

INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y COSTEROS DE COLOMBIA AÑO 2015

Serie de Publicaciones Periódicas

Número 3 • Marzo de 2016

Santa Marta • Colombia

ISSN: 1692-5025



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

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
José Benito Vives de Andrés
INVEMAR

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

Director General
Francisco Armando Arias Isaza

Subdirector Coordinación Científica (SCI)
Jesús Antonio Garay Tinoco

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

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

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

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

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

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

Coordinador Servicios Científicos (CSC)
Julian Betancourt Portela

Santa Marta, 2016

Coordinación General

Jesús Antonio Garay Tinoco
Subdirector Coordinación de Investigaciones

Autores

Capítulo I

Blanca O. Posada-Posada, Daniel Rozo-Garzón, Milena Hernández-Ortiz

Capítulo II

Constanza Ricaurte-Villota, David Fernando Morales-Giraldo,
Oswaldo Coca-Domínguez, Julián Andrés Hernández-Pinto,
Martha Lucero Bastidas-Salamanca, Silvio Andrés Ordóñez-Zúñiga,
Amaris Andrea Velandia-Bohórquez, Lizbeth Janet Vivas-Aguas,
Paola Sofía Obando-Madera, Raul Navas-Camacho,
Jenny Alexandra Rodríguez-Rodríguez

Capítulo III

Mario Rueda, Alfredo Rodríguez, Javier Gómez-León, Efraín Viloria, Jorge Viaña,
Alexander Girón, Ostin Garcés-Ordóñez, Mary Ríos-Marmol, Max Martínez, Lizbeth
Janet Vivas-Aguas, Jenny Alexandra Rodríguez-Rodríguez, Julian Prato-Valderrama

Capítulo IV

Milena Hernández-Ortiz, Jenny Alexandra Rodríguez-Rodríguez,
Julian Prato-Valderrama, Andrea Contreras, Vanessa Ospina, Keila Guillén

Capítulo V

Jenny Alexandra Rodríguez-Rodríguez, Julian Prato-Valderrama,
Jesús David Castaño, Marisol Santos-Acevedo, Javier Gómez-León,
Anny Paola Zamora-Bornachera, Carolina García-Valencia

Compilación y producción editorial

Leonardo J. Arias-Alemán
Carolina García-Valencia

Cartografía

Venus Rocha

Foto portada

Milena Hernández

Diseño

John Khatib y Carlos González • Ediprint S.A.S.

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

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

Citar la obra completa:

INVEMAR, 2016. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2015.
Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 186 p.

Citar capítulos:

Autores, 2016. Título capítulo. (intervalo de páginas ej: Pp. 10-20). En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2015. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 186 p.

ISSN: 1692-5025

Palabras Clave: ambientes marinos, recursos marinos, ecosistemas, aguas marinas, Colombia.



Isla Tesoro (Departamento de Bolívar). Foto: Carolina García Valencia

Presentación

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR en cumplimiento de su misión, emite la versión 2015 del Informe del Estado de los Recursos Marinos. Cada año se trabaja para la entrega de este reporte con mejores indicadores, para la publicación de información con el análisis del estado de los ambientes y recursos del medio marino y costero colombiano.

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

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

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

Jesus Garay
Subdirector Científico

Contenidos

CAPÍTULO I

LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA 16

MARCO GEOGRÁFICO 17

UNIDADES DE GESTIÓN 23

CAPÍTULO II

ESTADO DEL AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS 26

INTRODUCCIÓN 27

EL AMBIENTE ABIÓTICO 28

▼ Clima 28

▼ Oceanografía 30

▼ Fondos marinos 33

▼ Evolución litoral 34

▼ Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera 39

▼ Estado de la calidad de las aguas marino-costeras del caribe y pacífico colombianos . . 43

BIODIVERSIDAD MARINA 51

▼ Ecosistemas y habitats 51

Arrecifes coralinos 51

Manglares 59

CAPÍTULO III

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

INTRODUCCIÓN 71

CAUSAS Y TENSORES DIRECTOS 71

▼ Aprovechamiento de recursos pesqueros 71

▼ Desarrollo de acuicultura marina 100

▼ Fuentes terrestres de contaminación al mar	104
▼ Residuos de la población costera	107
Saneamiento básico	110
Producción de aguas residuales domésticas	114
▼ Descarga de tributarios	117
▼ Turismo en playas	121
▼ Actividad portuaria	123
CAUSAS Y DETERIORO DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR	128

CAPÍTULO IV

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA: INDICADORES DE RESPUESTA.	131
INTRODUCCIÓN	132
▼ Manejo Integrado de Zonas Costeras	135
▼ Subsistema de áreas costeras y marinas protegidas	140
RESTAURACIÓN Y/O REHABILITACIÓN DE ECOSISTEMAS.	146
VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	154

CAPÍTULO V

ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN	157
INTRODUCCIÓN	158
ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS EN EL AMBIENTE MARINO Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS	158
▼ Manglares	158
▼ Bioprospección marina.	159
ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE LAS CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS.	165
▼ Causas y tensores indirectos	165
Cambio climático.	165

LITERATURA CITADA	169
------------------------------------	------------

BATERÍA DE INDICADORES

CAPÍTULO I

LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA	16
--	-----------

CAPÍTULO II

ESTADO DEL AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS	26
---	-----------

Indicador de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera.	41
Indicador de calidad aguas	44
Indicador de condición-tendencia para arrecifes de coral - ICT _{AC}	53
Indicador de extensión: cambio en la cobertura (IE).	63
Indicador de Integridad Biológica de Manglares (IBI _m)	66

CAPÍTULO III

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

Indicador de captura total y captura por especie (nacional).	72
Indicador de captura total y captura por especie para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM	75
Indicador de abundancia relativa de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM	77
Indicador de talla media de captura para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM-	79
Indicador de proporción de pesca incidental y descartes para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM	81
Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM	83
Indicador de renta económica de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM	85
Indicador de captura total y captura por especie: pesca nacional industrial de camarón	87
Indicador de abundancia relativa del camarón: pesca industrial nacional.	89
Indicador de talla media de captura (TMC): pesca industrial nacional de camarón	91

Indicador de proporción de pesca incidental y descartes: pesca industrial nacional de camarón.	93
Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas: pesca industrial nacional de camarón.	95
Indicador de rentabilidad económica: pesca industrial nacional de camarón	97
Indicador de esfuerzo de la acuicultura marina	101
Indicador anual de la acuicultura marina nacional.	103

CAPÍTULO IV

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA: INDICADORES DE RESPUESTA. 131

Número de personas capacitadas: Fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero	137
% de áreas protegidas con plan de manejo vs total de áreas protegidas	143
Representatividad (%) de un ecosistema natural dentro de las áreas protegidas.	144
Indicador de proporción de área de manglar destinada a conservación, recuperación y uso sostenible	150
Indicador de valor de estimaciones de medidas de bienestar asociadas a servicios ecosistémicos	155

CAPÍTULO V

ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN 157

Indicador de especies bioprospectadas (ensayadas)	162
Indicador de organismos marinos con estructura química determinada/ elucidada	164

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino - costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2002).	19
Figura 2. Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000).	25
Figura 3. Variación interanual de la precipitación mensual en cinco estaciones alrededor de la CGSM: Tasajera (b), Los Cocos (c), La Esperanza (d), San Rafael (e) y El Bongo (f).	29
Figura 4. Promedio histórico de la precipitación acumulada mensual en cinco estaciones de la CGSM.	30
Figura 5. Rosas de corrientes superficiales en la bahía de Santa Marta durante los meses de marzo-noviembre de 2015.	31
Figura 6. Rosas de corrientes superficiales frente al aeropuerto (OCC17) durante los meses de marzo-noviembre de 2015.	32
Figura 7. Modelos digitales de profundidad obtenidos para el análisis de fondos marinos, a) Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, b) Ciénaga Grande de Santa Marta (INVEMAR-GEO, 2015e) (pendiente ajuste de esta figura en el mismo tamaño).	34
Figura 8. Procesos erosivos presentes en playa Salguero (INVEMAR y CORPAMAG, 2015).	36
Figura 9. Cambio en la línea de costa a) en el Delta de Tinajones y sectores aledaños para el periodo entre 2000 - 2015 y en b) la Espiga de Mestizos para el periodo 1986 - 2015 (INVEMAR, 2015c).	37
Figura 10. Cambio en la línea de costa para Punta Soldado (INVEMAR, 2015b).	38
Figura 11. Kilómetros de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad alta, media y baja en el Caribe colombiano.	41
Figura 12. Kilómetros de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad alta, media y baja en el Pacífico colombiano.	42
Figura 13. Proporción de línea de costa bajo amenaza y vulnerabilidad (en rojo los porcentajes totales de amenaza y vulnerabilidad alta) para el Caribe y el Pacífico.	42
Figura 14. Evolución histórica de la calidad del agua marino-costera evaluada con el ICAM _{PFF} en el periodo 2001 a 2014.	45
Figura 15. Tendencia de los cambios en la calidad del agua marino – costera evaluada con el ICAM _{PFF} entre los años 2012 y 2014	45
Figura 16. Resumen nacional de la distribución porcentual (%) de la calidad del agua marino-costeras en Colombia de acuerdo al ICAM _{PFF} para la época seca (menos lluvias) y de lluvias de 2014.	46

Figura 17. Estado del agua marino-costera evaluada con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM _{PF}) en las zonas costeras de los departamentos del Caribe y Pacífico colombianos durante la época seca (a y b) y lluviosa (c y d) de 2014.	48
Figura 18. Índice de condición tendencia de arrecifes de coral (ICT _{AC}) año 2015. Porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de condición-tendencia y area (Tabla 7).	54
Figura 19. Áreas del SAMP con estaciones de monitoreo coralino con el estado de sus estaciones según el índice de condición-tendencia. A. Gorgona; B. Utría; C. Islas del Rosario; D. Islas de San Bernardo; E. Providencia; F. Tayrona y G. Portete . . .	57
Figura 20. Distribución del ecosistema manglar en el Caribe colombiano (esta imagen es una representación de la ubicación aproximada de los bosques de mangle en Colombia para fines ilustrativos solamente)..	60
Figura 21. Distribución del ecosistema manglar en el litoral del Pacífico colombiano (esta imagen es una representación de la ubicación aproximada de los bosques de mangle en Colombia para fines ilustrativos solamente)..	61
Figura 22. Tendencia de la cobertura de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). . .	64
Figura 23. Serie histórica del Indicador de Integridad Biológica de manglares (IBI _m) en cinco estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).	68
Figura 24. Captura industrial y artesanal desembarcada para el Caribe y Pacífico colombiano. *Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para todo el año.	72
Figura 25. Captura artesanal por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). *Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para todo el año.	73
Figura 26. Captura industrial por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). * Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para todo el año.	73
Figura 27. Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM.	75
Figura 28. Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM.	76
Figura 29. Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM. . . .	77
Figura 30. 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 la Jaibas (B y C) la medida es el ancho del caparazón.	79
Figura 31. Composición porcentual de las capturas por arte de pesca para 2015, discriminando las capturas objetivo, incidental y descartes en la CGSM.	81

Figura 32. Fracción desovante (color claro) y juvenil (color oscuro) de las principales especies del recurso pesquero en la CGSM durante 2015.	83
Figura 33. Variación interanual de la renta económica promedio mensual (+/- EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral del SMMLV para cada año (en el 2015: SMMLV = \$ 644350).	86
Figura 34. Variación interanual de la captura objetivo en las pesquerías de camarón del Pacífico (CAS y CAP) y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).	87
Figura 35. Variación interanual de la captura objetivo en la pesquería de camarón del Caribe y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).	88
Figura 36. 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 37. Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).	91
Figura 38. Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de camarón rosado <i>Farfantepenaeus notialis</i> , principal especie en la pesquería de CAS del Caribe colombiano con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).	92
Figura 39. Variación interanual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y el Caribe colombiano (B).	93
Figura 40. Estructura de tallas para las hembras de las principales especies objetivo en las pesquerías de CAS (A y B) y de CAP (C y D) del Pacífico colombiano durante 2015, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).	95
Figura 41. Estructura de tallas para las hembras de la principal especie objetivo en la pesquería de CAS del Caribe colombiano durante 2015, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).	96
Figura 42. 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%CT).	97
Figura 43. Variación interanual de la renta promedio por faena ($\pm$ DE) en las pesquerías de CAS del Caribe colombiano, con puerto de desembarco Cartagena (A) y Tolú (B). CT = Costos totales. (- - - PRL = 15%CT).	98
Figura 44. Producción anual de cultivo del camarón <i>L. vannamei</i> en Colombia. *En 2015 solo se reportan datos entre los meses enero y abril.	103
Figura 45. Población costera tributaria y niveles de complejidad de los municipios costeros del Caribe colombiano.	108

Figura 46. Población tributaria costera y nivel de complejidad de los municipios costeros del Pacífico colombiano.	109
Figura 47. Caudal estimado de ARD según metodología UNEP-RCU/CEP (2010) y cobertura de alcantarillado en los municipios costeros colombianos. Fuente caudal: cálculo Invemar,(UNEP-RCU/CEP, 2010b). Población y cobertura alcantarillado: (DANE, 2015; SSPD, 2009; CORPOGUAJIRA, 2012; CORPOURABÁ, 2012; CORPAMAG, 2012).	115
Figura 48. Playas de uso turístico identificadas en el Caribe y Pacífico colombianos (azul) y el número de estaciones REDCAM ubicadas en playas (rojo). Fuente: INVEMAR, 2015	121
Figura 49. Variación histórica del número de estaciones de la REDCAM ubicadas en playas turísticas del Caribe y Pacífico colombianos	122
Figura 50. Porcentaje de estaciones ubicadas en playas de uso turístico, que estuvieron aptas para uso recreativo por contacto primario según el criterio de calidad para Coliformes termotolerantes (<200 NMP/100 mL; MinSalud, 1984) en el período 2001 a 2014.	123
Figura 51. Zonas Portuarias de Colombia	124
Figura 52. Número de terminales en zonas portuarias de Colombia (barras azules). Las barras rojas representan las estaciones de muestreo de la REDCAM en zonas portuarias y las barras verdes y los números representan las estaciones cercanas a terminales portuarios.	127
Figura 53. Concentración interanual de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD; µg/L) medidas en agua superficial de estaciones de la REDCAM en el período 2002-2015. La línea cortada representa el valor de referencia de 10 µg/L para aguas no contaminadas de la UNESCO (1984).	128
Figura 54. Problemáticas y amenazas registradas en los bosques de mangle en Colombia a través del SIGMA.	130
Figura 55. Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia.	133
Figura 56. Metodología COLMIZC. Tomado de Rojas-Giraldo <i>et al.</i> (2010).. . . .	134
Figura 57. Número de personas capacitadas: Fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero.	138
Figura 58. Número de áreas marinas protegidas con/sin plan de manejo	143
Figura 59. Representatividad (%) de los ecosistemas marino costeros dentro de las áreas marinas protegidas, reportes año 2010 (línea base) y año 2015 (fuente: Datos proyecto GEF-SAMP).	145

Figura 60. Unidades ecosistémicas incluidas en los mosaicos priorizados para restaurar en Colombia según (Gómez Cubillos <i>et al.</i> , 2015).	147
Figura 61. Distribución de la proporción del número de sectores de manglar en jurisdicción de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, de acuerdo a la zonificación aprobada por el MADS.	151
Figura 62. Porcentaje del número de sectores de manglar según su categoría, uso sostenible, preservación y recuperación, en cada departamento, según estudios aprobados por el MADS. *Solo se reportan las categorías asociadas a bosques de mangle, se excluyen ciénaga y salitrales; **Solo se incluyen los sectores aprobados por el MADS por resolución; ***La barra refleja la distribución de las categorías de zonificación en los bosques de mangle por concejos comunitarios.. . . .	152
Figura 63. Zonas de uso sostenible, preservación y recuperación propuestas en los departamentos con zonificación NO aprobada por el MADS o en proceso de aprobación. *Departamentos con zonificación parcialmente aprobada (ver Figura 62).. . .	152
Figura 64. Disponibilidad a pagar (DAP) por servicios ecosistémicos.	155
Figura 65. Especies de organismos marinos por grupos ensayados para evaluar su bioactividad. . .	162
Figura 66. Distribución de actividades biológicas evaluadas en los organismos marinos y sus derivados durante el año 2015.	163
Figura 67. Especies de organismos marinos cuyos extractos han sido caracterizados químicamente.	164

LISTA DE TABLAS

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 las áreas.	18
Tabla 2. Gobernabilidad en las regiones costeras colombianas.	20
Tabla 3. Valores promedio y desviaciones típicas de la magnitud de la corriente (mm/s) en las estaciones de medición durante el periodo marzo-noviembre de 2015.	31
Tabla 4. Proporción de línea de costa en erosión determinados para cada litoral.	42
Tabla 5. Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM (Vivas-Aguas, 2011).	44
Tabla 6. Distribución porcentual (%) de las condiciones de calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el ICAM _{PFF} en los 12 departamentos de costeros de Colombia año 2014.	46
Tabla 7. Opciones de medidas que se pueden adoptar según la valoración del indicador (ICAM). Modificado de Marín <i>et al.</i> , 2001.	50
Tabla 8. Escala de valoración del indicador de condición-tendencia arrecifes de coral - ICT _{AC} (Rodríguez-Rincón <i>et al.</i> , 2014).	53
Tabla 9. Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianas. Datos tomados de (Sánchez-Páez <i>et al.</i> , 2004, 1997; Spalding <i>et al.</i> , 2011); SAI: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: La Guajira, MAG: Magdalena, ATL: Atlántico, BOL: Bolívar, SUC: Sucre, COR: Córdoba, ANT: Antioquia, CHO: Chocó, VCAU: Valle del Cauca, CAU: Cauca, NAR: Nariño. NC: No confirmado.: Sinónimos: <i>Avicennia nitida</i> ; b: Sinónimos: <i>Avicennia tonduzi</i> , <i>A. bicolor</i>	62
Tabla 10. Extensión del ecosistema de manglar en dos departamentos de Colombia*.	63
Tabla 11. Indicador de extensión del bosque de mangle. Caso “Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM”. 64	
Tabla 12. Rangos de referencia para calcular el IBI _m . Los rangos se construyeron para cada variable teniendo en cuenta reportes de diferentes fuentes bibliográficas para el Caribe colombiano (Sánchez-Núñez, 2009) y los datos obtenidos en el proyecto de monitoreo del bosque de mangle de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ibarra <i>et al.</i> , 2014) (S: Subíndice).	66
Tabla 13. Escala de interpretación del IBI _m	67
Tabla 14. Área instalada, área activa y producción para el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> por departamento.	101

Tabla 15. Inventario Nacional de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación, y contaminantes que afectan la calidad del agua en Colombia. Fuentes de información: CAR costeras, INVEMAR y Superservicios, 2014a	104
Tabla 16. Asignación del nivel de complejidad de un municipio de acuerdo al número de habitantes y capacidad económica para los sistemas de saneamiento básico y agua potable. Tomado de (Mindesarrollo, 2000a).	107
Tabla 17. Resumen del saneamiento básico en términos de producción y disposición final de residuos sólidos y cobertura y tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombianos. Fuente: CRA y OMAU, 2006; Consejo municipal de Los Córdoba, 2008; Consejo municipal de Puerto Escondido, 2008; Vivas-Aguas <i>et al.</i> , 2010; INVEMAR y MADS, 2011; Consejo municipal de Canaletes, 2012; Consejo municipal de San Antero, 2012; SUI, 2012; CORPOGUAJIRA, 2012; CORPOURABÁ, 2012; CORPAMAG, 2012; CARSUCRE, 2012; CVS, 2012; Supersevicios, 2014a, Superservicios 2014b.	111
Tabla 18. Carga contaminante estimada del agua residual vertida directamente por la población costera del Caribe y Pacífico colombianos en el año 2015. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda bioquímica de oxígeno (DQO), nitrógeno inorgánico disuelto (NID), fósforo inorgánico disuelto (PO_4^{3-}), sólido suspendido total (SST) y coliformes totales (CTT).	115
Tabla 19. Carga estimada de contaminantes aportados por los principales tributarios que desembocan en el litoral Caribe y Pacífico colombiano en el 2014. Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID), fósforo inorgánico disuelto (PO_4^{3-}), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Hidrocarburos del petróleo (HAT) y coliformes termotolerantes (CTE). Fuente Caudal: serie de tiempo 1959-2010 (IDEAM, 2012); Restrepo (2006); Garay <i>et al.</i> , 2006; Fuente concentraciones: Base de datos REDCAM (INVEMAR, 2015).	119
Tabla 20. Sustancias e impactos generados por la actividad portuaria. Fuente: CONAMA, 2000.	125
Tabla 21. Origen y tipos de residuos generados en puertos (CONAMA, 2000).	126
Tabla 22. Principales presiones y amenazas que afectan los bosques de mangle en Colombia.	129
Tabla 23. Listado de áreas marinas protegidas del SAMP.	141
Tabla 24. Línea Base (año 2010) y Cálculo (año 2015), se muestra la diferencia respecto al año anterior	144
Tabla 25. Áreas con potencial de restauración en la zona marino-costera de Colombia y acciones desarrolladas para su rehabilitación/restauración entre 2014-2015 (según información recopilada por INVEMAR).	148
Tabla 26. Actos de aprobación de la zonificación del manglar en Colombia y algunos estudios relacionados con los procesos de zonificación. NA: Sin información.	150
Tabla 27. Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2014 y las publicadas en 2015	160

Capítulo I

LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA



Johnny Cay (Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina). Foto: Carolina García Valencia

MARCO GEOGRÁFICO

Colombia es un país con 1'137814 km² de área continental, que cuenta aproximadamente con 3531 km de costa sobre el océano Pacífico y el mar Caribe, que le otorgan otros 892102 km² de aguas jurisdiccionales, según el mapa Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (IDEAM *et al.*, 2007), para una extensión total de cerca de 2'070408 km². Es así como Colombia tiene un área jurisdiccional marítima relativamente igual a la de su territorio emergido (continental e insular), y de ahí el origen del lema institucional del INVEMAR: "Colombia 50% Mar".

Desde la perspectiva biogeográfica, a lo largo de la jurisdicción marina se diferencian la región del Atlántico Tropical y la región del Pacífico Este Tropical, dentro de las cuales se encuentran tres provincias: Provincia Océano Pacífico Tropical, Provincia Mar Caribe y la Provincia Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. En cada una de ellas se presentan sistemas insulares, diversos paisajes y ecosistemas característicos del trópico. Las máximas profundidades alcanzan los 4990 m en la cuenca Colombia del mar Caribe (IDEAM *et al.*, 2007).

La zona costera definida por la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia PNAOCI, corresponde a la franja del litoral de 2 km atrás de los ecosistemas de influencia marina y de los centros poblados costeros y tiene una extensión emergida (continental e insular) de 16128 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', W71°20') y al occidente comparte frontera con Panamá, cruzando la zona costera en Cabo Tiburón (N 08°41'7.3" W 77°21'50.9"). Tiene una longitud de línea de costa de 1932 km, una zona costera emergida de 7673 km² y una superficie de aguas jurisdiccionales de 532154 km² (Tabla 1) (Figura 1).

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 las áreas¹.

		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
Línea de costa (km)	Continental	1785	1545	3531
	Insular del margen continental	86	50	
	Insular Oceánico	60	4	
	Subtotal	1932	1599	
Área emergida de la zona costera (km ²)	Continental	7594	8435	16128
	Insular del margen continental	30	20	
	Insular Oceánico	49	1	
	Subtotal	7673	8456	
Extensión de aguas jurisdiccionales (km ²)	Extensión de aguas costeras	30219	21205	892102
	Extensión de aguas oceánicas	501935	338744	
	Subtotal	532154	359948	

La gobernabilidad de la costa continental del Caribe colombiano está conformada por las gobernaciones de los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó, en total 41 municipios, 7 Capitanías de Puerto y 11 Autoridades Ambientales entre Corporaciones Autónomas Regionales - CAR y Departamentos Técnico Administrativos de Medio Ambiente, encargados de la gestión ambiental (Tabla 2), entre sí las cabeceras municipales están comunicadas por una red vial primaria pavimentada, y vías secundarias que comunican con poblaciones menores. 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 5770 m, como un macizo aislado, los paisajes desérticos de La Guajira, los deltas de los ríos Magdalena, Sinú y Atrato, así como los golfos de Morrosquillo en Sucre y de Urabá en Antioquia (INVEMAR *et al.*, 2002; INGEOMINAS, 1998; Steer *et al.*, 1997; Correa y Restrepo, 2002; Posada y Henao, 2008). Los archipiélagos de las islas del Rosario y de San Bernardo, ambos originados por diapiroismo de lodo, colonizados por formaciones arrecifales (Ver-nette, 1985; Ingeominas, 1998), pertenecen al Caribe insular continental y se localizan en la plataforma continental frente a los departamentos de Bolívar y Sucre.

¹ Los datos de áreas y distancias de esta tabla tienen como fuente principal la base de datos geográfica del Mapa de Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos escala 1:500000, (IDEAM *et al.*, 2007) y fueron ajustados acorde a las siguientes condiciones. Línea de costa: *insular del margen continental Pacífico incluye isla Gorgona, **insular del margen continental Caribe incluye islas tierra Bomba, Fuerte, Arena e islas del Rosario y San Bernardo. ***insular oceánico Caribe incluye islas de San Andres y Providencia. ****insular oceánico Pacífico incluye isla Malpelo. *****continental Caribe borde litoral externo, sin contar límites internos de lagunas costeras. *****continental Pacífico borde litoral externo, sin contar límites internos de los esteros e incluyendo San Andrés de Tumaco.

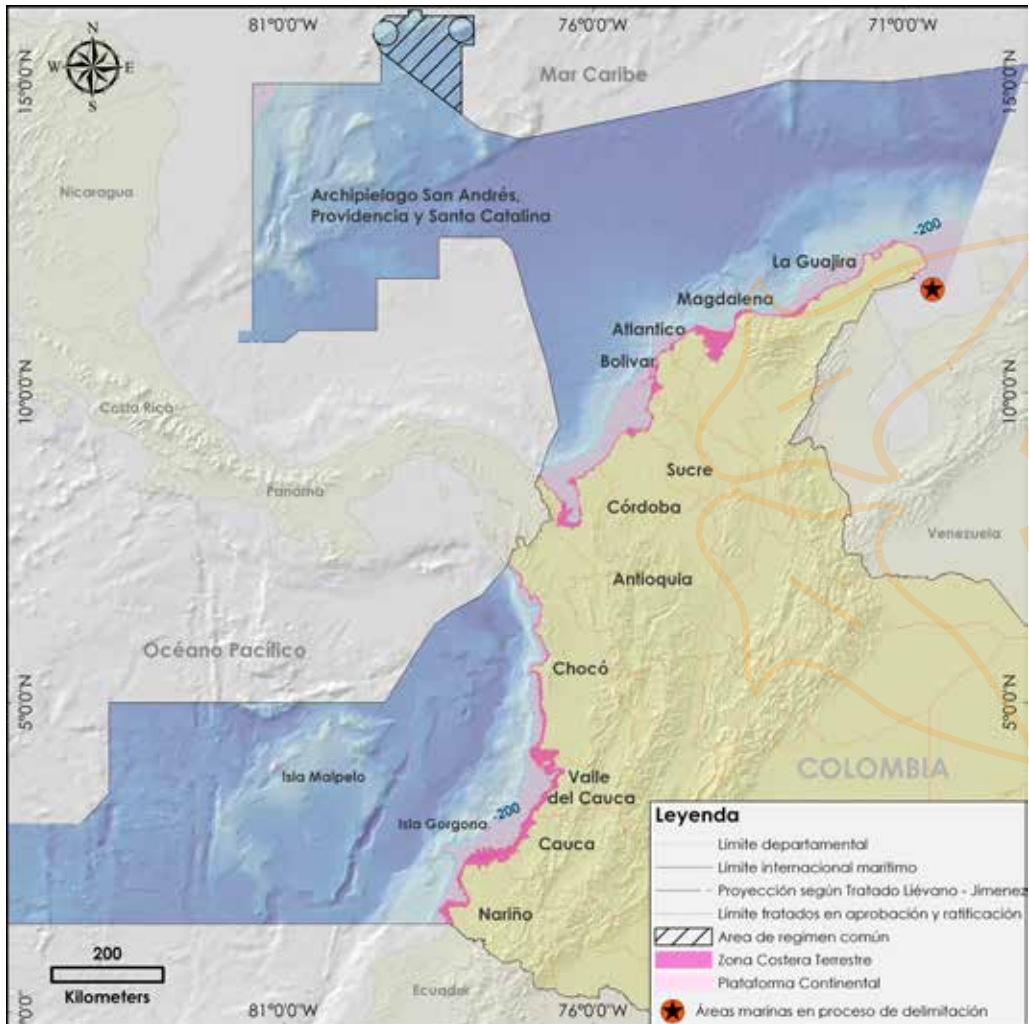


Figura 1. Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino - costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2002).

