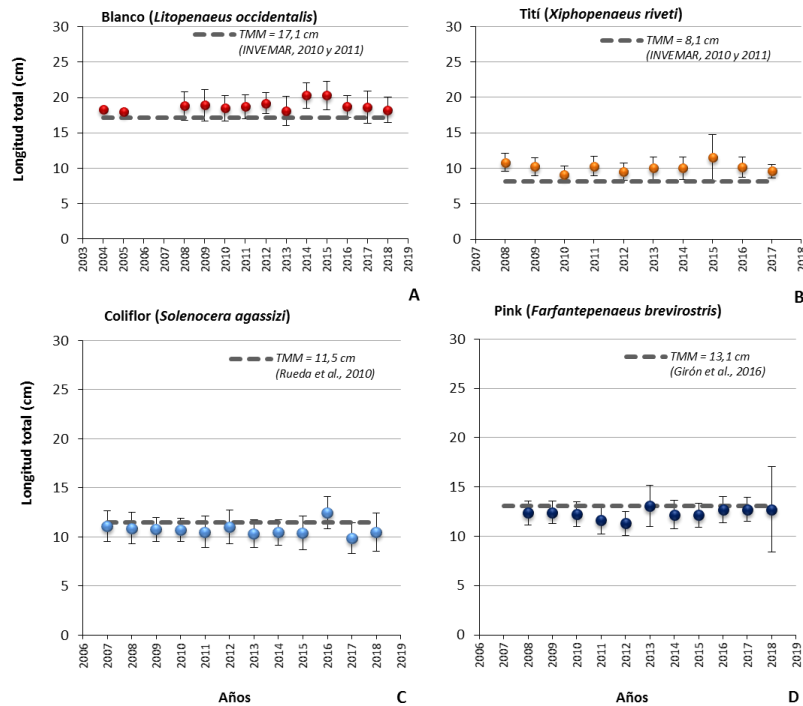


Figura 43 Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).

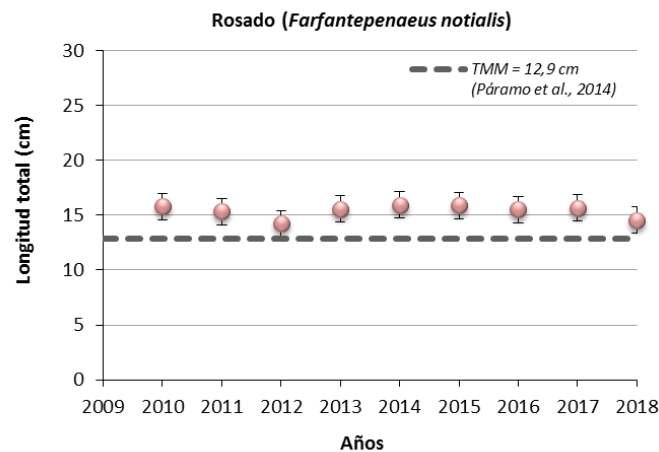


Figura 44 Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus notialis*, principal especie en la pesquería de CAS del Caribe colombiano con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).

Interpretación de los resultados

Las TMC de las especies de camarón de aguas someras del Pacífico mantuvieron su comportamiento respecto a la TMM, los valores calculados (18,2 cm para camarón blanco, *L. occidentalis*) estuvieron por encima de este PRL. Para las principales especies del CAP, el camarón coliflor *S. agassizi* mostró para 2018 una TMC de 10,5 cm, ubicándose por debajo del PRL (11,5 cm; Rueda et al., 2010; Figura 43C). El camarón pink *F. brevisrostris*, presentó un riesgo moderado de sobrepesca ya que la TMC calculada (12,2 cm) es cercana a la

TMM (13,1 cm; Girón *et al.*, 2016), este PRL fue actualizado y las TMC históricas siempre se ubicaron por debajo de la TMM (**Figura 43D**). Para el Caribe, el camarón rosado *F. notialis* (**Figura 44**), al igual que el CAS del Pacífico, presentó valores de TMC por encima de la TMM (INVEMAR, 2010, 2011; Páramo *et al.*, 2014), lo que muestra una condición favorable del recurso y 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 no hacen parte de esta fracción, 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.

18 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 aun 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 INVEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.

Periodo reportado

- 2005 a diciembre de 2018 para el Pacífico.
- 2010 a diciembre de 2018 para el Caribe.

Reporte o cálculo del indicador

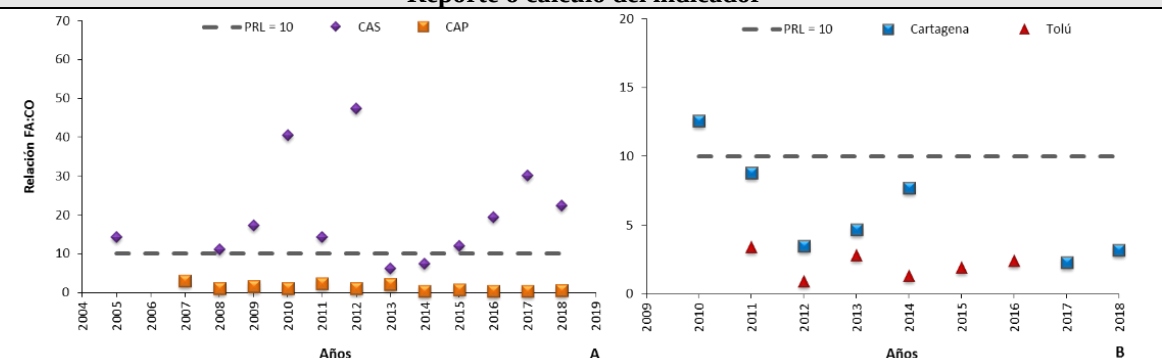


Figura 45 Variación interanual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y el Caribe colombiano (B).

Interpretación de los resultados

En la pesquería del CAS en el Pacífico colombiano la relación FA/CO para el 2018 fue de 22,4, inferior a la calculada el año inmediatamente anterior, pero por encima del PRL establecido en 10 (**Figura 45A**). Dentro de la fauna acompañante, la captura incidental CI, que es aquella fracción colectada por la tripulación para fines de comercialización, se ha convertido en una parte importante para cubrir los costos de operación de la flota que en algunos casos alcanza hasta el 50% de los mismos. 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 a la fecha se cuentan con iniciativas para la disminución de esta fracción de la captura de la pesca de arrastre. En la pesquería del CAP, la relación FA/CO fue de 0,5, superior a la del año anterior y pero cercana a la reportada durante los últimos años, mostrando que el impacto de esta pesquería sobre la biodiversidad asociada es bajo, en comparación con la pesca del CAS (**Figura 45A**).

En el Caribe, la relación FA/CO del CAS en 2017 solo se calculó para la flota con puerto base en Cartagena (3,2), mostrando la misma tendencia a disminuir en los últimos años (**Figura 45B**). A pesar de ser un valor bajo, esta pesquería ha mostrado una alta variabilidad de esta relación, desde valores mayores 10 hasta incluso valores menores a 1. Cabe resaltar que los menores valores presentados son dados por la flota con puerto base en Tolú con niveles de esta tasa inferiores a los reportados (tasa hasta de 4) para la zona del Golfo de Morrosquillo (Herazo-C. *et al.*, 2006).

Limitaciones del indicador

Para el año 2018, solo se pudo realizar un monitoreo a bordo de la flota industrial de arrastre camaronero con puerto base en Cartagena y no fue posible realizar monitoreo en la flota industrial con puerto base en Tolú. 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.

19 Indicador de fracción desovante/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

2018

Reporte o cálculo del indicador

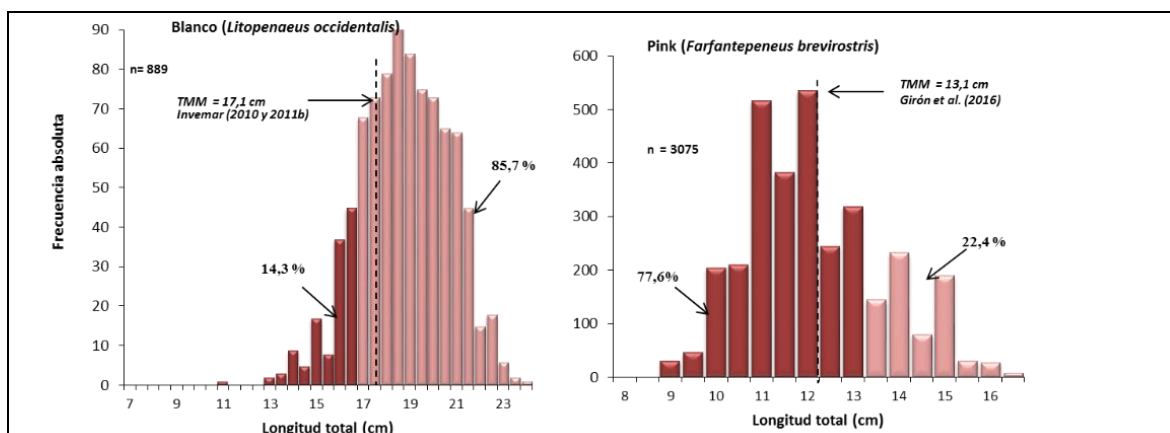


Figura 46 Estructura de tallas para las hembras de las principales especies objetivo en las pesquerías de CAS (izquierda) y de CAP (derecha) del Pacífico colombiano durante 2018, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).

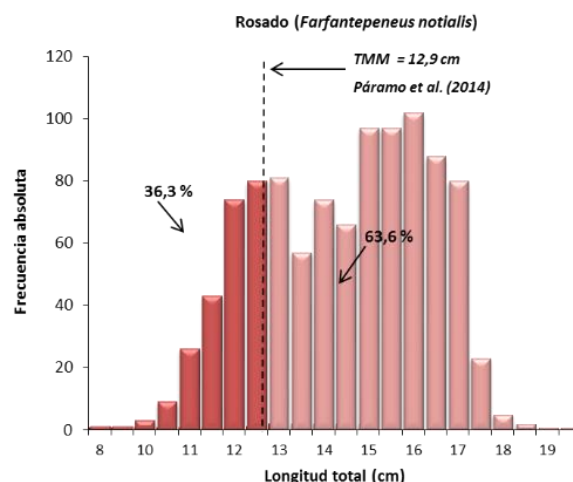


Figura 47 Estructura de tallas para las hembras de la principal especie objetivo en la pesquería de CAS del Caribe colombiano durante 2016, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).

Interpretación de los resultados

Las hembras muestreadas en la pesquería del CAS fueron en su mayoría maduras, con un 85,7% para el camarón blanco en el Pacífico y 63,6% para el camarón rosado en el Caribe, indicando una baja presión de pesca sobre la estructura poblacional de estos recursos (**Figura 46** y **Figura 47**). Contrario a lo sucedido con el CAS, la proporción de hembras maduras de CAP fue baja, siendo de 22,4% para el camarón pink (**Figura 46**). Esta pesquería ejerce una mayor presión sobre la población sub-adulta y juvenil que en la pesquería de CAS, lo que implicaría un riesgo de sobrepesca por reclutamiento para estas especies afectando la disponibilidad de biomasa.

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 y representatividad de la flota, dado que ejerce su actividad en pequeñas áreas del Caribe. 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 camarón, sobre el de 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.

20 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 INVEMAR – SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú.	
Periodo reportado	
2007 a 2018 para el Pacífico. 2010 a 2018 para el Caribe	
Reporte o cálculo del indicador	
Figura 48 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. (--- PRL = 15% más de los CT).	
Figura 49. Variación interanual de la renta promedio por faena ($\pm$DE) en las pesquerías de CAS del Caribe colombiano, con puerto de desembarco Tolú. 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 \$64,2 millones $\pm$ DE 222,5 millones, cercana al PRL (\$67,9 millones) (Figura 48A). 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 variable sobre la biodiversidad asociada. Para la pesquería del CAP la renta económica fue de \$339,6 $\pm$ DE 263,9 millones, encontrándose por encima del PRL (\$81,6 millones), continuando con el buen desempeño económico de esta flota en los últimos años (Figura 48B). Los ingresos para esta flota provienen en su mayoría de la captura objetivo. Para la flota de CAS con puerto base en Tolú, la renta	

promedio fue de \$13,2 millones $\pm$ DE 18,3 millones, estando por encima del PRL (\$4,7 millones), mostrando en general un escenario de ganancias en 2017 (*Figura 49*).

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.

CAPÍTULO IV.

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 Costeras (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 el CDB y el Mandato de 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.

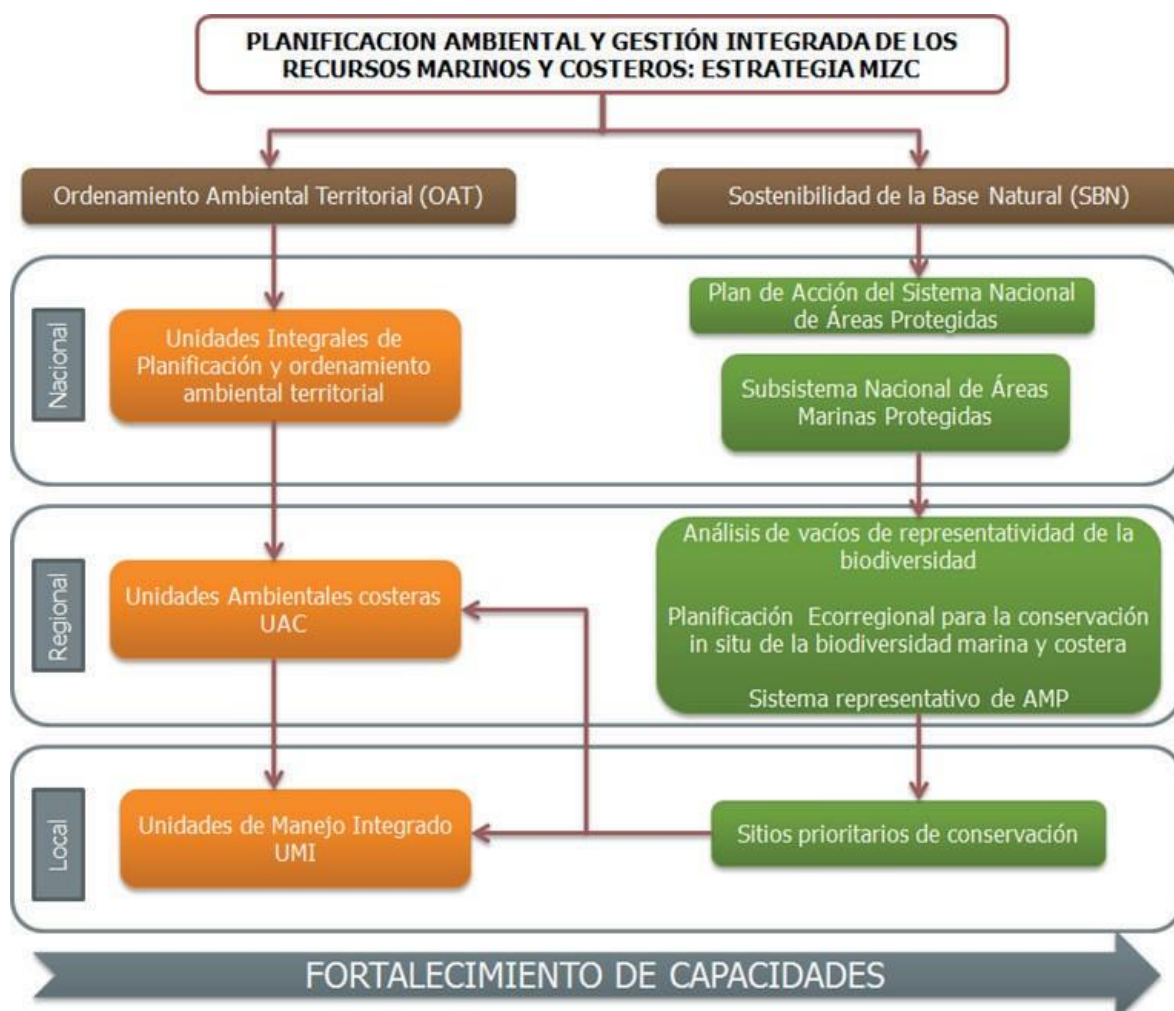


Figura 50 Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia.

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 tres Unidades Integrales de Planificación y Ordenamiento Ambiental Territorial: Región Pacífico, Región Caribe Insular y la 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 50*).

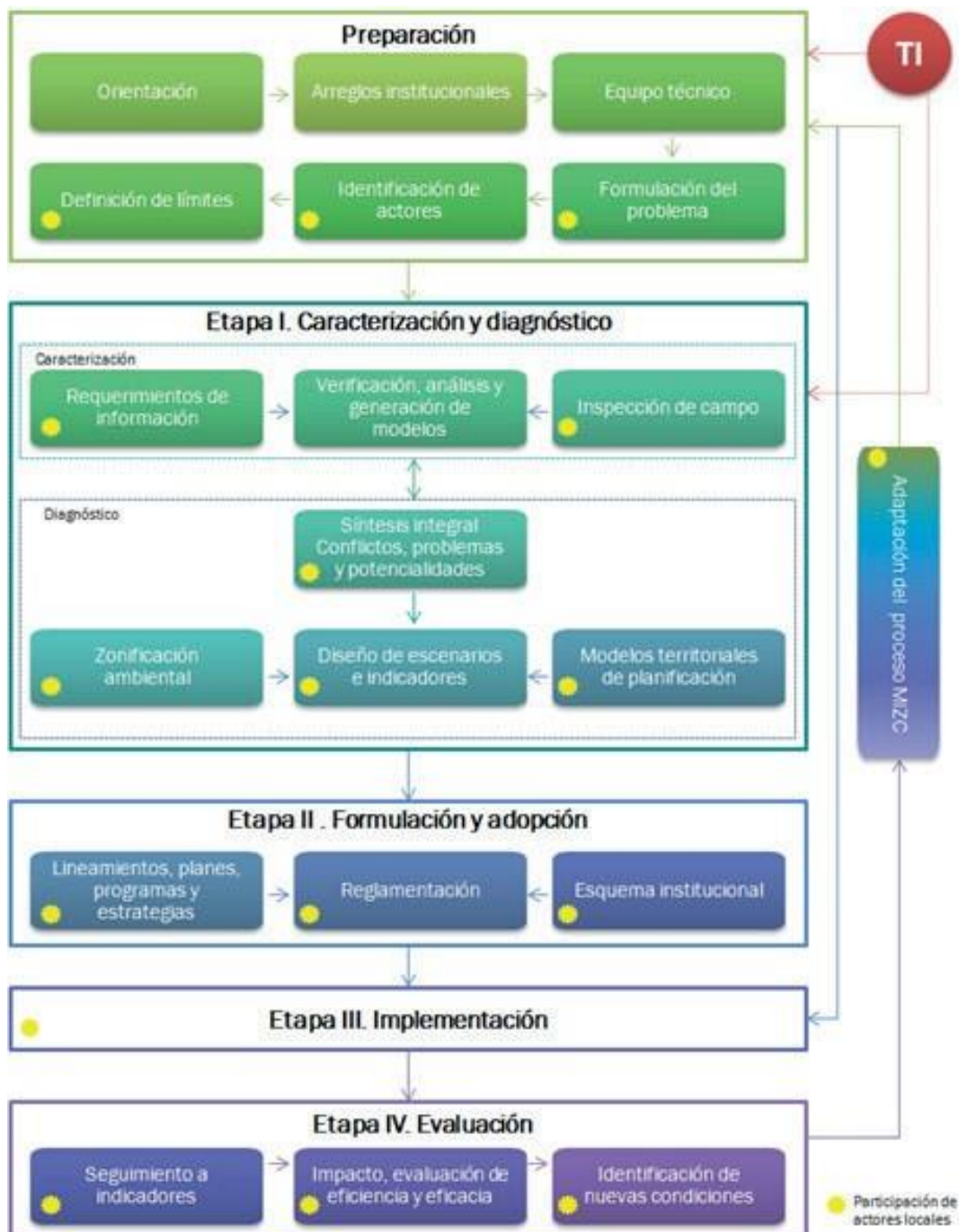


Figura 51 Metodología COLMIZC. Tomado de (Rojas-Giraldo *et al.*, 2010).

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 de forma integral el desarrollo institucional, territorial, económico y sociocultural del ambiente oceánico y costero y del país frente a los retos futuros. De igual manera, en la búsqueda de una economía que garantice un mayor nivel de bienestar, el país planteó como estrategia el “Aprovechar el Territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible” (DNP-Departamento Nacional de Planeación, 2007), el cual establece 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 llevó 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 parte de una 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 y espacios de interés estratégico o usos especiales, como las zonas de frontera, costeras, marítimas, insulares, áreas de conservación y reserva ambiental, territorios indígenas, entre otros (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 parágrafo 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 parágrafo 3 del artículo 207 de la Ley 1450 de 2011, en lo referente a 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, “por el cual se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras – UAC- y las comisiones conjuntas, se dictan reglas de procedimiento y criterios para reglamentar la restricción de ciertas actividades en pastos marinos, y se dictan otras disposiciones”. Este es recogido posteriormente por el Decreto Único reglamentario del sector ambiente (MADS, 2015), el cual 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. Igualmente se compila el decreto 1076 de 2015 como decreto único reglamentario del sector ambiente. Esta guía se genera a partir de los manuales elaborados para el MIZC, con un equipo técnico del MADS-INVEMAR-IDEAM- ASOCAR, que trabajó 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, 2015a), se le otorga a las CARs y CDS competencia y jurisdicción en las zonas marinas y costeras. Esta guía fue adoptada por el MADS mediante la resolución 0768 de 2017 del MADS.

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).

En este sentido el INVEMAR, desde el año 2015, ha adelantado ejercicios para generar insumos de PEM, que aportan elementos metodológicos y técnicos a los procesos MIZC que se vienen llevando a cabo, en el marco de la PNAOCI (MMA, 2001). Estos insumos han permitido reforzar los análisis de la sub zona marina de las UAC, bajo un enfoque que permite analizar y gestionar los conflictos 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 y la Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial del Sur para el sector del departamento del Cauca y de Nariño en análisis de conflictos.

De igual manera, el desarrollo y avances en los temas de MIZC, ha 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 ha sido revisado y evaluado en su contenido y metodología, 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 Curso Práctico 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 cursos también se enfocaron en el Pacífico colombiano y se han venido realizando cada año sin interrupción hasta 2018. Adicionalmente, desde el 2004 se han realizado cursos de Áreas Marinas Protegidas y de Tecnologías de la Información, temáticas que contribuyen al análisis MIZC y han 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, el Programa Internacional de Intercambio de Información y Datos IODE (por su sigla en inglés), el instituto fue designado, desde 2015, como Centro Regional de Entrenamiento para Latinoamérica RTC LAC (por su sigla en inglés), el cual hace parte de la estrategia Ocean Teacher – Academia Global OTGA (por su sigla en inglés), 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 de IODE. OceanTeacher se ha desarrollado como un sistema de formación no formal, 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 distintas disciplinas y proporciona un programa de cursos de formación también relacionados con programas de la COI, que contribuye a la gestión sostenible de los océanos y las zonas costeras de todo el mundo, relevante para los Estados miembros en las regiones, a través de los Centros de Entrenamiento Regional.

21 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, AMP y tecnologías de la información (TI) enfocado a los ambientes marinos y costeros, 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 a 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), Cambio climático (CC) 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. Centro Regional de Entrenamiento para Latinoamérica OTGA.

Periodo reportado

Los resultados que aquí se presentan se derivan de la serie de cursos impartidos entre 1999 y 2018.

Reporte o cálculo del indicador

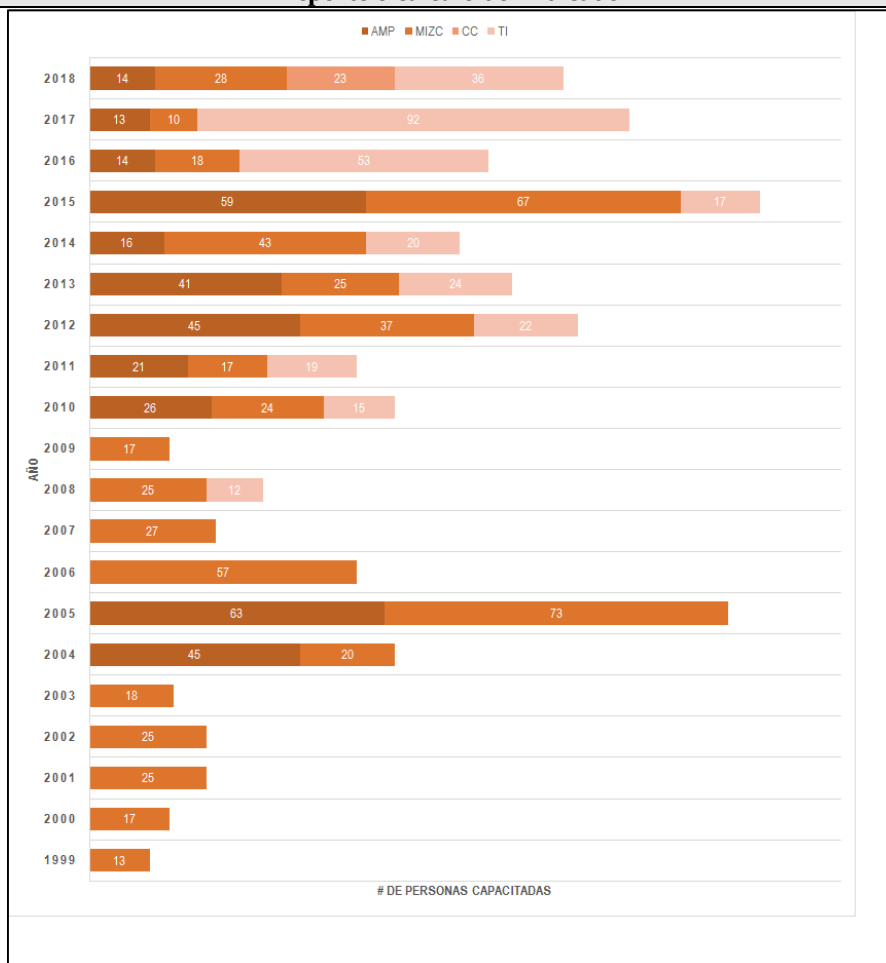


Figura 52 Número de personas capacitadas: Fortalecimiento de capacidades en Manejo Integrado de la Zona Costera.

Interpretación de los resultados

Teniendo en cuenta la experiencia que del INVEMAR desde 1999 en la realización de cursos, el Instituto se constituye a partir del 2015 como Centro Regional de Entrenamiento para Latinoamérica, el cual hace parte de la estrategia Ocean Teacher – Academia Global del Programa Internacional de Intercambio de Datos e

Información IODE (por su sigla en inglés). El INVEMAR durante el año 2018 organizó cursos relacionados con el Manejo Integrado de Zonas y Planificación Espacial Marina y en Áreas Marinas Protegidas (AMP). Este último, como materia electiva en el programa de doctorado en Ciencias del Mar y maestría GASIMAC.

Dentro de la temática de Tecnologías de la Información, se impartieron cursos de Administración de Datos Biogeográficos Marinos (contribuyendo al uso de OBIS) en Santa Marta (Colombia).

Como una temática que ha sido transversal a muchos de los cursos, como lo es el cambio climático, se impartió el Curso de formación en Carbono Azul y adaptación basada en ecosistemas. Estos cursos contaron con la participación de estudiantes de varios países y recibieron charlas de expertos, algunos de estos internacionales.

Para el 2018 se ofertaron en total 5 cursos, dejando 101 personas capacitadas. En total desde 1999 se han capacitado 1.276 personas, entre estudiantes, comunidad local, representantes de Corporaciones Autónomas Regionales, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS e investigadores de ciencias del mar procedentes de 21 países de Latinoamérica y el Caribe.

Limitaciones del indicador
Ninguna
Recomendaciones y alternativas de manejo
No aplican

SUBSISTEMA DE ÁREAS COSTERAS Y MARINAS PROTEGIDAS

Colombia ocupa el segundo lugar en biodiversidad y está entre las 12 naciones más megadiversas del planeta. Posee gran cantidad de hábitats y ecosistemas marino costeros tales como pastos marinos, lagunas costeras y humedales, arrecifes de corales, algas marinas, manglares, playas rocosas y arenosas, zonas de afloramiento costero y varios tipos de fondos marinos. Desde hace más de 20 años se ha considerado estratégico posicionar el tema de las Áreas Marinas Protegidas (AMP) y avanzar en el diseño e implementación de un subsistema ecológicamente representativo, sostenible y bien manejado, como el principal instrumento de conservación y protección de la biodiversidad y sus servicios ambientales. Es así como, en el 2009 se dio inicio a la formulación y puesta en marcha del proyecto “Diseño e Implementación del Subsistema de Áreas Marina Protegidas (SAMP)” con acciones encaminadas a cumplir las metas propuestas en la Convención de la Diversidad Biológica (CDB).

El SAMP como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia (SINAP), es el conjunto de áreas protegidas marinas y/o costeras con actores, mecanismos de coordinación e instrumentos de gestión, que articulados con otras estrategias de conservación in situ, contribuyen a lograr los objetivos comunes de conservación en el territorio marino y costero.

Actualmente, integran el SAMP 37 AMP de orden nacional y regional, ubicadas tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano, que cubren cerca del 13,73% de las zonas marinas y costeras del país (**Tabla 24**), superando la meta mundial Aichi del 10% al año 2020.

Tabla 24 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	PNN	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 Cispata, La Balsa, Tinajones y sectores vecinos al delta río Sinú	Regional	CVS	Costero
	12	PNR Boca de Guacamayas	Regional	Carsucre	Costero
	13	DRMI Ciénaga de la Caimanera	Regional	Carsucre	Costero
	14	DRMI Musichi	Regional	Corpoguajira	Costero
	15	DRMI 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 San Bernardo	Nacional	MADS	Marino Costero
	19	DRMI Lago Azul-los Manatíes	Regional	Codechocó	Costero
	20	DRMI Delta del Río Ranchería	Regional	Corpoguajira	Costero
	21	DRMI Pastos Marinos Sawäirü	Regional	Corpoguajira	Marino Costero
CARIBE INSULAR	22	PNN Old Providence McBean Lagoon	Nacional	PNN	Marino Costero
	23	PNR Manglar Old Point	Regional	Coralina	Marino Costero
	24	PNR Johnny Cay	Regional	Coralina	Marino Costero
	25	DMI área Marina Protegida de la Reserva de Biósfera Seaflower	Nacional	MADS	Marino

REGIÓN	Nº	ÁREA MARINA PROTEGIDA	ORDEN	AUTORIDAD RESPONSABLE	TIPO
PACÍFICO CONTINENTAL	26	DRMI Cabo Manglares Bajo Mira y Frontera	Nacional	Corponariño	Marino Costero
	27	PNR El Comedero	Nacional	CRC	Marino Costero
	28	PNN Sanquianga	Nacional	PNN	Costero
	29	PNN Utría	Nacional	PNN	Marino Costero
	30	PNR La Sierpe	Regional	CVC	Costero
	31	DMI La Plata	Regional	CVC	Costero
	32	DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes	Regional	Codechocó	Marino Costero
	33	DRMI Encanto de los manglares del Bajo Baudó	Regional	Codechocó	Marino Costero
	34	PNN Uramba Bahía Málaga	Nacional	PNN	Marino Costero
PACÍFICO INSULAR	35	DMI Integrado Yuruparí - Malpelo	Nacional	PNN	Marino
	36	SFF Malpelo	Nacional	PNN	Marino
	37	PNN Gorgona	Nacional	PNN	Marino
DMI: Distrito de Manejo Integrado; DRMI: Distrito Regional de Manejo Integrado; PNN: Parque Nacional Natural; PNR: Parque Nacional Regional; SF: Santuario de Fauna; SFF: Santuario de Fauna y Flora; VP: Vía Parque.					

Con la implementación del SAMP, se ha logrado posicionar los temas marinos y costeros en las prioridades de las políticas de Estado y se ha dinamizado varios procesos que tienden a conceptualizar y fortalecer el tema marino. Desde el punto de vista político, el SAMP contribuye claramente a responder a las prioridades plasmadas en la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia (PNAOCI), a los Planes Nacionales de Desarrollo de los últimos 12 años y a las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los resultados de sus cuatro componentes (1. Legal, institucional y operacional; 2. Sostenibilidad financiera, 3. Generación de capacidades a nivel institucional e individual y 4. Componente generación de conciencia pública nacional e internacional) se han constituido en insumo para que las diferentes entidades encargadas de la gestión avancen en las disposiciones jurídicas y reglamentarias para el fortalecimiento de las AMP y la planificación de los territorios costeros y marinos.

En términos generales, el establecimiento del SAMP, ha permitido fortalecer las acciones de conservación de la biodiversidad marina y costera del país, que se evidencia en los logros alcanzados, así: 1) Se superó el número de AMP y hectáreas de ecosistemas marinos bajo protección y se incorporaron nuevos ecosistemas (corales de profundidad), ayudando a Colombia a llegar al 13,73% del 10 % esperado al 2020 en las metas Aichi. 2) Se superaron los indicadores de sostenibilidad financiera con un aumento del 17,8% en la destinación de recursos económicos de fuentes gubernamentales. 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) Se fortalece la capacidad de gestión individual mediante la capacitación a más de 200 miembros del Sistema Nacional Ambiental y sectores económicos y firma de 66 acuerdos de uso y manejo. 5) 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. 6) Generación de capacidades para el manejo de AMP y de conciencia pública para la conservación de nuestros recursos marinos y costeros.

Por los logros anteriores, el SAMP fue reconocido en el año 2016 por parte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) como la estrategia para la armonización y gestión de las AMP y se consideró estratégico la articulación entre los Sistemas Regionales de áreas protegidas (SIRAP) del Caribe y el Pacífico, como las instancias que coordinan y promueven la ejecución de acciones de conservación. Para ello, se estableció entre PNN, los SIRAP Caribe y Pacífico e INVEMAR el convenio de cooperación No. 007 de 2017 que tiene por objeto “Aunar esfuerzos para la consolidación del subsistema temático SAMP de Colombia, mediante la articulación y coordinación de los SIRAP Caribe y Pacífico”. Para esto existe el Plan de Acción del SAMP 2016-2023 (Cardique *et al.*, 2016), que proporciona pautas para incorporar componentes de AMP de manera consistente y complementaria en los instrumentos de planificación nacional y sub-nacionales. El Plan de acción responde a la necesidad de construir un lenguaje común y una hoja de ruta que guíe la implementación del SAMP a mediano y largo plazo, en su formulación se definieron en consenso entre los SIRAP Caribe y Pacífico 7 metas y 23 acciones, bajo los objetivos de:

- (i) Garantizar la representatividad ecológica y la conectividad entre las áreas marinas protegidas;
- (ii) Mejorar la capacidad de gestión institucional y promover el fortalecimiento organizativo;
- (iii) Promover el desarrollo socioeconómico a través del fortalecimiento de los procesos de producción sostenible de acuerdo con los objetivos de conservación;
- (iv) Fortalecimiento de la capacidad científica para el manejo de áreas marinas protegidas;
- (v) Promover la educación y fortalecer la gobernabilidad.

22 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).
Periodo reportado
Los resultados que aquí se presentan son de los avances a diciembre de 2010 a diciembre de 2018.
Reporte o cálculo del indicador

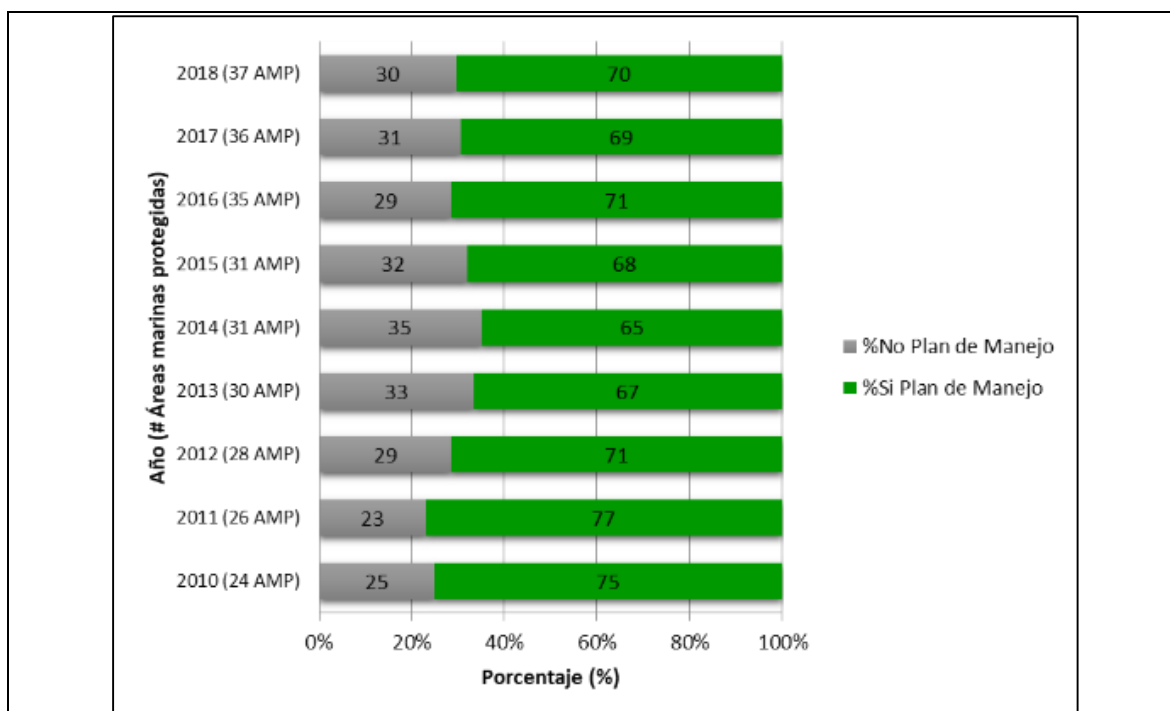


Figura 53 Número de áreas marinas protegidas con/sin plan de manejo.

Interpretación de los resultados
Se aumentó entre el 2016 y el 2018 el número total de AMP (se pasó de 35 a 37) al incorporarse en el RUNAP las áreas: DRMI El Encanto de los Manglares del Bajo Baudó y DRMI Pastos Marinos Sawäirü. De este total, el 70% cuentan con plan de manejo frente a un 30% 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

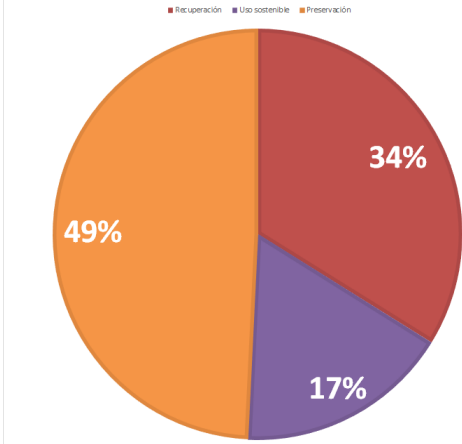
GESTIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

➤ Zonificación de manglares

Como instrumento de gestión que orienta el uso sostenible en las áreas de manglar, las autoridades ambientales regionales (Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013) con ecosistemas de manglar en su jurisdicción, deben realizar los estudios tendientes a generar la zonificación de estos ecosistemas de acuerdo a las resoluciones No. 0924 de 1997, 233 de 1999, 0694 de 2000 y 0721 de 2002 del antes MAVDT.

Recientemente por parte del MADS se actualizaron estas medidas que buscan garantizar la sostenibilidad y la gestión integral de los ecosistemas de manglar (Resolución 1263 de 2018) y adicionalmente establecen los términos de referencia para la formulación de estos estudios (Anexo 1 Resolución 1263/2018). Según esta Resolución deberán ser actualizados en un periodo máximo de veinticuatro (24) meses contados a partir de la publicación del acto administrativo, los estudios de caracterización, diagnóstico y zonificación que hayan sido aprobados con anterioridad al año 2005, los que corresponde a los referidos en la Resolución número 0721 del 2002. Es por esto que para este año no se cuentan estudios actualizados en el marco de esta nueva normativa, dado su reciente publicación.