La costa Caribe insular oceánica está conformada por el Archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina y sus islotes y cayos asociados; se ubica al noroeste del país, en la llamada zona de elevación de Nicaragua, entre las coordenadas 10°49' y 16°10' de latitud Norte y 78° 00' y 82°14' de longitud Oeste (Figura 1). Tiene una extensión de línea de costa de 60 km aproximadamente y un área terrestre de 49 km² (Posada *et al.*, 2011) (Tabla 1). Administrativamente está conformada por un solo departamento que se comunica con el resto del país a través del Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla en San Andrés isla, 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).

La costa del Pacífico colombiano se ubica en la región occidental de Colombia; está limitado al norte por la frontera internacional con Panamá, que cruza el litoral en el sector intermedio entre punta Cocalito en Panamá y punta Ardita en Colombia (N 7°12'39.3" W 77°53'20.9") y al sur por la frontera internacional con Ecuador marcada en la zona costera por el río Mataje (N 1°26' W 78°49'). Entre la isla de Malpelo, perteneciente a Colombia, y la isla de Coco, de propiedad de Costa Rica, se ha delimitado una frontera internacional marina y submarina, aunque el tratado aún no ha sido firmado por parte de Costa Rica. El Pacífico colombiano tiene una línea de costa de 1544 km de longitud, una porción emergida de la zona costera e insular de 8455 km² y una superficie de aguas jurisdiccionales de 359948 km² correspondiente al 18% del territorio nacional, extensión que ve favorecida por la ubicación de la isla Malpelo en aguas oceánicas distantes de la costa, aproximadamente 380 km (Tabla 1) (INVEMAR, 2002; Steer *et al.*, 1997; Posada y Henao, 2009; Posada *et al.*, 2011).

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). El principal medio de comunicación entre los municipios costeros es el transporte fluvial y marítimo, mientras que la red vial primaria existe solamente entre las poblaciones de Cali y Buenaventura en el Valle del Cauca, y entre Pasto y Tumaco en Nariño (INGEOMINAS, 1998; Steer *et al.*, 1997). 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, Henao, *et al.*, 2009).

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		

	DEPARTAMENTOS	MUNICIPIOS COSTEROS	AUTORIDADES AMBIENTALES	CAPITANÍAS DE PUERTO
COSTA CARIBE	Magdalena	Santa Marta	DADMA	Santa Marta
		Ciénaga	CORPAMAG	
		Zona Bananera		
		Puebloviejo		
		El Retén		
		Pivijay		
		SitioNuevo		
		Remolino		
		Salamina		
	Atlántico	Barranquilla	DAMAB	Barranquilla
		Puerto Colombia	CRA	
		Tubará		
		Juan de Acosta		
		Piojó		
		Luruaco		
	Bolívar	Cartagena de Indias	EPA	Cartagena
		Santa Catalina	CARDIQUE	
		Santa Rosa		
		Turbaco		
		Turbaná		
Arjona				
Sucre	San Onofre	CARSUCRE	Coveñas	
	Tolú			
	Coveñas			
	Palmito			
Córdoba	San Antero	CVS		
	San Bernardo del Viento			
	Lorica			
	Moñitos			

	DEPARTAMENTOS	MUNICIPIOS COSTEROS	AUTORIDADES AMBIENTALES	CAPITANÍAS DE PUERTO
COSTA CARIBE	Córdoba	Puerto Escondido	CVS	Turbo
		Los Córdoba		
	Antioquia	Arboletes	CORPOURABÁ	
		San Juan de Urabá		
		Necoclí		
		Turbo		
	Chocó	Uguía	CODECHOCÓ	
		Acandí		
Juradó				
Bojayá				
COSTA DEL PACÍFICO	Chocó	Bahía Solano	CODECHOCÓ	Bahía Solano
		Nuquí		Buenaventura
		Bajo Baudó		
		Valle del Cauca		Buenaventura
	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				

La costa del Pacífico insular está conformada por la isla de Gorgona, en el margen continental, y la isla Malpelo, en el sector oceánico (Figura 1). Tienen una longitud total de línea de costa de 25 km y 4 km respectivamente y un relieve montañoso y escarpado, con abundante vegetación tropical para Gorgona y rica desnuda en Malpelo (Tabla 1) (Posada *et al.*, 2011).

A nivel poblacional, Colombia es un país con 45.5 millones de habitantes (DANE, 2010), concentrados en su mayoría en las ciudades capitales continentales andinas. Se estima que la población costera representa aproximadamente el 11% de la población total (DANE, 2010), con una tendencia de crecimiento ocasionada por el acelerado proceso de urbanización. Lo anterior es más evidente en el Caribe, donde se concentra el mayor número de habitantes (84% de la población total costera), siendo las ciudades y distritos de Barranquilla, Cartagena y Santa Marta los de mayor población. En el Pacífico, solo se encuentra el 16% de la población costera del país, siendo el municipio de Buenaventura el principal centro poblado.

A pesar de lo anterior, la distribución de la población en la zona costera colombiana contrasta con la tendencia mundial, en la que la mayoría de la población se asienta en la costa. Sin embargo, los municipios costeros son los de mayor tasa de crecimiento poblacional del país, los principales receptores de población desplazada y en general los de menor nivel de vida en comparación con el promedio nacional.

Por otra parte, la zona costera colombiana se constituye en el principal eje de desarrollo económico del país, especialmente por la realización de actividades relacionadas con el transporte marítimo, el comercio exterior, el turismo, la pesca y el sector minero-energético (Ramos y Guerrero, 2010). Este último, ha venido tomando auge por la potencialidad que presentan las áreas marinas y costeras para su usufructo y por los diferentes programas de desarrollo que se vienen impulsando a nivel nacional. En este sentido, se resalta que los departamentos costeros aportaron para el año 2010 aproximadamente el 40% al PIB del país, proyectado para el año 2010 en 548273 millones de pesos (DANE, 2010).

UNIDADES DE GESTIÓN

Según el DNP (2007)², el ordenamiento territorial (OT) se refiere, por una parte, a la organización y la estructura político administrativa del Estado: funciones, competencias, interrelaciones entre los niveles de gobierno, etc. Y por la otra, a la relación de la sociedad con el territorio, que se evidencia a través de diferentes dinámicas y prácticas políticas, sociales, económicas, ambientales y culturales, generadoras de condiciones específicas de desarrollo territorial. Ambos elementos del OT son interdependientes y de su adecuada regulación y planificación depende la posibilidad de administrar y gestionar eficientemente el territorio tanto continental como marino y aprovechar sus potencialidades en procura de un desarrollo equilibrado y sostenible, una mayor integridad territorial, un fuerte sentido de cohesión social y, en general, un mayor nivel de bienestar para la población.

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

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

2 DNP, 2007. Visión Colombia Segundo Centenario. Aprovechar el territorio marino costero de forma eficiente y sostenible

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 (2001), y posteriormente por lo definido por la norma (Ley 1450 de 2011, decreto 1120 de 2013 y el Decreto único reglamentario 1076 de 2015 del MADS). Esta delimitación sectoriza las zonas costeras del país en unidades ambientales homogéneas. Su descripción y localización (ver Figura 2), es la siguiente:

Región Caribe Insular

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

Región Caribe Continental y Oceánica

- **Unidad Ambiental Costera de la Alta Guajira:** desde Castilletes (frontera con Venezuela) hasta la margen noreste del río Ranchería en el departamento de La Guajira.
- **Unidad Ambiental Costera de la Vertiente Norte de La Sierra Nevada de Santa Marta:** desde la margen boca del río Ranchería (incluyéndola) hasta la boca del río Córdoba (incluyéndola) en el departamento del Magdalena.
- **Unidad Ambiental Costera del Río Magdalena: complejo Canal del Dique - sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta:** desde la boca del río Córdoba hasta punta Comisario. Incluye isla Tierra Bomba, isla Barú, y el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario.
- **Unidad Ambiental Costera Estuarina del Río Sinú y el Golfo de Morrosquillo:** desde punta Comisario hasta punta del Rey, límites de los departamentos de Antioquia y Córdoba. Incluye el archipiélago de San Bernardo, isla Palma, isla Fuerte e isla Tortuguilla.
- **Unidad Ambiental Costera del Darién:** desde punta del Rey, límite de los departamentos de Antioquia y Córdoba hasta cabo Tiburón (frontera con Panamá) en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Caribe Oceánico:** representada por todas las áreas marinas jurisdiccionales de Colombia en el mar Caribe a partir de la isóbata de los 200 m, límite convencional de la plataforma continental o insular.

Región Pacífico

- **Unidad Ambiental Costera Pacífico norte Chocoano:** desde la frontera con Panamá (Hito Pacífico) hasta cabo Corrientes en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Costera del Baudó - San Juan:** desde cabo Corrientes hasta el delta del río San Juan (incluyéndolo), en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Costera del Complejo de Málaga - Buenaventura:** desde el delta del río San Juan hasta la boca del río Naya en el departamento del Cauca.

- **Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial Sur:** desde la boca del río Naya en el límite del departamento del Cauca, hasta la boca del río Mataje (Hito Casas Viejas - Frontera con Ecuador) en el departamento de Nariño. Incluye las islas de Gorgona y Gorgonilla.
- **Unidad Ambiental Pacífico Oceánico:** representada por todas las áreas marinas jurisdiccionales de Colombia en el océano Pacífico a partir de la isóbata límite convencional de la plataforma continental o insular.

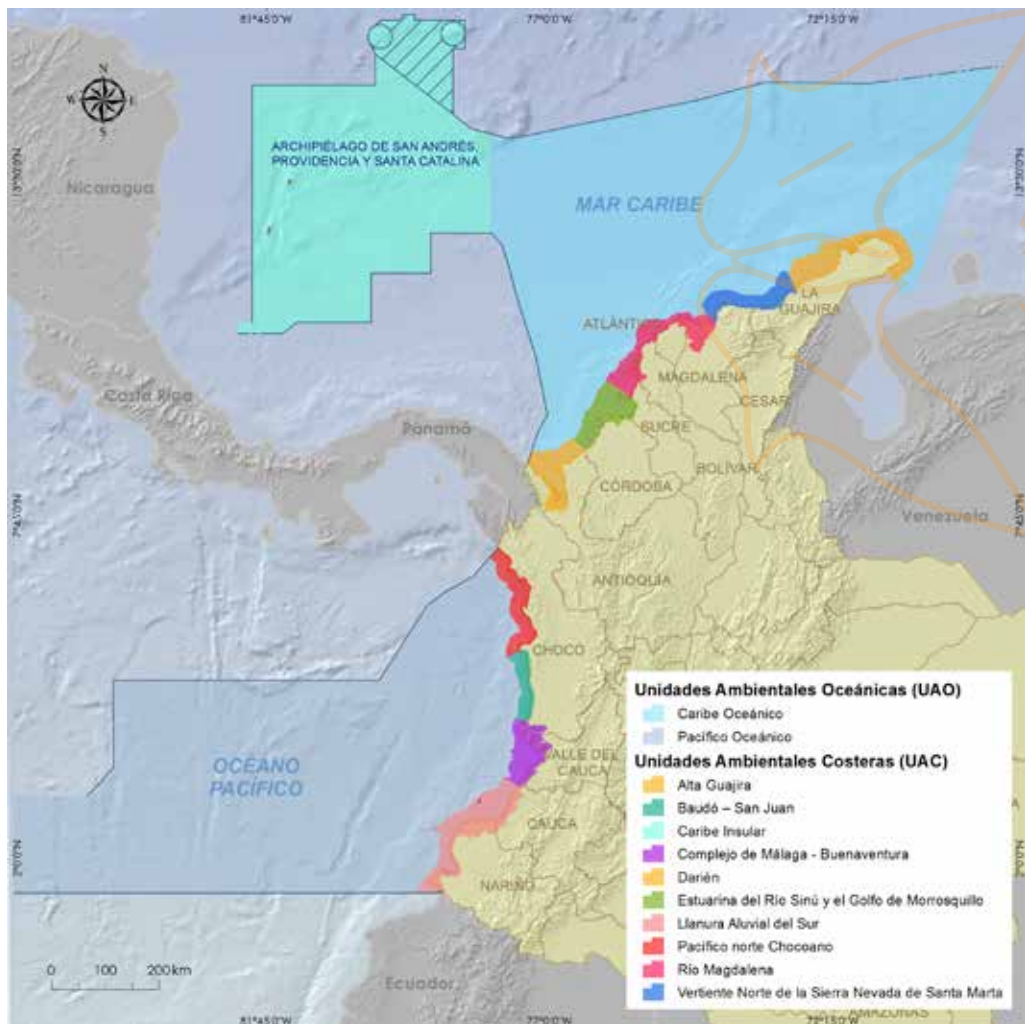


Figura 2. Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000).

Capítulo II

ESTADO DEL AMBIENTE Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



Acantilados de la localidad Minuto de Dios (Departamento de Córdoba). Foto: Jineth Castañeda Quijano

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas se constituyen por un espacio natural que puede ser descompuesto en unidades con una determinada arquitectura, composición y funcionamiento. Cada uno de ellos se concibe como una combinación única de elementos bióticos y no-bióticos y posee una historia particular que los hace diferentes de los demás. El concepto de ecosistema también tiene una relación estrecha e interdependiente con los sistemas humanos a través de un conjunto de procesos ecológicos que son percibidos como beneficios (servicios ecosistémicos) para el desarrollo de los diferentes sistemas culturales humanos en todas sus dimensiones (político, social, económico, tecnológico, simbólico, mítico y religioso). Una adecuada gestión basada en ecosistemas requiere por lo tanto conocer y medir tanto las dinámicas biológicas como los referentes de los elementos abióticos con los cuales interactúan. Es así como los procesos de estado del tiempo, los cambios en los regímenes oceanográficos e hidrológicos y el grado de erosión y acreción de un sistema costero se convierten en factores que contribuyen tanto positiva como negativamente en desarrollo integral de los ecosistemas, determinando su sostenibilidad a futuro. Estos factores influyen de forma individual o sinérgicamente, el estado de calidad del agua, eje transversal entre todos elementos de los ecosistemas.

Un enfoque alternativo ante la dificultad de medir el estado de la biodiversidad marina, es utilizar 'sustitutos' para predecir áreas de interés es decir, definir donde una determinada especie o comunidad existe. Un sustituto en un sentido ecológico se comporta como un indicador, dado que puede ser medido y se correlaciona con lo que queremos evaluar. La disponibilidad de energía, el tiempo evolutivo, el área, los límites geográficos y la heterogeneidad de hábitat son los principales factores que influyen los patrones de riqueza. Los procesos abióticos que sustentan los ecosistemas marino costeros al igual que las estimaciones de calidad de agua o del sedimento al utilizarse como sustitutos, permiten evidenciar su degradación, colapso o eliminación local, ayudando a determinar con antelación las acciones necesarias para prever, mitigar o restaurar el estado de los hábitats y la biodiversidad asociada a los ecosistemas.

Los factores que condicionan los ecosistemas marinos y costeros y su distribución son variados, siendo los principales: el sustrato, el movimiento de las aguas, los factores físicos y los factores químicos. La población que se ubica sobre la franja litoral, no solo incide en la modificación de la geomorfología de estas zonas por los diferentes usos que hacen de la misma; sino que también, se encuentran expuestas a diferentes grados de amenaza de tipo natural, y vulnerabilidad frente a las mismas.

Con base en lo anterior, el Instituto ha desarrollado en colaboración con autoridades ambientales como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo sostenible, Parques Nacionales Naturales y algunas administraciones a nivel municipal y departamental, una red de monitoreo de procesos de cambio que puedan presentarse en tanto en el medio abiótico como en la estructura y función de algunos ecosistemas estratégicos.

Con el fin de avanzar en el conocimiento de todos estos factores, en 2015 se realizaron estudios de los fondos marinos de Colombia y de la evolución de nuestras zonas costeras además de presentar los resultados de evaluación del estado del ambiente y los ecosistemas marinos y costeros, correspondiente al trabajo multidisciplinario de los grupos de geociencias marinas, calidad ambiental y monitoreo ecosistémico, para que el lector pueda familiarizarse con las características y procesos que son tenidos en cuenta

para el análisis y medición de los indicadores determinados en cada caso. Estos indicadores pretenden ofrecer la mejor información técnica para apoyar la toma de decisiones tanto administrativas como de gestión, de las principales problemáticas ambientales de la zona costera del país.

EL AMBIENTE ABIÓTICO

Los factores que condicionan los ecosistemas marinos y costeros y su distribución son variados, siendo los principales: el sustrato, el movimiento de las aguas, los factores físicos y los factores químicos. Con el fin de avanzar en el conocimiento de dichos factores, en 2015 se realizaron estudios de los fondos marinos de Colombia y de la evolución de nuestras zonas costeras.

Por su parte, la evolución litoral esta condicionada por componentes climáticos y ambientales entre los que se destacan el oleaje, las corrientes, las mareas, los vientos, las tormentas y las descargas fluviales. Todo este conjunto de factores interactúan entre sí para moldear una zona extremadamente cambiante, por lo que es importante la comprensión de la dinámica de estos procesos a lo largo de las costas colombianas.

La población que se ubica sobre la franja litoral, no solo incide en la modificación de la geomorfología de dichas zonas por los diferentes usos que hacen de la misma; sino que también, se encuentran expuestas a diferentes grados de amenaza de tipo natural (geoamenazas), y vulnerabilidad frente a las mismas, entre las que se destaca el proceso de erosión costera, la cual es considerada como la pérdida de sedimentos no consolidados y/o rocas de las franjas litoral. Teniendo en cuenta lo anterior, en 2015 se continuó con el análisis del panorama actual de las zonas costeras de Colombia frente a las geoamenazas, con el fin de brindar herramientas eficaces para la adecuada toma de decisiones por parte de las entidades encargadas de reducir el riesgo.

▼ Clima

Recientemente fue analizado el régimen de precipitación para el sector de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Esta ciénaga, localizada en la costa Caribe (departamento del Magdalena), con sus límites entre los 10° 37' a 11°07' N y 74°15' a 74°51'W, fue declarada como reserva de la biósfera por la UNESCO en el año 2000 y fue incluida en la convención Ramsar en 1998. Una de las características abióticas importantes a describir fue su régimen de precipitación, ya que el aumento o disminución de las lluvias afecta los caudales de ríos que tienen su desembocadura en la ciénaga. En los alrededores de la CGSM, se cuenta con el registro histórico de 5 estaciones pluviométricas administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM (Figura 3a), de las cuales se procesó e interpretó información de precipitación en el periodo 1983-2013, procurando abarcar tanto la cuenca del Magdalena como de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Para todas las estaciones los máximos acumulados de precipitación se registran en el segundo semestre de cada año, mientras que durante el primero no se registra precipitación en algunos meses. El mes de octubre se caracteriza por presentar históricamente las mayores precipitaciones en todas las estaciones. Se identificó un gradiente en la precipitación alrededor de la CGSM, es decir, las lluvias no están uniformemente distribuidas en toda la región, presentando acumulados mayores o menores dependiendo de la ubicación geográfica en la zona. Al sur y al oriente de la ciénaga, en las estaciones El Bongo y La

Esperanza (Figura 3d y f), las precipitaciones son mayores con valores acumulados superiores a los 1400 mm anuales, permitiendo caracterizarla como la zona húmeda de la Ciénaga; de otro lado y hacia el norte, en la estación Tasajera (Figura 3b), se presentan los menores acumulados de precipitación, siendo ésta la zona más seca de la CGSM con un acumulado promedio anual de 421 mm. Finalmente, al occidente y suroccidente de la ciénaga (Figura 3c y e), en las estaciones San Rafael y Los Cocos, se presentan acumulados superiores a los de la zona norte, pero inferiores a la región suroriental, con acumulados promedios anuales alrededor de los 1200 mm, caracterizada como una zona intermedia. Esta diferencia espacial o gradiente de precipitación es producto de la cercanía a la Sierra Nevada de Santa Marta al costado oriental de la ciénaga (INVEMAR, 2015d).

Con respecto al régimen mensual, se presenta un comportamiento similar al reportado para Santa Marta en (INVEMAR, 2014b), el cual es monomodal; es decir, presenta un período seco (diciembre - marzo) y otro lluvioso bien diferenciado (abril - noviembre) durante el transcurso del año (Figura 4).

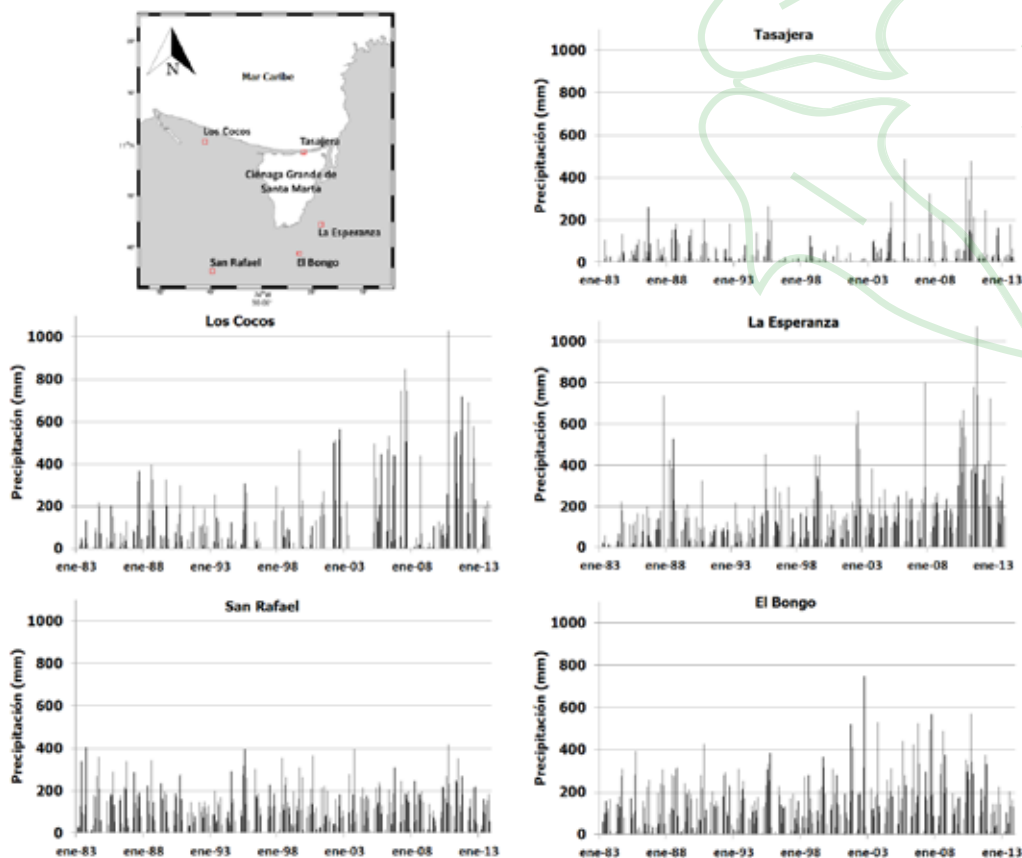


Figura 3. Variación interanual de la precipitación mensual en cinco estaciones alrededor de la CGSM: Tasajera (b), Los Cocos (c), La Esperanza (d), San Rafael (e) y El Bongo (f).

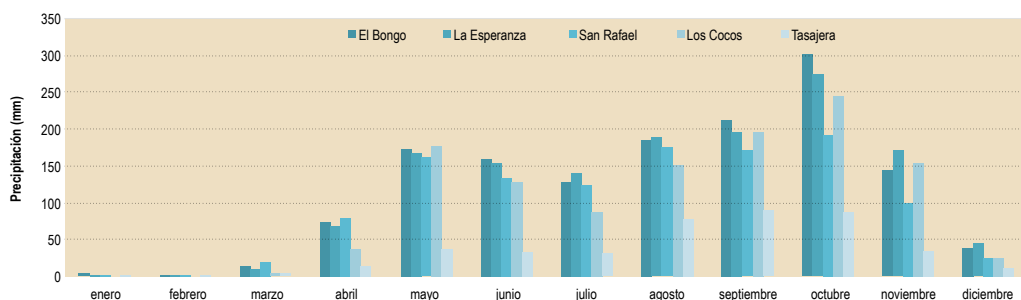


Figura 4. Promedio histórico de la precipitación acumulada mensual en cinco estaciones de la CGSM.

▼ Oceanografía

Como aporte al conocimiento de la hidrodinámica de nuestras zonas marinas y costeras se llevó a cabo un estudio en la bahía de Santa Marta (BSM) y el sector marino frente al aeropuerto Simón Bolívar (departamento del Magdalena). En esta región se desarrollan diferentes actividades económicas (turismo, pesca, transporte y almacenamiento de carbón), se evidencian procesos de erosión y se presentan descargas continentales (INVEMAR, 2014b). Así mismo, cada año se registran emergencias ambientales relacionadas con dispersión de carbón mineral en el medio marino, derrames de aceite o mortandad de peces en las playas; eventos que no han sido explicados en su totalidad debido al desconocimiento de la circulación en la zona. Específicamente en el área costera de Santa Marta, han sido pocos los estudios que involucren el estudio de las corrientes superficiales. Unas de las investigaciones más relevantes fue la llevada a cabo por (García *et al.*, 2012), los cuales utilizaron el modelo RMA10 (3D) para simular la circulación en el área costera de la BSM para el año 2009. La calibración y validación del modelo se realizó con datos *in situ* de salinidad, corrientes, temperatura y mareas de los meses de enero y febrero (época seca) y octubre y noviembre (periodo de lluvias). Los resultados obtenidos para el área costera de Santa Marta mostraron que las corrientes fueron dominantes hacia el E-NE a los 40 m de profundidad.

Mediciones puntuales *in situ* llevadas a cabo durante el 2015 con tecnología acústica (Acoustic Doppler Current Profiler), permitieron contribuir al conocimiento de la hidrodinámica de la zona e identificar cambios espaciales entre los sectores analizados, así como cambios temporales en cada sector (INVEMAR, 2015b). Durante el 2015, la BSM presentó menores corrientes superficiales (aproximadamente a 3 m de profundidad) con respecto a las medidas en el sector marino frente al Aeropuerto y fueron similares en magnitud en los meses de marzo y septiembre (Tabla 3); así mismo, fueron variables en dirección a lo largo del año (Figura 5). En marzo los vectores presentaron alta dispersión y estuvieron orientados hacia el suroeste; mientras que en mayo tuvieron orientación este. Abril por su parte junto con junio y julio, presentaron alta dispersión y no fue posible identificar un patrón durante esos meses. El mes de agosto presentó elevadas magnitudes y poca dispersión en los vectores, comportamiento similar al mes de mayo. Para el último trimestre de monitoreo, dominaron las componentes norte. En general, las corrientes superficiales oscilaron entre 0.05 m/s y 0.18 m/s a lo largo del 2015, siendo contrastantes los meses de abril y mayo, donde se presentaron los menores y mayores valores en promedio respectivamente.