23 Indicador de proporción de área de manglar destinada a conservación, recuperación y uso sostenible
Definición e importancia del indicador
Debido a la complejidad del ecosistema de manglar, donde se integran componentes biológicos, ecológicos, físico-químicos, sociales y económicos, el 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 1263 de 2018: Zona de preservación: corresponde a aquellas áreas de manglar que, por su composición, estructura y función, mantienen unos bajos estados de alteración, alta productividad biótica, ubicación estratégica y unos servicios ecosistémicos relevantes e insustituibles, y deberán ser manejadas para evitar su alteración, degradación y/o pérdida por acciones humanas directas o indirectas, de tal manera que se mantengan íntegras ecológicamente y permitan la expresión de los procesos naturales en las condiciones más primitivas posibles. Para las zonas de preservación se deberán preparar lineamientos de manejo con base en lo referido en el artículo 2.2.2.1.6.5 del Decreto número 1076 de 2015. Zonas de uso sostenible: corresponde a aquellas áreas de manglar que por su estado de conservación, apropiada oferta de recursos forestales, fáunicos (terrestres y acuáticos), y demanda por parte de comunidades que tradicionalmente han dependido de estos, deberán ser manejados al amparo del uso sostenible, conciliando el mantenimiento de la función ecológica, la capacidad productiva y los servicios ecosistémicos que brinda el manglar con la posibilidad de dar solución a las necesidades de las comunidades directamente relacionados con este sistema socioecológico. Los lineamientos de manejo integral para las zonas de uso sostenible del manglar deberán abordarse con base en los términos de referencia incluidos en el Anexo 2 de la Resolución 1263/2018. Zonas de restauración: corresponde a aquellas áreas de manglar que por: su composición, estructura y función mantienen unos altos niveles de alteración, presencia de tensionantes e interrupción de servicios y/o funciones ecosistémicas, y que deberán ser manejadas a través de intervenciones de restauración, rehabilitación o recuperación ecológica. Las zonas de restauración son transitorias, una vez alcancen el estado de conservación deseado (definido como el ecosistema de referencia) se asignarán a la categoría que corresponda (con base por ejemplo en los servicios ecosistémicos que se pretenden recuperar). Para las zonas de restauración se deberán preparar lineamientos de manejo con base en los términos de referencia incluidos en el Anexo 4, Resolución 1263/2018 En este indicador se presenta porcentualmente la distribución de las tres categorías de manejo en los departamentos que poseen manglares en jurisdicción de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013, (Figura 54), y se discriminan aquellos estudios que han sido aprobados oficialmente por el Minambiente antes del 2005 (Figura 55) y deben ser actualizados bajo la nueva normatividad y los que han sido aprobados después del 2005.

Fuente de los datos e información			
Resoluciones emitidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y estudios de zonificación realizados antes del 2018 (Tabla 25).			
Tabla 25 Actos de aprobación de la zonificación de los manglares en Colombia y algunos estudios relacionados con los procesos de zonificación. NA: Sin información.			
Departamento	Resoluciones anteriores al 2005	Resoluciones posteriores a 2005	Estudios relacionados
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Ninguno		López-Rodríguez <i>et al.</i> (2009a)
La Guajira	Res. 1082 de 2000		Gil-Torres <i>et al.</i> (2009)
Magdalena	Ninguno		NA
Atlántico		Res. 0442 de 2008 y Res. 1478 de 2016	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 Res. 0005 de 2017	NA
Chocó	Ninguno		CODECHOCO-IIAP, 2009; Tavera-Escobar <i>et al.</i> , 2012
Valle del Cauca	Res. 721 de 2002	Res. 0706 de 2017	NA
Cauca	Res. 1082 de 2000		López-Rodríguez <i>et al.</i> (2009b); Sierra Correa <i>et al.</i> (2009)
Nariño		Res. 0619 de 2010	Tavera-Escobar, 2010
Periodo reportado			
No aplica			
Reporte o cálculo del indicador			
			
Figura 54 Distribución de la proporción del número de sectores de manglar en las categorías de zonificación aprobadas MinAmbiente, en resoluciones anteriores al 2005.			

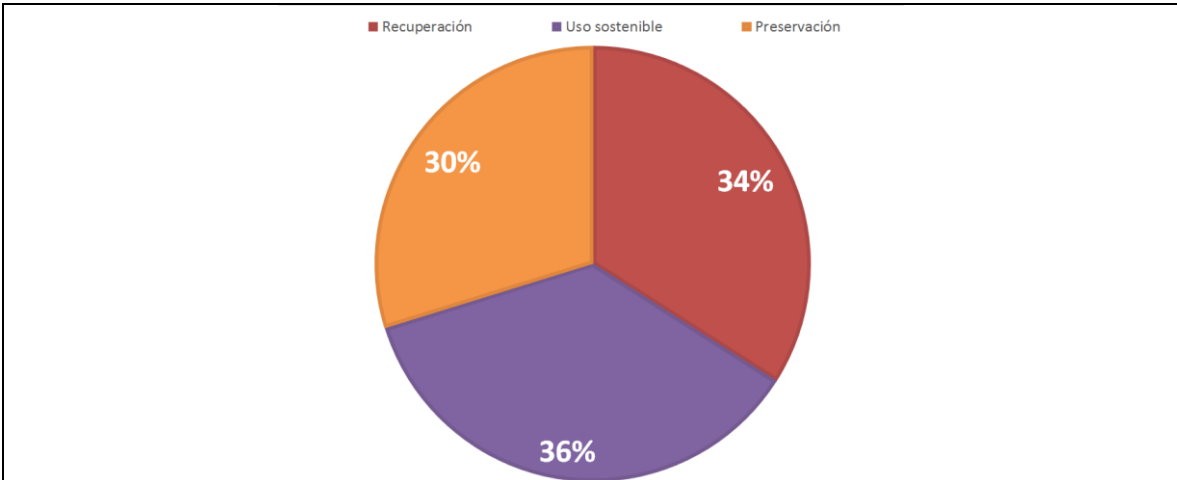


Figura 55 Distribución de la proporción del número de sectores de manglar en las categorías de zonificación aprobadas MinAmbiente, en resoluciones posteriores al 2005.

Interpretación de los resultados
Según los estudios aprobados por MinAmbiente después del 2005, las unidades de manglar administradas por autoridades costeras (Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013), solo 4 departamentos tendrían sus estudios de zonificación aprobados: Atlántico, Antioquia y Nariño y el Valle de Cauca un sector denominado Isla de Leoncico entre los esteros Piñal y Aguacate en jurisdicción del Establecimiento Publico Ambiental de Buenaventura.
Para los demás departamentos estos estudios deben ser actualizados y son los siguientes: La Guajira, Bolívar, Sucre, Córdoba, Cauca, San Andrés, Providencia y Santa Catalina, La Guajira, Chocó y los manglares en jurisdicción la Corporación autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
Limitaciones del indicador
Teniendo en cuenta la última normativa nacional respecto al ordenamiento de los manglares en el país este año aún no se cuenta con estadísticas que alimenten el indicador.
Recomendaciones y alternativas de manejo
No aplica.

CAPÍTULO V.

Estado del conocimiento y vacíos de información

ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN SOBRE 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, 2009), 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).

En Colombia, con el fin de enfocar de manera apropiada las estrategias de restauración a nivel nacional, el Ministerio de Medio Ambiente en 2015 formuló el Plan Nacional de Restauración-PNR (MADS, 2014), con el cual se ha venido avanzando en la formulación de insumos, lineamientos técnicos y estrategias de gestión para su implementación en diferentes ecosistemas, principalmente continentales y terrestres. De manera paralela, para el caso de los ecosistemas marinos y costeros, se ha construido un “Portafolio de áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de áreas y manglares con potencial de restauración ecológica” (Gómez Cubillos *et al.*, 2015), unos lineamientos de restauración para ecosistemas coralinos someros (MADS, 2014), de manglar (Villamil, 2014) y lagunas costeras (INVEMAR-MADS, 2016).

De acuerdo a información recopilada por INVEMAR en 2018, a través de la aplicación de una encuesta en línea a diferentes actores nacionales interesados en la restauración de este tipo de ecosistemas, se tiene que los ecosistemas con mayor número de trabajos bien sea estudios, diagnósticos o acciones de implementación o experimentación, relacionados con restauración son los manglares (61%), seguidos de las lagunas costeras (20%) y arrecifes de coral (14%). Los ecosistemas de playas, fondos blandos y pastos marinos tuvieron un 2% de representatividad de acuerdo a la información colectada, destacando la necesidad apremiante de iniciar procesos de investigación no solo en aspectos prácticos y técnicos ligados a la restauración sino en aspectos básicos de su biología y ecología. Un reporte del listado de proyectos y experiencias documentadas con la encuesta realizada se muestra en la **Tabla 26**

Tabla 26 Experiencias en restauración de ecosistemas marinos y costeros registradas por diferentes actores a nivel nacional, a través de la encuesta en línea realizada por INVEMAR en 2018.

NO.	TÍTULO DEL PROYECTO	ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO	TIPO DE PROYECTO	INSTITUCIONES RESPONSABLES Y ALIADOS
1	Piloto de Restauración de Ecosistemas de Manglar en La Guajira, Caso de estudio: Distrito de Manejo Integrado Musichi y Santuario de Fauna y Flora los Flamencos	Manglares, Lagunas Costeras	Lineamiento (Generación de recomendaciones generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico)	INVEMAR – Petrobras S.A
2	Lineamientos para la restauración del ecosistema de manglar del Río Toribio, departamento del Magdalena	Manglares	Lineamiento (Generación de recomendaciones generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico);	INVEMAR – Puerto Nuevo S.A
3	Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta - PROCIENAGA	Manglares, Lagunas Costeras	Lineamiento; Implementación a mediana y a gran escala	INVEMAR – CORPAMAG – GTZ
4	Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del departamento de Nariño	Manglares, Aguas continentales, vegetación de ribera en zona continental	Experimental/Investigación (Prueba y diseño de alguna técnica o método de restauración); Implementación a mediana y a gran escala	INVEMAR – CORPONARIÑO – MADS – UNIVALLE
5	MAPCO - Manglares, pastos marinos y comunidades locales: desarrollo e intercambio de experiencias de la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios en la región Caribe.	Manglares	Implementación mediana y a gran escala	INVEMAR-FUNDACIÓN NATURA - UE
6	Diseño de un programa de revegetalización de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)	Manglares	Lineamiento (Generación de recomendaciones generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico)	INVEMAR – COREMAR
7	Programa Diáspora Arrecifes Artificiales en el golfo de Morrosquillo	Fondos blandos	Experimental/Investigación (Prueba y diseño de alguna técnica o método de restauración)	ECOPETROL S.A.-MoAm
8	Recuperación del ecosistema manglar y guandal	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CVC
9	Caracterización ecológica y de la diversidad en los ecosistemas de arrecifes de coral y pastos marinos en la jurisdicción marina de CORPAMAG	Pastos Marinos, Arrecifes de Coral	Lineamiento (Generación de recomendaciones generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico)	CORPAMAG
10	Realizar la producción, restauración y reforestación de diez has de manglar con la siembra de 25 mil plántulas de mangle en la zona de bajamar de la vereda Puerto Cesar, Municipio de Turbo.	Manglares	Implementación mediana y a gran escala	CORPOURABA
11	Realizar la producción, restauración y Reforestación de 7 has de manglar en la baja mar vereda El Uno, municipio de	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA

	Turbo			
12	Realizar la restauración y reforestación de diez has de manglar con la siembra de 25 mil plántulas de mangle como estrategia para la conservación de fauna silvestre propia del ecosistema y la conservación del hábitat para el cangrejo azul, en l zona de bajamar de la vereda siete de agosto, Bahía el uno, Municipio de Turbo.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA
13	Recuperación y conservación de los ecosistemas y áreas de interés, terrestres, marinos y costeros y la biodiversidad.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CRC
14	Realizar con la siembra, restauración y reforestación de veinte has de manglar con la plantación de 50 mil semillas de mangle en el área jurisdicción de la Vereda el Roto, desembocadura del delta del Río Atrato.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA
15	Realizar la plantación de 50 mil semillas de mangle en la zona de Punta Yarumal y la desembocadura del río Turbo, propiciando la restauración y reforestación de Mangle rojo.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA
16	Realizar la plantación de 50 mil semillas de mangle en la zona de bajamar del Río Atrato, propiciando la reforestación de 20 Has de manglar.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA
17	Realizar con siembra directa, la restauración y reforestación de treinta has de manglar con la plantación de 75 mil semillas de mangle en asear de los bajos de la ensenada de Río Negro.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA
18	Realizar con siembra directa, la restauración y reforestación de siete has de manglar con la plantación de 17500 semillas de mangle entre los corregimientos de Uveros y Damaquiel del Municipio de San Juan de Urabá.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA
19	Realizar con siembra directa, la restauración y reforestación de treinta has de manglar con la plantación de 75000 plántulas de mangle en la zona de bajamar delta del río Atrato, municipio de Turbo, propiciando la recuperación ecológica del sector.	Manglares	Piloto (implementación a pequeña escala)	CORPOURABA
20	Conservación y recuperación de las zonas de manglar alteradas del área de Musichi, Mayapo (Manaure), Delta del Ríito (Riohacha), Boca Enea y Ciénaga de Mamavita (Dibulla), en los municipios de Manaure, Riohacha y Dibulla, Media y Alta Guajira	Manglares	Experimental/Investigación (Prueba y diseño de alguna técnica o método de restauración)	CORPOGUAJIRA
21	Viabilidad de un proyecto de restauración coralina en el Banco de las Ánimas, departamento del Magdalena	Arrecifes de Coral	Lineamiento (Generación de recomendaciones generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico)	INVEMAR – Puerto Nuevo SA.
22	Lineamientos generales para la restauración de las lagunas costeras de	Lagunas Costeras	Lineamiento (Generación de recomendaciones	INVEMAR – Ministerio de

	Colombia		generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico)	Medio Ambiente
23	Rehabilitación Ciénaga de Astilleros	Manglares, Lagunas Costeras, Playas	Lineamiento (Generación de recomendaciones generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico)	CRA
24	Implementación Plan de Manejo del DRMI de la Bahía de Cispata	Manglares	Implementación mediana y a gran escala	CVS
25	Programa piloto de restauración a gran escala de arrecifes coralinos en la Reserva de Biosfera Seaflower	Arrecifes de Coral	Implementación mediana y a gran escala	Corales de Paz
26	Restauración de corales Acroporidos en el PNN Old Providence McBean Lagoon	Arrecifes de Coral	Implementación mediana y a gran escala	Parques Nacionales Naturales de Colombia
27	Iniciativa Bajo Tranquilo	Arrecifes de Coral	Implementación mediana y a gran escala	Help 2 Oceans Foundation
28	Restauración de áreas de manglar en jurisdicción de CARSUCRE	Manglares, Lagunas Costeras	Experimental/Investigación (Prueba y diseño de alguna técnica o método de restauración)	CARSUCRE
29	Subprograma de Restauración del Parque Nacional Natural Los Corales del Rosario y de San Bernardo	Manglares, Arrecifes de Coral	Experimental/Investigación (Prueba y diseño de alguna técnica o método de restauración)	Parques Nacionales Naturales de Colombia
30	Elaboración de un plan de restauración para Puerto Solo	Manglares	Lineamiento (Generación de recomendaciones generales previas a la implementación de un proceso de restauración/ Diagnóstico)	CVC
31	Ciénaga Grande de Santa Marta - obras para la recuperación y mantenimiento de caños principales y secundarios del complejo deltaico CGSM	Manglares, Lagunas Costeras	Implementación mediana y a gran escala	CORPAMAG
32	Recuperación hidráulica del Caño Clarín Viejo, como aporte a la restauración del ecosistema de bosque de manglar del Parque Isla Salamanca	Manglares, Lagunas Costeras	Implementación mediana y a gran escala	CORPAMAG
33	Proyecto experimental piloto de restauración activa en el sector noroccidental de la CGSM	Manglares, Lagunas Costeras	Experimental/Investigación (Prueba y diseño de alguna técnica o método de restauración)	CORPAMAG - INVEMAR
34	Piloto de restauración en un sector de manglar en la isla de San Andrés - Convenio de cooperación No. 002-18 CORALINA - INVEMAR	Manglares	Experimental/Investigación (Prueba y diseño de alguna técnica o método de restauración)	CORALINA- INVEMAR

De estos proyectos, 10 se clasificaron como acciones de implementación a mediana escala, 9 a pequeña escala, 8 son lineamientos para la restauración y 7 son de tipo experimental/ investigativo. Se destaca que si bien, estos proyectos constituyen un avance en el desarrollo de esta ciencia en Colombia, para dar respuesta a los compromisos nacionales e internacionales en materia de restauración (metas Aichi 14 y 15 del Convenio de Diversidad Biológica, el reto Bonn, la iniciativa 20x20, ODS 13 y 14), es necesario maximizar los esfuerzos de implementación sobre bases técnicas sólidas. Para ello se requiere avanzar en la priorización de especies con potencial para la restauración

de los ecosistemas estratégicos, la generación de protocolos para su establecimiento, la puesta en marcha de diferentes técnicas de restauración específicas para cada uno de los ecosistemas con el fin de adaptarlas al contexto local; la formulación y estandarización de protocolos para el monitoreo de los programas de restauración a través de indicadores de éxito y un sistema de reporte adecuado a nivel nacional. Finalmente, es necesario desarrollar capacidades locales para llenar los vacíos de información existentes y avanzar hacia la implementación de proyectos masivos y a gran escala, para lo cual además de capacidad técnica se requerirá un financiamiento adecuado.

Con el fin de avanzar en estas necesidades identificadas, durante el 2018, además de iniciar el diagnóstico de proyectos de restauración de la zona marino costera (**Tabla 26**), el INVEMAR avanzó en la identificación preliminar de especies con potencial para la restauración de playas de arena (Dussan, 2019), se implementó una técnica de restauración para promover crecimiento de manglar en ambientes con fuerte hidrodinámica en la Isla de San Andrés (Licero-Villanueva *et al.*, 2018) y se vinculó la temática marina costera a la Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE), a través de la conformación de un grupo de personas interesadas en el tema, con lo cual se esperan generar sinergias y trabajo cooperativo para promover la restauración ecológica en los ecosistemas marinos y costeros en Colombia.

➤ **Microalgas potencialmente nocivas**

A nivel mundial son cada vez más frecuentes las floraciones causadas por diversos grupos de microalgas que pueden llegar a ser nocivas (FAN) al acumularse en la superficie del agua, limitando el intercambio de oxígeno y ocasionando la mortandad de organismos por anoxia; varias especies poseen estructuras que pueden obstruir o causar lesiones en las branquias de los peces; y aproximadamente 170 especies producen toxinas (lista taxonómica de la IOC de UNESCO), que inclusive pueden afectar la salud de los seres humanos (Sar *et al.*, 2002; Hallegraeff *et al.*, 2004; Reguera *et al.*, 2016). Así mismo, las FAN ocasionan graves pérdidas económicas en la pesca, la acuicultura y al sector turístico y causan impactos negativos tanto ambientales como en la salud pública (Hallegraeff *et al.*, 2004).

En Colombia, aunque ha sido baja la prioridad que se le ha dado a esta problemática, INVEMAR desde el año 2010, implementó un sistema de monitoreo de microalgas potencialmente nocivas en el departamento del Magdalena, que ha permitido avanzar en el conocimiento sobre los organismos presentes y su variación en el tiempo. Adicionalmente, en el 2015 la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, incluyó el tema de FANs en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2025, Programa de “conocimiento del riesgo de desastres por fenómeno de origen natural”, el cual busca ampliar el conocimiento del país sobre microalgas potencialmente nocivas y tóxicas en la costa Caribe y Pacífico colombiano e implementar una red de monitoreo y alerta temprana de floraciones algales.