Tabla 3. Valores promedio y desviaciones típicas de la magnitud de la corriente (mm/s) en las estaciones de medición durante el periodo marzo-noviembre de 2015.

	BAHÍA DE SANTA MARTA	AEROPUERTO
Marzo 26	96.33 ± 40.62	85.02 ± 14.30
Abril 28	53.49 ± 27.72	-
Mayo 29	189.95 ± 30.68	97.43 ± 19.11
Junio 25	88.57 ± 47.96	203.83 ± 51.61
Julio 23	81.27 ± 35.87	149.68 ± 30.69
Ago. 25	139.74 ± 40.51	158.67 ± 39.31
Sept. 24	70.18 ± 33.70	60.55 ± 35.44
Oct. 23	73.55 ± 40.86	180.86 ± 17.01
Nov. 26	57.73 ± 27.02	202.26 ± 12.50

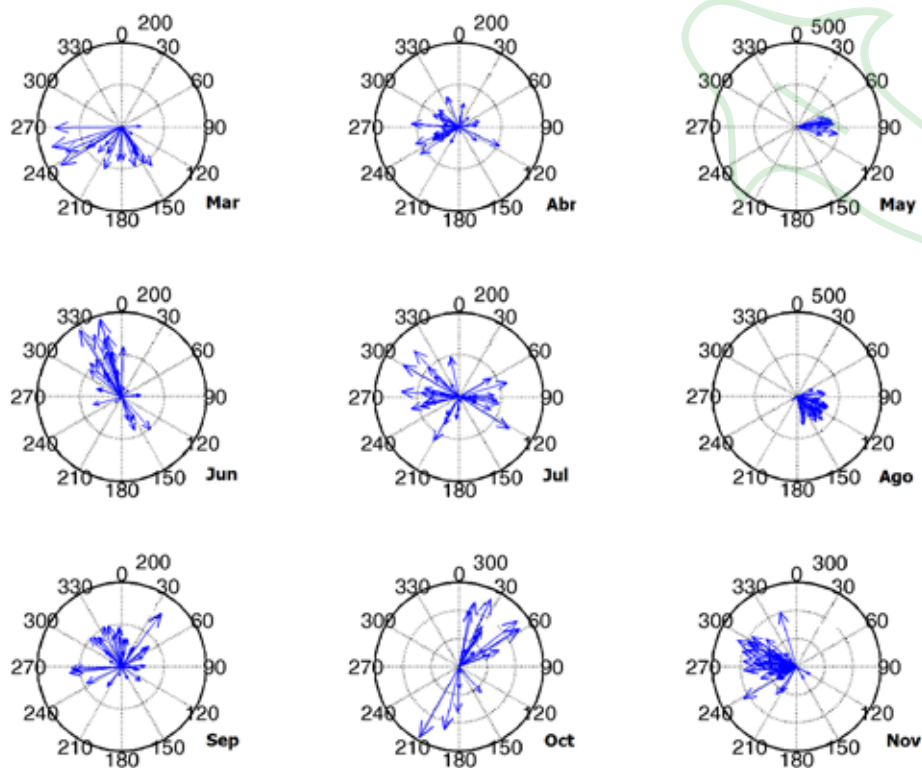


Figura 5. Rosas de corrientes superficiales en la bahía de Santa Marta durante los meses de marzo-noviembre de 2015.

De otro lado, la estación ubicada frente al Aeropuerto de Santa Marta fue la que presentó las mayores magnitudes y menores dispersiones en dirección (Figura 6), por lo cual fue posible hacer una descripción de la hidrodinámica del sector a lo largo del 2015. Al igual que la bahía de Santa Marta, el mes de marzo se caracterizó por presentar corrientes hacia el suroeste y de magnitud muy similar (alrededor de los 85 mm/s). Para el mes de mayo, las corrientes tomaron dirección norte y aumentaron su magnitud, comportamiento que se mantuvo en junio y julio donde incrementaron notablemente su valor, alcanzando en el mes de junio, el mayor valor registrado en todo el 2015 (203 mm/s). En el mes de agosto se presentó dispersión en los vectores, pero estos siguieron teniendo componente norte, hasta que en el mes de septiembre se invirtieron y tomaron componente sur. Este último mes se caracterizó por presentar los menores valores y mayores dispersiones en dirección. Finalmente, los dos últimos meses de monitoreo, las corrientes tomaron nuevamente dirección norte con una mínima dispersión y la magnitud incrementó notablemente.

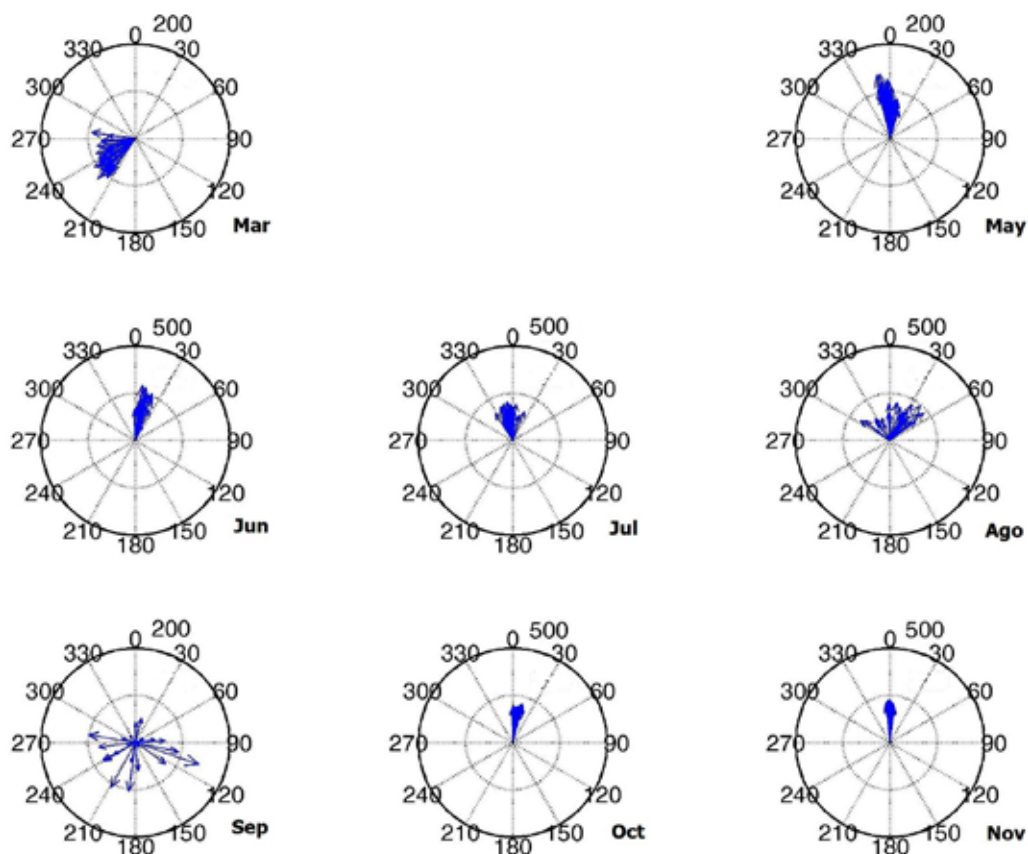


Figura 6. Rosas de corrientes superficiales frente al aeropuerto (OCC17) durante los meses de marzo-noviembre de 2015.

▼ Fondos marinos

El conocimiento de la geomorfología submarina y sustratos de fondo reviste importancia para determinar el estado de los ecosistemas marinos. La geomorfología reúne el contexto geológico y los rasgos asociados del paisaje litoral y marino, describe la estructura física del ambiente a través de múltiples escalas espaciales. Por su parte, el sustrato hace referencia al material inorgánico que se encuentra en los fondos acuáticos o marinos, que proporcionan una superficie para el crecimiento de los organismos asociados.

Durante el 2015 y a partir de una estrategia de colaboración entre los institutos de investigaciones ambientales y oceanográficas, con la contribución del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Agencia Nacional de Hidrocarburos y empresas de exploración de hidrocarburos, se aportó al conocimiento de los fondos marinos de Colombia en áreas estratégicas para la conservación y el manejo ambiental.

Una de las áreas de mayor relevancia para el conocimiento de la biodiversidad marina es el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, con profundidades entre 34 y 1243 m en el Caribe colombiano, cerca de 40 km al occidente de la costa del departamento de Sucre. A partir de la información batimétrica multihaz del levantamiento efectuado por la Dirección General Marítima (DIMAR), se obtuvo el modelo de elevación digital (Figura 7a) con resolución de 10 m por pixel. El área levantada abarca 149192.15 ha que incluyen la plataforma y el talud continental, donde se identificaron unidades geomorfológicas elevadas y cañones que proveen indicios de sustratos rocosos y aportes de sedimentos que favorecen la diversidad de hábitats en el mismo. Con base en el modelo de elevación digital se identificaron dieciocho unidades de origen geológico asociadas a procesos de levantamiento, erosión, sedimentación y movimientos en masa. En cuanto a lineamientos geomorfológicos se identificaron las rutas de canales distributarios submarinos, coronas de deslizamiento, y los ejes de elevaciones asociados a levantamientos submarinos del cinturón plegado del Sinú (Cedeño-Posso *et al.*, 2015).

Se complementó el conocimiento de los fondos con la toma de doce (12) núcleos de sedimentos en las áreas de plataforma, talud y elevaciones submarinas, de carácter lodoso con arenas y gravas, con partículas litogénicas y biogénicas en diferente proporción. Tales sedimentos son característicos de ambientes de baja energía con bajo aporte continental y se encuentran en áreas de depósito entre fragmentos rocosos o en planos de sedimentación de cuencas submarinas.

De manera adicional, y teniendo en cuenta la importancia de los ecosistemas de pastos marinos, se obtuvo la información batimétrica en áreas de interés para determinar las características abióticas de zonas con praderas de fanerógamas marinas. Se adquirieron registros de profundidad en tres áreas del departamento de La Guajira y en dos áreas del departamento del Chocó, generando así modelos digitales de profundidad que sirven como base para detectar los rasgos dominantes sobre los que se forman tales ecosistemas estratégicos (Morales *et al.*, 2016).

Dentro de los estudios de dinámica litoral y con el fin de generar los modelos hidrodinámicos (Carvajalino-Fernández, 2015) de algunos sectores, se obtuvo la batimetría monohaz de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la plataforma somera frente a los municipios de Ciénaga y Pueblo Viejo (Magdalena) hasta la profundidad de 10 m (COLCIENCIAS e INVEMAR, 2015). El modelo digital de profundidad generado (Figura 7b) presentó similitudes con el del CIOH *et al.* (2001) y Posada *et al.* (2009), identificando las zo-

nas más someras hacia el nororiente y suroccidente de la Ciénaga, con profundidades no mayores a 1.4 m y en promedio aproximadamente 1 m. En contraste las zonas de mayor profundidad se localizan al noroccidente y suroriente de la Ciénaga en donde se identifican profundidades de hasta 2.2 m. En la zona sur se identifican algunas profundidades de aproximadamente 1 m probablemente relacionadas con los bajos o bancos, producto de la acumulación de conchas de ostras. La plataforma continental en inmediaciones de la boca de la Barra muestra el desarrollo de un lóbulo deltaico y la formación de barras sumergidas con características de flecha litoral en dirección de la deriva en el sector. Esta forma refleja la incidencia que tiene el intercambio de agua a través de la boca de la Barra como barrera hidráulica para el transporte de sedimentos en sentido oriente - occidente en los fondos someros de la plataforma continental. Con el muestreo de 28 núcleos se complementó la caracterización sedimentológica de los fondos de la Ciénaga, identificando niveles de lodos, arenas, turba y la influencia biogénica (conchas) (INVEMAR, 2015d).

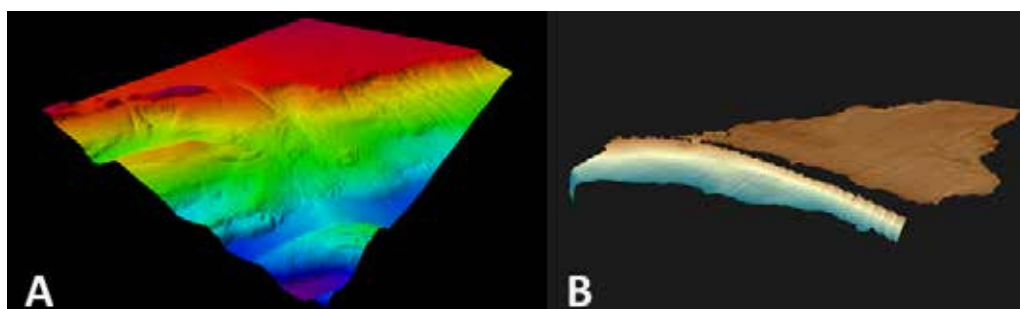


Figura 7. Modelos digitales de profundidad obtenidos para el análisis de fondos marinos, a) Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, b) Ciénaga Grande de Santa Marta (INVEMAR-GEO, 2015e) (pendiente ajuste de esta figura en el mismo tamaño).

Otras contribuciones a la revisión de la interpretación morfológica y sedimentológica de los fondos se han realizado a partir de la caracterización ambiental en bloques de interés para exploración de hidrocarburos, donde se ha utilizado información secundaria y aquella que provee el sector privado. Además la realización de cruceros de investigación ha permitido la colecta de 62 muestras de sedimentos superficiales que se han evaluado en sus características granulométricas y composicionales, permitiendo ahondar en el conocimiento del estado de los fondos marinos previo a las intervenciones antrópicas. De igual manera en INVEMAR se adelantó el análisis de sedimentos para conocer el impacto del carbón en los fondos frente a los municipios de Ciénaga y Santa Marta, con trece (13) puntos de muestreo, se determinó el contenido de dicho mineral de manera puntual, con valores menores al 1.5% de manera general y concentraciones puntuales en las zonas de antiguos derrames del mineral que superan el 10% en tamaños finos (INVEMAR, 2015b).

▼ Evolución litoral

Los cambios de la línea de costa son vistos como un proceso geomorfológico que puede enmarcarse dentro del corto, mediano y largo plazo, en donde la magnitud, duración y velocidad de dichos cambios, dependerá en buena forma de la geomorfología predominante en un tramo de costa determinado. Así, condiciones progradacionales durante varios años en un tramo costero permitirán el desarrollo de com-

plejos de crestas y artesas de playas, campos de dunas o en escala regional llanuras costeras. Por el contrario, en costas erosivas o transgresivas, se presentarían: escarpes, acantilados, dunas escindidas y secuencias de sedimentos de grano creciente (COLCIENCIAS e INVEMAR, 2012).

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

Durante el año 2015 se determinó la evolución de línea de costa para algunos sectores de los litorales Caribe y del Pacífico, por medio del levantamiento de perfiles de playa e interpretación y análisis de imágenes satelitales. Estos estudios se adelantaron en los departamentos de Magdalena, Córdoba, Valle del Cauca y Nariño.

Para el departamento del Magdalena, se estudió la evolución del litoral a mediano plazo sobre sectores puntuales comprendidos entre la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y Buritaca. Según los resultados obtenidos durante el monitoreo realizado en los meses de marzo, mayo, julio y noviembre de 2015; las zonas que presentan mayor variación morfológica producto de procesos erosivos corresponden a: **1)** el costado oeste de la boca de la Barra en la CGSM en donde se registró un retroceso de 17 m en el frente de playa, ya que el sector se encuentra condicionado por la fuerte incidencia del oleaje sobre la costa, la retención de sedimentos causada por las obras de protección costera y actividades de extracción de arenas sobre las playas; **2)** el sector de Costa Verde donde se evidencian cambios morfológicos y un retroceso en frente de playa de 7 m, debido principalmente a que después del mes de julio disminuyen los aportes sedimentarios provenientes del río Córdoba; **3)** el sector de la boca del río Buritaca, en el cual se observó para el mes de marzo una amplitud de playa trasera de 60 m y una pendiente de 11° en el frente de playa; en el mes de mayo hubo evidencias de procesos a corto plazo como la formación de un canal de 10 m de ancho, escarpes de hasta 1 m de altura y barras arenosas en la zona inframareal asociados a procesos de transporte y depositación de sedimentos; y entre mayo y julio procesos de mediano plazo como retrocesos de 32 m en el frente de playa; **4)** el costado oeste de la boca del río Guachaca, con un grado de erosión avanzado, el cual pese a presentar un crecimiento en el mes de mayo en su frente de playa de hasta 40 m; evidenció un retroceso de 12 m en noviembre y transporte del sedimento de la playa trasera, indicando una fuerte influencia del oleaje sobre el sector; **5)** el último caso crítico corresponde al observado en el sector de Playa Salguero, el cual presenta un retroceso acelerado en su línea de costa, ya que al realizar la comparación con los datos presentados en INVEMAR (2014a), para el mes de marzo de 2014 la amplitud de playa trasera era de 32 m y 12° de pendiente en el frente de playa; y durante el monitoreo de 2015 se evidenció un retroceso superior a los 22 m con la casi pérdida total de la playa trasera (Figura 8); entre los principales factores que originan la problemática se destacan el déficit en los aportes de sedimentos del río Gaira y la sedimentación de la desembocadura del mismo durante la mayor parte del año, sumado a la construcción de diques y rellenos con material sobre el cauce del río (INVEMAR y CORPAMAG, 2015).



Figura 8. Procesos erosivos presentes en playa Salguero (INVEMAR y CORPAMAG, 2015).

Uno de los sectores en donde se presentan procesos erosivos leves es Playa Los Cocos, en donde se registró un valor máximo de retroceso de 2 m durante los meses de marzo y julio, con una leve recuperación del perfil a través de aportes de depósitos de sedimentos inframareales en el mes de noviembre. Los sectores de Pozos Colorados, Playa Rodadero, Bahía calle 22, Bahía calle 10 y Taganga se consideran estables ya que durante el seguimiento no evidenciaron procesos de erosión y sedimentación (INVEMAR y CORPAMAG, 2015).

En el departamento de Córdoba se realizó monitoreo de línea de costa a largo plazo para las zonas del Delta de Tinajones y la Espiga de Mestizos, en donde se involucraron datos de 1986 a 2015. La zona del delta de Tinajones presentó entre los años 1986 y 2000 un avance significativo hacia el mar, asociado a procesos de acreción ocasionados por el aporte de sedimentos del río Sinú, principalmente hacia su costado occidental en donde alcanzó tasas de acreción de 105 m/año (Figura 9a). En el periodo comprendido entre los años 2000 a 2015 hay una interrupción de la evolución de la línea de costa deltaica, posiblemente debida a la puesta en funcionamiento de la hidroeléctrica URRÁ I, ocasionando el aumento de los procesos erosivos hacia su frente y sectores vecinos como lo son la Espiga de Mestizos y la Balsa, la tendencia erosiva se ha visto acelerada en los últimos años, alcanzando tasas de hasta 34 m/año (Figura 9b) (INVEMAR, 2015a).

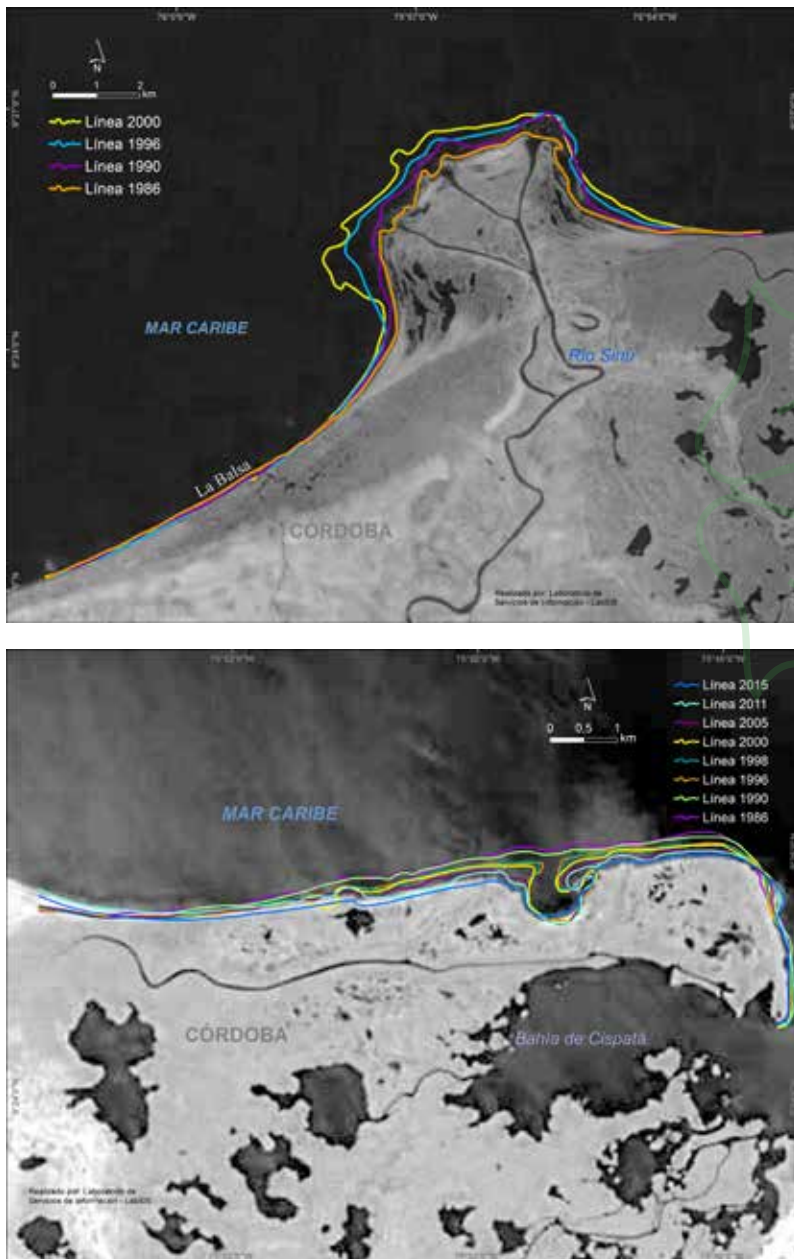


Figura 9. Cambio en la línea de costa a) en el Delta de Tinajones y sectores aledaños para el periodo entre 2000 - 2015 y en b) la Espiga de Mestizos para el periodo 1986 - 2015 (INVERMAR, 2015c).

En el litoral Pacífico se estudió la evolución de la línea de costa para los departamentos del Valle del Cauca y Nariño. Para este primero, sobre el sector de Punta Soldado en la zona norte donde se localiza la Base militar de la Armada, se observó la variación del litoral en el intervalo de tiempo entre 1971 y 2015, con una tasa de erosión de -2.1 m/año y un retroceso de 85 m entre 1971 a 2011; desde 2011 hasta el monitoreo llevado a cabo durante julio de 2015, el retroceso registrado fue de 47 m, valor que indica que la tasa de erosión aumentó a -19.25 m/año, la Base militar se localiza a 100 m de la línea de costa tomada en junio de 2015 (Figura 10), poniendo en riesgo su infraestructura. De igual forma el sector sur de Punta Soldado (círculo resaltado en la Figura 10) muestra un proceso de erosión constante, observado a partir de la comparación de la imagen satelital EROS-B de enero de 2013 y los datos tomados en campo durante el monitoreo de 2015 (marzo y junio), evidenciando que la línea de costa está ubicada a 37 m de los canales internos del estero, sobre un manglar que está actuando como mitigante natural, y a 159 m del cauce del estero principal, como se puede observar en la Figura 10, evidenciando una posible ruptura de la isla (INVEMAR, 2015d).

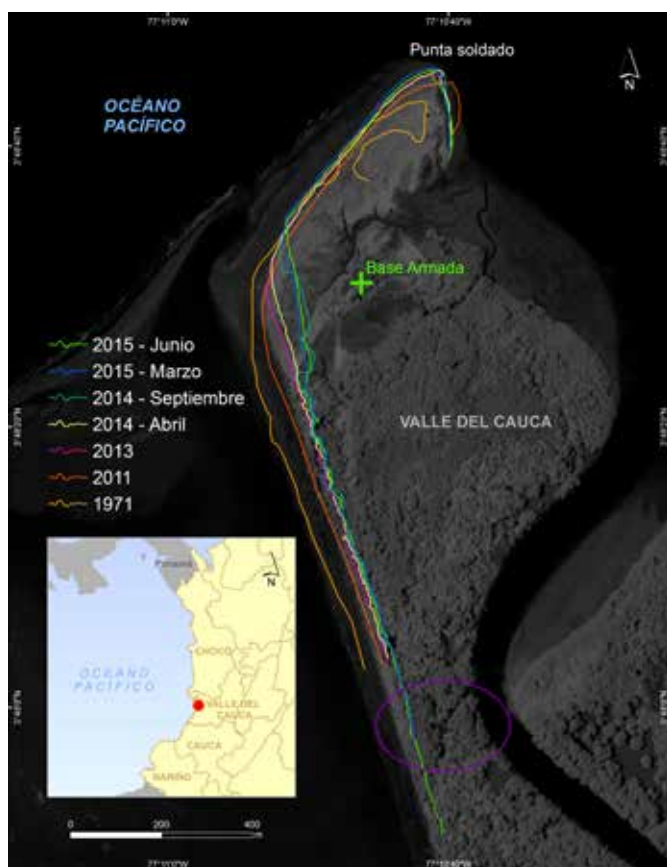


Figura 10. Cambio en la línea de costa para Punta Soldado (INVEMAR, 2015b).

Continuando en la zona del Pacífico se procedió a estudiar la dinámica litoral sobre la sub región Sanquianga, al norte del departamento de Nariño, como parte de un proyecto de dos fases en donde se ha ejecutado la fase I. Esta fase consistió en el estudio de vulnerabilidad y está en proceso la segunda, en la que se realizará el análisis de la evolución del litoral. Durante el desarrollo de la primera fase se identificaron sectores con pérdida de terreno sobre el litoral asociados a socavación por parte de los afluentes o a la migración de barras arenosas hacia los pantanos de manglar, debido a esto se hace necesario efectuar el análisis de línea de costa para los sectores identificados como prioritarios, así como el monitoreo del frente costero en las poblaciones con mayor impacto (INVEMAR, 2015c).

▼ Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera

Avances en el conocimiento sobre amenazas alcanzados, mediante estudios en sobre el litoral del Pacífico, a partir de la metodología para el análisis de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera adaptada de INVEMAR (2014c) y Coca-Domínguez (2015). Para calificar la amenaza por erosión costera fue necesario evaluar su peligrosidad, la cual se mide como la probabilidad de que ocurra un fenómeno de una determinada intensidad en una zona concreta, por tanto, la peligrosidad depende de tres factores intrínsecos al propio fenómeno: su magnitud, su frecuencia de ocurrencia (Alcántara-Carrió, 2008) y la susceptibilidad del terreno (Martínez *et al.*, 2005). La evaluación de la amenaza se realizó por medio de un análisis multicriterio a través de la ponderación y el cruce de variables físicas (oceanográficas, geológicas y geomorfológicas), las cuales determinaron la tendencia o probabilidad de que en la línea de costa se evidencie la erosión costera (INVEMAR, 2014c).

En la evaluación de la vulnerabilidad se tuvieron en cuenta tres componentes: el primero fueron los elementos expuestos; el segundo fue la fragilidad de los distintos sistemas o dimensiones (física, social, económica, ecológica, institucional y cultural); y el tercero fue la resiliencia (INVEMAR, 2014c). La vulnerabilidad se evaluó a nivel de la comunidad o poblado, siendo esta la unidad de análisis de la información.

En el Pacífico colombiano se realizó el análisis en la región del Parque Nacional Natural PNN Sanquianga, departamento de Nariño, donde el 18% se encuentra en amenaza alta y muy alta y el resto en amenaza media. La vulnerabilidad total a la erosión del litoral (fluvial o marino) en los poblados de la subregión y PNN Sanquianga se encontró en clasificación alta en el 68% (26 de los 38), los doce (12) restantes presentaron una vulnerabilidad media, lo que implica que es una zona donde la población y otros sistemas no se encuentran preparados para afrontar el fenómeno, y donde las pérdidas serían considerables. En la zona cercana a la cabecera municipal de Mosquera se localiza el mayor número de poblados en clasificación media (INVEMAR, 2015c).

Para la costa del Caribe, estos análisis se realizaron en los departamentos de Atlántico, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó. El departamento de Atlántico cuenta con una longitud total de línea de costa de 71 km (Posada y Henao, 2008), de los cuales el 23% se encuentra en amenaza alta, 29% en media, 35% en baja y 14% en amenaza muy baja. Por su parte, la línea de costa del departamento presenta un 70% de vulnerabilidad alta, lo que indica que la mayoría de los sistemas que se localizan sobre ésta son muy frágiles ante la erosión costera; de los poblados evaluados, 4 de 6 se encuentran en vulnerabilidad alta, los otros dos en baja.

En el departamento de Córdoba el 26% de la línea de costa se encuentra en amenaza alta, 44% en media y 30% en baja. Adicionalmente, se evaluaron 14 poblaciones costeras, de las cuales 11 se encontraron en vulnerabilidad media, lo que corresponde al 78%, solo 1 poblado arrojó vulnerabilidad alta y 2 baja.

El departamento de Sucre cuenta con una longitud total de línea de costa de 112 km (Posada y Henao, 2008), de los cuales el 36% se encuentra en amenaza alta, 16% en media y 49% en baja; la distribución de la vulnerabilidad por erosión costera en la línea de costa fue del 37% en vulnerabilidad alta y el 33% en media, lo que indica que el 70% de la zona es más vulnerable al fenómeno.

El departamento de Antioquia cuenta con una longitud total de línea de costa de 489 km (Posada y Henao, 2008), de los cuales el 22% se encuentra en amenaza alta (al norte), 2% en media y 76% en baja, siendo este departamento el que presenta la línea de costa más protegida de la región (Urabá). La distribución de la vulnerabilidad por erosión costera al contrario de la amenaza, presentó el 82% en vulnerabilidad alta, este contraste es debido a tener zonas de abandono estatal (servicios y conservación de ecosistemas).

Finalmente, el departamento de Chocó hacia el Caribe, cuenta con una longitud total de línea de costa de 67 Km (Posada y Henao, 2008), de los cuales el 20% se encuentra en amenaza alta, 50% en media y 30% en baja. Con respecto a la vulnerabilidad se observó que el 33% se encuentra en alta, 67% en media. Además, se evaluaron 7 poblados, de los cuales 3 obtuvieron vulnerabilidad alta (sur del departamento) y 4 media (norte).

De la línea de costa estudiada en 2015, el 24% encuentra en amenaza alta y el 15% en amenaza media, lo que suma un 39%, es decir que de 997 km de línea de costa 389 km tienen más del 50% de probabilidad de que se vea afectada por la erosión costera. Por su parte la línea de costa evaluada mostró una vulnerabilidad alta en un 68% y un 26% en clasificación media, así pues, el 98% de 769 km están en vulnerabilidad media - alta, lo que deja muy mal a estas zonas en términos de respuesta y prevención ante este fenómeno. De 76 poblados estudiados en 2015, 35 se encuentran en vulnerabilidad alta, 37 en media y solo 4 en baja, lo que quiere decir que el 94% de los poblados se encuentran en vulnerabilidad media y alta, la gestión del riesgo ante la erosión costera es muy baja y se tienen poblaciones no resilientes ante esta amenaza.

INDICADOR DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD POR EROSIÓN COSTERA

Definición e importancia del indicador

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

El indicador presenta la extensión en kilómetros de línea de costa con amenaza y vulnerabilidad por erosión costera alta y media con respecto al total de la línea de costa de cada departamento evaluado hasta 2015. Se utilizan las categorías media y alta porque corresponden al 50% y 90% de probabilidad de ocurrencia en lo que corresponde a amenaza y afectación en la vulnerabilidad.

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

Los resultados que aquí se presentan corresponden a estudios publicados entre 2012 y 2015.

Reporte o cálculo del indicador

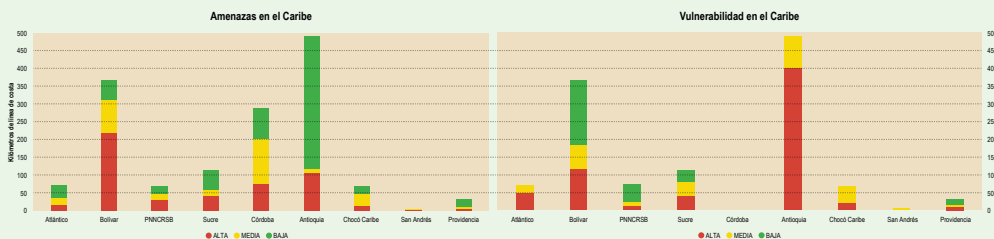


Figura 11. Kilómetros de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad alta, media y baja en el Caribe colombiano.

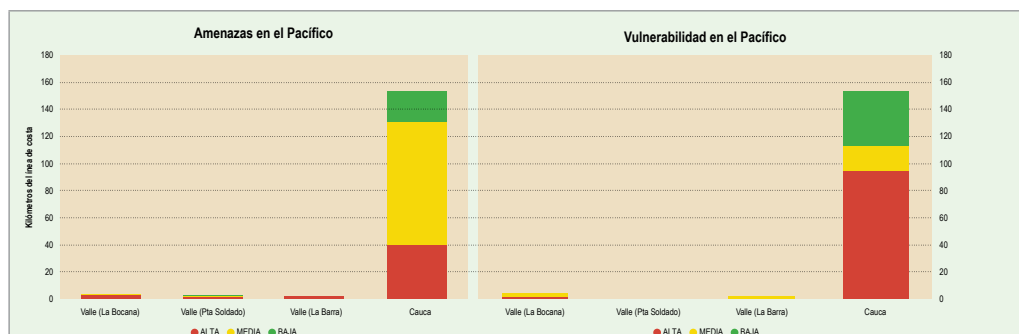


Figura 12. Kilómetros de línea de costa en amenaza y vulnerabilidad alta, media y baja en el Pacífico colombiano.

Interpretación de los resultados

De la línea de costa estudiada en el Caribe, el 34% se encuentra en amenaza alta y el 54% en vulnerabilidad alta (Figura 13). Por su parte, sobre el litoral del Pacífico colombiano el 29% se encuentra amenaza alta y el 60% en vulnerabilidad alta (Figura 13). El departamento de Bolívar presenta la mayor extensión (kilómetros) de línea de costa en amenaza alta y el departamento de Antioquia la mayor porción de línea de costa (kilómetros) con vulnerabilidad alta.

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

Litoral	Línea de costa (Km)	Amenaza Alta (Km)	Porcentaje	Vulnerabilidad Alta (Km)	Porcentaje
Caribe	1185	512	34%	656	54%
Pacífico	320	46	29%	96	60%

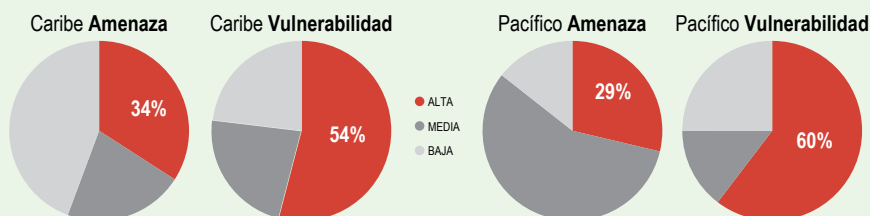


Figura 13. Proporción de línea de costa bajo amenaza y vulnerabilidad (en rojo los porcentajes totales de amenaza y vulnerabilidad alta) para el Caribe y el Pacífico.

Limitaciones del indicador

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

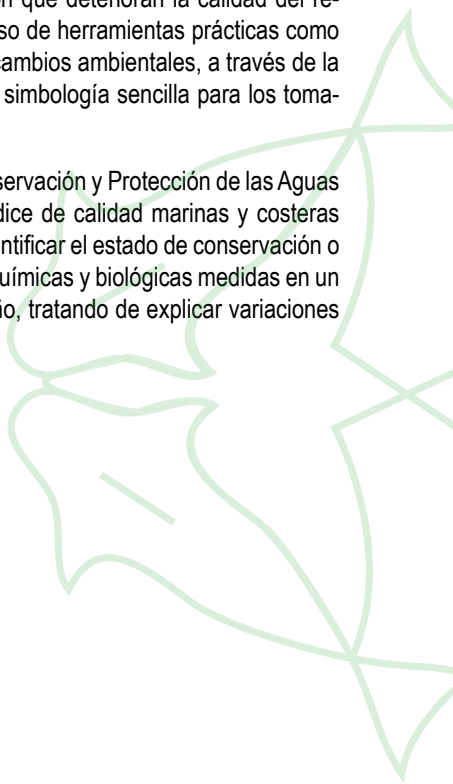
Recomendaciones y alternativas de manejo

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

▼ Estado de la calidad de las aguas marino-costeras del caribe y pacífico colombianos

En Colombia, las aguas marino-costeras están sometidas a diversos tensores ambientales naturales y antrópicos asociados a fuentes terrestres y marinas de contaminación que deterioran la calidad del recurso hídrico y ponen en riesgo los ecosistemas; es por esto que el uso de herramientas prácticas como los índices de calidad del agua – ICA facilitan la interpretación de los cambios ambientales, a través de la integración de información fisicoquímica y biológica, representada en simbología sencilla para los tomadores de decisión.

El programa nacional de monitoreo de la Red de vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - REDCAM ha implementado el índice de calidad marinas y costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}), con el propósito de cuantificar el estado de conservación o deterioro de este tipo de aguas, de acuerdo a las características fisicoquímicas y biológicas medidas en un lugar y momento específico, particularmente en dos muestreos por año, tratando de explicar variaciones entre épocas climáticas, asociado a las precipitaciones.



INDICADOR DE CALIDAD AGUAS

Definición e importancia del indicador

El índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM) 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 cinco categorías de calidad definidas entre 0 y 100 (Tabla 5).

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

Escala de calidad	Color	Categorías	Descripción
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

Para mayor información consultar la hoja metodológica en: <http://indicadores.invemar.org.co/icam>

El ICAM permite resumir la información de ocho variables (oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, y coliformes termotolerantes) integradas, en una ecuación de promedio geométrico ponderado. Estas variables representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua en función de los valores de referencias o criterios de calidad nacionales o internacionales para la preservación de la flora y fauna (Vivas-Aguas *et al.*, 2014).

$$ICAM = \left(\prod_{i=1}^n X_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

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

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

X_i = subíndice de calidad de la variable i

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

Fuente de los datos e información

Programa Nacional de Monitoreo de la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. INVEMAR/REDCAM-SIAM. <http://cinto.invemar.org.co/siam/redcam/index.jsp>. La información reportada para la evolución histórica entre 2001 y 2014 incluye índices calculados con un margen de confianza entre el 100% y 67% utilizando en algunas estaciones sólo cinco variables, con el propósito de aumentar la cobertura y representatividad del análisis nacional.

Periodo reportado

Se presentan los resultados del monitoreo de la REDCAM entre 2001 y 2014 con un análisis evolutivo de la tendencia interanual. Y para el año 2014 de forma detallada, entre épocas climáticas y departamentos.

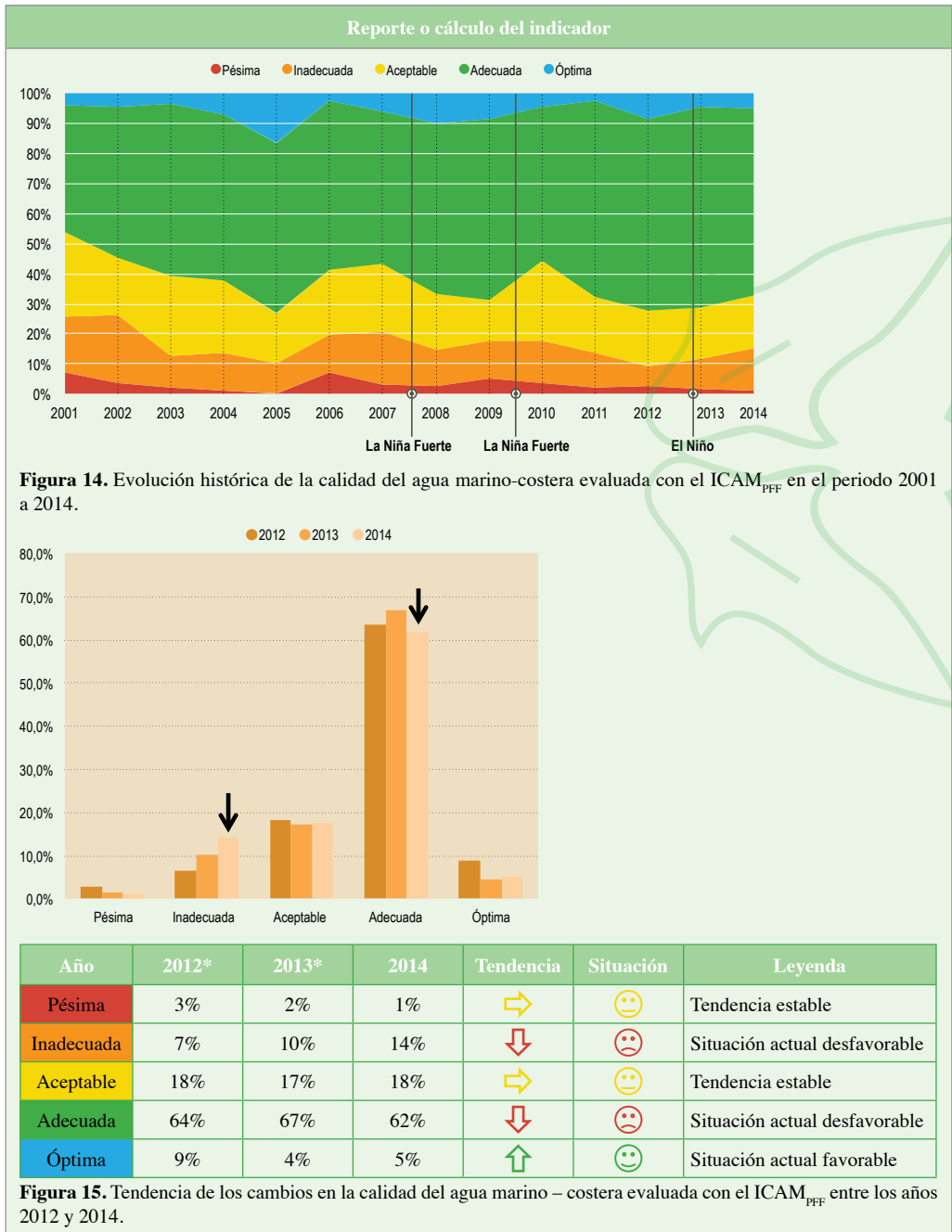


Tabla 6. Distribución porcentual (%) de las condiciones de calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el ICAM_{PEF} en los 12 departamentos de costeros de Colombia año 2014.

Departamento	Pésima	Inadecuada	Aceptable	Adecuada	Óptima
San Andrés y Providencia		29	41	29	2
La Guajira	6	22	17	56	
Magdalena		5	8	85	3
Atlántico		19	44	38	
Bolívar		11	11	70	9
Sucre		8	4	72	16
Córdoba		10	5	85	
Antioquia	18	27		45	9
Chocó		13	22	65	
Valle del Cauca		30	70		
Cauca			8	75	17
Nariño		13	25	63	

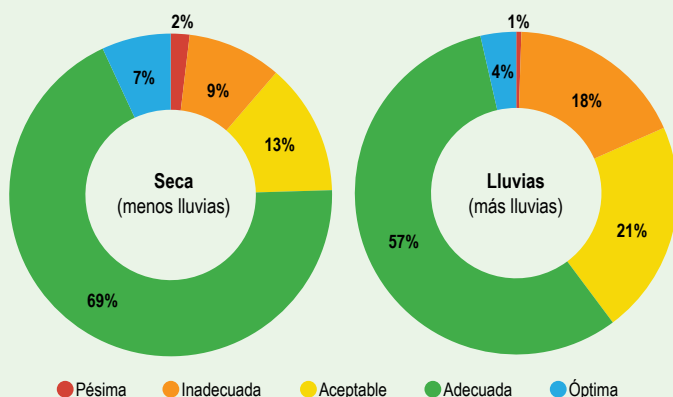
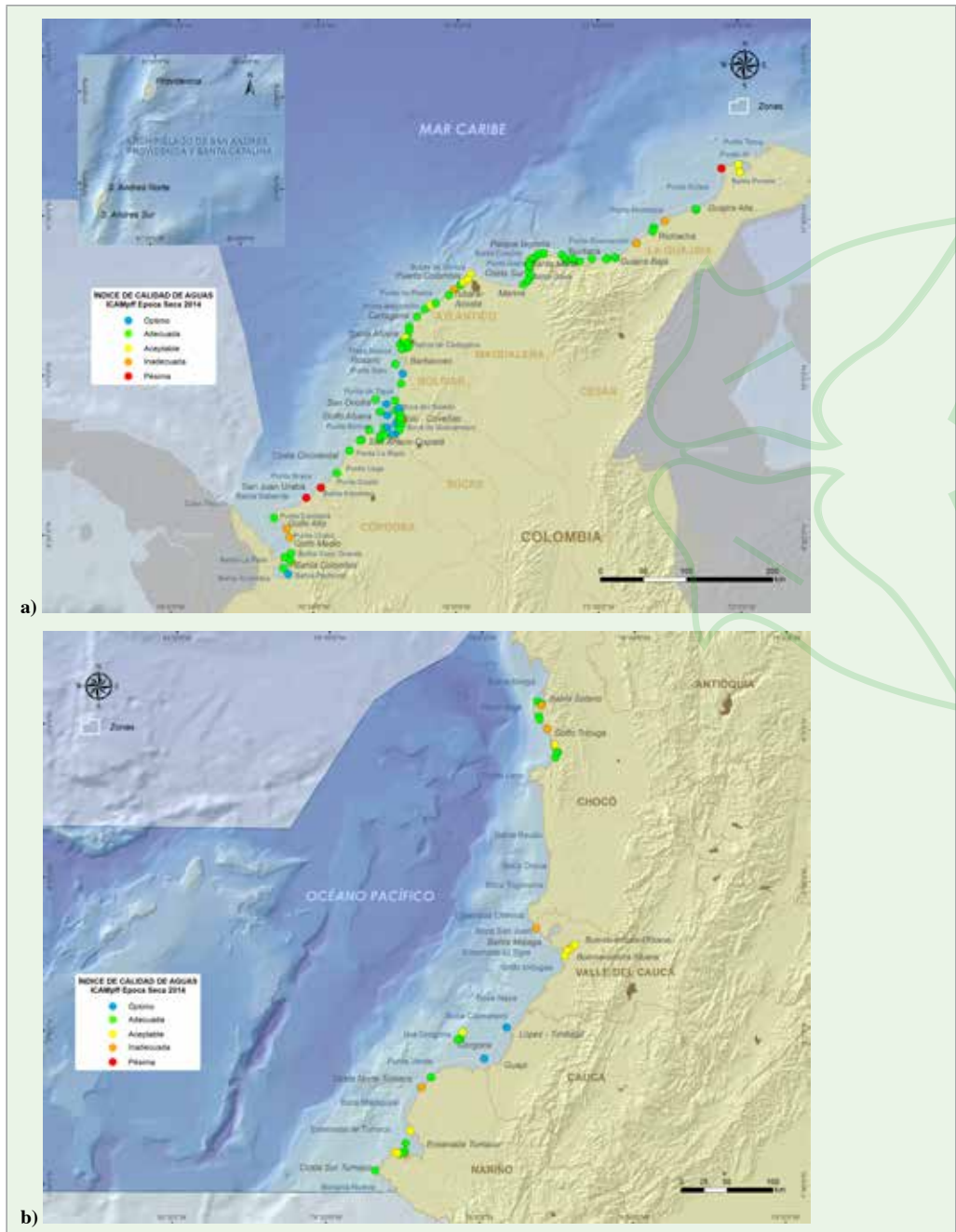
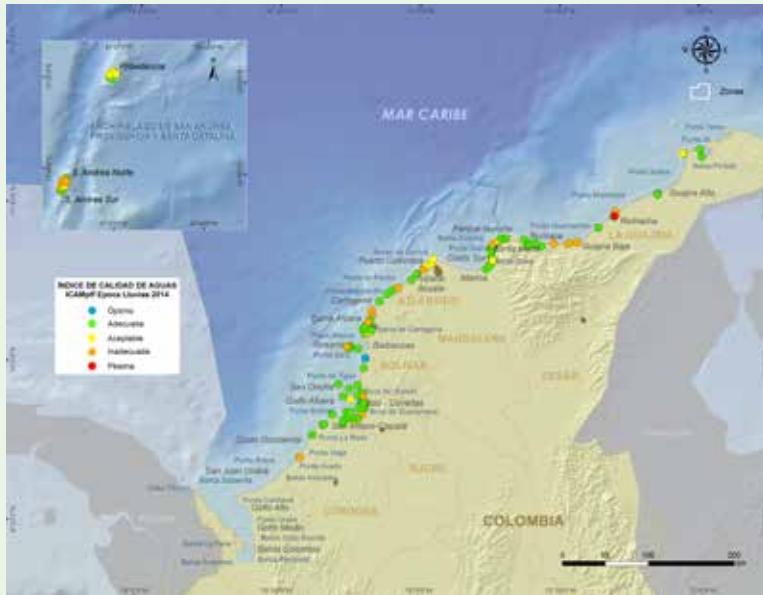
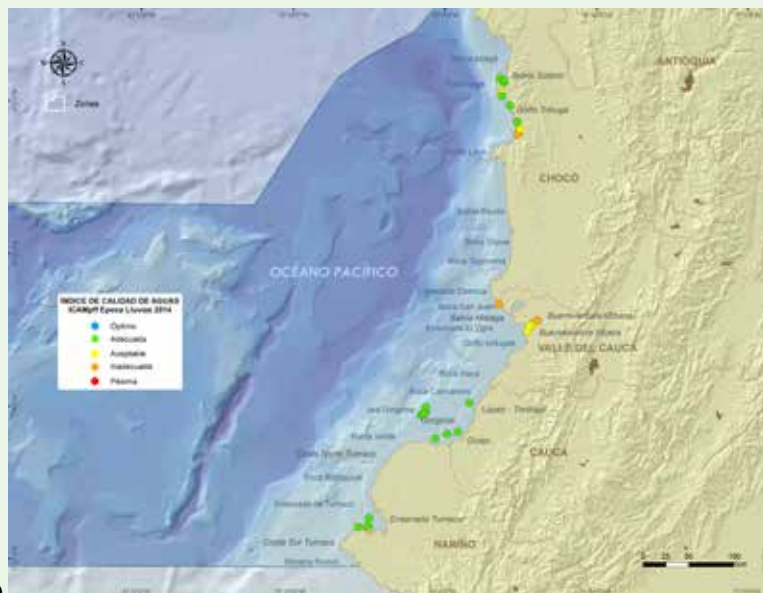


Figura 16. Resumen nacional de la distribución porcentual (%) de la calidad del agua marino-costeras en Colombia de acuerdo al ICAM_{PEF} para la época seca (menos lluvias) y de lluvias de 2014.





c)



d)

Figura 17. Estado del agua marino-costera evaluada con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}) en las zonas costeras de los departamentos del Caribe y Pacífico colombianos durante la época seca (a y b) y lluviosa (c y d) de 2014.

Interpretación de los resultados

La calidad del agua marino – costera en Colombia evaluada con el ICAM_{PF} mostró fluctuaciones interanuales marcadas en el período 2001 a 2014 (Figura 14). Entre los años 2001 y 2005 se observó una mejoría de la calidad del agua, alcanzando en el 2005 un 16% de las estaciones con óptima calidad. A partir de 2006 se observó una disminución de sitios con adecuada y óptima calidad, al aumentar hasta el 7% la categoría pésima; este cambio se vio relacionado con el inicio del fenómeno de El Niño débil (agosto de 2006, (Caicedo, 2007)).

Entre los años 2007 y 2011, fue notoria la fluctuación en las categorías de calidad del agua, debido a las variaciones climáticas que han reflejado una influencia directa sobre las condiciones del recurso hídrico (Figura 14), como en el caso de las lluvias excesivas que se presentaron en el centro de la región Pacífico y norte de la región Caribe, debido a los eventos La Niña de intensidad fuerte que se presentaron entre 2007 - 2008 y 2010 - 2011 (IDEAM, 2014g). Estas condiciones de altas precipitaciones favorecen el incremento de las escorrentías que arrastran con mayor intensidad nutrientes, microorganismos, sólidos en suspensión y otras sustancias contaminantes que llegan a la zona costera, bajan la disponibilidad de oxígeno y aumentan la degradación de materia orgánica deteriorando la calidad del recurso hídrico y de los ecosistemas costeros (Vivas-Aguas *et al.*, 2015), en contraste, los periodos de sequía asociados a los eventos El Niño que se presentaron en 2009 y 2010 (intensidad leve) y que a partir de 2012 han venido intensificando de manera progresiva el déficit de precipitaciones en todo el país. En el análisis comparativo de los últimos tres años, se observó un leve incremento en la proporción de estaciones en óptimas condiciones (Figura 15), sin embargo, ha sido evidente el aumento gradual del porcentaje de casos que presentan de manera recurrente un deterioro en la calidad del agua.

El análisis detallado para el año 2014 mostró variaciones espaciales y temporales del índice que osciló entre 11.8% y 96.6% representando las cinco categorías de calidad (Tabla 6), donde el 5% de las estaciones estuvieron en condiciones óptimas, el 62% fueron adecuadas, el 18% aceptable y el 15% entre inadecuadas y pésimas (Figura 16). Las mejores condiciones de calidad del agua se presentaron en la época seca (menos lluvias) con el 75% (óptima y adecuada), comparada con la época de lluvias (más lluvias), que sólo alcanzó el 60% entre las categorías óptima y adecuada (Figura 16).

En la costa Caribe se presentaron todas las categorías del índice (pésima y óptima) en las dos épocas climáticas. El mayor porcentaje de estaciones con calidad pésima se presentó en la época seca, en los departamentos de La Guajira (28%) y Antioquia (45%), particularmente en las zonas de Riohacha (playa Riohacha y Cabo de la Vela) y San Juan de Urabá (playas Arboletes y Uveros) (Figura 17a y Figura 17c); adicionalmente, en los últimos tres años se han visto afectadas de manera recurrente las zonas de Santa Marta (Emisario y muelle de cabotaje), Bahía de Cartagena (playa Manzanillo y Punta Canoas) y Tolu – Coveñas (Coquerita).