En el presente informe, se presentan los resultados del monitoreo histórico realizado entre octubre de 2017 y agosto de 2018, periodo en el cual se hicieron muestreos bimestrales de microalgas planctónicas con énfasis en géneros potencialmente nocivos (lista taxonómica de la IOC de UNESCO), en cuatro estaciones ubicadas en Santa Marta (**Tabla 27**) y de dinoflagelados bentónicos epífitos del pasto marino *Thalassia testudinum*, en dos estaciones de la bahía de Chengue, departamento del Magdalena, Caribe colombiano (**Tabla 27**). Adicionalmente, en agosto de 2018 se realizó un primer muestreo de microalgas en la bahía de Buenaventura, Valle del Cauca, donde se colectaron muestras en tres estaciones, como inicio al muestreo piloto que se espera establecer en el Pacífico colombiano.

Tabla 27 Zonas, estaciones y ubicación geográfica del monitoreo de microalgas potencialmente nocivas.

TIPO DE MUESTREO	ZONAS DE ESTUDIO	ESTACIÓN DE MUESTREO	ABREVIATURA DEL NOMBRE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Planctónico	Bahía de Chengue (PNNT)	Bahía de Chengue	BCH	11°19'13.7'' N	74°07'37.5'' O
	Bahía de Santa Marta	Boya 2	BSM	11°14'37.0'' N	74°13'11.0'' O
	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
	Buenaventura	200-BDB	200-BDB	3°52'56.60"N	77° 4'43.12"O
		113-BDB	113-BDB	3°51'18.90"N	77° 7'41.51"O
Hotel Bocana		HB	3°49'54.98"N	77°11'25.11"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

• MAGDALENA

Los resultados mostraron que al igual que en los años anteriores, las estaciones ubicadas en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) presentaron las densidades más altas, principalmente la estación CLU, en la cual se registró un valor máximo, superando las 4×10^8 cel. L-1 en abril de 2018 (**Figura 56**). Adicionalmente, en esta estación se registró una elevada temperatura del agua (32.4 °C), salinidad mayor respecto a los registros de los meses anteriores (10.4), altas concentraciones de oxígeno disuelto (9.12 mg L-1) y leve incremento de nitratos y fosfatos, siendo evidente la alta productividad de este sistema como lo han mencionado Hernández (1986; 1988), Vidal (1995) e INVEMAR (2018f).

Las cianobacterias fueron el grupo dominante en la CGSM (**Figura 56**), teniendo en cuenta la influencia de aguas continentales dentro de este sistema. *Synechocystis* nuevamente fue el género más abundante, contribuyendo con las mayores densidades. Este género se ha relacionado años atrás con eventos de mortandad peces al incrementar sus densidades y disminuir las concentraciones de oxígeno en la columna de agua en horas de la noche, causando anoxia (INVEMAR, 2016a), sin embargo, durante este último período analizado (octubre de 2017 y agosto de 2018) no se detectaron mortandades.

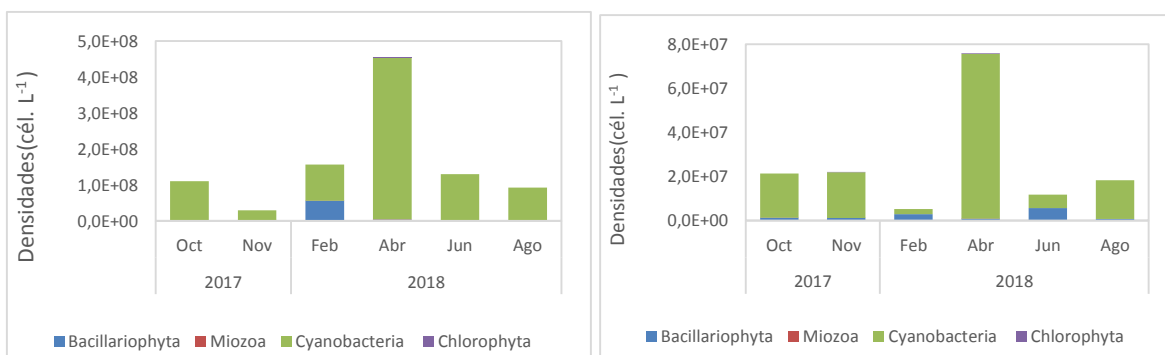


Figura 56 Densidades de microalgas planctónicas registradas en el muestreo bimestral entre octubre de 2017 y agosto de 2018 en las estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta (A) CLU: Ciénaga la Luna y (B) LBA: La Boca de la Barra.

En las bahías de Chengue y Santa Marta las diatomeas fueron el grupo más abundante, seguido por los dinoflagelados, característica común en estos sistemas marino costeros (Balech, 1977). La máxima densidades fitoplanctónicas se registró en la BSM (boya 2) en noviembre de 2017, alcanzando un máximo de 6.5×10^5 cel. L⁻¹ (**Figura 57**). Valor similar se registró en BCH en el mismo mes, siendo el género *Chaetoceros* el responsable de las altas densidades en ambas estaciones. Las altas densidades de este género coinciden con lo observado en agosto y septiembre de 2017 (INVEMAR, 2018f), cuando ocurrió una floración de *Chaetoceros* en la BCH.

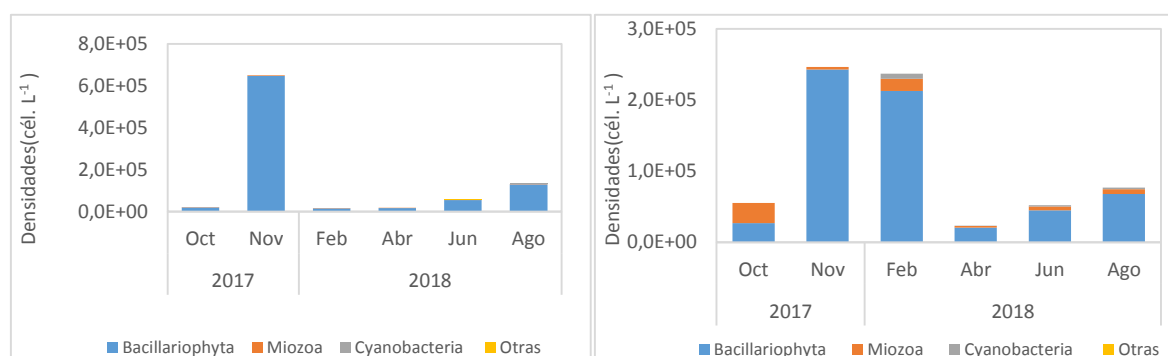


Figura 57 Densidades fitoplanctónicas registradas de octubre de 2017 a agosto de 2018 en las estaciones (A) BSM: Bahía de Santa Marta (boya 2) y (B) BCH: Bahía de Chengue.

Las densidades máximas alcanzadas en BSM y BCH coincidieron con el período de lluvias de 2017, registrándose precipitaciones por encima del promedio multianual según IDEAM (2018a). La temperatura del agua fue superior a 29 °C, salinidad de 32,8 y concentraciones de nitratos de 66,6 µg L⁻¹, lo cual pudo favorecer la proliferación de las microalgas, debido al ingreso de nutrientes como nitrógeno y fósforo en el agua, al incrementar los aportes de aguas continentales (Blanco *et al.*, 2008)

En todas las estaciones monitoreadas se evidenció la presencia de géneros de microalgas potencialmente nocivas, de acuerdo con la lista taxonómica de la IOC de UNESCO. Se observaron 11 géneros, dos diatomeas, cinco dinoflagelados y cuatro cianobacterias (**Tabla 28**). *Nitzschia* fue evidente en todas las estaciones, con densidades superiores a 1.4×10^4 cél. L⁻¹, principalmente en CLU, donde se observó una floración en febrero de 2018 que alcanzó concentraciones mayores a 5.6×10^7 cél. L⁻¹, sobrepasando los reportes para este género a lo largo del monitoreo desde 2010. Esta floración coincidió con incrementos en las concentraciones de oxígeno disuelto (9,8 mg L⁻¹), clorofila a (151 µg L⁻¹) y nutrientes como amonio y fosfatos, alta temperatura del agua (más de 30°C) y baja salinidad (4,2).

La BCH presentó la mayor cantidad de géneros potencialmente nocivos (7 de 11 reportados; Tabla 28), muchos de los cuales son epífitos de pastos marinos (*Amphidinium*, *Ostreopsis* y *Prorocentrum*), los cuales, a causa de disturbios, como la acción de corrientes, se desprenden de su sustrato y permanecen en la columna de agua.

Tabla 28 Densidades máximas de los géneros constituidos por especies potencialmente nocivas (IOC-UNESCO) observados en las estaciones de bahía Chengue (BCH), bahía de Santa Marta (BSM), la Boca de la Barra (LBA) y Ciénaga la Luna (CLU) entre octubre de 2017 y agosto de 2018.

GRUPO	GÉNERO	DENSIDADES MÁXIMAS	ESTACIÓN	
		(CÉL. L-1)		MES-AÑO
Diatomeas		125.222	LBA	feb-18
	<i>Pseudo-nitzschia</i>	21.675	BCH	nov-17
		62.713	BSM	nov-17
		689.707	LBA	nov-17
	<i>Nitzschia</i>	56.301.427	CLU	feb-18
		64.839	BCH	feb-18
		13.818	BSM	nov-17
Dinoflagelados	cf. <i>Alexandrium</i>	427	BSM	ago-18
	<i>Amphidinium</i>	229	BCH	oct-17
		313.668	CLU	abr-18
	<i>Gymnodinium</i>	4.799	BCH	oct-18
		1.063	BSM	nov-17
	<i>Ostreopsis</i>	919	BCH	abr-18
	<i>Prorocentrum</i>	1.090	BCH	ago-18
Cianobacterias	<i>Anabaenopsis</i>	213.666	LBA	oct-17
		638.539	CLU	jun-18
	cf. <i>Planktothrix</i>	1.718	BCH	jun-18
Cianobacterias	<i>Raphidiopsis</i>	15.658.522	LBA	abr-18
		75.118.585	CLU	abr-18
	<i>Synechocystis</i> *	19.044.149	LBA	abr-18
		115.534.500	CLU	abr-18

*No se referencia en la lista de la COI de UNESCO como potencialmente nociva, sin embargo, alcanzó densidades elevadas.

En la bahía de Chengue, las densidades de dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos, asociados a *Thalassia testudinum* fueron superiores en el área de la bahía con respecto al área de la Laguna sur, fluctuando entre 215 cel. g-1 de peso húmedo de pasto colectado (p.h), en noviembre de 2017 y 4.015 cel. g-1 p.h en junio de 2018. En la laguna los valores no superaron las 111 cel. g-1 p.h., en octubre de 2017. En la **Figura 58** se observa que no hubo una tendencia clara de las densidades entre los dos sitios de muestreo, sin embargo, fue evidente un incremento en las densidades en ambos sistemas durante junio de 2018.

Ostreopsis fue el género más abundante sobre las hojas de *Thalassia testudinum* de la BCH, principalmente la especie *Ostreopsis* cf. *ovata*, siendo la causante del pico registrado en junio de 2018. *Prorocentrum* fue el segundo género más abundante, alcanzando sus densidades máximas en agosto de 2018. En BCH, aunque los géneros *Coolia* y *Gambierdiscus* estuvieron presentes, fueron poco comunes, con densidades máximas de 2 cel. g-1 p.h. de sustrato húmedo. Las densidades registradas en ambos sistemas se encuentran dentro del rango histórico registrado para estos organismos en la zona (INVEMAR, 2018f).

En la LCH los únicos géneros observados fueron *Prorocentrum* y *Ostreopsis*. *Prorocentrum* fue el género que contribuyó con las mayores densidades, principalmente entre octubre y noviembre de 2017, siendo *Prorocentrum* sp.2 la especie más abundante, mientras que *Ostreopsis* incrementó durante junio de 2018.

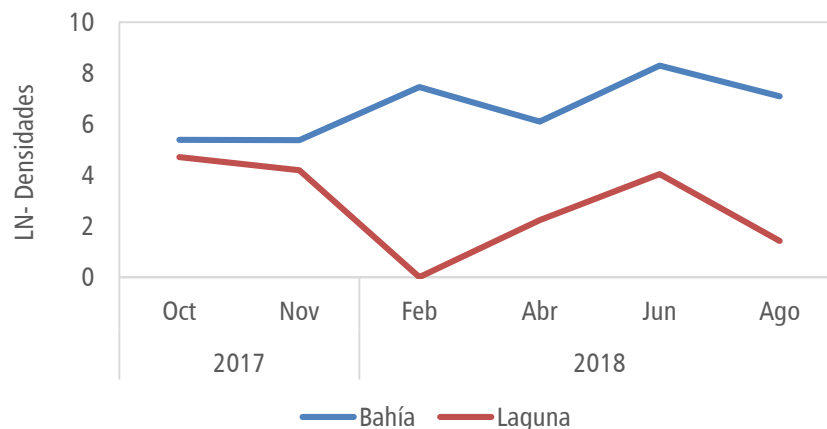


Figura 58 Logaritmo natural (LN) de las densidades de dinoflagelados potencialmente tóxicos asociados a las hojas de *Thalassia testudinum* en la bahía (línea azul) y laguna de Chengue (línea roja), entre octubre de 2017 y agosto de 2018.

• VALLE DEL CAUCA

En los tres puntos de muestreo de la bahía de Buenaventura, se observaron principalmente diatomeas y dinoflagelados, siendo las diatomeas el grupo más representativo, con abundancias relativas superiores a 95%. Las densidades fitoplanctónicas en esta zona oscilaron entre 2.0×10^6 y 2.7×10^6 cel. L⁻¹, correspondiendo a las estaciones ubicadas en el centro de la bahía (113 BDB) y cerca al puerto de Buenaventura (200 BDB; **Figura 59**).

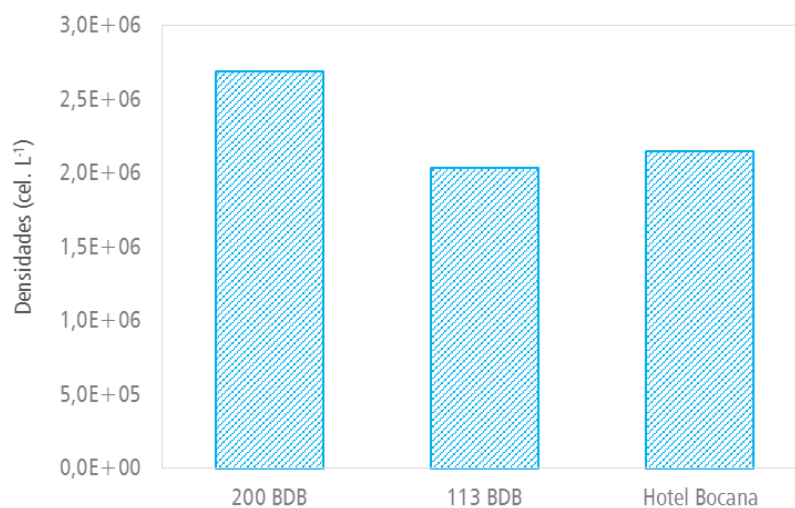


Figura 59 Densidades fitoplanctónicas registradas en las estaciones monitoreadas en la bahía de Buenaventura en el departamento del Valle del Cauca, noviembre de 2018.

En los tres puntos muestreados fue evidente la presencia de microalgas potencialmente nocivas (**Tabla 29**). Se identificaron cinco géneros, cuatro diatomeas (*Skeletonema*, *Nitzschia*, *Pseudo-nitzschia* y *Chaetoceros*) y un dinoflagelado (*Scrippsiella*), los cuales estuvieron presentes en la estación 113 BDB (centro de la Bahía). *Skeletonema* contribuyó con las mayores densidades (1.5×10^6 y 2.3×10^6 cel.L⁻¹) superando las 1×10^6 cel. L⁻¹, que suelen considerarse floraciones como lo indica Sar *et al.*

(2002), sin que se evidenciaran cambios en la coloración del agua, ni algún efecto nocivo durante el muestreo. Este género no contiene especies toxigénicas, no obstante, debido a su capacidad para formar cadenas pueden obstruir las branquias de peces y otros organismos ocasionando su muerte (Hallegraeff *et al.*, 2004). El género *Pseudo-nitzschia* también fue reportado por Arteaga y Perdomo (2016) en la bahía de Buenaventura, en siete cruceros realizados en el Pacífico entre el 2004 y 2011, género que, según investigaciones realizadas en otros países, tiene varias especies capaces de producir potentes neurotoxinas (Martin *et al.*, 1990; Rhodes *et al.*, 1998; Hallegraeff *et al.*, 2004).

Tabla 29 Densidades máximas de los géneros constituidos por especies potencialmente nocivas (IOC de UNESCO), observados en las estaciones de la bahía de Buenaventura, registradas en noviembre de 2018.

GRUPO	GÉNERO	DENSIDADES MÁXIMAS (CÉL. L ⁻¹)	ESTACIÓN
Diatomeas	<i>Skeletonema</i> *	1.493.659	113 BDB
		2.285.298	200 BDB
		1.544.546	Hotel Bocana
	<i>Pseudo-nitzschia</i>	14.937	113 BDB
		78.803	Hotel Bocana
	<i>Nitzschia</i>	15.235	113 BDB
		31.521	Hotel Bocana
	<i>Chaetoceros</i> *	134.429	113 BDB
		45.706	200 BDB
Dinoflagelados	<i>Scrippsiella</i>	14.937	113 BDB

*No se referencia en la lista de la COI de UNESCO como potencialmente nociva, sin embargo, las altas densidades de estas microalgas han estado asociadas a mortandades de peces (Hallegraeff *et al.*, 2004).

➤ Bioprospección Marina

La bioprospección definida como la búsqueda y comercialización de nuevos productos naturales útiles (metabolitos, proteínas y genes), a partir de recursos biológicos (microorganismos, plantas, animales, entre otros), ha permitido suplir diferentes necesidades del ser humano a nivel farmacéutico, agrícola, biotecnológico y ambiental (Müller *et al.*, 2016). La biósfera marina, el hábitat más grande de la Tierra, es de gran interés en términos de bioprospección porque constituye una fuente potencial de recursos para el hallazgo de productos al servicio de la sociedad (Lindequist, 2016). En este sentido, la gran diversidad biológica y química de los mares de Colombia, ha impulsado el desarrollo de diferentes proyectos de investigación, mediante el manejo apropiado de los recursos y el uso de diferentes herramientas científicas y biotecnológicas del país (Melgarejo, 2013; INVEMAR, 2017). En la última década, el trabajo se ha enfocado en invertebrados (principalmente corales y esponjas); no obstante, en los últimos años, se ha destacado el interés hacia los microorganismos (asociados a otros seres vivos o a sedimentos marinos), los cuales se han reconocido progresivamente en el mundo como fuentes de valiosos y únicos productos biotecnológicos (Liu *et al.*, 2010). Las aplicaciones estudiadas en el país, corresponden primordialmente al sector clínico, con la búsqueda de actividad antimicrobiana, antiparasitaria, antiviral y anticancerígena, y en menor medida, al sector industrial, principalmente en la producción de enzimas, el sector agrícola, con ensayos de actividad frente a patógenos de plantas, y en una proporción más baja o con ausencia en las áreas de biorremediación, alimentos y cosméticos. Lo anterior muestra que a pesar del avance en la investigación sobre el potencial bioactivo del ecosistema marino de Colombia, existe un amplio campo de acción por explorar y fortalecer en temas del estudio sistemático de la diversidad biológica, así como en la obtención y comercialización del principio activo de interés. El conocimiento sobre el panorama

actual de la investigación en bioprospección marina es de importancia para continuar con el desarrollo de proyectos que impulsen el crecimiento científico y tecnológico del país, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos y genéticos de la nación.

Este informe evidencia la investigación realizada en productos naturales marinos de Colombia a partir de los artículos científicos publicados en revistas indexadas durante el período 2007 - 2018. Respecto al informe del año 2017 (INVEMAR, 2017), se incluyen tres artículos científicos del año 2018 y uno del 2016, el cual se reporta en este informe porque anteriormente no se tenía acceso al mismo. En estas investigaciones se destaca el estudio de Quintero *et al.* (2018), en el cual se evaluó la actividad antimicrobiana de 104 cepas aisladas de sedimentos marinos del Caribe colombiano frente a patógenos de importancia clínica tales como *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Candida albicans*, *Candida tropicalis* y *Pseudomonas aeruginosa*. Las cepas que mostraron una alta actividad (superior al 90%) se identificaron como miembros de los géneros *Streptomyces*, *Micrococcus* y *Bacillus*. El estudio demostró que los microorganismos aislados son fuentes promisorias de compuestos antimicrobianos contra cepas patógenas, contribuyendo al conocimiento del potencial biotecnológico de la biodiversidad de Colombia, en el desarrollo de productos farmacéuticos que puedan contrarrestar el aumento de resistencia a patógenos. En los estudios realizados con microorganismos, también se reportó el trabajo de González *et al.* (2018), en el cual se realizó el aislamiento de 207 bacterias a partir de la superficie de la macroalga marina *Ulva lactuca* y se determinó que son fuentes promisorias de amilasas, lipasas, celulasas, agarasas y sideróforos. Las cepas evaluadas se asignaron a los géneros *Vibrio*, *Bacillus* y *Pseudomonas*. Los resultados de este estudio son el primer paso en el aislamiento y caracterización de enzimas y compuestos bioactivos sintetizados por bacterias a partir de la microbiota cultivable asociada a la macroalga *U. lactuca*.

Se evidenciaron actividades biológicas novedosas en la investigación realizada por Castellanos *et al.* (2018), en la cual extractos orgánicos y compuestos puros provenientes de invertebrados marinos (corales y esponjas) presentaron capacidad para inhibir la enzima acetilcolinesterasa (AChE). Particularmente, extractos obtenidos de *Eunicea* y *Pseudoplexaura* presentaron la mayor actividad y se realizó la caracterización química del extracto más activo proveniente de *P. porosa*, identificando el compuesto inhibidor de la enzima. La AChE es clave en la hidrólisis de acetilcolina y en la transmisión nerviosa, por lo que compuestos con la capacidad de inhibirla se consideran dianas de interés en el tratamiento de diferentes enfermedades nerviosas degenerativas como el Alzheimer. Los resultados de este trabajo mostraron que los extractos obtenidos de los organismos marinos estudiados son fuentes promisorias de inhibidores de la enzima AChE, proporcionando un avance en el rango biológico de actividades reportadas y fortaleciendo la continuación del estudio de compuestos provenientes de fuentes marinas.

Por último, se incluye el reporte de De la Ossa *et al.* (2016), en el cual se estudió la actividad biológica de fracciones de la esponja marina *Iotrochota birotulata* en células de mamíferos, evaluando la actividad citotóxica, genotóxica y los efectos antiproliferativos en células CHO-K1 y Jurkat e indicando el potencial farmacológico de los extractos estudiados.

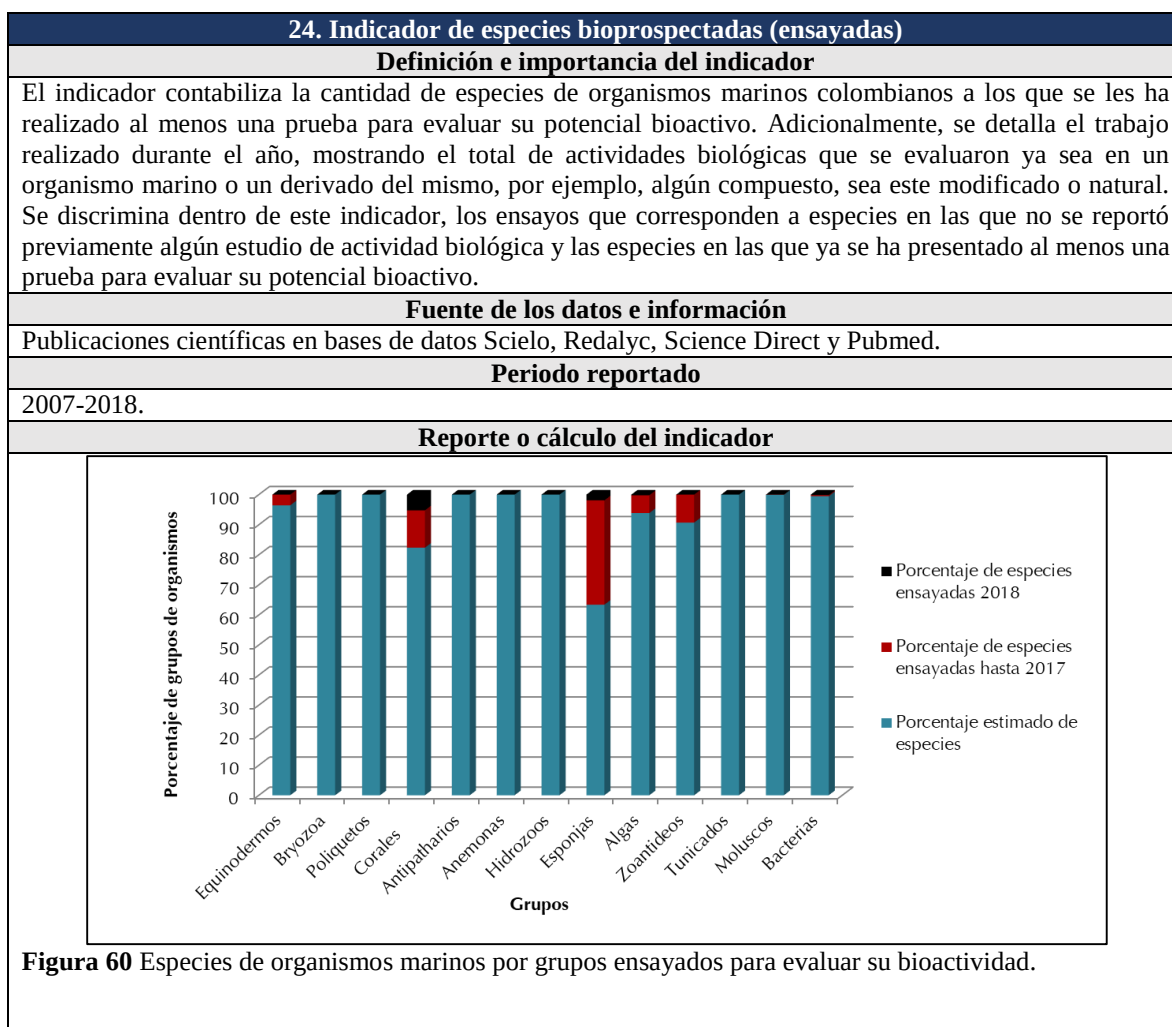
Tabla 30 Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2017 y las publicadas en 2018.

GRUPO*	NÚMERO ESTIMADO DE ESPECIES	ESPECIES ENSAYADAS HASTA 2017*	ESPECIES ENSAYADAS 2018	ESPECIES CARACTERIZADAS QUÍMICAMENTE HASTA 2017	ESPECIES CARACTERIZADAS QUÍMICAMENTE 2018
Equinodermos	394*	14	0	9	0

Bryozoa	113	0	0	0	0
Poliquetos	246	0	0	0	0
Corales	153*	19	8	10	1
Antipatharios	13	0	0	0	0
Anemonas	22	0	0	0	0
Hidrozoos	65	0	0	0	0
Esponjas	314	109	6	36	0
Algas	473*	28	1	19	0
Zoantideos	43	4	0	3	0
Tunicados	140	0	0	0	0
Moluscos	1.900*	1	0	0	0
Bacterias†	1.320	5	2	2	0
Total	5.196	180	17	79	1

* El número estimado de especies se actualizó de acuerdo al reporte registrado en el sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia 2019 (<https://www.sibcolombia.net/actualidad/biodiversidad-en-cifras/>).

†Se muestra el número de géneros bacterianos con al menos un ensayo de actividad biológica evaluado. El número estimado corresponde a especies bacterianas en ambiente marino (Mora *et al.*, 2011).



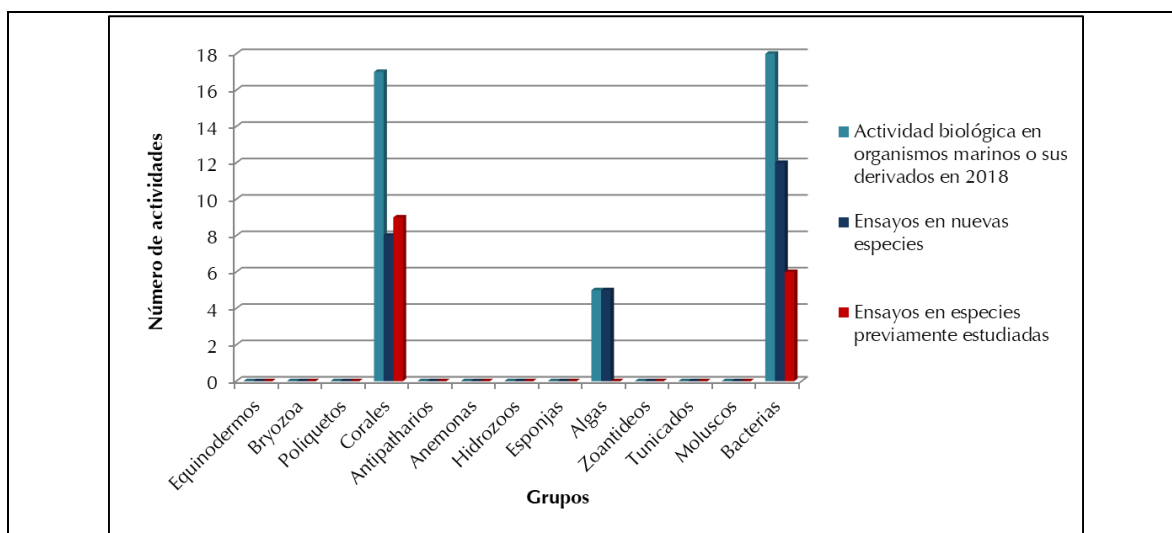


Figura 61 Distribución de actividades biológicas evaluadas en los organismos marinos y sus derivados durante el año 2018.

Interpretación de los resultados
Durante el año 2018 se evaluó por primera vez la actividad biológica de ocho especies de corales, seis especies de esponjas, una especie de alga y dos géneros de bacterias, logrando un total de 197 especies evaluadas (Tabla 30). Además, se observó una continuación en la investigación de especies marinas trabajadas constantemente como las esponjas y los corales, así como de especies cuyo estudio está en aumento, como los microorganismos Figura 60, Figura 61). De acuerdo con la Figura 61 , se observa que los análisis de este año se enfocaron en el estudio de corales, algas y bacterias. Este último grupo corresponde a microorganismos marinos aislados de sedimento marino y de la macroalga <i>Ulva lactuca</i> .
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.

25 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 2018.
Reporte o cálculo del indicador

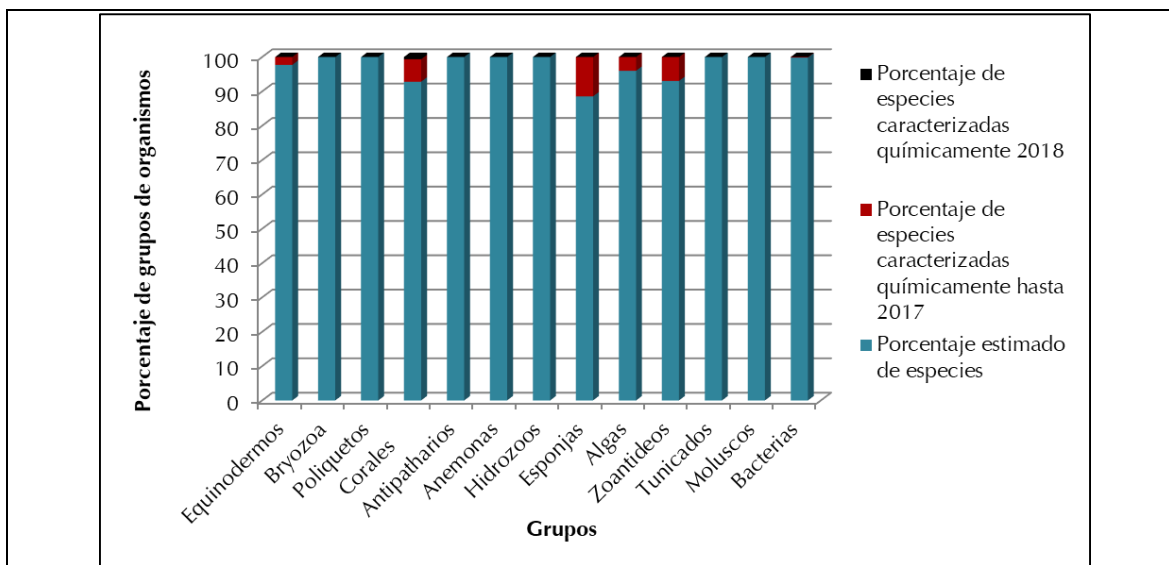


Figura 62 Especies de organismos marinos cuyos extractos han sido caracterizados químicamente.

Interpretación de los resultados
En el 2018 se destaca la caracterización química del coral <i>Pseudoplexaura</i> porosa, especie no estudiada previamente. A la fecha se han caracterizado químicamente 80 especies lo que implica una caracterización química de algún tipo en especies marinas de Colombia de 1,54 %, (Figura 62).
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 INFORMACIÓN SOBRE CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS

A continuación se relacionan las causas y tensores directos de los cuales no se maneja indicador alguno a la fecha:

CAUSAS Y TENSORES DIRECTOS

➤ Enfermedades Asociadas

A través de los años se ha detectado un deterioro constante en los ambientes marinos a nivel mundial, debido principalmente a diversos factores de origen natural y antropogénico que afectan directamente el desarrollo de estos organismos, principalmente a través de enfermedades (Anthony *et al.*, 2008). De acuerdo a esto, en las últimas décadas a nivel de los arrecifes coralinos, uno de los ecosistemas más afectados por las temáticas mencionadas, se ha reportado una disminución masiva en la cobertura viva, donde las enfermedades coralinas cobran un papel de suma importancia, causando mortandad masiva y aumento en las coberturas algales en varias zonas tanto del Caribe como del Pacífico (Gil-Agudelo *et al.*, 2009).

Esta problemática ha sido objeto de estudio tanto a nivel local como a nivel global, donde se ha identificado que la superficie del coral expuesta por dichas enfermedades, hace susceptible a los corales a ser atacados rápidamente por diversos organismos, como las algas y las esponjas, provocando en algunos casos deterioros irreversibles de grandes formaciones coralinas (Ruppert y Barnes, 1996), sin embargo aún no ha sido posible identificar los vectores de las enfermedades hoy día registradas para este ecosistema. En las praderas de pastos marinos por su parte, las infecciones por el hongo del género *Labyrinthula* son comunes a nivel global, afectando sus tasas fotosintéticas y su capacidad de asimilación de CO₂ (Durako y Kuss, 1994), que, aunque en Colombia no se han registrado mortandades por este organismo, en la región Caribe y del Atlántico occidental si ha causado las mayores pérdidas de pastos marinos de la historia de este continente (Short *et al.*, 1987; Robblee *et al.*, 1991).

Teniendo en cuenta lo anterior, son múltiples los esfuerzos que deben hacerse a través de diversas entidades (académicas, centros de investigación, entidades sectoriales, gobierno local y regional) e iniciativas con miras a identificar los orígenes de estas problemáticas, continuar con el seguimiento y monitoreo periódico con el fin de ejercer la mitigación de éstos y un manejo correspondiente a todos procesos allí inmersos. En este sentido, el INVEMAR realiza visitas anuales a los sitios de mayor presencia de estos ecosistemas para analizar los efectos inherentes a estos, en aras de cuantificar cualquier afectación que presenten y las diferencias entre años consecutivos.

Aunque esta es una de las labores que debe realizarse, es poca para los fines propuestos, por lo que se hace necesario aumentar el esfuerzo en las áreas para tener información de otros sensores en la columna de agua y sedimentos que puedan estar facilitando la sensibilidad de los organismos a las enfermedades o inclusive causarlas. De acuerdo a lo anterior, en los próximos años serán implementados por INVEMAR varios muestreos piloto para recolecta de información biótica y abiótica.

Actualmente, con diferentes protocolos metodológicos se ha evaluado la presencia e identificado las enfermedades registradas (incluyendo el blanqueamiento) así como signos de deterioro de índole determinado, ya sea formando parte de la recolección de la información principal o secundaria para explicar los resultados de los indicadores correspondientes.

En consecuencia, es importante mantener dichos protocolos y cualquier otro necesario con el fin de enriquecer cada año la base de datos e identificar los nuevos vacíos de información que puedan existir, con miras de mejorar desde el punto de vista antropogénico las acciones a realizar para incrementar las tendencias positivas en la salud de los ecosistemas estratégicos del país.

➤ **Especies Exóticas Invasoras**

Las especies exóticas invasoras (EEI) son aquellas que después de haber sido introducidas, de manera intencional o accidental, fuera de su ámbito natural, han logrado establecerse y generan efectos negativos en la biota nativa, el equilibrio ecológico, la economía, o la salud humana. La propagación de las especies exóticas invasoras se reconoce como una de las mayores amenazas para la ecología y economía global, ocupando el segundo puesto como causa de pérdida de biodiversidad después de la destrucción del hábitat (McNeely *et al.*, 2001).

La translocación de especies por acción del hombre no es nueva, sin embargo, este fenómeno creció considerablemente en el siglo pasado, de la mano del creciente proceso de globalización. Entre las consecuencias a nivel local y regional se cuentan la extinción de especies endémicas, la contaminación genética, la alteración de la dinámica trófica, cambios en los ensamblajes de especies y

en la productividad de los ecosistemas; a nivel global las invasiones biológicas se consideran un factor causal del creciente proceso de homogenización de la biodiversidad (MEA, 2005). Dada su importancia, el tema fue abordado en el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), que en el artículo 8h establece que cada país parte “Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies”. Como país parte del CDB Colombia ha avanzado en diferentes aspectos para cumplir ese compromiso, bajo el marco de acción del Plan Nacional (MADS, 2011).

En los ambientes marinos el conocimiento sobre las EEI es más bien escaso, y el manejo de las invasiones biológicas es complejo. El movimiento de aguas de lastre en los buques se considera uno de los principales vectores de introducción de especies en el mar, pero otros factores como el comercio internacional de especies para acuarios y la maricultura han sido y continúan siendo vías de entrada de invasiones biológicas de especial consideración (Gracia *et al.*, 2011). El nivel de conocimiento sobre invasiones biológicas en los mares colombianos es inicial, la mayoría de estudios publicados corresponden a los reportes de presencia de las especies. Gracia *et al.* (2011) a partir de la información disponible hasta 2011 reconocen la existencia de 16 especies exóticas introducidas en ambientes marinos y costeros colombianos, entre algas, corales, gusanos, moluscos, crustáceos y peces, y presentan estudios de caso para algunas especies en las que esfuerzos adicionales de investigación han sido realizados. Se destaca el pez león *Pterois volitans*, un eficiente y voraz cazador al acecho originario del Indopacífico, causante de una de las peores invasiones biológicas marinas conocidas, y que ha recibido mucha atención de la comunidad científica marina americana.

Morris (2013) presentó un completo estado del arte para una etapa más bien inicial de la invasión; posteriormente, docenas de trabajos se han publicado en diferentes aspectos de la invasión, que incluyen estudios sobre la biología, ecología y genética del pez león en su nuevo ambiente y estudios sobre los efectos del pez león en las comunidades bióticas de las áreas invadidas. Entre los trabajos más recientes, Acero *et al.* (2019) presentan una recopilación sobre la ecología trófica del pez león, con información para Colombia y para el Gran Caribe. Para las restantes 15 especies los trabajos, más allá del reporte de presencia, son escasos o inexistentes. En los últimos años el equipo de trabajo de la Línea Biología y Estrategias de Conservación del Invemar ha realizado estudios con las especies *Carijoa riisei*, *Penaeus monodon*, *Corbicula fluminea* y *Kappaphycus alvarezii*, que se encuentran en proceso de publicación. A la fecha solo el pez león cuenta con un plan de manejo (MinAmbiente, 2017), que fue construido por un equipo de investigadores y académicos de todo el país con la coordinación de MinAmbiente, y que ha sido pieza clave para direccionar los esfuerzos de investigación y manejo de senda amenaza.