A diferencia del Caribe, en el Pacífico la calidad del agua en las estaciones fluctuó entre inadecuada (29.9%) y óptima (96.11%) (Figura 17b y Figura 17d), sólo se presentaron óptimas condiciones en la época seca (Figura 17b). Las condiciones oceanográficas del Pacífico con el efecto de la marea favorecen los procesos de dilución de contaminantes, por lo cual el impacto de las aguas residuales algunas veces no se ve reflejado en el monitoreo puntual y superficial, sin embargo, en otros estudios donde se han colectado datos en diferentes momentos de marea (Vivas-Aguas, 2014 a y b, Vivas-Aguas, 2015), son evidentes los cambios intermareales y la disminución de la calidad en la más baja marea y en reflujo llegando a pésimas condiciones. No obstante, se observó un mayor deterioro en los departamentos del Valle del Cauca (30%), Chocó (13%) y Nariño (13%; Tabla 6), recurrentes en las zonas de Bahía Solano, Golfo Tribugá (Ensenada de Utría y frente a Nuquí), bahía de Buenaventura (Isla Cascajal y frente a río Dagua) y la Ensenada de Tumaco (Sociedad Portuaria).

El índice mostró que el deterioro de la calidad del agua se ve influenciado principalmente, por las altas concentraciones de microorganismos de origen fecal (coliformes termotolerantes), sólidos en suspensión, nutrientes (nitratos) y la disminución de la disponibilidad de oxígeno, producto de las actividades antropogénicas y vertimientos de aguas residuales, debido a que la mayoría de los municipios costeros no cuentan con un adecuado sistema de tratamiento, lo cual afecta de manera recurrente el recurso hídrico.

Limitaciones del indicador

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

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

Como alternativas de manejo del estado de contaminación identificado por el ICAM_{PF}, se propone adoptar medidas de seguimiento e investigación descritas en la Tabla 7, para identificar la causa y la fuente o fuentes del deterioro del agua, de manera que sirva para diseñar las medidas de reducción o mitigación del impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado.

Tabla 7. Opciones de medidas que se pueden adoptar según la valoración del indicador (ICAM). Modificado de Marín *et al.*, 2001.

Escala de calidad	Categorías	Opciones de medidas a adoptar
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

BIODIVERSIDAD MARINA

Para el Convenio de Diversidad Biológica (Ley 165 de 1994) es claro el valor intrínseco de la diversidad biológica, así como de los valores ecológicos, genéticos, sociales, educativos, económicos, científicos, culturales al igual que de la falta de información y conocimiento de la diversidad biológica (IAVH, 2014), por lo que, por parte del Estado, se hace preponderante desarrollar tecnologías y capacidades científicas que permitan conocerla y protegerla. Dentro del proceso de toma de conciencia por parte del estado y los ciudadanos se han ido generando normas que propenden por la protección y conservación de ecosistemas marinos hasta hace poco desprotegidos. La más reciente, la Ley 1450 de 2011 o Plan Nacional de Desarrollo, en su artículo 207 protege las praderas de pastos marinos, los arrecifes de coral y los manglares.

Dentro del fortalecimiento del subsistema de áreas marinas protegidas (SAMP), se han venido coleccionando datos de monitoreo en los ecosistemas de pastos marinos y corales, con el fin de poblar las bases de datos de los correspondientes índices de condición-tendencia ICTpm e ICTac, a través de protocolos sencillos que no requieren como condición importante, ser aplicados por personal experto. A través de estos datos se busca aumentar el conocimiento sobre la diversidad biológica asociada a los ecosistemas estratégicos marino costeros tanto del Caribe como del Pacífico colombianos, específicamente aquellos ubicados al interior de Áreas Marinas Protegidas (AMPs), como parte de las políticas nacionales de conservación y protección de los recursos naturales y la diversidad biológica del país, no obstante, estos indicadores están diseñados para evaluar igualmente áreas de estos ecosistemas fuera de las AMP.

▼ Ecosistemas y habitats

Arrecifes coralinos

Los arrecifes de coral son estructuras tridimensionales marinas, que transforman drásticamente el fondo marino, formadas principalmente por especies, cuyos diminutos pólipos coralinos secretan su propio esqueleto de carbonato de calcio (Cairns, 1999; Von Prael y Erhardt, 1985). Los corales duros o escleractíneos - phylum Cnidaria- (Von Prael y Erhardt, 1985; Díaz *et al.*, 2000; Reyes *et al.*, 2010) son organismos que forman estructuras arrecifales usualmente en los mares tropicales alrededor de islas, bajos y zonas costeras en aguas someras, hasta incluso profundidades de 6000 m en los que la luz está ausente (Murray Roberts *et al.*, 2009). Son complejas estructuras biogénicas que pueden crecer en diferentes formas y disponerse en unos pocos metros de dimensión hasta cientos de kilómetros de extensión, creando exuberantes geomorfologías submarinas como atolones, bancos coralinos, parches y tapetes hasta inclusive crear complejos arrecifales con cientos de años de vida (Veron, 2000). Debido a que a su alrededor se pueden encontrar biotopos y hábitats asociados como pastos marinos, fondos sedimentarios y manglares, los arrecifes de coral son altamente dinámicos y constituyen uno de los ecosistemas más biodiversos y bellos del planeta, por lo que podrían ser llamados “selvas del mar”, espacios de vida que proporcionan hábitat esencial para cerca del 25% de las especies marinas conocidas, muchas de ellas utilizadas para el sustento de la humanidad (Spalding *et al.*, 2001). A nivel mundial los arrecifes de coral brindan servicios ecosistémicos valorados entre US\$5.5 y 9.6 billones por año, abasteciendo de comida, protección de la línea costera ante la erosión, y favoreciendo alternativas de vida basadas en la pesca, turismo y biopros-

pección en medicina, entre otras (EPA, 2012). Por su belleza, importancia económica y valor ecológico, los arrecifes coralinos se constituyen como el ecosistema marino emblemático de la humanidad, por lo que su investigación, protección, conservación y monitoreo deben ser asegurados de modo que al menos pueda ser entendido aquello que está causando su deterioro (Burke *et al.*, 2011).

Localización y distribución

Las áreas coralinas del país comprenden por lo general, además de los arrecifes de coral o formaciones coralinas que le dan su nombre, una serie de biotopos y hábitats asociados, usualmente distribuidos en forma de mosaico, cuya localización pueden ser determinada según la escala espacial de análisis, a partir de la naturaleza física del sustrato (geomorfología, sedimentología, etc.) y los componentes bióticos que cubren el fondo principalmente (coral, algas, pastos marinos, esponjas, octocorales, etc.). Con base en la revisión del Mapa Nacional de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos a escala 1:100000 (Díaz *et al.*, 2000; IDEAM *et al.*, 2007) y de la revisión de la información del proyecto “Diseño e implementación de un Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) en Colombia” (INVEMAR, 2013), la extensión aproximada de las áreas coralinas de Colombia hasta aproximadamente 20 m de profundidad, se estima en 372645 ha, de las cuales el 99.995% corresponderían a las áreas coralinas del Caribe y solo un 0.005% corresponderían a las áreas coralinas del Pacífico (INVEMAR, 2013). Al interior de las áreas coralinas colombianas, los arrecifes de coral abarcan una extensión total de 290000 ha, de las cuales aproximadamente 109100 ha comprenden fondos con alta cobertura coralina donde la estructura del ecosistema es conspicua (INVEMAR, 2014).

Los arrecifes de coral en el Caribe y Pacífico colombiano han sido explorados principalmente en aguas someras hasta <30 m profundidad, en lugares donde la cobertura de coral vivo ha sido relevante durante los últimos 15 años. De esta manera, en inmediaciones del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina así como otras localidades de la Reserva de Biósfera Seaflower, se encuentran los más extensos y desarrollados arrecifes de coral del país. Estos exclusivos espacios de vida insulares se encuentran alejados del continente, en donde resaltan en sentido nororiente-suroccidente las formaciones coralinas de La Guajira (bahía Portete), Tayrona cerca de Santa Marta, los archipiélagos del Rosario y San Bernardo, isla fuerte y el área de Capurganá principalmente. Por su parte, en el Pacífico colombiano la ensenada de Utría, punta Tebada, isla Gorgona e isla Malpelo, presentan zonas con exuberantes arrecifes de coral.

INDICADOR DE CONDICIÓN-TENDENCIA PARA ARRECIFES DE CORAL - ICT_{AC}

Definición e importancia del indicador

El indicador de condición tendencia de áreas coralinas fue adaptado a partir del indicador de Integridad Ecológica de Corales IIE_C. El ICT_{AC} es un indicador de estado que permite establecer de manera inicial la condición del ecosistema y con series de datos, las tendencias de la estructura ecológica en áreas coralinas hasta 30 m de profundidad, a partir de cuatro variables: corales, algas, peces arrecifales carnívoros y herbívoros (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014). El resultado del ICT_{AC} es estimado por un promedio aritmético y es específico para el conjunto de estaciones de un área, no se recomienda extrapolarlo a nivel nacional como un solo valor. Cada una de las cuatro variables que conforman el indicador, se clasifican según escalas de referencia para el Caribe y Pacífico colombianos como: deseable, buena, regular, alerta y no deseable (Tabla 8). La importancia de este indicador radica en su fácil aplicabilidad como herramienta para el monitoreo estandarizado de arrecifes de coral, permitiendo una comunicación comprensible e inspiradora para aumentar el impacto en la conservación colectiva del ecosistema.

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

Donde:

CCV= Cobertura de coral duro escleractíneo vivo (Porcentaje)

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

BPH= Biomasa de peces herbívoros para las familias Acanthuridae, Scaridae (gr/100 m²)

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

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

Condición-Tendencia	Color	Valor ICT _{AC}
Deseable	Azul	4.21-5
Bueno	Verde	3.41-4.2
Regular	Amarillo	2.61-3.4
Alerta	Naranja	1.81-2.6
No deseable	Rojo	1-1.18

Fuente de los datos e información

Sistema de Información Marina de Colombia SIAM. Monitoreo de los ambientes marinos. ARGOS-Sistema de Soporte Multitemático para el monitoreo ambiental. Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos INVEMAR. <http://cinto.invemar.org.co/argos/login.jsp>

Período reportado

Los resultados que aquí se presentan corresponden al monitoreo realizado durante el año 2015, en cada una de las siguientes áreas del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia SAMP: Caribe insular en isla Providencia PNN-Old Providence McBean Lagoon. Caribe continental en PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y San Bernardo. Pacífico insular PNN Gorgona y en el margen continental PNN Utría (Figura 18).

Reporte del indicador

En el año de 2015 fue realizada por segunda vez la medición de las cuatro variables que conforman el ICT_{AC}: corales, algas, peces arrecifales carnívoros y herbívoros en cada una de las siete áreas marinas protegidas seleccionadas en Colombia. Se presenta el porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de Condición-Tendencia, que cuentan con información disponible (Figura 18). El número interno corresponde al número de estaciones por área que presentaron esa condición en particular.

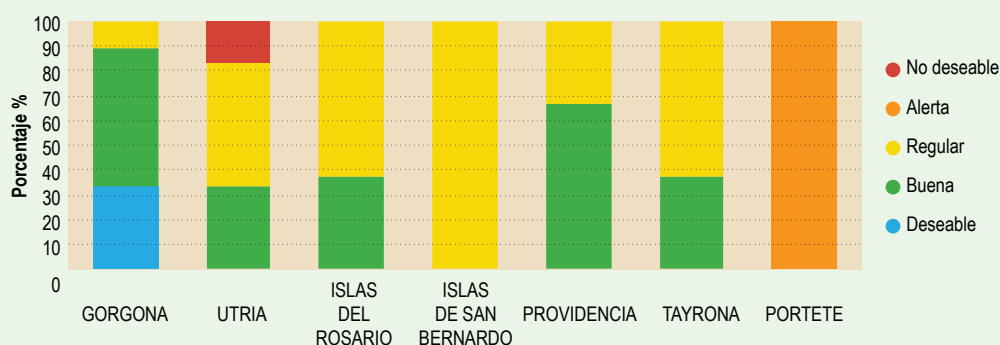


Figura 18. Índice de condición tendencia de arrecifes de coral (ICT_{AC}) año 2015. Porcentaje de estaciones de monitoreo por categoría de condición-tendencia y área (Tabla 7).

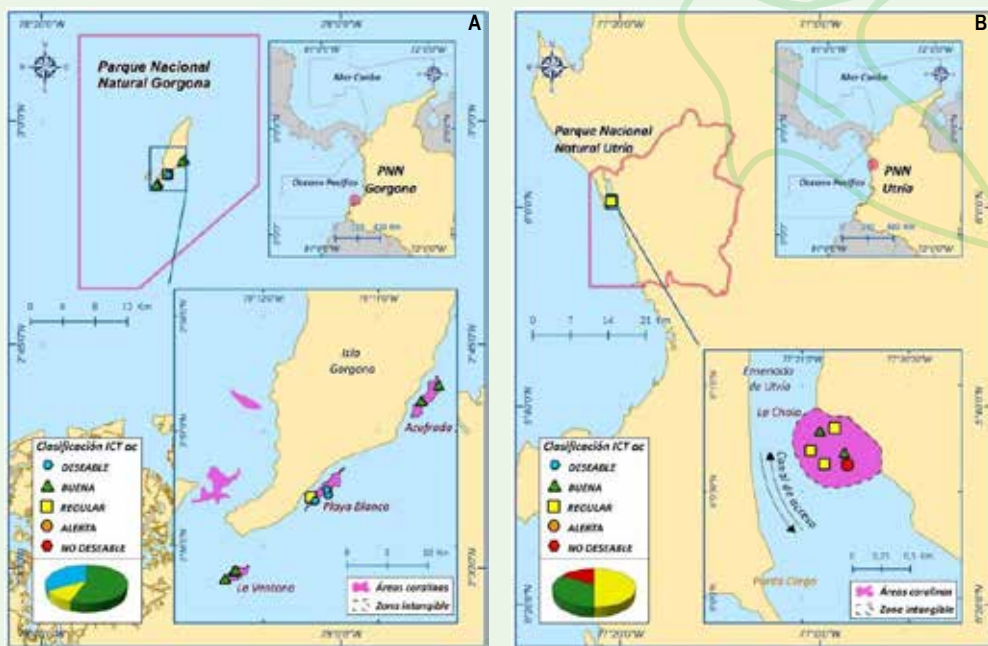
Interpretación de los resultados

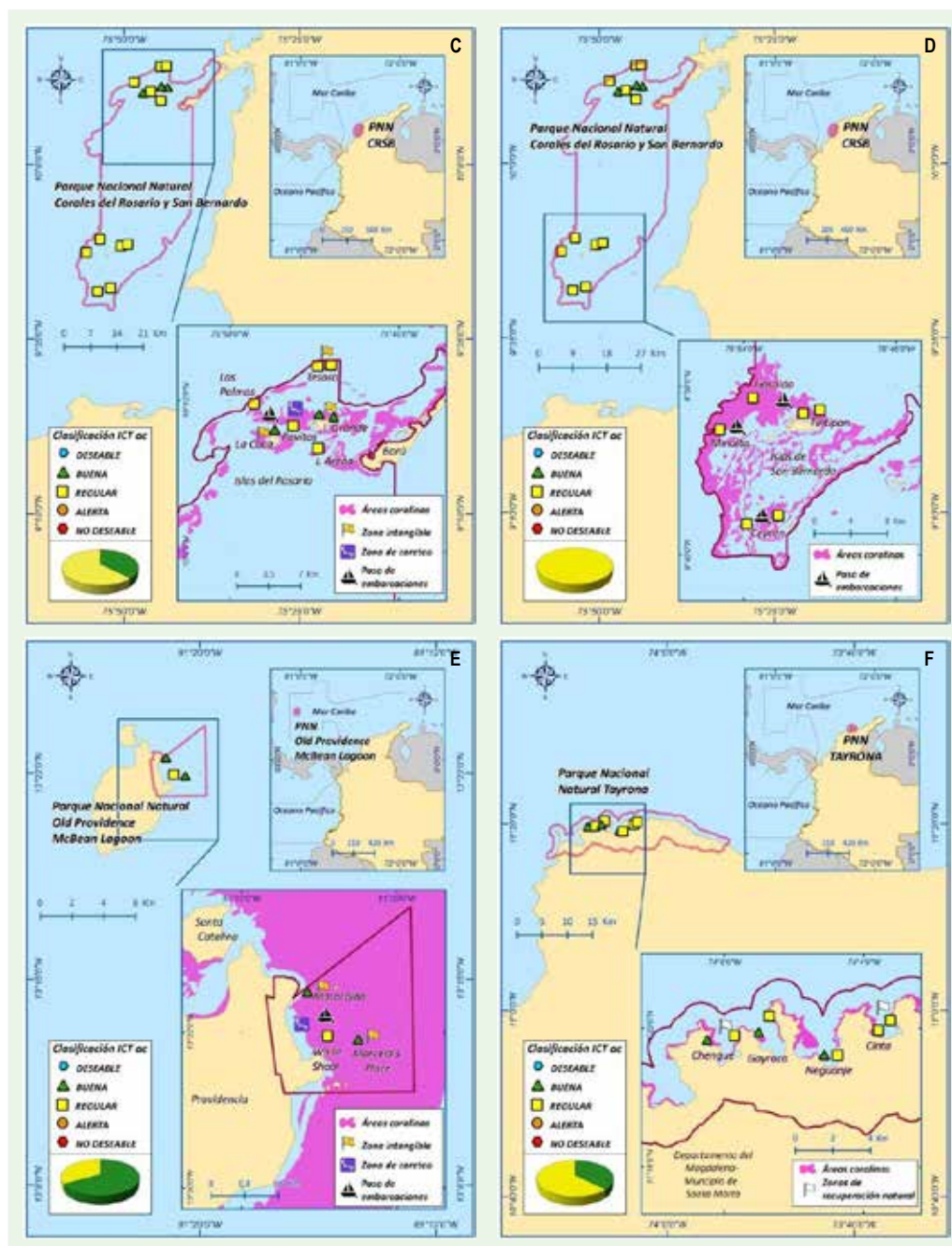
Como se mencionó el año anterior luego de llevar a cabo un análisis de capacidades desde el punto de vista técnico, económico, infraestructura y de personal en la entidades encargadas del manejo y la gestión de este ecosistema se adoptó una nueva metodología simplificada que igualmente busca primero responder preguntas de manejo nivel regional y local, y segundo, vincularnos como país a una iniciativa internacional (Healthy Reefs que incluye México, Belice, Guatemala y Honduras). Esto permite traducir el complejo concepto de salud ecosistémica, en cantidades tangibles y rigurosamente definidas, con el fin de ayudar a los tomadores de decisión a medir los cambios en la condición del ecosistema y garantizar el monitoreo a largo plazo. Debemos tener en cuenta que los tensores e impactos sobre los arrecifes de coral son semejantes a nivel mundial (sobrepesca, contaminación, etc.), pero sin dejar de reconocer la realidad de los arrecifes de Colombia y sus particularidades en cada una de las ecorregiones marinas, con la visión de reflejar una posición de compromiso entre arrecifes clasificados como ideales “prístinos” y lo que podemos esperar conservar de manera realista para el ecosistema.

Al comparar los resultados del 2015 con los del 2014, pueden identificarse diferencias según el nivel al que se haga el análisis. A nivel de estaciones por área se detectan leves variaciones tanto positivas como negativas en un grado de valor. Es importante aclarar que hay organismos que presentan variaciones y ciclos naturales que dependen por entero de factores propios de cada especie o de la época climática. Es así como en ciertos momentos del año se presentan sobre abundancias de algas como *Dictyota spp* y *Halimeda spp* o *Lobophora variegata*, sin que esto necesariamente afecte colonias coralinas, o en el caso de peces, incremento o descenso en sus poblaciones debido a migraciones, control de territorios extensos entre otros. Incluso incrementos en la turbidez del agua dificulta y cambia la observación y conteo de peces. En ningún caso, debe ser atribuido a mal estado del área, son instantes en el tiempo, indiferentes al momento en que justamente se desarrolle el monitoreo, pero que visto a la luz del indicador puede afectar el resultado de forma positiva o negativa.

Ya centrándose en los resultados por áreas, en Gorgona una estación bajó de Ideal a Bueno, pero otras dos por el contrario subieron de bueno a ideal. En los tres casos disminuyó la biomasa de peces observada debido a la baja visibilidad que en ese instante presentaba la columna de agua, por esta misma razón, y la presencia de fuertes corrientes, no fue posible hallar una de las estaciones de el sitio conocido como “La Ventana” lo cual se ve reflejado en una disminución de la cobertura coralina asociada a la representatividad de dicha estación. En el caso de los archipiélagos del Rosario y de San Bernardo, los descensos están relacionados con disminución en biomasa de carnívoros y herbívoros, pues grandes pargos y chernas son en ocasiones esquivos y por su parte el incremento ocasional de herbívoros se relaciona con la aparición de grupos de más de 100 individuos de cirujanos o loros pequeños, que son frecuentes pero no permanentes, incidiendo esto en su valor de apreciación. En las parcelas colocadas en áreas intangibles o de manejo especial como es el caso del sector de Palma, isla Tesoro e isla Rosario en el archipiélago Nuestra Señora del

Rosario, se mantiene este patrón sin un descenso crítico en cobertura de coral. Igualmente sucede en San Bernardo con isla Mangle, donde se observa mayormente presencia de sedimentos, e isla Tintipan que tiene buena cobertura y riqueza de especies. En el Tayrona las parcelas de los arrecifes de *Acropora palmata* mostraron incremento en biomasa de peces y un leve descenso en cobertura de coral con igual comportamiento en las parcelas de corales mixtos, especialmente en las parcelas de costados expuestos de las bahías. Si bien en Providencia en 2015 subió a categoría Bueno, a nivel de sus parcelas hubo descensos en biomasa de herbívoros y de coral, pero los valores siguen siendo altos. Resalta el hecho de tener los menores valores en White Shoal, único sitio del Parque donde es permitido el careteo para los turistas que llegan a visitarlo; este personal carente de habilidades de careteo estresa con su nado errático y desordenado grupos de peces que pueden optar por moverse a bajos cercanos. El PNN Utría fue la única área donde una estación llegó a condición No Deseable, debido a la pérdida de colonias de *Pocillopora damicornis* y *P. capitata* por acción mecánica producto de una tormenta que azotó la zonas marino y costera del departamento del Chocó y Centro América y esparció colonias y fragmentos por la playa, y por el blanqueamiento y muerte debida a la exposición de las colonias por causa de una marea baja extrema que afectó varias estaciones. Al observar a nivel general las áreas Gorgona (deseable a bueno) y Rosario (bueno a regular) bajaron una categoría, Providencia subió una categoría (regular a bueno) y las demás estaciones permanecieron igual, lo que puede interpretarse como estabilidad de los ecosistemas al no mostrar variaciones muy drásticas ni llegar ningún área a categorías de alarma, particularmente en lo que corresponde a pérdida de cobertura coralina. Esta condición general para 2015 puede observarse en la Figura 19 que muestra cada área con la disposición espacial de sus estaciones y el estado del índice de condición tendencia para cada una de ellas.





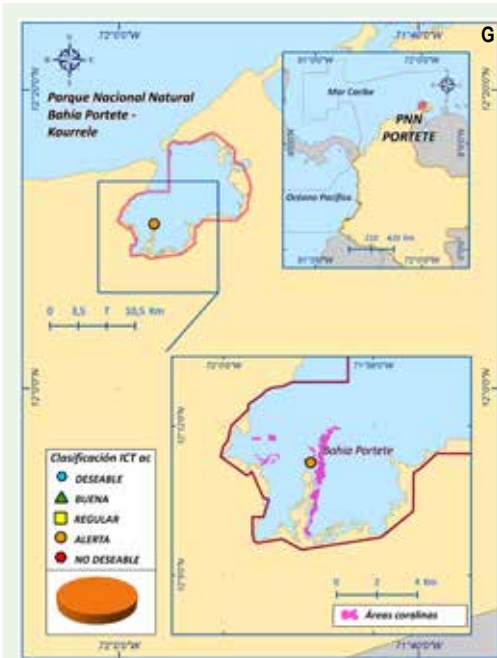


Figura 19. Áreas del SAMP con estaciones de monitoreo coralino con el estado de sus estaciones según el índice de condición-tendencia. A. Gorgona; B. Utría; C. Islas del Rosario; D. Islas de San Bernardo; E. Providencia; F. Tayrona y G. Portete.

Limitaciones del indicador

Si bien con la obtención de los ICT_{AC} es posible ahora comparar entre las distintas áreas, la obtención de mejores resultados en un área u otra depende de una serie de variables que pueden no ser fáciles de controlar solamente con la gestión institucional. Generalmente se prevé una determinada frecuencia de monitoreo y fechas en las que las condiciones generales de cada área son las mejores especialmente para las actividades de buceo, sin embargo esto puede cambiar en espacios cortos de tiempo. De esta manera de acuerdo con la financiación disponible, las condiciones climatológicas y la cantidad de personal capacitado para la toma de datos, existen limitaciones a la hora de garantizar el seguimiento eficaz de estaciones de monitoreo de arrecifes de coral en cada área de interés. Así mismo, hasta la fecha el ICT_{AC} tiene la limitante que no ha sido implementado en lugares donde el ecosistema coralino está presente con extensiones y condiciones particulares de sus formaciones coralinas como San Andrés isla, Capurganá e isla Fuerte, estando estas dos últimas áreas por fuera del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia.

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 (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014).

El indicador se convertirá en una herramienta práctica de comunicación, control y manejo por su aplicabilidad en cualquier área con presencia de corales. Es así como en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, CORALINA desde el 2015 comenzó a levantar información en las 8 estaciones históricas de las islas de San Andrés y Providencia más la isla Roncador. La información obtenida de estos monitoreos será presentada en la próxima versión de este informe.

No se debe dejar a un lado que al interior de cada AMP los actores comprometidos con el manejo y conservación de estos ecosistemas, deberán tener en cuenta mantener el personal seleccionado para apoyo debidamente capacitado para el monitoreo del ICT_{AC}, además de todo aquello que consideren relevante para el monitoreo, manejo y control de sus áreas de interés.

Manglares

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

Ecológicamente, los manglares juegan un papel integral en la interface tierra -agua dulce-sistema marino, al prevenir la erosión, reducir la energía de las olas y acumular sedimento, facilitando la retención, fijación, estabilización y acreción del suelo, protegiendo a las comunidades de la acción de la dinámica costera. Así mismo, actúan como filtro natural protegiendo otros ecosistemas asociados (pastos marinos y arrecifes de coral) de las descargas continentales (Ellison, 2012); son hábitat de diversas especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios y regulan el microclima (Field, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 2000). Los manglares además, están dentro de los bosques más productivos del trópico, actuando como sumideros de carbono principalmente a nivel de subsuelo (Donato *et al.*, 2011). 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), brindando seguridad alimenticia a las comunidades costeras (Guevara-Mancera *et al.*, 1998; Ulloa-Delgado *et al.*, 1998). A nivel mundial, es ampliamente reconocido su soporte a las pesquerías actuando como zonas de crianza para muchas especies de peces de importancia ecológica y económica (Walters *et al.*, 2008), así como su influencia en la estructura de la comunidad de peces de aguas abiertas al ser un eslabón clave en la conectividad de los hábitats marinos (Mumby *et al.*, 2004).

A pesar de la variedad y cantidad de bienes y servicios que brinda el ecosistema de manglar, cerca del 35% se ha perdido en el mundo en las últimas dos décadas, excediendo las pérdidas registradas para bosques tropicales y arrecifes de coral (Valiela *et al.*, 2001). En Colombia, los factores antrópicos más destacados son los cambios en el uso del suelo, comprendido desde la expansión de la frontera urbana, turística, agropecuaria e industrial; la demanda de recursos, entendida como la extracción de recursos naturales para el consumo y comercio; la exposición a eventos de índole natural asociados con la dinámica costera; y finalmente la exposición a sustancias contaminantes producto de derrames incidentales en las zonas costeras. Estos factores han generado pérdida de biomasa, desaparición de nichos ecológicos,

disminución de la biodiversidad, formación de playones salinos, reducción de la sedimentación de los cuerpos de agua e incremento de la erosión costera (Sánchez-Páez *et al.*, 2004).

Localización y distribución

En el Caribe, se encuentran cinco de las nueve especies de mangle reportadas para Colombia (Tabla 9), de las cuales, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, son las más abundantes y de mayor aprovechamiento, seguidas por *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelliciera rhizophorae*. De esta última especie, sólo se tienen registros puntuales en la bahía de Cispatá en Córdoba, en el sector occidental de la bahía de Barbacoas 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 (MMA, 2002) (Figura 20). En el Pacífico colombiano, además de las especies mencionadas para el Caribe, se hallan *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa* y *Mora oleifera* (Gómez-Cubillos *et al.*, 2014) (Figura 21). Además, han sido reportadas, otras especies vegetales, a menudo conocidas como mangle no verdaderos (Tomlinson, 1986), que suelen aparecer como flora acompañante en este ecosistema: el helecho *Achrosticum aeurum* y el arbusto *Tabebuia palustris* (Spalding *et al.*, 2011).

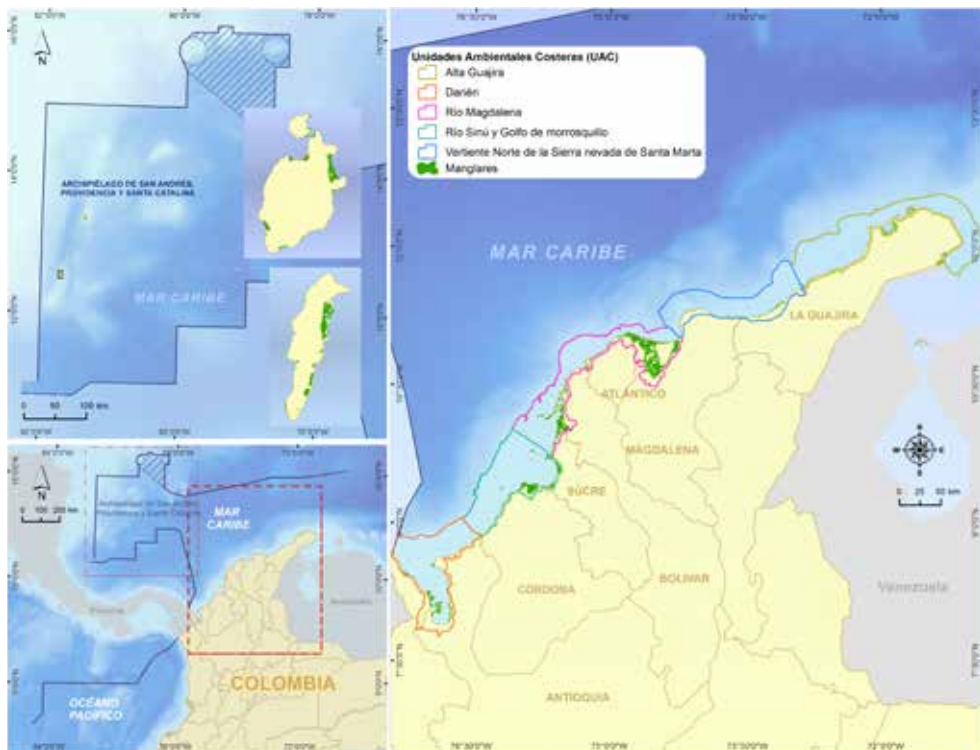


Figura 20. Distribución del ecosistema manglar en el Caribe colombiano (esta imagen es una representación de la ubicación aproximada de los bosques de mangle en Colombia para fines ilustrativos solamente).

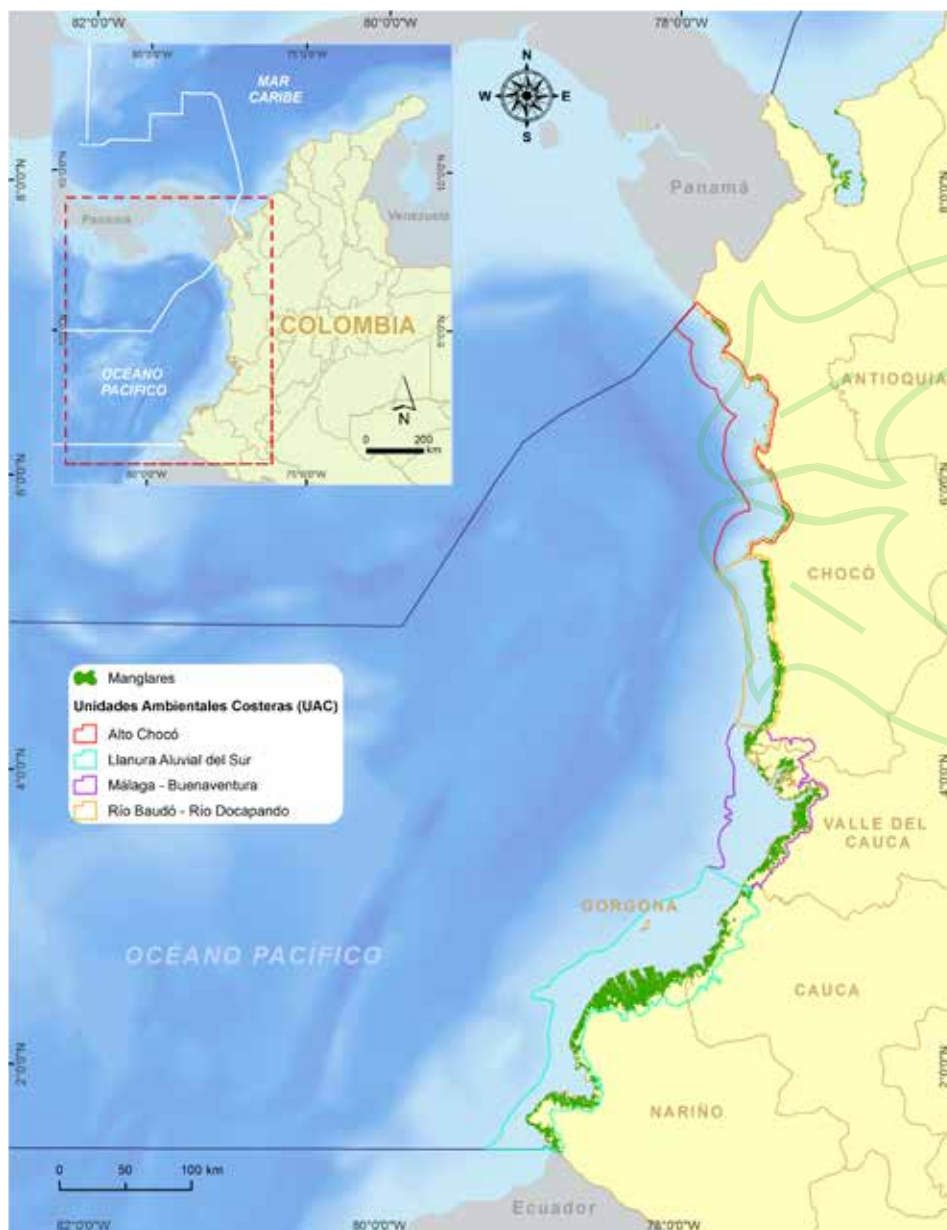


Figura 21. Distribución del ecosistema manglar en el litoral del Pacífico colombiano (esta imagen es una representación de la ubicación aproximada de los bosques de mangle en Colombia para fines ilustrativos solamente).

Tabla 9. Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianas. Datos tomados de (Sánchez-Páez *et al.*, 2004, 1997; Spalding *et al.*, 2011); SAI: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: La Guajira, MAG: Magdalena, ATL: Atlántico, BOL: Bolívar, SUC: Sucre, COR: Córdoba, ANT: Antioquia, CHO: Chocó, VCAU: Valle del Cauca, CAU: Cauca, NAR: Nariño. NC. No confirmado.: Sinónimos: *Avicennia nítida*; b: Sinónimos: *Avicennia tonduzi*, *A. bicolor*.

Especie	Litoral Caribe								Litoral del Pacifico			
	SAI	GUA	MAG	ATL	BOL	SUC	COR	ANT	CHO	VCAU	CAU	NAR
<i>R. mangle</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>R. harrisonii</i>								X	X	X	X	X
<i>R. racemosa</i>									X ^{NC}	X ^{NC}	X ^{NC}	X ^{NC}
<i>L. racemosa</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>C. erectus</i>	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X
<i>A. germinans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>A. harrisoni</i> ^b									X			
<i>P. rhizophorae</i>					X	X	X	X	X	X	X	X
<i>M. oleifera</i>									X		X	X

INDICADOR DE EXTENSIÓN: CAMBIO EN LA COBERTURA (IE)

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

Si bien el indicador se encuentra formulado, no se tiene información sistemática de todo el país para poblarlo. Actualmente se trabaja en la implementación del Sistema de monitoreo del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia (Batista-Morales *et al.*, 2014), que espera generar datos de extensión de los bosques de mangle de las áreas protegidas del país, a través de técnicas de teledetección y validación en campo. Adicionalmente, el protocolo de monitoreo de manglares, diseñado para ser ejecutado por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible del país, contempla en el marco de su sistema de monitoreo, la recolección de los datos necesarios para determinar la dinámica temporal de las áreas de manglar (Tavera, 2014). Se espera que los datos registrados por las corporaciones, sean canalizados a través del Sistema de Información para la Gestión de los Manglares de Colombia (SIGMA) (<http://sigma.invemar.org.co>) (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2014).

En la Tabla 10, se presenta el resumen de la información de extensión de manglar que se tiene reportada y validada oficialmente hasta la fecha por dos CAR del país, para sus correspondientes departamentos de su jurisdicción, CORALINA para el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y CVC para el Valle del Cauca. El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) con base en estudios realizados por las CAR en el marco de sus planes de ordenamiento y zonificación de manglares, ha consolidado un reporte nacional con la cobertura de manglar para todos los departamentos de Colombia que puede ser consultado a través de su página web (https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Manglares/080811_zonificaci%C3%B3n_manglares.pdf), no obstante esta información tiene limitantes que son consideradas más adelante en este capítulo y que deben ser tenidas en cuenta a la hora de realizar comparaciones y reportes de carácter nacional.

Como ejercicio para calcular el indicador de extensión, se emplearon los datos generados de la interpretación y análisis de imágenes satelitales entre 1956 y el 2015 del proyecto “Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta” (Tabla 11)

Período reportado

- A nivel nacional se indican las coberturas de manglar por departamento que actualmente son emitidas oficialmente por el Ministerio de Medio Ambiente (MADS).
- Para la CGSM el periodo de análisis es de 1956 a 2015.

Reporte o cálculo del indicador

Tabla 10. Extensión del ecosistema de manglar en dos departamentos de Colombia*.

Región	Departamento		Cobertura (ha)	Escala	Año	Fuentes relacionadas
Caribe	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	San Andrés isla	209.71 ^a	1:100000	2009	López-Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
Pacífico	Valle del Cauca		31941 ^b	1:100000	2011	CVC (2012)

* Datos de extensión que han sido corroborados por las corporaciones autónomas regionales a cargo (CORALINA, CVC), mediante comunicación enviada al INVEMAR. Los departamentos restantes deberán confirmar oficialmente la información cartográfica actualmente disponible en INVEMAR para incluir su respectivo reporte en este informe.

Tabla 11. Indicador de extensión del bosque de mangle. Caso “Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM”.

Año	Línea Base (ha)	%Manglar vivo (respecto al periodo inicial)	IE Manglar (ha)
1956	51150	100	
1968	49060	95.9	-2090
1987	30340	59.3	-18720
1993	26440	51.7	-3900
1995	22580	44.1	-3860
1997	23770	46.5	1190
1999	25750	50.3	1980
2001	29164	57.0	3414
2003	26705	52.2	-2459
2007	29576	57.8	2871
2009	35630	69.7	6054
2011	38544	75.4	2914
2013	39569	77.4	1025
2015	39325	76.9	-244

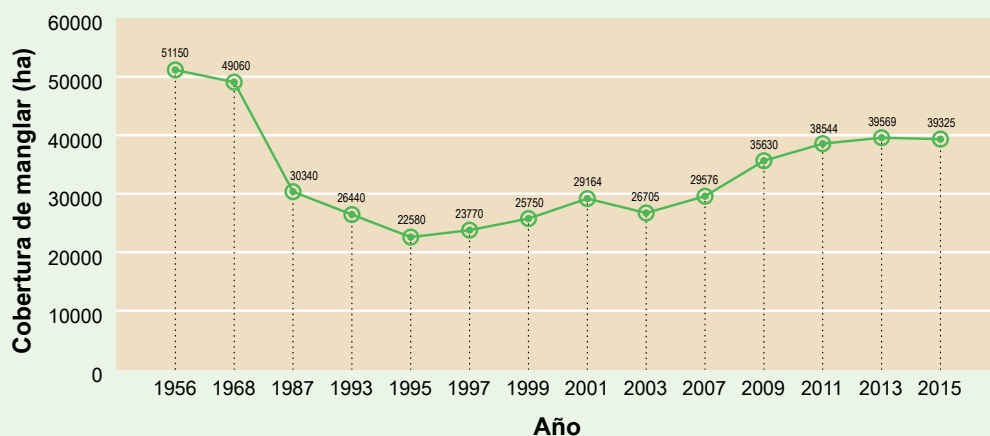


Figura 22. Tendencia de la cobertura de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).

Interpretación de los resultados

De acuerdo al MADS, se estima que la cobertura de manglar en el Caribe colombiano está cerca de las 88575.78 ha y en el Pacífico de 194880 ha (MADS, 2011). Los departamentos de Magdalena y Nariño en las costas Caribe y Pacífica respectivamente, tienen las mayores coberturas; mientras que los departamentos con menor cobertura de manglar son el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (SAI) en el Caribe; y Cauca en el Pacífico. No obstante es muy importante aclarar que la información base con la cual se han generado están cifras, presenta múltiples diferencias tanto en sus años de captura, como en las escalas, métodos y objetivos; por lo que estas cifras deben tomarse con precaución a la hora de establecer comparaciones con reportes de otros años o reportes de otras fuentes.

Particularmente para el ejemplo del cálculo aplicado a la CGSM, el IE manglar permite observar una reducción en la extensión del bosque de mangle hasta 1995 (-3860 ha respecto al periodo de muestreo anterior 1993 y de -28570 respecto a la cobertura estimada para el año 1956), debido principalmente a los bloqueos de los flujos hídricos por la construcción de infraestructura en su mayoría vías. A partir de 1995 se hace evidente un aumento en la cobertura debido a la implementación de las obras hidráulicas para la recuperación de flujos hídricos hacia el complejo estuarino realizadas en el marco del proyecto PROCIENAGA, que permitieron la reentrada de agua dulce al sistema, lo cual se vio reflejado en un mejor desarrollo vegetal. Eventos de pérdida de extensión puntuales se observan en el 2003 y recientemente en 2015, año para el cual se reporta una pérdida de 244 ha en el complejo principalmente por procesos de deforestación 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) (Figura 22).

Limitaciones del indicador

La información presentada por el MADS para Colombia y la mostrada en la Tabla 10, proviene de información generada entre los años 2001 y 2011, con diferentes escalas, objetivos y metodologías, por lo cual las hectáreas reportadas pueden no corresponder a la cobertura actual (año 2015) de manglar en los diferentes departamentos y por consiguiente del país; sino más bien a una estimación aproximada. Este hecho resulta trascendental si se tiene en cuenta la potencialidad del IE para ayudar en el entendimiento de los cambios en las dinámicas de los bosques de manglar y como herramienta de manejo. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad apremiante de realizar un levantamiento sistemático de información cartográfica a nivel nacional con calidad, resolución y frecuencia adecuadas y homogéneas, que permita la implementación del IE a escala Nacional y que favorezca a los procesos de toma de decisión en cuanto al mejor manejo para la protección, uso sostenible y recuperación de los manglares en Colombia.

Recomendaciones y alternativas de manejo

El país actualmente cuenta con un Protocolo Nacional de Monitoreo de Manglar que está siendo implementado por las CAR del país, y con un protocolo para el monitoreo de la extensión de los ecosistemas marino-costeros en el Sub-sistema de Áreas Marinas Protegidas. Es necesario enfocar esfuerzos para el desarrollo constante de estas actividades bajo los estándares diseñados en los protocolos (atributos o clases temáticas, escala (unidad mínima cartografiable), periodicidad, técnica de interpretación y producto fuente de cartografía, validación de campo), con el fin de contar con información sistemática y comparable de escala nacional. Productos cartográficos a escala 1:25000 son sugeridos para el ecosistema de manglar.

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

INDICADOR DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA DE MANGLARES (IBI_m)

Definición e importancia del indicador

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

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

Para el cálculo del IBI_m se seleccionaron variables simples que se asocian a alguno de los atributos de integridad (estructura, composición, salud, función), los cuales se integran con ponderaciones definidas de acuerdo a funciones de promedio geométrico ponderado y posterior validación con expertos. El cálculo se realiza para cada tipo fisiográfico (ajuste realizado según recomendación de experto (Sanchez, D., com. pers. 2014) y los valores obtenidos en campo deberán ser cotejados con los rangos de referencia para establecer los subíndices correspondientes (Tabla 12). La formulación del indicador se describe a continuación:

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

$$IBI_M = \left(D_{(sp1)}^{0,2(62,5\%)} \times D_{(sp2)}^{0,2(25\%)} \times D_{(sp3)}^{0,2(12,5\%)} \times AB_{(sp1)}^{0,3(62,5\%)} \times AB_{(sp2)}^{0,3(25\%)} \times AB_{(sp3)}^{0,3(12,5\%)} \times S^{0,15} \times Pl^{0,0875} \times Pr^{0,0875} \right)^{\frac{1}{\sum pesos}}$$

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.

Los valores obtenidos en campo deberán ser cotejados con los rangos de referencia para establecer los subíndices correspondientes (Tabla 12).

Tabla 12. Rangos de referencia para calcular el IBI_m. Los rangos se construyeron para cada variable teniendo en cuenta reportes de diferentes fuentes bibliográficas para el Caribe colombiano (Sánchez-Núñez, 2009) y los datos obtenidos en el proyecto de monitoreo del bosque de mangle de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ibarra *et al.*, 2014) (S: Subíndice).

Tipo Fisiográfico	Salinidad		Densidad		Área basal		Plántulas		Propágulos	
	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S
Cuenca	x<30	5	<564	1	x<2.2	1	x<0.865	1	x<3.17	1
	30<x≤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≤1210	5	4.2<x≤7.7	3	2.16<x≤3.4	3	8.11<x≤16.78	3
	46.7<x≤55	2	1210<x≤1812	4	7.7<x≤15.9	4	3.4<x≤7.13	4	16.78<x≤37.19	4
	>55	1	>1812	2	>15.9	5	>7.13	5	>37.19	5

Tipo Fisiográfico	Salinidad		Densidad		Área basal		Plántulas		Propágulos	
	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S
Ribereño	$x < 10$	5	< 564	1	$x < 9$	1	Por definir*			
	$10 < x \leq 16.70$	4	$564 < x \leq 669$	3	$9 < x \leq 17$	2				
	$16.7 < x \leq 23.3$	3	$669 < x \leq 1210$	5	$17 < x \leq 25$	3				
	$23.3 < x \leq 30$	2	$1210 < x \leq 1812$	4	$25 < x \leq 30$	4				
	> 30	1	> 1812	2	> 30	5				
Borde	$x < 40$	5	< 564	1	$x < 10$	1				
	$40 < x \leq 46.67$	4	$564 < x \leq 669$	3	$10 < x \leq 20$	2				
	$46.6 < x \leq 53.3$	3	$669 < x \leq 1210$	5	$20 < x \leq 30$	3				
	$53.3 < x \leq 60$	2	$1210 < x \leq 1812$	4	$30 < x \leq 40$	4				
	> 60	1	> 1812	2	> 40	5				

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

Para la interpretación de los resultados obtenidos en el IBI_m a partir de la integración de los subíndices deberá emplearse la escala mostrada en la Tabla 13.

Tabla 13. Escala de interpretación del IBI_m

Valor total de IBI_m	Interpretación
< 1.5	No deseable
≥ 1.5 y < 2	Estado de alerta
≥ 2 y < 3	Estado regular
≥ 3 y < 4	Buen estado
≥ 4	Deseable

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2000-2015.

Reporte o cálculo del indicador

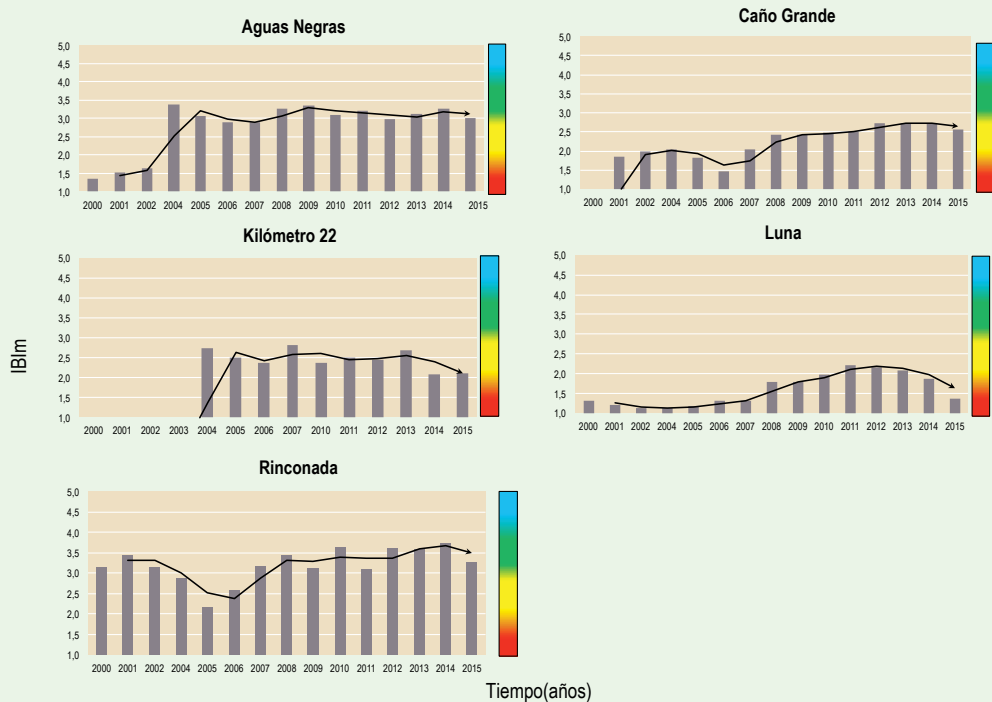


Figura 23. Serie histórica del Indicador de Integridad Biológica de manglares (IBI_m) en cinco estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).

Interpretación de los resultados

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

En términos generales, el indicador muestra recuperación de la integridad del bosque en las estaciones con impactos moderados a severos (Aguas Negras, Caño Grande, Kilómetro 22 y Luna); mientras que la estación Rinconada (la estación con menor impacto inicial) evidencia cierta estabilidad en el indicador bajo la categoría “Buen Estado” (Figura 23). Esto sugiere la presencia de un ensamblaje maduro, donde los mecanismos de autorregulación le permiten al bosque hacer frente a disturbios y auto-renovarse a través del tiempo, manteniendo su complejidad, funcionalidad y capacidad adaptativa; aspectos que hacen de Rinconada un buen modelo ecológico para evaluar la rehabilitación del complejo estuarino (Rodríguez-Rodríguez, 2015). Algunas reducciones en el Indicador se observan en el 2005, como consecuencia de la disminución del área basal (AB) causada por muerte de árboles, mientras que la disminución en el indicador en el año 2015, se relaciona con la pérdida de AB, por procesos de auto adelgazamiento típicos de estadios maduros del bosque.

El incremento hasta el año 2013 del IBI_m en las estaciones que reportaron Estado “No deseable” al inicio del periodo reportado (año 2000) fue posible por la mejora en las condiciones fisicoquímicas del suelo (lavado de sales intersticiales), inducido por las obras hidráulicas que se llevaron a cabo entre 1995 y 1998 y la influencia de los eventos climáticos La Niña durante el 2006, 2008 y 2010.

Actualmente para la estación “Aguas Negras” el IBI_m oscila entre estado regular y buen estado, condición que se ha mantenido después de que en el año 2002, presumiblemente, la operación del canal aguas negras abierto en 1998, mejoró las condiciones ambientales para la recuperación estructural del bosque a través del aumento tanto en la densidad con el área basal de *A. germinans* y *L. racemosa*. La estación Caño Grande también ha alcanzado un estado regular a la fecha. La recuperación del bosque en esta estación fue favorecida por la reforestación con *R. mangle*, realizada por el proyecto “Manglares de Colombia” en el año 2000. Históricamente, en las estaciones Kilómetro 22 y Luna (principalmente esta última), se han registrado los IBI_m más bajos del sistema, permaneciendo en estado de Alerta y No deseable. Para el año 2008, una disminución importante de la concentración salina propició el aumento en la densidad de plántulas y propágulos y la densidad del bosque, favoreciendo la mejora en las condiciones de la estación Luna desde ese año hasta el momento actual.

A pesar de la recuperación de la integridad, los registros del IBI_m para el 2015, disminuyeron en todas las estaciones monitoreadas, llegando a cambios incluso de estado (Luna pasó de Estado en Alerta a estado No deseable). Estos hechos fueron causados principalmente por los aumentos de la salinidad intersticial derivados de la escasez de lluvias, el fenómeno de El Niño, la necesidad de realizar de una manera más efectiva las obras hidráulicas para recuperar los flujos hídricos y en general las problemáticas que siguen impactando el complejo estuarino (cambios en el uso del suelo, aprovechamiento y desviación de cuerpos de agua, sedimentación, deforestación, etc...)

Limitaciones del indicador

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

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

Es importante aclarar que el indicador ha sido calibrado según los tipos fisiográficos descritos por Cintrón-Molero and Schaeffer-Novelli (1983); por lo tanto antes de calcular el indicador para un área de interés, es importante identificar el tipo fisiográfico al cual corresponde y atribuir los subíndices de acuerdo a los rangos presentados en la Tabla 13.

Recomendaciones y alternativas de manejo

Los valores obtenidos en este reporte no deben ser comparados directamente con los reportados en Bastidas-Salamanca *et al.* (2013) y versiones anteriores a este informe, pues el indicador presentado en esta versión ha incorporado algunos cambios en su formulación. Colombia cuenta con un Protocolo Nacional de Monitoreo para manglares (Tavera, 2014), implementado durante el año 2015 por las CAR. 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.invermar.org.co>), es vital para consolidar una base de datos sólida a nivel nacional que facilite el cálculo del indicador de manera automatizada, así como su permanente recalibración y validación.