La Estrategia mundial sobre especies exóticas invasoras del Programa mundial de especies invasoras de la UICN establece la prevención como pilar principal de la estrategia (McNeely *et al.*, 2001). En ese sentido, prevenir la propagación de las especies es una acción fundamental que debe guiarse por un fuerte enfoque precautorio, que requiere considerar a cada especie exótica como potencialmente invasora hasta que evidencia científica sólida demuestre lo contrario. Una herramienta fundamental para guiar las decisiones bajo ese enfoque en el caso de introducciones deliberadas de especies (i.e. con fines económicos o científicos) es el análisis de riesgo. El Invemar y MinAmbiente ha desarrollado una herramienta en Excel de fácil uso, que adapta la metodología de análisis de riesgo desarrollada por Baptiste *et al.* (2010) a los ambientes y especies marinas, con el fin de proporcionar una herramienta robusta y sencilla que permita tomar decisiones informadas frente a solicitudes de autorización de ingreso de especies exóticas a los mares y costas colombianos. La herramienta es de uso libre y está disponible en <http://invasoresmarinos.invemar.org.co/>. En ese mismo portal se encuentra información recopilada sobre el estado de conocimiento de las 16 especies exóticas marinas y costeras conocidas en Colombia, así como información sobre estadísticas de reportes de esas especies.

Para avanzar en el conocimiento y gestión de las especies exóticas en ambientes marinos en Colombia se requieren mayores esfuerzos de la comunidad científica nacional, y de las entidades responsables del manejo de los ambientes y recursos marinos. Por ejemplo, urge avanzar en la investigación sobre las especies exóticas asociadas a las aguas de lastre, una labor enmarcada en la Estrategia nacional para la gestión de aguas de lastre elaborada por el Grupo de tarea nacional de gestión de aguas de lastre, del cual el Invemar hace parte. No obstante, avanzar en este y otros aspectos de importancia en la lucha contra el peligro que representan las invasiones biológicas dependerá de la financiación disponible, por demás escasa en un país que invierte mucho menos del 1% del PIB en ciencia y tecnología.

➤ Daños Mecánicos

Los daños mecánicos corresponden a las afectaciones que se desarrollan subsecuentemente o son directamente causados sobre un ecosistema cuyo origen son las actividades náuticas y las construcciones de actividades que se llevan a cabo en los litorales costeros, los cuales se constituyen en un problema para los diferentes ecosistemas marinos y costeros (arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos y manglares), principalmente. La adecuación de las áreas costeras para el turismo, la navegación (tanto de pesca, como industrial y de turismo), la expansión urbana y la construcción (muelles y aparcaderos) son los principales precursores de este tipo de afectaciones (Martínez y Acosta, 2005) (González-Ferrer *et al.*, 2007). Esto puede verse reflejado en el deterioro del ecosistema en el tiempo o también en evidencias recientes que se pueden detectar inmediatamente, como fracturas en las colonias de corales o desgarres en la continuidad de las praderas marinas o en los árboles de manglar, generando un deterioro irreversible o hasta la muerte, contribuyendo al declive de estos ecosistemas y los bienes y servicios que nos proporcionan.

Si bien los daños mecánicos son un tensor de alta importancia que afecta directamente los ecosistemas, no existen metodologías propuestas para la evaluación directa de este tipo de afectación ni su repercusión en los ecosistemas marinos y costeros a corto o largo plazo más allá del daño evidente, lo que hace que no esté debidamente cuantificada y caracterizada. En consecuencia, tomar nota a este tipo de afectaciones e ir desarrollando una metodología consistente que permita identificar los daños infringidos, constituye un tema de especial interés a corto plazo.

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 su sigla 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). En octubre del 2018, el IPCC realizó la publicación de un informe especial sobre el calentamiento global, donde se resaltan los impactos del cambio climático que podrían evitarse si se limita el calentamiento a 1,5 °C; en este sentido, al año 2100 la elevación del nivel del mar sería 10 centímetros inferior en comparación a la proyectada con un calentamiento de 2 °C, el Ártico no quedaría libre de hielo con tanta frecuencia y los arrecifes de coral podrían salvarse entre un 70 y 90%, mientras que a 2 °C desaparecerían (IPCC, 2018).

Actualmente el calentamiento ha alcanzado 1 °C por encima del nivel pre-industrial y va aumentando a un nivel de 0,2 °C, lo cual está produciendo condiciones meteorológicas más extremas. Sin embargo, aún se puede limitar el calentamiento a 1,5 °C, pero se requieren transiciones “rápidas y de gran alcance” para lo cual las emisiones de CO₂ deben disminuir en un 45% hacia el año 2030 y al 2050 deben ser cero (IPCC, 2018).

Colombia es un país con bajas emisiones de GEI correspondientes al 0,4% de las emisiones globales del 2010, sin contabilizar las producidas por cambio de uso del suelo y las actividades forestales (MinAmbiente, 2017a). No obstante, si los niveles de estos gases aumentan, la temperatura media anual en el país podría incrementarse en 2,14 °C para finales del siglo XXI. Esto traería consecuencias como un mayor aumento del nivel del mar, cambios en la línea de costa, derretimiento acelerado de los nevados y glaciares, reducciones en la productividad agropecuaria y mayor frecuencia en la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos (IDEAM *et al*, 2015).

Así mismo, los volúmenes de precipitación tendrían reducciones por encima del 17% para la región Caribe y existirían incrementos de precipitación hacia el centro y sur de la región del Pacífico con reducciones no muy acentuadas en el norte (IDEAM *et al*, 2015). 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 ³ al cambio climático en las zonas costeras e insulares del país, el INVEMAR desde hace más de 15 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. Estos resultados han sido la base para las comunicaciones nacionales de cambio climático ante la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC). Así mismo, a partir de estas valoraciones, se han realizado análisis de vulnerabilidad a escala local para siete sitios críticos como son Cartagena de Indias (año 2008), Santa Marta (año 2010) y Riohacha (año 2016) en el Caribe, San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el Caribe insular (2014), Tumaco (2008), Buenaventura (2017) y Bahía Solano (2018) en el Pacífico.

³ 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)

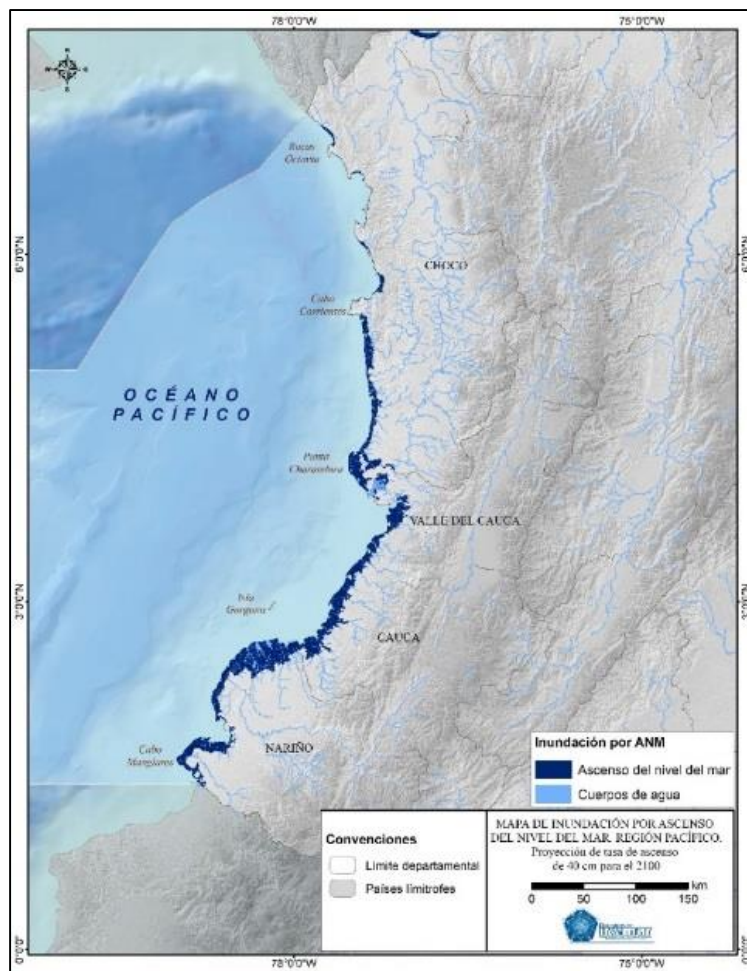
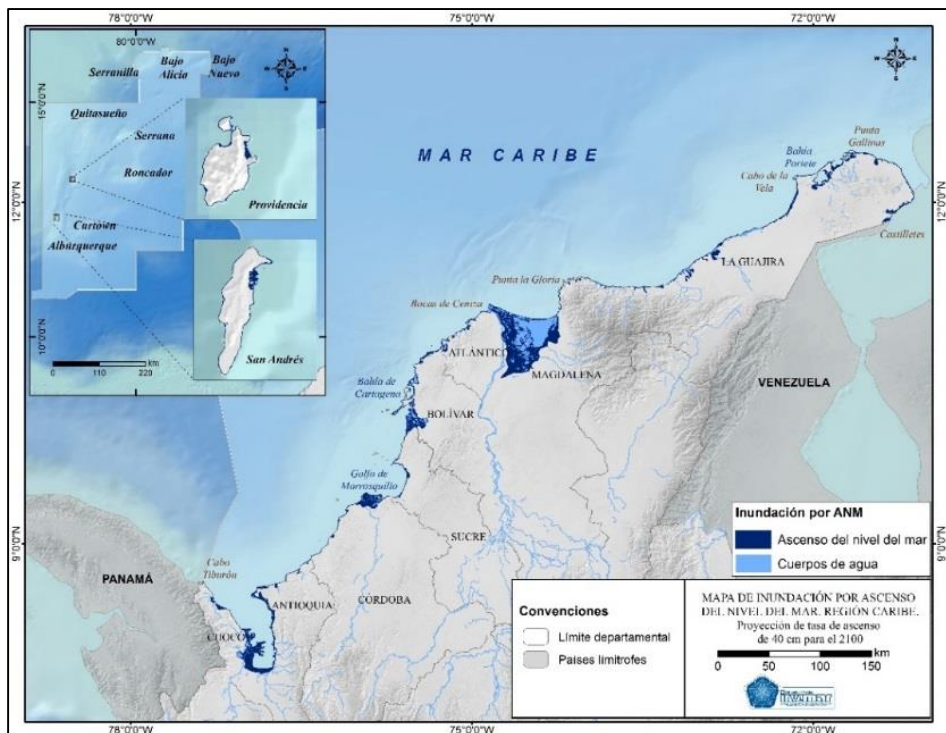


Figura 63 Escenario de Ascenso del nivel del mar para el año 2100 en la costa Caribe y Pacífico colombiano.
Fuente: INVEMAR-IDEAM (2017).

Sesenta municipios costeros con una extensión de 7.261.042 ha, se encontrarían en riesgo de inundación por ANM para el año 2100 (9% de la zona costera); adicionalmente, al 2100 podría perderse por erosión costera cerca del 1% de las áreas municipales costeras, siendo los departamentos del Magdalena, Atlántico, La Guajira, Chocó y Nariño los más afectados. A nivel de ecosistemas, el 80% de los manglares podrían verse afectados por el ANM (26% en Caribe y 74% Pacífico) y 5% por la erosión costera (31% Caribe y 69% Pacífico); así mismo, para final de siglo cerca del 35,3% de las áreas coralinas estarían expuestas a TSM superiores a 28.9°C, siendo los corales del archipiélago del Rosario y San Bernardo los más susceptible de verse afectados. En los pastos marinos, la tendencia de TSM tiene menores implicaciones que para los corales; sin embargo, para el 2100 aproximadamente el 7% de las áreas de pastos tendrían un nivel de exposición a la TSM superior a 30°C y podrían empezar a presentar estrés térmico (INVEMAR-IDEAM, 2017).

En cuanto a acidificación marina, en la Tercera Comunicación Nacional, se estimó a partir de los modelos mundiales el nivel de saturación de Aragonita (Ω), el cual resultó mayor que 3 para ambas costas (rango 3,45-3,9 en el Caribe y 2,8 – 3 en el Pacífico), indicando un entorno aceptable para la sobrevivencia de los corales (valores mayores a 1 favorecen la disponibilidad de carbonato de calcio en la columna de agua) (INVEMAR-IDEAM, 2017). No obstante, el país carece de información detallada para medir las variables del sistema del carbono de manera directa y adecuada según los estándares internacionales, por lo tanto, requiere inversiones considerables para evaluar los impactos a escala más detallada y generar modelos específicos para las condiciones del Caribe y Pacífico colombiano.

En materia de mitigación⁴, 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 – ECDBC, la cual busca desligar el aumento de los Gases Efecto Invernadero (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.

Es de resaltar que, Colombia sigue avanzando en la formulación de políticas que respaldan el cumplimiento del compromiso de París y en general la gestión del cambio climático. Es así, como en el año 2018 se emitió la Ley 1931 del 27 de julio del 2018 “por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático”, la cual busca establecer las pautas para las acciones de adaptación al cambio climático, mitigación de GEI y reducción de vulnerabilidad al fenómeno. A su vez, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 está direccionado hacia el desarrollo sostenible y la conservación, donde el país se compromete a la sostenibilidad, la mitigación y adaptación al cambio climático.

En este sentido, el INVEMAR para promover acciones relacionadas con el tema de mitigación de GEI en las zonas costeras y fortalecer la gestión de las áreas marinas protegidas (AMP), 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 subnacionales REDD+⁵ en este tipo de ecosistema. Con base en los resultados obtenidos, para el AMP del Caribe colombiano denominada Distrito de Manejo Integrado (DMI) de Cispata, La Balsa y Tinajones se ha venido trabajando en asocio con la

⁴ 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).

⁵ 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.

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS), Conservación Internacional 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. Este se encuentra en la fase de validación para registro y certificación del proyecto, ante Verified Carbon Standard (VCS) y The Climate, Community and Biodiversity (CCB). 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.

De igual manera, para pastos marinos se ha venido avanzando en la toma y análisis de información en campo para la cuantificación del actual stock de Carbono y su potencial de almacenamiento, con miras a poder vincularlos a estrategias de Carbono Azul. Avances en estudios realizados para La Guajira y San Andrés isla indican que el carbono orgánico (Corg) presente en la biomasa total es en promedio de $7.89 + 3.19 \text{ Mg C/ha}$, valor que supera el promedio mundial de $2.52 + 0.48 \text{ Mg C/ha}$ reportado por Fourqurean *et al.*, 2012, lo cual podría indicar áreas con gran potencial de acumulación de CO_2 en el país.

En el tema de adaptación⁶ 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, decreto 1523 de 2013, decreto 120 de 2013, decreto 298 de 2016) con miras a realizar un manejo integrado del riesgo 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, avanzó en la formulación del plan de cambio climático para puertos marítimos de Colombia, el cual contiene estrategias encaminadas a promover acciones de adaptación y mitigación de GEI para el sector portuario marítimo de Colombia, las cuales apuntan al mejoramiento de la eficiencia energética y al aprovechamiento de oportunidades que de estas acciones se deriven. 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. Este se constituye en el primer plan de cambio climático para una ciudad de costera de Colombia y referente conceptual para la elaboración de otros planes de adaptación al cambio climático como el del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, formulado con el apoyo de la Dirección de Cambio Climático del MinAmbiente y con la participación de diversos actores públicos, privados y comunitarios. Así mismo, para la ciudad de Santa Marta, Riohacha, Buenaventura y Bahía Solano, se ha venido apoyando en la elaboración de los lineamientos de adaptación que incluyen líneas estratégicas encaminadas a favorecer el desarrollo urbano y rural, la conservación y restauración de ecosistemas estratégicos y al fortalecimiento institucional y la gobernanza en consonancia con los desafíos que implica el cambio climático para estas áreas.

La experiencia adquirida por el INVEMAR en las diferentes investigaciones desarrolladas, ha permitido generarle al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los lineamientos y hoja de ruta para incorporar los temas de cambio climático en los procesos de formulación de los Planes de

⁶ 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)

Ordenamiento y Manejo Integrado de las Unidades Ambientales Costeras (POMIUAC) y se han establecido ejercicios pilotos para incorporar la variable de cambio climático en los ejercicios de ordenamiento de las UAC LLAS y Alta Guajira y en los POT de los municipios de Cartagena, Ciénaga, Pueblo Viejo y Sitionuevo.

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 una medida de adaptación nacional. El sistema mantiene el acopio y generación de información meteorológica 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. Durante el año 2018 se participó en dos encuentros del Nodo Regional de Cambio Climático Caribe e Insular (NORECCI) y Pacífico Sur con el fin de abordar las discusiones de los planes, programas, proyectos y políticas relacionadas con la gestión del cambio climático.

Por otra parte, el sitio web de CLIMARES se encuentra a disposición con información sobre cambio climático de la zona marino-costera colombiana (<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 meteorológicos del Caribe.

LITERATURA CITADA

- Abelson, A., B. Halpern, D.C. Reed, O. Orth, G.A. Kendrick, M.W. Beck, J. Belmaker, G. Krause, G. Edgar, L. Airol- di, E. Brokovich, R. France, R. Shashar, A. De Blaeij, N. Stambler, P. Salameh, M. Shechter y P. Nelson. 2016. Upgrading Marine Ecosystem Restoration Using Ecological–Social Concepts. *Bioscience*, 66(2): 156-163.
- Acero P., A., D. Bustos-Montes, P. Pabón Q., C.J. Polo-Silva y A. Sanjuan M. 2019. Feeding habits of *Pterois volitans*: A real threat to Caribbean coral reef biodiversity. 269-314. En: Makowski, C. y C.W. Finkl (Eds.). *Impacts of invasive species on coastal environments*. Coastal Research Library, Vol. 29. Springer, Cham. 482 p.
- Agardy, M.T. 1994. Advances in marine conservation: the role of marine protected areas, *Trends in Ecology & Evolution*, 9(7): 267-270.
- 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.
- Alongi, D.M. 2009. *The Energetics of Mangrove Forests*. Springer Netherlands. 215 p.
- Alongi, D.M. 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon management*, 3(3): 313-322.
- Anthony, K.R.N., D.I. Kline, G. Diaz-Pulido, S. Dove and O. Hoegh-Guldberg. 2008. Ocean acidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(45): 17442-17446.
- Arbeláez, N. 2017. Variación espacio-temporal del ensamblaje de dinoflagelados potencialmente tóxicos epífitos de *Thalassia testudinum* (Banks ex König, 1805) en Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, Santa Marta. 110 p + Anexos
- Arbeláez, N., J.E. Mancera-Pineda y B. Reguera. 2017. Dinoflagelados epífitos de *Thalassia testudinum* en dos sistemas costeros del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 46(2): 9-40.
- Arteaga, E y L. Perdomo. 2016. Distribución, frecuencia y abundancia del fitoplacton potencialmente tóxico en la cuenca Pacífica colombiana. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 45(1): 135-148.
- Balech, E. 1977. *Introducción al fitoplancton*. Editorial Universitaria. Buenos Aires. 211 p.
- Bandaranayake, W.M. 1998. Traditional and medicinal uses of mangroves. *Mangroves and Salt Marshes*, 2(3): 133-148.
- Baptiste, M.P., N. Castaño, D. Cárdenas, F.P. Gutiérrez, D.L. Gil-Agudelo y C.A. Lasso. 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C., Colombia. 200 p.
- Barusseau, J.P. and R. Braud. 2014. Grain-Size Components As Markers of Origin and Depositional Processes In the Coastal Zone of the Golfe Du Lion (Mediterranean Sea, France), *Journal of Sedimentary Research*, 84(8): 626-644.

- Batista Morales, A., D.I. Gómez López, S.M. Navarrete Ramírez 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 Documentos Generales No. 78. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 22 p.
- Beentje, H., S.O. Bandeira, J. Williamson, J. Moat, R. Frith y K. Royal Botanic Gardens. 2007. Field guide to the mangrove trees of Africa and Madagascar. Royal Botanic Gardens, Kew. 91 p.
- Bhatia, P. y A. Chugh. 2015. Role of marine bioprospecting contracts in developing access and benefit sharing mechanism for marine traditional knowledge holders in the pharmaceutical industry, Global Ecology and Conservation, 3: 176-187.
- Blanco, A.C., K. Nadaoka y T. Yamamoto. 2008. Planktonic and Benthic Microalgal Community Composition as Indicators of Terrestrial Influence on a Fringing Reef in Ishigaki Island, Southwest Japan. Marine Environmental Research, Elsevier, 66: 520-535.
- Blanco, J.A., E.A. Vilorio and J.C. Narváez B. 2006. ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 66(1-2): 157-167.
- Blanco, J., J.M. Díaz, G. Ramírez y M.L. Cortés. 1994. El Banco de Las Animas: Una amplia formación arrecifal desarrollada sobre un antiguo delta del río Magdalena. Boletín Ecotrópica 27, 10-19 p.
- Börjk, M., F.T. Short, E. McLeod y S. Beer. 2008. Managing seagrasses for resilience to climate change. UICN, Gland, Switzerland.
- Burke, L., Reyntar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2011). Reef at Risk revisited. Washington D. C.: World Resources Institute. Retrieved from <http://www.vliz.be/imisdocs/publications/ocrd/243625.pdf>
- Cairns, S. D. 1999. Species richness of recent Scleractinia. Atoll Research Bulletin, 459: 1–12.
- Camacho, O. y G. Hernández-Carmona. 2012. Fenología y alginatos de dos especies de Sargassum de la costa Caribe de Colombia, Ciencias marinas, 38(2): 381-393.
- Campbell, D.E. 2000. Using Energy Systems Theory To Define, Measure, and Interpret Ecological Integrity and Ecosystem Health. Ecosystem Health, 6(3): 181-204.
- CARDIQUE, CARSUCRE, CODECHOCO, CORALINA, CORPAMAG, CORPOGUAJIRA, CORPONARIÑO, CORPOURABA, CRA, CRC, CVC, CVS, INVEMAR, MADS, PNN. 2016. Plan de Acción del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas - SAMP 2016-2023: Lineamientos para su consolidación en el marco de los Subsistemas Regionales de Áreas Protegidas del Pacífico y del Caribe. Editado por: A. P. Zamora-Bornachera. Proyecto COL75241, PIMS # 3997, Diseño e implementación de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) en Colombia. Invemar, MADS, GEF y PNUD. Serie de publicaciones Generales del Invemar # 85, Santa Marta. 60 p.
- Castaño, C. 2002. Golfos y Bahías de Colombia, Serie especial de colección ecológica. Bogotá, D. C., Banco de Occidente. <https://imeditores.com/banocc/golfos/cap6.htm#TUMACO>

- Castaño-Isaza, J., R. Newball, B. Roach, B. y W. W.Y Lau. 2015. Valuing beaches to develop payment for ecosystem services schemes in Colombia's Seaflower marine protected area. Ecosystem services, 11:22-31.
- Castellanos, F., F. Amaya-García, E. Tello, F.A. Ramos, A. Umaña, M. Puyana y L. Castellanos. 2018. Screening of acetylcholinesterase inhibitors in marine organisms from the Caribbean Sea. Natural product research, 1-8.
- CIOH y DIMAR. 2018. Boletín Meteomarino del Caribe Colombiano: enero a diciembre de 2018. Disponible en <https://www.cioh.org.co/meteorologia/ResumenClimatologico.php>
- Coca-Domínguez, O. 2015. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad por erosión costera usando herramientas SIG. Pacífico versus Caribe colombiano. 90p.
- Cohen, A.D. y H.U. Wiedemann. 1973. Distribution and depositional history of some pre-lagoonal Holocene sediments in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 7: 139-154.
- Conde-Martínez, N., A. Acosta-González, L.E. Díaz y E. Tello. 2017. Use of a mixed culture strategy to isolate halophilic bacteria with antibacterial and cytotoxic activity from the Manaure solar saltern in Colombia, BMC Microbiology, 17(230): 2-12.
- Convenio sobre diversidad biológica - CDB. 1992. Convenio sobre diversidad biológica. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro, Brasil. 30 p.
- Daily, G.C. 1995. Restoring Value to the World's Degraded Lands. Science, 269(5222): 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. 11/02/2017
- DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2018. Cuentas Departamentales: PIB por rama Departamental Anexos PIB departamental / 2005 - 2017 preliminar año base 2005. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales#pib-base-2005>. 11/02/2019.
- De la Ossa, M. y J.B.L. Ortiz. 2016. Biological activity of fractions from the marine sponge Iotrochota birotulata IN mammalian cell lines. Revista Cubana de Farmacia, 50(4).
- Del Río, L., F.J. Gracia y J. Benavente. 2013. Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. Geomorphology, 196: 252-266 <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.027>
- De la Torre-Castro, M. y P. Ronnback. 2004. Links between humans and seagrasses- an example from tropical East Africa. Ocean and Coastal Management, 47: 361-387.
- 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.M., L.M. Barrios y D.I. Gómez-López. 2003. Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico, Serie Publicaciones Especiales N° 10 INVEMAR, Santa Marta. 160 p.
- Dietze, E., K. Hartmann, B. Diekmann, J. IJmker, F. Lehmkuhl, S. Opitz, G. Stauch, B. Wünnemann y A. Borchers. 2012. An end-member algorithm for deciphering modern detrital processes from

- lake sediments of Lake Donggi Cona, NE Tibetan Plateau, China. *Sedimentary Geology*, 243-244: 169-180.
- 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 D.C., Colombia. 101 p.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. 2013. *Elementos para la formulación de la política nacional de ordenamiento territorial y alcances de las directrices departamentales*, Bogotá D.C. 33 p.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. 2017. *Plan nacional de desarrollo*, Bogotá D.C., Colombia. 324 p.
- Donato, D.C., J.B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto, M. Stidham and M. Kanninen. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5): 293-297.
- Duke, N.C. 1992. Mangrove floristics and biogeography, *Tropical mangrove ecosystems*. Robertson A.I. and D.M. Alongi (Eds.). Washington D.C., 63-100 p.
- Duke, N.C. 2010. *Mora oleifera*. The IUCN Red List of Threatened Species, Journal of East African Natural History, <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178858A7629292.en>.
- Durako, M.J. and K.M. Kuss. 1994. *Effects of Labyrinthula infection on the photosynthetic capacity of Thalassia testudinum*. *Bulletin of Marine Science*, 54(3): 727-732.
- Dussan-Arquez, M. 2019. Priorización de especies vegetales nativas para su implementación en la restauración de playas y dunas afectadas por erosión costera en Colombia. Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo. Universidad del Magdalena. 52 p + Anexos.
- Ehler, C. y F. Douvère. 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. 99 p.
- 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*, 9(1): 60-70.
- Ellison, J. 2012. Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems. World Wildlife Fund (WWF), Washington, DC. 130 p.
- Escobar-Toledo, F., M.J. Zetina-Rejón y L.O. Duarte. 2015. *Measuring the spatial and seasonal variability of community structure and diversity of fish by-catch from tropical shrimp trawling in the Colombian Caribbean Sea*. Taylor & Francis, *Marine Biology Research*, 11(5): 528-539.
- EPA. 2012. Quantifying Coral Reef Ecosystem Services. EPA/600/R-11/206. Washington D. C. Retrieved from www.epa.gov/research
- Erffa, A. 1973. *Sedimentation, Transport und Erosion an der Nordküste Kolumbiens zwischen Barranquilla und der Sierra Nevada de Santa Marta*, *Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient.*, 7: 155-209.
- Falcão, A. F. d. O. 2010. *Wave energy utilization: A review of the technologies*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(3): 899-918. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.003>
- Feller, I.C., C.E. Lovelock, U. Berger, K.L. McKee, S.B. Joye and M.C. Ball. 2010. Biocomplexity in Mangrove Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 2(1): 395-417.

- Field, C. 1997. La restauración de ecosistemas de manglares. ed OIMT-Organización Internacional de Maderas Tropicales. Managua. 278 p.
- Filatova, T., J. Mulder and 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, 54(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, 5(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, 133: 64-71.
- Garay, J. y A. Vélez. 2004. Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Prevención, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar- PNICM. INVEMAR, Santa Marta. 110 p.
- García, C.B., L.O. Duarte y G. Ramírez. 2013. Fisiografía y oceanografía del golfo de Salamanca (mar Caribe, Colombia). Red de Estudios del Mundo Marino, Remar, 111 p.
- García, S. y L. Le Reste. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. ed FAO Doc. Téc. Pesca (203). Roma. 180p.
- García-Valencia, C. 2007. Atlas del Golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Invemar, Serie de Publicaciones Especiales N° 12, Santa Marta. 180 p.
- Gil-Agudelo, D., R. Navas-Camacho, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia, S. Bejarano, J. Garzón-Ferreira y G.W. Smith. 2009. Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos. Bol. Invest. Mar. Cost., 38(2): 189-224.
- Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek and N. Duke. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Global Ecology and Biogeography, 20(1): 154-159.
- 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, 39(2): 337-357.
- 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. 287 p + Anexos. 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. 1476 p + Anexos.
- Gómez Cubillos, C., L. Licero, L. Perdomo, A.M. Rodríguez, D.C. Romero D'Achiardi, D.C. Ballesteros Contreras, D.I. Gómez López, A.F. Melo Valencia, L. Chasqui, M.A. Ocampo Rojas, D. Alonso, J.A. García Murcia, C.E. Peña Mejía, M.L. Bastidas Salamanca y C. Ricaurte Villota. 2015. Portafolio Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de

- arena y manglares con potencial de restauración en Colombia, Serie de Publicaciones Especiales No. 79. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 69 p.
- Gómez-León, J., J. López-Navarro, A. Millanguir, J.D. Castaño y S. Zea. 2017. Producción de (+)-discodermólido por la esponja *Discodermia dissoluta* bajo sistemas de cultivo fijo y suspendido., Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, 46(2): 153-174.
- Gómez-López, D.I., C. Díaz, E. Galeano, L. Muñoz, S. Millán, J. Bolaños y C. Garcia. 2014a. Proyecto de Actualización cartográfica del atlas de pastos marinos de Colombia: Sectores Guajira, Punta San Bernardo y Chocó: Extensión y estado actual. PRY- BEM-005-13 (convenio interadministrativo 2131068 FONADE-INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta, Colombia. 136 p.
- Gómez-López, D.I., S.M. Navarrete-Ramírez, R. Navas-Camacho, C.M. Díaz-Sánchez, L. Muñoz-Escobar y E. Galeano. 2014b. Protocolo Indicador Condición Tendencia Praderas de Pastos Marinos (ICTPM). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP), Serie de Publicaciones Generales No. 6. INVEMAR. 36 p.
- Gómez-López, D.I., A. Acosta-Chaparro, J. D. Gonzalez, L. Sanchez, R. Navas-Camacho y D. Alonso. 2018. Reporte del estado de los arrecifes coralinos y pastos marinos en Colombia (2016-2017). Serie de publicaciones Generales del Invemar # 101, Santa Marta. 100 p.
- González, N.C., M.L.R. Hoyos, L.L. Kleine y D.M. Castaño. 2018. Production of enzymes and siderophores by epiphytic bacteria isolated from the marine macroalga *Ulva lactuca*. *Aquatic Biology*, 27: 107-118.
- González-Ferrer, D.S., H. Caballero, P.M. Alcolado, A. Jiménez, F. Martín y D. Cobián. 2007. Diversidad de corales pétreos en once sitios de buceo recreativo de Maria la Gorda. *Revista de investigaciones Marinas*, 28(2): 121-130.
- Gracia, A., J. Medellin Mora, D.L. Gil Agudelo y V. Puentes G. 2011. Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia. 136 p.
- Hallegraeff G. M., D. M. Anderson y A. D. Cembella. 2004. Manual on harmful marine microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO Publishing, Paris. 793 p.
- 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*, 11(Sup.1): 46-61
- Hernández, C. 1986. Producción primaria y dinámica del fitoplancton en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Tesis (Msc.) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 177p.
- Hernández, C. 1988. Características físicas, químicas y biológicas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. (Informe segunda parte). INVEMAR-COLCIENCIAS. Santa Marta, Colombia. 17 p.
- 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*, 31(1): 25-35.

HRI. 2012. Reporte de la salud ecológica del Arrecife Mesoamericano. Quintana Roo. 25p.

Ibarra, K.P., M.C. Gómez, E.A. Viloria, E. Arteaga, I. Cuadrado, M.F. Martínez, Y. Nieto, J.A. Rodríguez, L.V. Li- cero, L.V. Perdomo, S. Chávez, J.A. Romero y M. Rueda. 2014. Informe Técnico Final 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, Santa Marta, Colombia. 140 p. + anexos.

IDEAM. 2014. Actualización del componen- te 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. 134 p.

IDEAM. 2017. Boletín informativo sobre el monitoreo de los Fenómenos de variabilidad climática “El Niño” y “La Niña”. Boletín Número 113. Bogotá D.C. 7p.

IDEAM. 2017a. Costa Pacífica colombiana, pronóstico de Pleamares y Bajamares. Bogota, D. C. 132 p.

IDEAM. 2018. Reporte de avance del estudio nacional del agua 2018. Bogotá D.C., 56 p

IDEAM. 2018a. Boletín climatológico mensual - 2018. http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual?p_p_id=110_INSTANCE_xYvIPc4uxk1Y&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_110_INSTANCE_xYvIPc4uxk1Y_struts_action=%2Fdocument_library_display%2Fview_file_entry&_110_INSTANCE_xYvIPc4uxk1Y_redirect=http%3A%2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fweb%2Ftiempo-y-clima%2Fclimatologico-mensual%2F-%2Fdocument_library_display%2FxYvIPc4uxk1Y%2Fview%2F71473013&_110_INSTANCE_xYvIPc4uxk1Y_fileEntryId=72862194. 19/12/2018

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.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP y CANCELLERÍA. 2015. Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional - Regional: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. ISBN 978-958-8902-57-9. Bogotá, D.C. 15 p.

IGAC. 2002. Atlas de Colombia. 5 ed. IGAC-Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 320 p.

INGEOMINAS. 1998. Geología de la Plancha 25 Fundación.

INVEMAR. 2010. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2009, Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8. INVEMAR, Santa Marta. 319 p.

- INVEMAR. 2011. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2010, Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. INVEMAR, Santa Marta. 322 p.
- INVEMAR. 2014. Dispersión de sedimentos mediante el estudio de la dinámica meteo-marina en el sector Isla-Salamanca – PNN Tayrona (departamento del Magdalena). Informe técnico final, Santa Marta. 60 p.
- INVEMAR. 2015. Informe del Estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia. Año 2014, Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 176 p
- INVEMAR. 2016. Dinámica sedimentológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe colombiano). Fase II, Santa Marta. 78p.
- INVEMAR. 2016a. Resultados preliminares del monitoreo a la Ciénaga Grande de Santa Marta. Evaluación de variables fisicoquímicas en un período de 24 horas en el sector de Pajarales, Ciénaga Grande de Santa Marta. <http://www.invemar.org.co/-/resultados-preliminares-del-monitoreo-a-la-cienaga-grande-santa-marta>.
- INVEMAR. 2017. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. INVEMAR, Santa Marta. 200 p.
- INVEMAR. 2017e. Concepto técnico sobre la mancha roja observada entre las bahías Santa Marta y Taganga. CPT-CAM-008-17. Santa Marta, Colombia. 17 p.
- INVEMAR. 2017f. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. INVEMAR, Santa Marta. 260 p.
- INVEMAR 2017g. Avances en el conocimiento y lineamientos para el control de la erosión en la zona costera del departamento de Córdoba, Santa Marta, Colombia. 49 p.
- INVEMAR. 2018. Dinámica meteo-marina de alta y baja frecuencia en la franja costera Taganga – río Córdoba (departamento del Magdalena) – Fase II, Santa Marta. 48 p
- INVEMAR. 2018a. Caracterización del acuífero Ciénaga-Fundación en la zona costera del departamento de Magdalena, Santa Marta. 47p.
- INVEMAR. 2018b. Morfodinámica costera de playas del Pacífico y el Caribe colombiano (playa La Bocana y playa Salguero), Santa Marta. 40p.
- INVEMAR. 2018c. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad por erosión costera en el departamento de Nariño, Santa Marta. 33p.
- INVEMAR. 2018d. 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 2018, Volumen 17. Santa Marta 178 p.+ anexos.
- INVEMAR. 2018e. Levantamiento de información biofísica marino-costera para la gestión ambiental en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA). Informe Técnico Final 2018.
- INVEMAR. 2018f. 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. Santa Marta. 33 p. + Anexos.
- INVEMAR. 2019. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Espinosa, L.F. y O. Garcés (Eds.). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA,

- CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico 2018. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4, Santa Marta. 212 p.
- INVEMAR - CORPAMAG. 2017. Evaluación de las condiciones ambientales y apoyo a Corpamag. Informe técnico, Convenio No. 131 de 2016 CORPAMAG-INVEMAR Código PRY-CAM-017-16, Santa Marta. 79p.
- INVEMAR-CORPAMAG. 2018. Estudio integral de la Ciénaga Grande de Santa Marta - Fase II (B): modelaciones hidráulica, hidrosedimentológica y biogeoquímica, Convenio interadministrativo No. 209 de 2017, Santa Marta. 74 + 2 anexosp.
- INVEMAR - CRA. 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 Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA, Santa Marta, Colombia. 191 p. + 5 anexos.
- INVEMAR, CRC y CORPONARIÑO. 2006. Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial del Sur: Caracterización, Diagnóstico Integrado y Zonificación Ambiental. López, A. (Ed.). INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO. Santa Marta. 383 p + Cartografía Anexa
- INVEMAR-CVS. 2017. Avances en el conocimiento y lineamientos para el control de la erosión en la zona costera del departamento de Córdoba. Ricaurte, C., O. Coca, A. Caicedo y D. Morales (Eds.). Informe Técnico Final, Convenio 022 - 17, Santa Marta. 49p.
- INVEMAR-CVS. 2018. Avances en el conocimiento de y lineamientos para el control de la erosión en la zona costera del departamento de Córdoba, Informe Técnico Final, Convenio No. 022 - 18, Santa Marta. 99p.
- INVEMAR - Gobernación de la Guajira. 2018. Desarrollo del programa de investigación, desarrollo e innovación para la protección de zonas costeras en los departamentos de La Guajira y Magdalena, Santa Marta, Colombia.
- INVEMAR e IDEAM. 2017. Elaboración del Análisis de Vulnerabilidad Marino Costera e Insular ante el Cambio Climático para el País. Informe Técnico Final (ITF) – 001. Contrato PNUD No. 0000040357. Santa Marta. 256 p.
- OK** INVEMAR-MADS. 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. Santa Marta. 148 p.
- INVEMAR y MAVDT. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares de la alta, media y baja Guajira (Caribe colombiano). 283 p. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Cambridge University Press, New York. 109p.
- INVEMAR-MINAMBIENTE. 2018. Cuarto Informe técnico. Convenio Interadministrativo 659 de 2017. Santa Marta. 374 p. + anexos.
- INVEMAR-REDCAM. 2019. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos del sistema de soporte de la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CRC, CORPONARIÑO, INVEMAR, MinAmbiente. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>. 06/03/2019.
- INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO. 2017. Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte

del departamento de Nariño. Santa Marta. 497 p.

- IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- Karr, J.R. 1991. Biological Integrity: A Long-Neglected Aspect of Water Resource Management. *Ecological Applications*, 1(1): 66-84.
- Kelleway, J.J., K. Cavanaugh, K. Rogers, I.C. Feller, E. Ens, C. Doughty and N. Saintilan. 2017. Review of the ecosystem service implications of mangrove encroachment into salt marshes. *Global Change Biology*, 23(10): 3967-3983.
- Kim, K. y L. Byrne. 2006. Biodiversity loss and the taxonomic bottleneck: emerging biodiversity science. *Ecological Research*. 21: 794–810.
- Licero-Villanueva L., J. Beltrán y A. Rodríguez-Rodríguez. 2018. Restauración de Manglares. Pg 259-284. En: Levantamiento de información biofísica marino costera para la gestión ambiental del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina CORALINA. Convenio Especial de Cooperación No. 002 de 2018. ITF. INVEMAR- CORALINA, Santa Marta, 318 p. + 3 anexos (Mapa y CD-ROM). MADS Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. Protocolo Nacional para la Restauración Integral de Arrecifes de Coral Someros. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia. 110 p.
- Lindequist, U. 2016. Marine-derived pharmaceuticals—challenges and opportunities. *Biomolecules & therapeutics*, 24(6): 561.
- Liu, X., E. Ashforth, B. Ren, F. Song, H. Dai, M. Liu y L. Zhang. 2010. Bioprospecting microbial natural product libraries from the marine environment for drug discovery. *The Journal of Antibiotics*, 63(8): 415.
- López-Enríquez, J.C., E.F. Rosas-Alquicira, E.J. Ramírez-Chávez y A. Cruz-García. 2014. Datos preliminares de la estructura y la formación de las comunidades de manglar en Zipolite, Oaxaca. *Ciencia y Mar*, 20 (52):31-35p.
- López Rodríguez, A., M. García, P. Sierra-Correa, M. Hernández-Ortiz, I. Machacón, J. Lasso. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. INVEMAR Serie de Documentos Generales INVEMAR No. 30, 117 p. http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/6645/Ordenamiento_Manglares
- 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, 34(2): 223-238.

- Martin, J.L., K. Haya, L.E. Burridge y D.J. WildishJ. 1990. Nitzschia pseudodelicatissima — A source of domoic acid in the Bay of Fundy, eastern Canada. Mar. Ecol. Prog. Ser., No. 67, pp. 177–82.
- Martinez, S. y A. Acosta. 2005. Cambio temporal en la estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta- PNN Tayrona (Caribe colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost., 34: 161-191.
- Martins, A., H. Vieira, H. Gaspar y S. Santos. 2014. Marketed Marine Natural Products in the Pharmaceutical and Cosmeceutical Industries: Tips for Success, Marine Drugs, vol. 12, No. 2: 1066-1101.
- Melgarejo, L. 2013. Bioprospecting as a possible development mechanism for Colombia. Acta Biológica Colombiana, 18(1): 19-30.
- McNeely, J.A., H.A. Mooney, L.E. Neville, P. Schei and J.K. Waage (Eds.). 2001. A Global Strategy on Invasive Alien Species. IUCN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. x + 50 pp.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Millar, R.B. y R.J. Fryer. 1999. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks, Reviews in Fish Biology and Fisheries, 9(1): 89-116.
- Ministerio de Medio Ambiente - MMA. 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. 81 p.
- Ministerio del Medio Ambiente - MMA. 2002. Programa Nacional para el Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar. Bogotá, Colombia. 35 p.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT. 2004. Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia. Bogota, D.C. 36 p.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. 2011. Plan Nacional para la Prevención, el Control y Manejo de las Especies Introducidas, Trasplantadas e Invasoras: Diagnóstico y listado preliminar de especies introducidas, Trasplantadas e invasoras en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-IAvH; The Nature Conservancy - Colombia – TNC. Bogotá, D.C.: Colombia. 131 p.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. 2011a. Los Manglares de Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=412:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-14>. 01/03/2016.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. 2015. Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 653 p.
- MADS e INVEMAR. 2015. Avances en la investigación y el conocimiento sobre amenazas y vulnerabilidad por erosión costera y riesgo ecológico en la zona costera colombiana.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MINAMBIENTE. 2017. Plan para el manejo y control del pez león, *Pterois volitans*, en el Caribe Colombiano. Bogotá D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 32 p.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente. 2017a. Política nacional de cambio

climático: documento para tomadores de decisiones. Murillo, Luis Gilberto Ministro (2016 - 2018), Dirección de Cambio Climático: Florián Buitrago, Maritza; Pabón Restrepo Giovanni Andrés; Pérez Álvarez, Paulo Andrés; Rojas Laserna, Mariana; Suárez Castaño, Rodrigo. ISBN Internet: 978-958-8901-44-2. Bogotá, D. C. 70 pp.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MINCIT. 2011. Política playas turísticas. Bogotá DC, Colombia. 29 p.

Ministerio de Transporte - MinTransporte. 2008. Actualización de los estudios de ordenamiento físico, portuario y ambiental de los litorales colombianos. INCOPLAN S.A. Bogotá. 203 p. 11 tomos + anexos

Mora, C., D.P. Tittensor, S. Adl, A.G.B. Simpson y B. Worm. 2011. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?, PLOS Biology, 9(8): e1001127.

Moreno Herrera, C.X., E. Gómez Ocampo, O. Pérez, M. Romero y G.E. Cadavid. 2010. Actividad antimicrobiana de bacterias asociadas al caracol pala (*Strombus gigas*) de la costa Caribe colombiana, Cuadernos del Caribe, eds Néstor Hernando Campos C., Arturo Acero Pizarro, y José Ernesto Mancera Pineda, Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 169-183p.

Morris, J.A., Jr. (Ed.). 2013. El pez león invasor: guía para su control y manejo. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series, No. 2, Marathon, Florida, USA. 126 pp.

Mumby, P.J., A.J. Edwards, J. Ernesto Arias-González, K.C. Lindeman, P.G. Blackwell, A. Gall, M.I. Gorchynska, A.R. Harborne, C.L. Pescod, H. Renken, C. C. C. Wabnitz and G. Llewellyn. 2004. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427(6974): 533-536.

Murray Roberts, J., Wheeler, A. J., Freiwald, A., & Cairns, S. D. (2009). Cold-Water Corals. The Biology and Geology of Deep-Sea Coral Habitats. New York: Cambridge University Press.

Müller, C.A., M.M. Obermeier y G. Berg. 2016. Bioprospecting plant-associated microbiomes. Journal of biotechnology, 235: 171-180.

National Hurricane Center - NHC. 2018. Tropical Weather Discussion. National Hurricane Center Marine Forecasts & Analyses. Disponible en <https://www.nhc.noaa.gov/archive/text/HSFAT2/2018/>

Navarrete-Ramírez, S. M. y A. M. Rodríguez-Rincón. 2014. Protocolo Indicador Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICTBM). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). INVEMAR, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 67, Santa Marta. 40 p.

Nettel, A. and R.S. Dodd. 2007. Drifting Propagules and Receding Swamps: Genetic Footprints of Mangrove Recolonization and Dispersal Along Tropical Coasts. *Evolution*, 61(4): 958-971.

Nilsson, C. y Á.L. Aradóttir. 2013. Ecological and Social Aspects of Ecological Restoration: New Challenges and Opportunities for Northern Regions. *Ecology and Society*, 18(4):35.

Ortega, S. 2010. Estudio de aprovechamiento de la energía del oleaje en Isla Fuerte (Caribe Colombiano). Universidad Nacional de Colombia. 89 p.

Osorio, A. F., S. Ortega, S. y S. Arango-Aramburo. 2016. Assessment of the marine power potential in Colombia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53: 966–977. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.057>.

- Ospina, M., H.I. Castro-Vargas y F. Parada-Alfonso. 2017. Antioxidant capacity of Colombian seaweeds: 1. Extracts obtained from *Gracilaria mammillaris* by means of supercritical fluid extraction, *The Journal of Supercritical Fluids*, 128(Sup. C): 314-322.
- Páramo, J., N. Correa y E. Egurrola. 2006. Dinámica de la pesquería del camarón de aguas someras (*Farfantepenaeus notialis*) (Pérez Farfante, 1967), en el Caribe colombiano., Santa Marta. 20p.
- Páramo, J., D. Pérez y M. Wolff. 2014. Reproduction of the pink shrimp *Farfantepenaeus notialis* (Decapoda: Penaeidae) in the Colombian Caribbean, *Revista de Biología Tropical*, 62(2): 513-521, <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/cr/>.
- Páramo, J. y U. Saint-Paul. 2010. Morphological differentiation of southern pink shrimp *Farfantepenaeus notialis* in Colombian Caribbean Sea, *Aquatic Living Resources*, 23(1): 95-101.
- Parra, A.S., R. Ángel, D. Juan y J.D. Restrepo. 2014. El colapso ambiental en el río Patía, Colombia: variaciones morfológicas y alteraciones en los ecosistemas de manglar, *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(1): 40-60.
- Patiño-Callejas L. y F. Páez-Parra. 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe colombiano. Bogotá, Colombia. 294 p.
- 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. Gordon y A. Baldera. 2012. Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. *PloS one*, 7(9): e4354.
- Pennington, T.D. y J. Sarukhan. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 970-32-1643-9. 517p.
- Pérez-Schultheiss, J. 2009. Biodiversidad, Taxonomía y el Valor de los Estudios Descriptivos. *Boletín de Biodiversidad de Chile*. 1(1): 1–14.
- Phillips, M., H. Solo-Gariele, A. Piggot, J. Klaus y Y. Zhang. 2011. Relationships between sand and water quality at recreational beaches. *Water Research*, 45(20): 6763-6769.
- Pimm, S. y P. Raven. 2000. Extinction by numbers. *Nature*, 403: 843–845.
- Pinzón-Espinosa, A., D. Martínez-Matamoros, L. Castellanos, C. Duque, J. Rodríguez, C. Jiménez y F.A. Ramos. 2017. Cereusitin A, a cyclic tetrapeptide from a *Bacillus cereus* strain isolated from the soft coral *Antilloporgia* (syn. *Pseudopterogorgia*) *elisabethae*, *Tetrahedron Letters*, 58(7): 634-637.
- 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.
- Prahl, H. von y H. Erhardt. 1985. Colombia: corales y arrecifes coralinos. FEN COLOMBIA, Bogotá, 295p.
- Quintero, M., A. Velásquez, L.M. Jutínico, E. Jiménez-Vergara, L.M. Blandón, K. Martínez y J. Gómez-León. 2018. Bioprospecting from marine coastal sediments of Colombian Caribbean: screening and study of antimicrobial activity. *Journal of applied microbiology*, 125(3): 753-765.
- 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.

120 p.

- Reguera, B. R. Alonso, A. Moreira y S. Méndez. 2011. Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. COI de UNESCO y OIEA, Paris y Viena 2011. Manuales y Guías de la COI, 59. 70 p.
- Reyes, J., N. Santodomingo y P. Flórez. 2010. Corales escleractíneos de Colombia. Invemar, Serie de Publicaciones Especiales, No. 14. Santa Marta, 246 p.
- Rhodes, L.L., C. Scholin, I. Garthwaite, A. Haywood y A. Thomas. 1998. Domoic acid producing *Pseudo-nitzschia* species educed by whole cell DNA probe-based and immunochemical essays, 274–77 p. En: Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernandez y T. Wyatt (Eds.). Harmful Algae Proc. 8 th Int. Conf. Harmful Algae. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.
- Ricaurte-Villota, C., O. Coca-Domínguez, M. Gonzalez, M. Bejarano-Espinosa, D.F. Morales, C. Correa-Rojas, F.J. Briceño-Zuluaga, G. Legarda y M. Arteaga. 2018. Amenaza y Vulnerabilidad por erosión Costera en Colombia: Enfoque regional para la gestión del riesgo. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales 33, Santa Marta, Colombia. 268 p.
- Robblee, M.B., T.R. Barber, P.R. Carlson Jr, M.J. Durako, J.M. Fourqurean, L.K. Muehlstein y J.C.Z. D. Porter, L. A. Yarbro and R. T. Zieman. 1991. Mass mortality of the tropical seagrass *Thalassia testudinum* in Florida Bay (USA). Mar. Ecol. Prog. Ser., 71: 297-299.
- 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. Santa Marta, Colombia. 114p.
- Rodríguez-Rincón, A.M., S.M. Navarrete-Ramírez, D.I. Gómez-López y R. Navas-Camacho. 2014. Protocolo Indicador Condición-Tendencia Áreas Coralinas. Colección Indicadores de Monitoreo Biológico del SAMP. INVEMAR, Santa Marta. 50 p.
- 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. 94 p.
- Rojas-Aguirre, S., L. Cardona, O. Garcés-Ordóñez, y J. Beltran. 2018. Monitoreo ambiental de los manglares de Cispatá, Córdoba, para el fortalecimiento del Sistema de Información para la Gestión de los manglares de Colombia-SIGMA. Informe técnico final convenio 032-2017 CVS-URRÁ S.A. E.S.P. e INVEMAR. Código PRY-CAM-017-17. Santa Marta, 48 p.
- Rojas-Giraldo, X., P. Sierra-Correa, P. Lozano-Rivera y A. López-Rodríguez. 2010. Guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia. Manual 2: planificación de la Zona Costera. INVEMAR, Santa Marta. 74 p.
- Romero-Rodríguez D., C. Peña-Mejía, A. Ordóñez-Zúñiga, C. Ricaurte-Villota y M. Bastidas-Salamanca. 2017. Región 6: Ciénaga Grande de Santa Marta, río Magdalena, Bolívar. 108-125. En: Ricaurte-Villota, C. y M.L. Bastidas Salamanca (Eds.). 2017. Regionalización oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales # 14, Santa Marta, Colombia. 180 p.
- Rosado de Palacio, C. 2012. Caracterización hidrogeológica del acuífero costero Laguna Grande en Sinaloa, México. 112 p.
- 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.

- Rueda, M., J. Blanco, J.C. Narváez, E. Vilorio, F. Newmark y M. Santos-Acevedo. 2004. Estado de los Recursos sometidos a explotación, Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia año 2003., ed Invemar Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8, Santa Marta D.T.C.H., 261-284p.
- Rueda, M. y O. Defeo. 2003. Spatial structure of fish assemblages in a tropical estuarine lagoon: combining multivariate and geostatistical techniques, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 296, No. 1: 93-112.
- 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, Santa Marta. 130p.
- Ruppert, E.E. y R.D. Barnes. 1996. *Zoología de los invertebrados* (5a edición). Interamericana de Ediciones, México, D. C. 1114 p.
- Saenger, P. 2002. Mangrove Silviculture and Restoration, *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*, Dordrecht. Springer, Netherlands. 229-270 p.
- Sánchez-Páez, H., G. Ulloa-Delgado y H. Tavera-Escobar. 2004. Manejo Integral de Manglares por Comunidades Locales Caribe de Colombia. MinAmbiente, OIMI y CONIF. Bogotá, Colombia. 335 p.
- Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A. Sánchez-Alfárez, J. Pino-Rengifo, I. Acosta-Peñaloza y M.T. García-Hansen. 1997. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. MinAmbiente y OIMT. Bogotá D. C. 511 p.
- Santos, A., M.J. McPhaden and W. Cai. 2017. The Defining Characteristics of ENSO Extremes and the Strong 2015/2016 El Niño. *Reviews of Geophysics*, 55(4): 1079-1129.
- Sar, E.A., M.E. Ferrario y B. Reguera. 2002. Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. Instituto Español de Oceanografía. 311 p.
- Scott, T., G. Masselink y P. Russell. 2011. Morphodynamic characteristics and classification of beaches in England and Wales, *Marine Geology*, 286(1-4): 1-20.
- Seijo, J.C., O. Defeo y S. Salas. 1998. Fisheries bioeconomics. Theory, modelling and management. Roma. 108p.
- SER. 2009. Ecological Restoration and Rare Species Management in Response to Climate Change. Tucson, Arizona. 7p.
- Short, F.T., L.K. Muehlstein and D. Porter. 1987. Eelgrass wasting disease: cause and recurrence of a marine epidemic. *Biological Bulletin*, 173(3): 557-562.
- Short, F.T., T.J.B. Carruthers, W.C. Dennison and M. Waycott. 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *J Exp Mar Biol Ecol*, 350: 3-20.
- Sierra-Correa, P., A. Sánchez, A. López-Rodríguez, J. Rodríguez, C. Muñoz, C. Satizábal, A. Moreno, G. Almario, F. Bedoya, M. Hernández. 2009. Ordenamiento ambiental de los

- manglares del municipio de Timbiquí, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). INVEMAR, Serie de Documentos Generales No. 32, 198 p.
- Spalding, M., M. Kainuma and L. Collins. 2010. World atlas of mangroves. Earthscan. 319 p.
- Steer, R., F. Arias, A. Ramos, P. Aguirre, P. Sierra y D. Alonso. 1997. Documento preliminar de políticas de ordenamiento ambiental de las zonas costeras colombianas, Bogotá, Colombia. 413 p.
- Superintendencia de Puertos y Transporte. 2018. Boletín Estadístico Tráfico Portuario en Colombia Tercer trimestre del 2018. http://www.supertransporte.gov.co/documentos/2017/Abril/Puertos_07/Boletin_Estadistico_2016.pdf. 26/01/2018.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - Superservicios. 2014. Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Bogota, Colombia. 101 p.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - Superservicios y Departamento Nacional de Planeación - DNP. 2018. Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado 2014 – 2017. Bogotá D.C. 88p
- Tabares, P., S.M. Pimentel-Elardo, T. Schirmeister, T. Hünig y U. Hentschel. 2011. Anti-protease and Immunomodulatory Activities of Bacteria Associated with Caribbean Sponges, Marine Biotechnology, 13(5): 883-892.
- Tavera-Escobar, H. 2010. Documento síntesis: Caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares en el departamento de Nariño. 292 p.
- Tavera, H., E. Rentería, C. Viera, C. García. 2012. Caracterización y manejo integral de los bosques de mangles del golfo de Tribugá, Municipio de Nuquí, Choco – Colombia. Plan de manejo integral de los manglares del Golfo de Tribugá. Colombia. [http://cinto.invemar.org.co/share/proxy/alfresco/api/node/content/workspace/SpacesStore/01dd7314-af01-4c28-938d-ebaa85868028/Tavera%2c H. et al. 2012.pdf](http://cinto.invemar.org.co/share/proxy/alfresco/api/node/content/workspace/SpacesStore/01dd7314-af01-4c28-938d-ebaa85868028/Tavera%2c%20H.%20et%20al.2012.pdf)
- Tavera, H.A. 2014. Tercer informe documento final de los lineamientos nacionales para el monitoreo de ecosistemas de manglar en Colombia. 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 – ASO- CARS. 57 p.
- Tomlinson, P.B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge tropical biology series. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ulloa-Delgado, G., H. Sánchez-Páez, W. Gil-Torres, J. Pino-Rengifo, H. Rodríguez-Cruz y R. Álvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano., Proyecto PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia. 224 p.
- Vergara-Barrero, D. C., S. C. Torres-Bonilla y M. A. Mutis-Martínezguerra. 2016. Monitoreo de manglares en la Reserva de Biosfera SEAFLOWER, convenio 005 – 16. Sección 1. Estructura, regeneración y fisicoquímicos. INVEMAR - CORALINA, Santa Marta. 78 p.
- Vidal, L.A. 1995. Estudio del fitoplancton en el sistema lagunar estuarino tropical Ciénaga Grande

- de Santa Marta, Colombia, durante el año 1987. Tesis (Msc.) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 207 p.
- 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 Autónoma, Bogotá, Colombia. 62 p.
- Vivas-Aguas, L.J. 2011. Formulación del índice de calidad de aguas costeras (ICAM) para los países del Pacífico Sudeste. Documento Metodológico. Proyecto - SPINCAM. Santa Marta. 40 p.
- Vivas-Aguas, L.J., P.S. Obando-Madera y L. Arias-Alemán. 2017. Hoja metodológica del indicador. Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Versión 3. Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 16 p.
- Walsh, G.E. 1977. Exploitation of mangal. Wet Coastal Ecosystems, 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. Dah- Douh-Guebas. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. Aquatic Botany, 89(2): 220-236.
- Webber, M., H. Calumpong, B. Ferreira, E. Granek, S. Green, R. Ruwa and M. Soares. 2016. Mangroves, UN World Ocean Assessment. United Nations, 18 p.
- Wilson, E. 2004. Taxonomy as fundamental discipline. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B 359: 739.
- Woodroffe, C.D., K. Rogers, K.L. McKee, C.E. Lovelock, I.A. Mendelssohn and N. Saintilan. 2016. Mangrove Sedimentation and Response to Relative Sea-Level Rise. Annual Review of Marine Science, 8(1): 243-266.