Capítulo III

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



Playas de Uribia, Alta Guajira (Departamento de La Guajira). Foto: Milena Hernández Ortíz

INTRODUCCIÓN

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

CAUSAS Y TENSORES DIRECTOS

▼ Aprovechamiento de recursos pesqueros

Las áreas marinas y costeras alojan gran biodiversidad que se constituye en un capital natural fundamental, generando uno de los sistemas más productivos que existen en el planeta (Agardy, 1994; Eichbaum *et al.*, 1996). Esta biodiversidad es parte importante en el origen de diversos tipos de servicios ecosistémicos como son los de soporte (p.e. procesos de producción biológica y flujo de energía), servicios de regulación (p.e. absorción de CO₂ y contaminantes), servicios culturales (p.e. el turismo) y el servicios de aprovisionamiento (p.e. alimento por pesca). Sin embargo, se ha evidenciado que el uso inadecuado de ésta biodiversidad y sus ecosistemas están amenazando la oferta de estos servicios, incluido la obtención de proteína a través del aprovechamiento por pesca. Algunas Investigaciones han documentado en el país la incidencia de la pesca sobre la biodiversidad (Rueda *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2012), así como efectos en la estructura y funcionamiento del ecosistema (INVEMAR, 2004; Escobar-Toledo *et al.*, 2014). Precisamente, los indicadores que se abordan en esta sección, pretenden evidenciar la evolución de la presión ejercida sobre los recursos pesqueros a la luz de punto de referencias límites y recomendaciones para el control y ordenación del recurso pesquero. Los indicadores fueron construidos con base en información colectada por el INVEMAR como resultado del trabajo misional en diferentes proyectos de investigación y actividades de monitoreo pesquero, apoyado en las series históricas oficiales de los desembarcos pesqueros de la autoridad pesquera del país.

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: 2012-2015).

Periodo reportado

- 1990-2015.

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 2014 y 2015, el SEPEC publicó las estadísticas de pesca con vacíos información en algunos meses del año.

Reporte o cálculo del indicador

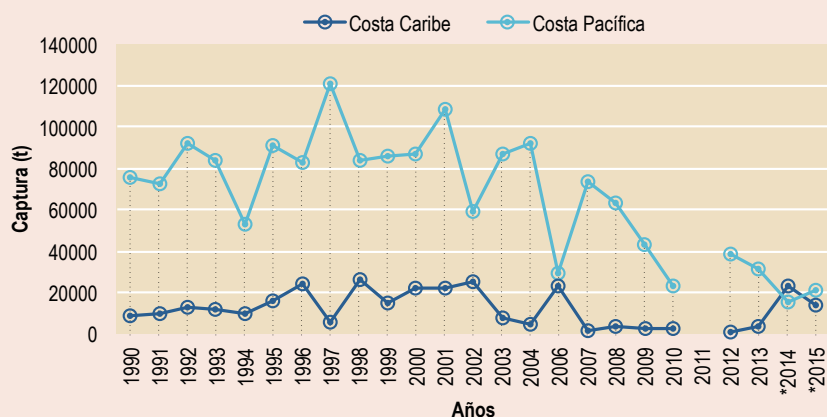


Figura 24. Captura industrial y artesanal desembarcada para el Caribe y Pacífico colombiano. *Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para todo el año.

Reporte o cálculo del indicador

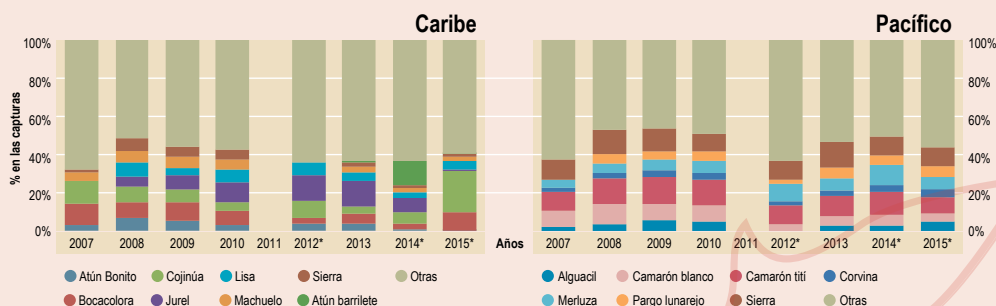


Figura 25. Captura artesanal por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). * Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para todo el año.

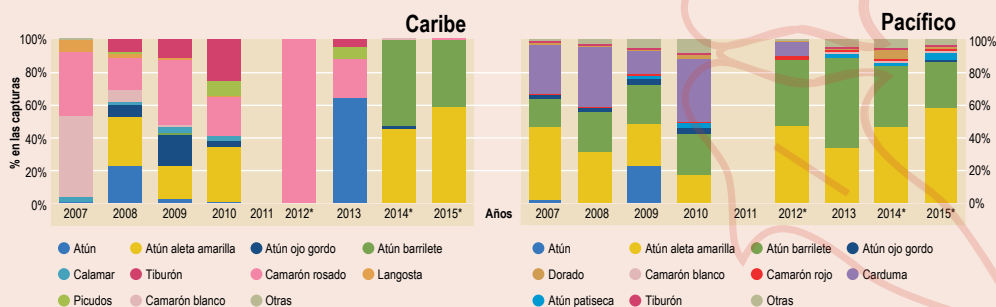


Figura 26. Captura industrial por especie desembarcada para el Caribe (A) y Pacífico colombiano (B). * Los datos publicados en el SEPEC no cuentan con información para todo el año.

Interpretación de los resultados

Los registros históricos de las capturas desembarcadas en las costas Caribe y Pacífico muestran a partir de 2006 un progresivo declive en el rendimiento pesquero, a excepción del Caribe en los últimos dos años donde las capturas presentan un aumento significativo, inclusive cercano a los valores máximos reportados en esta área y con capturas inusualmente comparables al Pacífico (Figura 24). El indicador no incluye las capturas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y de la Ciénaga Grande de Santa Marta. En el Caribe se registraron 2386.7 t provenientes de la pesca artesanal, dominadas por peces de las familias Carangidae (cojinúas y jurel 22.3%) y Haemulidae (bocacolorá 9.1%) (Figura 25A). En el Pacífico, el desembarco artesanal fue de 5011.5 t, destacando las familias Penaeidae (camarón titi y blanco 13.0%), Scombridae (sierra 10.3%); y Ophidiidae (merluza 6.1%) (Figura 25B).

A nivel industrial, durante 2015 el desembarco fue de 27407.5 t. Para el Caribe se registraron 11754.5 t con mayor representación de los peces de la familia Scombridae (atunes) (98.3%) (Figura 26A). En el Pacífico, el desembarco fue de 15653.0 t, mayormente representado por atunes (Scombridae 92.5%), seguido por los camarones de la familia Penaeidae (2.2%) (Figura 26B). Desde 2013 no se han registrado desembarcos de carduma (*Cetengraulis mysticetus*), dado que no se continuó con el aprovechamiento de este recurso en el Pacífico.

Limitaciones del indicador

Existe un nivel de incertidumbre en los reportes de los desembarcos de los últimos años, no obstante, estos datos corresponden a la información oficial disponible que posee la autoridad pesquera. Esto permite 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 estas estadísticas y la ausencia de un indicador basado en la abundancia relativa (captura por unidad de esfuerzo - CPUE), también es limitado el juicio de valor que se pueda suministrar sobre el aprovechamiento y estado a nivel poblacional.

Recomendaciones y alternativas de manejo

En general, a pesar que el indicador sigue mostrando en los desembarcos una tendencia al declive si se tiene en cuenta la serie histórica, en los últimos dos años fue visible el aumento en la producción pesquera, en particular para la costa Caribe. No obstante, esta aparente recuperación de los recursos pesqueros debe tomarse con mucha precaución, si consideramos que no se cuenta con datos relacionados al esfuerzo de pesca aplicado y la influencia de factores ambientales y condiciones del hábitat en la disponibilidad y abundancia del recurso o la falta de confiabilidad en la colecta y registro de la información pesquera.

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

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2000-2015 (último período anual: febrero - diciembre de 2015).

Reporte o cálculo del indicador

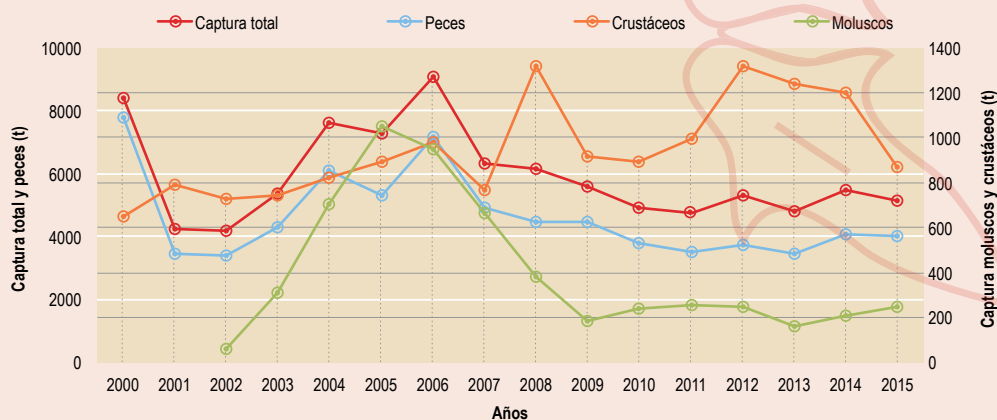


Figura 27. Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM.

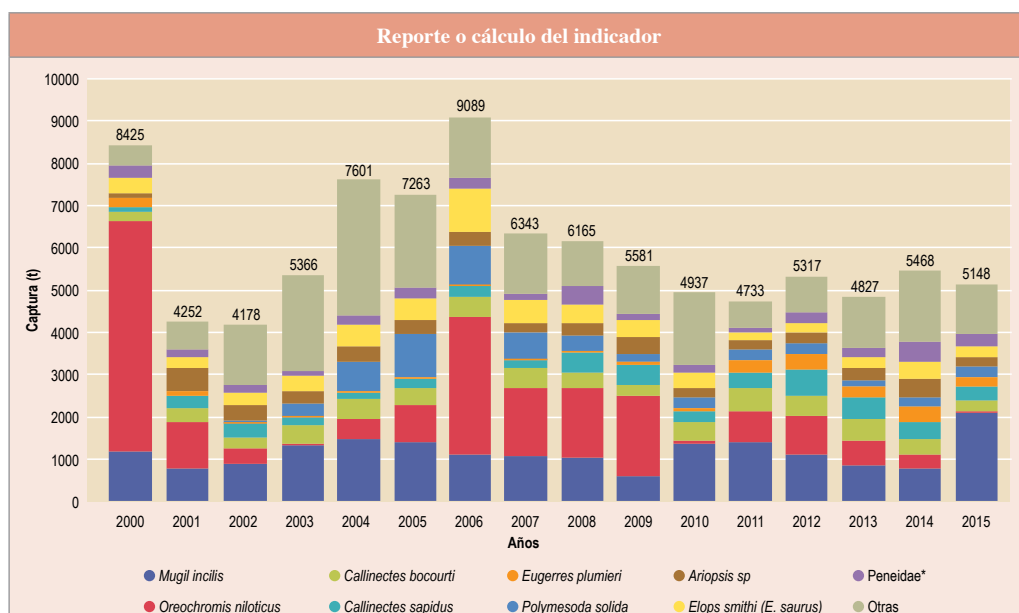


Figura 28. Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM.

Interpretación de los resultados

En 2015, la captura total entre febrero y diciembre se estimó en 5147.7 t, manteniéndose en niveles relativamente constantes desde 2009, precedido de un descenso gradual, posterior al mayor valor presentado en 2006 (Figura 27). La mayor representación fue del grupo de los peces con 4035.4 t (78.4%), seguidos por los crustáceos con 868.8 t (16.9%) y los moluscos con 243.6 t (4.7%) (Figura 27). En cuanto a peces, se destaca entre las especies más capturadas la lisa (*Mugil incilis* con 40.8%), el chivo cabezón (*Ariopsis sp.* con 4.8%), el macabí (*Elops smithi* - *E. saurus* con 4.8%) y la mojarra rayada (*Eugerres plumieri* con 4.1%), destacando la disminución de la especie dulceacuícola mojarra lora (*Oreochromis niloticus* 1.1%), dado por los incrementos en la salinidad producto de la sequía generalizada en el país por el fenómeno climático denominado “El Niño” (Figura 28). Con respecto a los crustáceos, es evidente una disminución importante del 27.4% en 2015 con respecto a 2014, dado principalmente por el descenso en el desembarco de las jaibas (*Callinectes bocourti* y *C. sapidus*), el principal recurso de este grupo, el cual bajó en este año en un 21.9% y aún más evidente en el caso de *C. bocourti* (31%). Los moluscos representados por la almeja (*Polymesoda solida*), aumentaron su producción en un 18.6%.

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 medida de producción.

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

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

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2000-2015 (último período anual: febrero - diciembre de 2015).

Reporte o cálculo del indicador

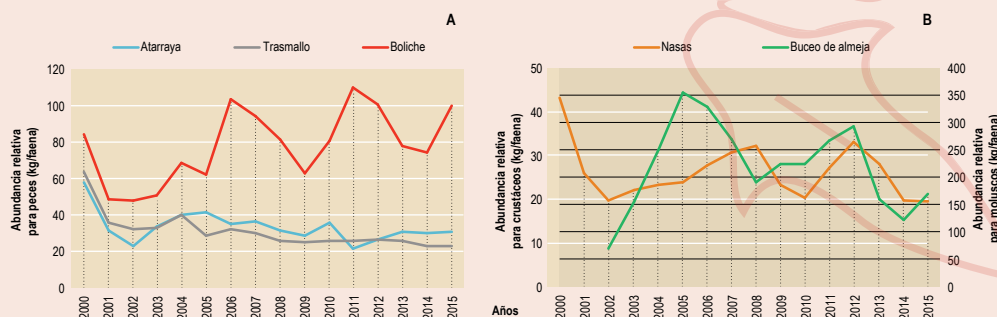


Figura 29. Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM.

Interpretación de los resultados

La abundancia relativa reflejada por tres artes de pesca usados principalmente para la captura de peces, tiende a mostrar un patrón durante el periodo analizado. En el caso de la atarraya y el trasmallo se observa la tendencia a la disminución, mientras que el boliche muestra un comportamiento irregular en la serie de tiempo analizada (Figura 29A); no obstante, es evidente la alta efectividad del boliche debido a su mayor poder de pesca. Para 2015, el boliche presentó un incremento notorio en la abundancia de peces, muy cercano a los valores obtenidos en 2006 y 2012, pero inferior a 2011 que se alcanzó el máximo desembarco con este arte. Para el trasmallo y la atarraya, los valores de la abundancia relativa presentaron valores similares al año anterior. En general, la abundancia de peces en la CGSM tiene una ligera tendencia al descenso. Las nasas, utilizadas para la extracción de jaibas, indican que la abundancia del recurso, aunque similar a 2014, mantiene la tendencia a un descenso significativo desde 2012, con valores cercanos a los más bajos en la serie evaluada (2002 y 2010). En el caso del buceo, dedicado a la extracción de almejas, la abundancia presentó una ligera recuperación con respecto a 2014, sin embargo, aún se mantiene entre los niveles de menor abundancia en la serie histórica (Figura 29B).

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

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

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2000-2015 (último período anual: febrero - diciembre de 2015).

Reporte o cálculo del indicador

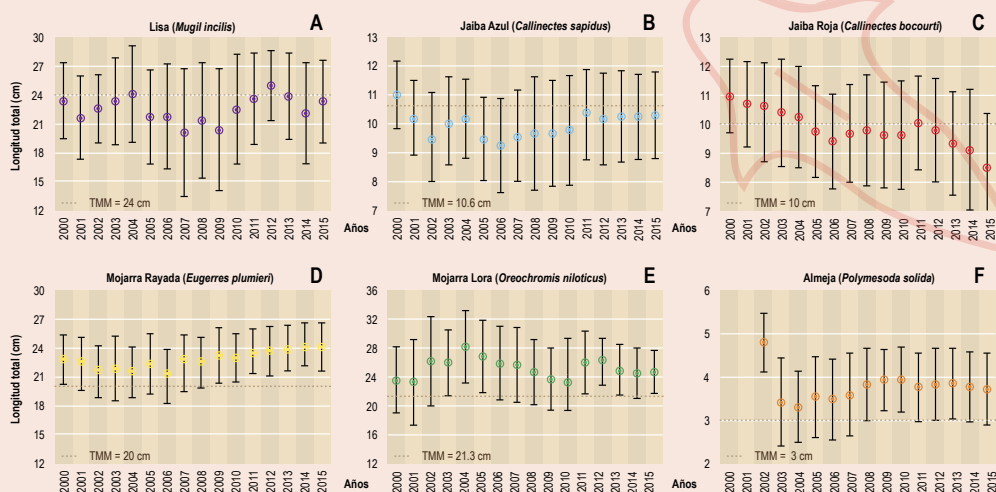


Figura 30. Variación interanual de la talla media de captura (TMC) para las principales especies en la CGSM y su ubicación con respecto a la talla media de madurez sexual (TMM). En el caso de la Jaibas (B y C) la medida es el ancho del caparazón.

Interpretación de los resultados

El análisis evidenció una fuerte presión sobre la lisa que se encuentra fuertemente aprovechada por debajo de la TMM, y solamente en 2004 y 2011 la TMC estuvo por encima de este punto de referencia (Figura 30A). Las jaibas se encuentran en la misma situación de la especie anterior, teniendo en cuenta que la mayoría de los años la TMC para ambas especies se registró por debajo de la TMM con una tendencia a ser cada vez menor (Figura 30B-C). Por el contrario, 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 para su crecimiento (Figura 30D-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 determinadas afectando la TMC. Tal complejidad plantea un cuidadoso seguimiento en monitoreo al desempeño de diferentes artes de pesca.

Recomendaciones y alternativas de manejo

Se recomienda tener en cuenta el planteamiento del criterio del punto de referencia límite (PRL) expresado en la TMM como talla mínima de captura, para las especies: lisa (*M. incilis*) = 24 cm LT; mojarra rayada (*E. plumieri*) = 20 cm LT; mojarra lora (*O. niloticus*) = 21 cm LT y almeja (*P. solida*) = 3 cm. Para las jaibas (*C. bocourti* y *C. sapidus*), se recomienda una TMC de 9.0 cm de ancho estándar del caparazón, de acuerdo a la reglamentación oficial (Resolución No. 623 de 2004, INCODER).

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

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

2015 (febrero - diciembre de 2015).

Reporte o cálculo del indicador

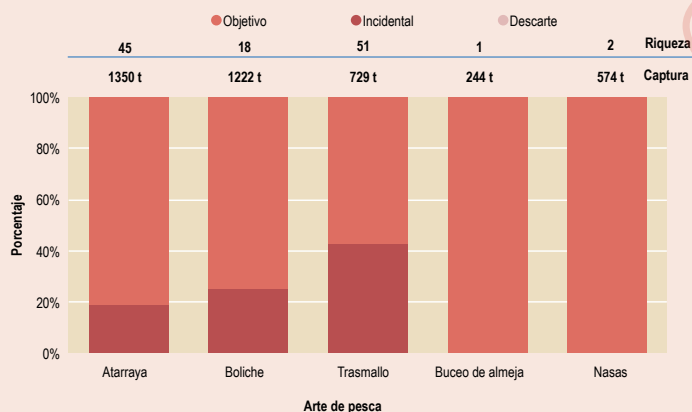


Figura 31. Composición porcentual de las capturas por arte de pesca para 2015, discriminando las capturas objetivo, incidental y descartes en la CGSM.

Interpretación de los resultados

La pesca artesanal de la CGSM es un ejemplo de una pesquería multispecífica, donde realmente no existen descartes, pues todo es aprovechado por el pescador (p.e. especies pequeñas para alimento en zoolocriaderos e incluso para alimento humano). Lo anterior es indicador de un fuerte impacto sobre la biodiversidad de dicho ecosistema aunque dicha biodiversidad contribuya a proporcionar alimento e ingresos a los pescadores. El único arte totalmente selectivo es el buceo para almejas; mientras que el boliche, atarraya y red fija (trasmallo), son los artes menos selectivos: la atarraya capturó 45 especies, siendo objetivos principales la lisa (*M. incilis*) y el mapalé (*Cathorops mapale*); en el boliche la captura objetivo fue lisa (*M. incilis*) y mojarra rayada (*E. plumieri*) con 16 especies más capturadas; mientras el trasmallo fue el de mayor número, 51 especies capturadas teniendo como principal objetivo: lisa (*M. incilis*), macabí (*Elops smithi* - *E. saurus*) y mojarra lora (*O. niloticus*) (Figura 31). En cuanto a nasas la captura objetivo lo conforman las jaibas azul (*C. sapidus*) y roja (*C. bocourti*).

Limitaciones del indicador
El indicador es fuertemente dependiente de la información suministrada por el pescador; no obstante si el muestreo es representativo en puerto, el indicador es muy útil.
Recomendaciones y alternativas de manejo
Se sugiere mejorar la selectividad de los artes de pesca trasmallo, atarraya y boliche a fin de incentivar el escape de especies pequeñas (p.e. juveniles). Esto plantea un buen proceso de concertación entre entidades pertinentes y pescadores, así como la sensibilización a los mismos, para llegar a acuerdos en compromisos y esfuerzos de control y vigilancia.

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

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

2015 (febrero - diciembre de 2015).

Reporte o cálculo del indicador

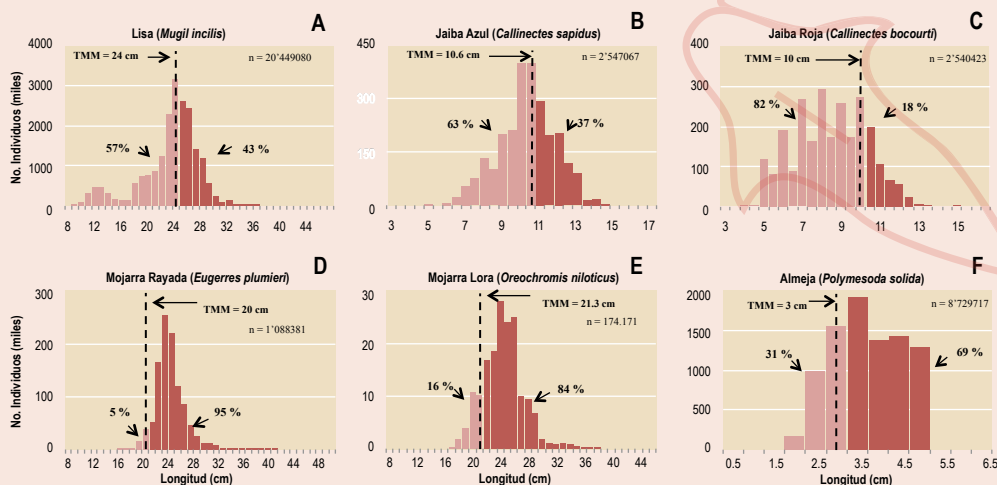


Figura 32. Fracción desovante (color claro) y juvenil (color oscuro) de las principales especies del recurso pesquero en la CGSM durante 2015.

Interpretación de los resultados

La fracción aprovechada por debajo del punto de referencia límite, TMM, para lisa (57%), jaiba azul (63%) y jaiba roja (82%) es alta, lo que indica que buena parte de los desembarcos se componen de juveniles, lo que podría reducir la capacidad reproductiva de las poblaciones pesqueras (Figura 32A-C). Especies como la mojarra rayada y mojarra lora, no muestran ser afectadas por las tallas capturadas, ya que su aprovechamiento está basada en tamaños grandes, aumentando la probabilidad de reproducción de los individuos de la población (Figura 32D-E).

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 diversas artes de pesca, cada una de las cuales selecciona un espectro de tallas determinado. Tal complejidad plantea un cuidadoso seguimiento al desempeño de diferentes artes de pesca. Otras limitantes pueden ser la ausencia de estimaciones actualizadas de las TMM o desconocimiento del potencial reproductivo de las especies.

Recomendaciones y alternativas de manejo

Se recomienda fijar las tallas mínimas de captura igual o mayor a la TMM, lo anterior controlando la selectividad de los artes de pesca (p.e. regulaciones de tamaños de malla, tamaños de anzuelos).

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

Definición e importancia del indicador

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

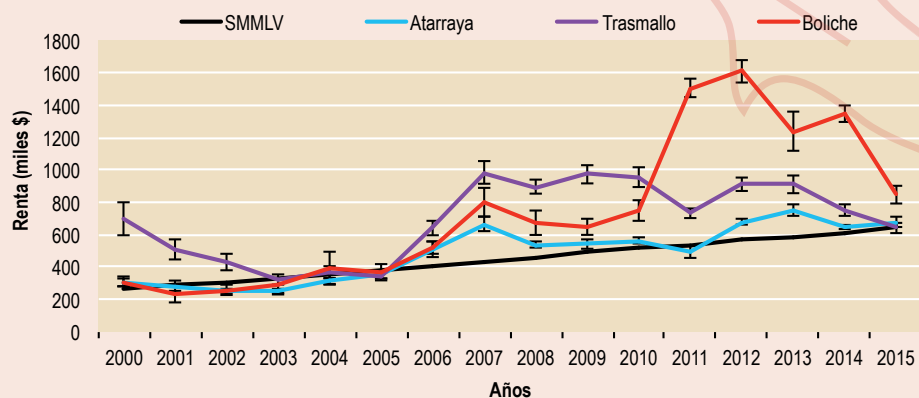
Fuente de los datos e información

Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVERMAR - SIPEIN.

Periodo reportado

· 2000-2015 (último periodo anual: febrero - diciembre de 2015).

Reporte o cálculo del indicador



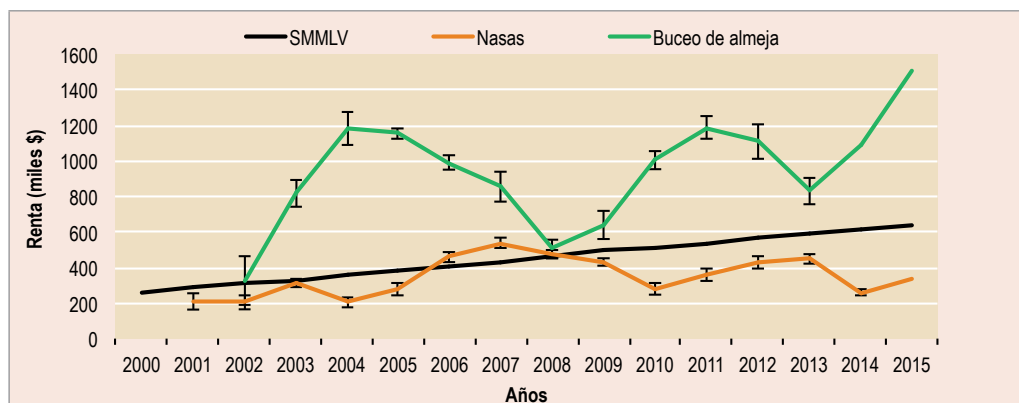


Figura 33. Variación interanual de la renta económica promedio mensual (+/- EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral del SMMLV para cada año (en el 2015: SMMLV = \$ 644350).

Interpretación de los resultados

En 2015, la renta de los pescadores que utilizaron boliche superó el umbral de referencia. No obstante, continúa la tendencia en el descenso de la renta a partir de 2012. Las ganancias de los pescadores de trasmallo, continuaron su declive gradual, mientras que la renta con atarraya tiende a ser estable alrededor del SMMLV. Igualmente se observa un aumento en la renta, por encima del umbral, de la actividad de buceo de almeja. Por el contrario, las nasas usadas para las jaibas, no alcanzaron el umbral fijado, evidente en la mayoría de los años monitoreados, a excepción de 2006, 2007 y 2008 (Figura 33).

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

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

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2008 a diciembre de 2015 para el Pacífico.
- 2009 a diciembre de 2015 para el Caribe.

Reporte o cálculo del indicador

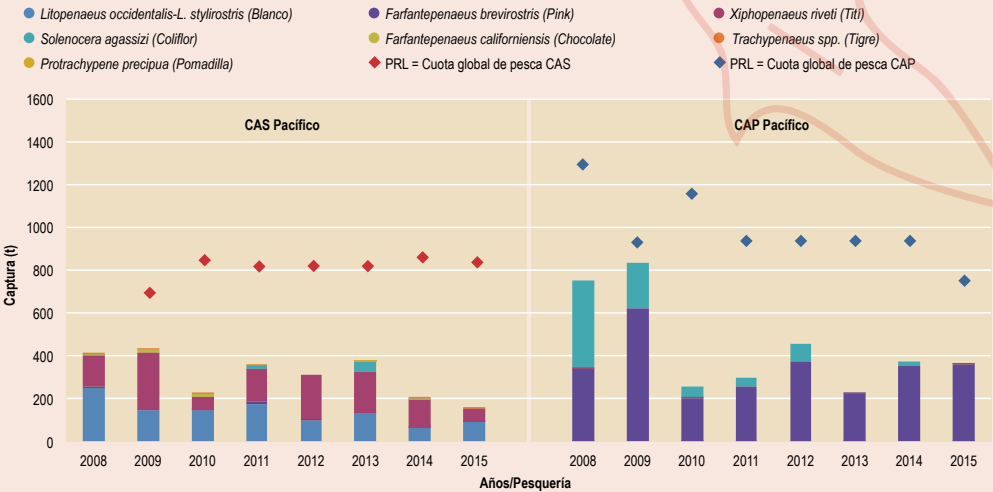


Figura 34. Variación interanual de la captura objetivo en las pesquerías de camarón del Pacífico (CAS y CAP) y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).

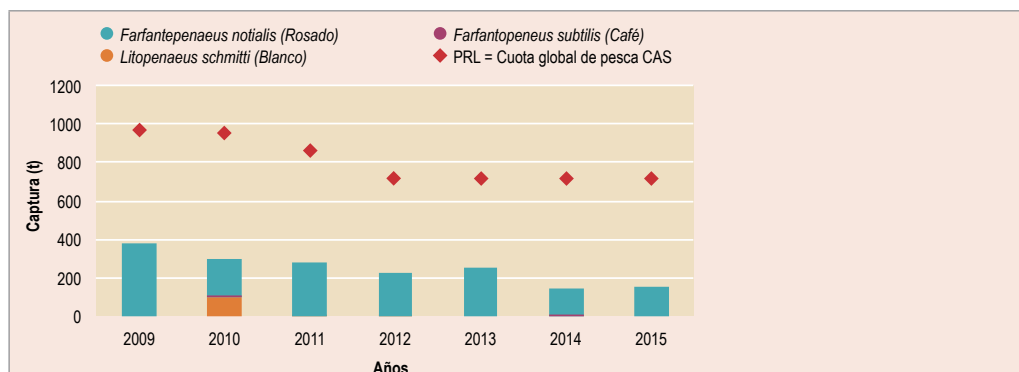


Figura 35. Variación interanual de la captura objetivo en la pesquería de camarón del Caribe y su relación con la cuota global de pesca anual (punto de referencia límite; PRL).

Interpretación de los resultados

En 2015, la pesquería de CAS en el Pacífico colombiano presentó un desembarco de 155.8 t de captura objetivo (CO), valor 22.8% menor que la captura en 2014 y correspondiente al 18.7% de la cuota global de pesca (834 t) establecida por la autoridad pesquera (Figura 34). El camarón blanco fue el principal producto de la CO (*Litopenaeus occidentalis*-*L. stylirostris* con 57.4%), el camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) representó el 39.5%, seguido del pink (*Farfantepenaeus brevisrostris* con 2.5%) y, en menor porcentaje el chocolate (*F. californiensis*) y el tigre (*Trachypenaeus* spp.) con 0.3%. La captura de CAP fue de 369.7 t, muy cercana a la estimada para el año inmediatamente anterior (0.8% menor) y correspondió al 49.3% de la cuota global de pesca (750 t) asignada para 2015. Esta pesquería mantiene la tendencia de captura en camarón pink que representó el 98.2% de la captura total, mientras que el camarón coliflor (*Solenocera agassizi*) solo alcanzó el 1.7% (Figura 34). Los niveles de aprovechamiento de esta pesquería se encuentran por debajo del nivel de sostenibilidad lo que indica menor riesgo de sobreexplotación.

La captura del CAS en el Caribe en 2015 fue de 149.4 t, similar a la obtenida en 2014 (147.7 t) y, representó el 21.0% de la cuota de pesca establecida en 2015 (711 t) (Figura 35). Los desembarcos industriales de camarón se llevan a cabo en dos puertos del Caribe: Tolú y Cartagena. La especie más representativa fue el camarón rosado (*F. notialis*), recurso que no presenta señales consistentes de recuperación, luego de alcanzar un estado de agotamiento (Páramo *et al.*, 2006; Manjarrés *et al.*, 2008; Páramo y Saint-Paul, 2010).

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

Es necesario que este indicador sea analizado junto a otras variables o indicadores para fines de manejo pesquero (cuotas globales de captura, tallas mínimas y niveles de esfuerzo óptimos). Al ser analizados, se denota que la producción pesquera industrial ha tenido un descenso en 2015 para la pesquería del CAS principalmente; mientras que la pesca del CAP ha mantenido su nivel de producción respecto al año anterior.

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 2015 para el Pacífico.
- 2010 a diciembre de 2015 para el Caribe.

Reporte o cálculo del indicador

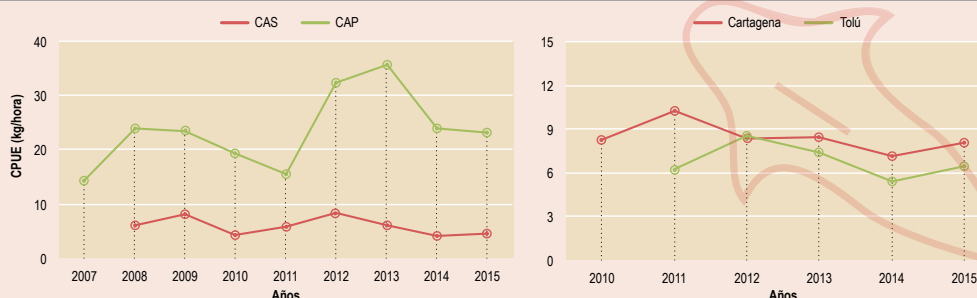


Figura 36. Variación interanual de la captura por unidad de esfuerzo (kg/h) estimada en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y Caribe (B) colombiano.

Interpretación de los resultados

La abundancia relativa del CAS en el Pacífico durante 2015 fue de 4.6 kg/h y presentó un leve aumento respecto al año anterior (4.1 kg/h), aunque la tendencia mostrada es decreciente (Figura 36A). En esta pesquería se ejerce una presión secuencial de pesca industrial y artesanal sobre el camarón blanco, lo que ha llevado al estado actual de sobreexplotación del recurso. El CAP del Pacífico, mostró que la abundancia relativa de este recurso sigue en descenso, luego de haber presentado una recuperación en los años 2012 y 2013 (32 y 35 kg/h, respectivamente) (Figura 36A), lo que sitúa al recurso entre una etapa de aprovechamiento de moderada a plena, por lo que se requiere iniciar una etapa de regulación de la pesquería.

En el Caribe, la abundancia relativa del CAS a 2015 para el puerto de Cartagena (8.1 kg/h) presentó un incremento del 11.3% con respecto al año anterior, pero ubicándose entre los niveles más bajos de abundancia en los últimos 5 años (entre 7.1 y 10.2 kg/h) (Figura 36B). La abundancia relativa del CAS desembarcado en el puerto del municipio de Tolú (6.4 kg/h) presentó una tendencia similar a la del puerto de Cartagena, con un leve incremento con respecto al año anterior, aunque con bajo nivel de abundancia respecto a los últimos años (Figura 36B). Esta situación demuestra que el camarón rosado aún no muestra signos de recuperación.

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

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

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2004 a diciembre de 2015 para el Pacífico.
- 2010 a diciembre de 2015 para el Caribe.

Reporte o cálculo del indicador

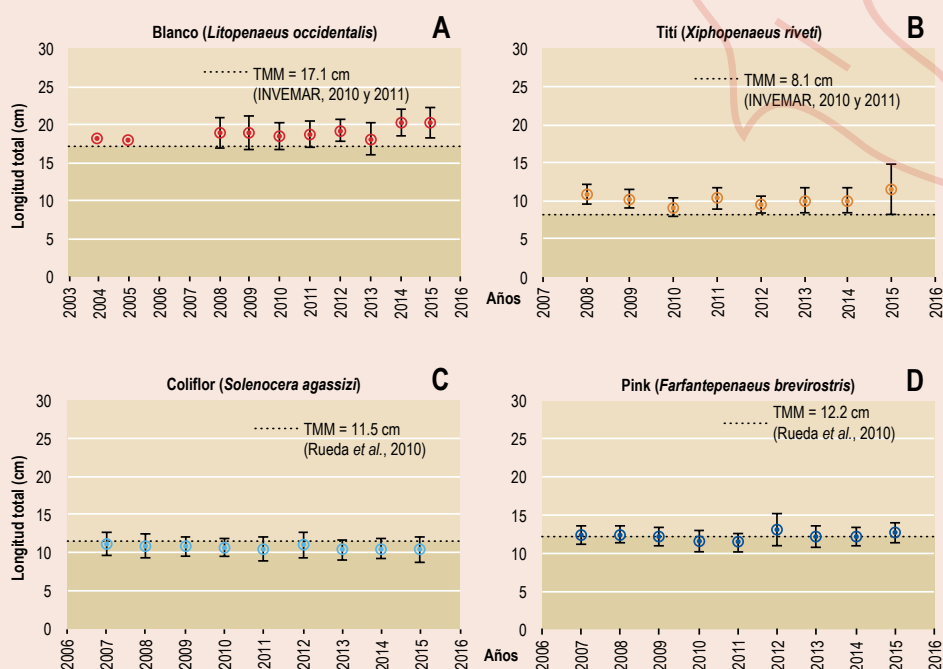


Figura 37. Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).

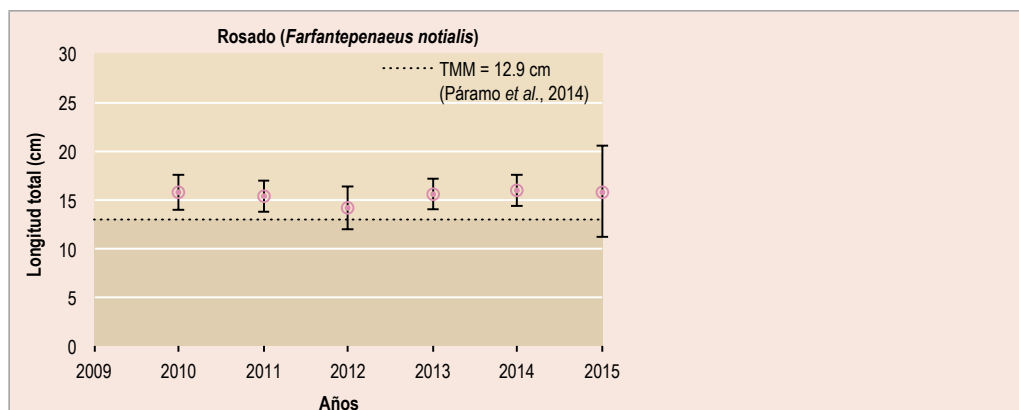


Figura 38. Variación interanual de la talla media de captura (TMC) de las hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus notialis*, principal especie en la pesquería de CAS del Caribe colombiano con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).

Interpretación de los resultados

El camarón coliflor *S. agassizi* mostró un riesgo moderado de sobrepesca por reclutamiento, dado que la TMC calculada (10.42 cm) está por debajo de la TMM (11.5 cm; Rueda *et al.*, 2010) (Figura 37C). El camarón pink *F. brevirostris*, presenta también un riesgo moderado de sobrepesca ya que la TMC calculada (12.69 cm) es muy cercana al PRL (12.2 cm; Rueda *et al.*, 2010) (Figura 37D). Las demás especies camarón blanco *L. occidentalis* y tití *X. riveti* para el Pacífico y camarón rosado *F. notialis* para el Caribe (Figura 37A-B y Figura 38, respectivamente), presentaron valores de TMC por encima de la TMM ((INVEMAR, 2010, 2011; Páramo *et al.*, 2014), condición favorable en la explotación del recurso, ya que garantiza la renovación natural de la población permitiendo el desove de al menos un 50% de las hembras (García y Le Reste, 1986).

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

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

Definición e importancia del indicador

La fauna acompañante de una pesquería está compuesta por los recursos que no son el objetivo de la actividad, pero que 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 INVERMAR - SIPEIN, alimentado con apoyo de las empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolu.

Periodo reportado

- 2005 a diciembre de 2015 para el Pacífico.
- 2010 a diciembre de 2015 para el Caribe.

Reporte o cálculo del indicador

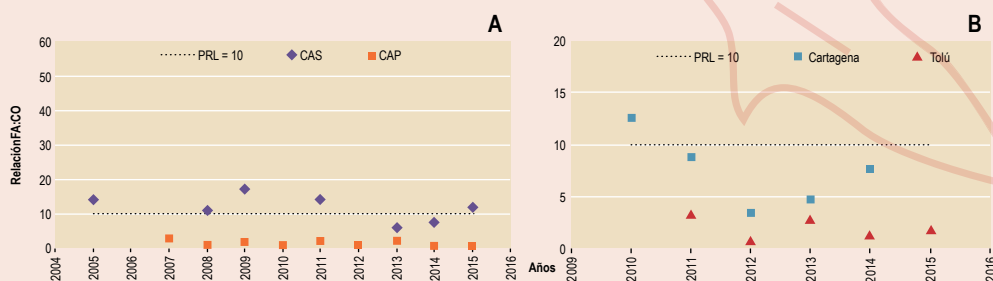


Figura 39. Variación interanual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y el Caribe colombiano (B).

Interpretación de los resultados

En la pesquería del CAS en el Pacífico colombiano la relación FA/CO para el 2015 fue de 11.9, muy superior a la del año anterior (7.4) y, por encima del PRL establecido en 10, lo que muestra un mayor impacto sobre la biodiversidad (Figura 39A). Dentro de la fauna acompañante, la captura incidental CI, que es aquella colectada por la tripulación para fines de comercialización, se ha convertido en una parte importante para cubrir los costos de operación de la flota. Otro factor importante que hay que resalta es que las capturas de especies que no son objetivo de la pesquería y que en su mayoría son descartadas, es que estos organismos son juveniles que en su fase adulta son base para las pesquerías artesanales costeras (Seijo *et al.*, 1998), por lo que ya se cuenta con iniciativas para disminuir esta fracción de la captura de la pesca de arrastre. En la pesca del CAP, la relación FA/CO fue de 0.7, cercana a la reportada para el año anterior (0.5) mostrando que es bajo el impacto de esta pesquería sobre la biodiversidad asociada, en comparación con la pesca de CAS (Figura 39A).

En el Caribe, la relación FA/CO del CAS en 2015 solo se calculó para la flota con puerto base en Tolu (1.9) aumentando levemente con respecto a 2014 (1.3), aunque con tendencia de valores muy por debajo del punto de referencia establecido (Figura 38B). A pesar de ser un valor bajo, esta pesquería ha mantenido los mismos niveles de esta tasa durante la serie evaluada, incluso inferiores a los reportados (tasa hasta de 4) para la zona del Golfo de Morrosquillo (Herazo-C. *et al.*, 2006), área donde opera esta flota.

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

Para todas las flotas de pesca industrial por arrastre en Colombia, se recomienda implementar el uso obligatorio de dispositivos reductores de fauna acompañante para peces y excluidor de tortugas (Rueda *et al.*, 2006; Girón *et al.*, 2010; Manjarrés *et al.*, 2008). Lo anterior como medida para reducir el impacto sobre la biodiversidad, promoviendo una pesca limpia y responsable en las pesquerías de camarón.

INDICADOR DE FRACCIÓN 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

- 2015.

Reporte o cálculo del indicador

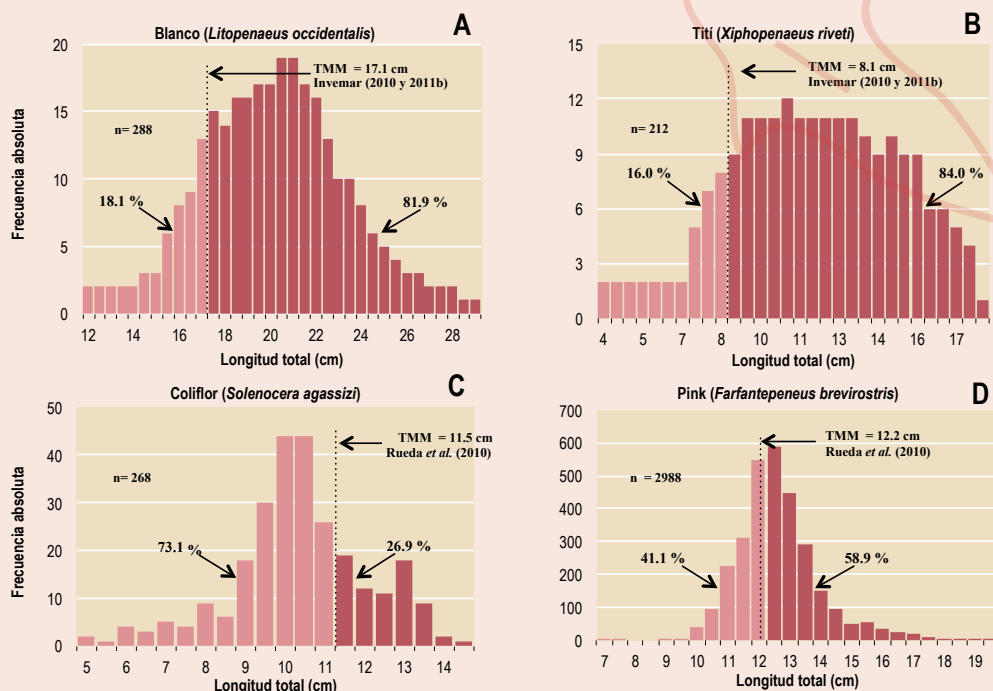


Figura 40. Estructura de tallas para las hembras de las principales especies objetivo en las pesquerías de CAS (A y B) y de CAP (C y D) del Pacífico colombiano durante 2015, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).

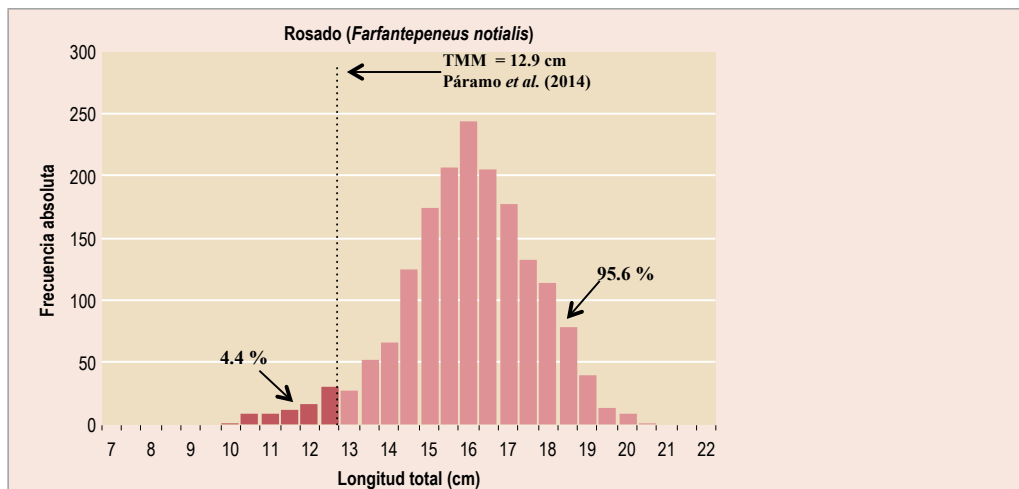


Figura 41. Estructura de tallas para las hembras de la principal especie objetivo en la pesquería de CAS del Caribe colombiano durante 2015, indicando la fracción juvenil y adulta de las capturas y el valor de la talla media de madurez (TMM).

Interpretación de los resultados

Las hembras muestreadas del CAS fueron en su mayoría maduras, con un 81.9% para el camarón blanco, 84.0% camarón tití en el Pacífico y 95.6% para el camarón rosado en el Caribe, indicando poca presión de pesca sobre la estructura poblacional de estos recursos (Figura 40A-B; Figura 41). Por otro lado, la proporción de hembras maduras de CAP fue de 58.9% para el camarón pink (Figura 40D) y 26.9% en camarón coliflor (Figura 40C). Para esta última especie, la alta frecuencia de individuos capturados por debajo de la TMM, demuestran una alta presión de pesca sobre la población juvenil que implica riesgo de sobrepesca por reclutamiento.

Limitaciones del indicador

Debido a que este indicador es calculado a partir de seguimiento a bordo de la flota, es importante que las muestras represente la distribución de la población, algo que el caso del Caribe no es así, por la baja actividad de la flota, sobre todo en la parte norte, donde escasamente opera una embarcación y por cuestiones de logística ha sido imposible realizar el muestreo. Así mismo, es determinante la precisión de la estimación de la TMM que se usa como PRL.

Recomendaciones y alternativas de manejo

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



INDICADOR DE RENTABILIDAD ECONÓMICA: PESCA INDUSTRIAL NACIONAL DE CAMARÓN

Definición e importancia del indicador

Son las ganancias generadas por unidad de pesca una vez del ingreso bruto producto de la pesca, se ha 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 2015 para el Pacífico.
- 2009 a 2015 para el Caribe

Reporte o cálculo del indicador

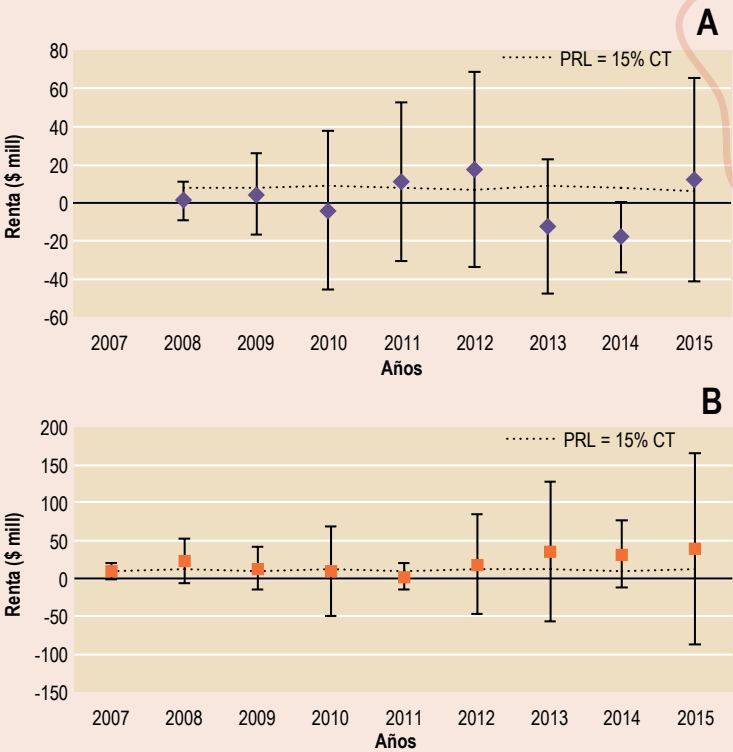


Figura 42. Variación interanual de la renta promedio por faena ($\pm$ DE) en las pesquerías de CAS (A) y CAP (B) en el Pacífico colombiano. CT = Costos totales. (- - PRL = 15%CT).

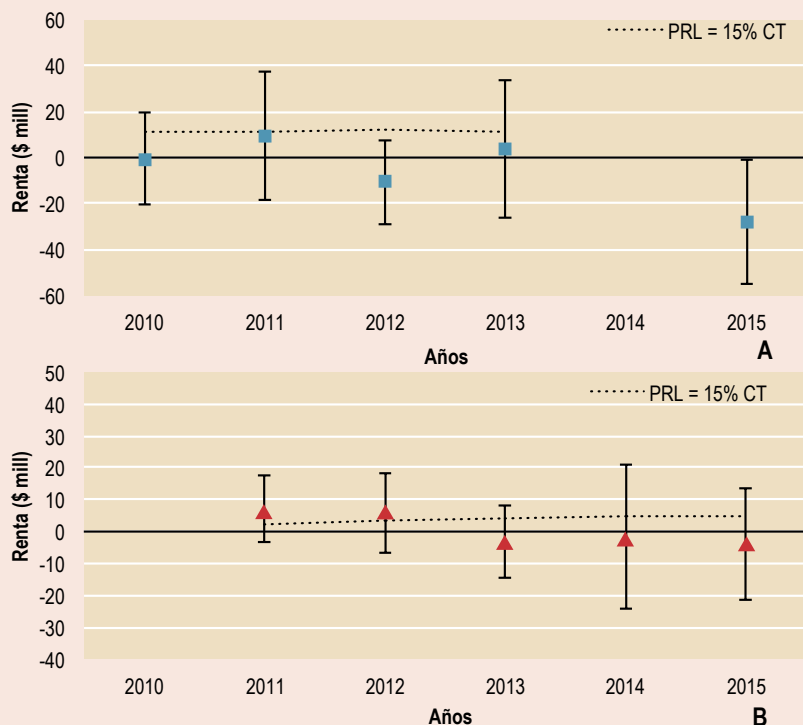


Figura 43. Variación interanual de la renta promedio por faena ($\pm$ DE) en las pesquerías de CAS del Caribe colombiano, con puerto de desembarco Cartagena (A) y Tolu (B). CT = Costos totales. (--- PRL = 15%CT).

Interpretación de los resultados

Se estableció arbitrariamente como PRL que la renta correspondiera al 15% de los costos totales promedio de una faena. Para la pesquería del CAS en el Pacífico, la renta promedio fue de (\$12.0 millones $\pm$ DE 53.2 millones), mostrando que se superó el PRL (\$6.1 millones) presentando un escenario de ganancias de la actividad (Figura 42A). 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 alcanzar un margen de utilidad, lo que viene generando un impacto negativo sobre la biodiversidad marina asociada. Para la pesquería del CAP la renta económica fue de \$38.9 $\pm$ DE 127.2 millones, encontrándose por encima del PRL (\$11.9 millones), indicando buen desempeño económico en los últimos 4 años (Figura 42B). Los ingresos para esta flota provienen en su mayoría de la captura objetivo (\$117.7 $\pm$ DE 116.4 millones), por lo que el aumento en la renta es reflejo del incremento en la captura del camarón. Para la flota de CAS con puerto base en Cartagena, la renta promedio fue de -\$27.8 millones $\pm$ DE 27.3 millones, estando por debajo del PRL (\$12.6 millones), mostrando en general un escenario de pérdidas en 2015 (Figura 43A). Para la flota de CAS con puerto base en Tolu, la renta promedio fue de -\$4.0 millones $\pm$ DE 17.5 millones y por debajo del PRL (\$5.0 millones), mostrando la obtención de pérdidas (Figura 43B).

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

▼ Desarrollo de acuicultura marina

Colombia es un país altamente favorecido para el desarrollo de la acuicultura marina, debido a su riqueza en especies, su ubicación geográfica estratégica con gran variedad de climas permanentes, excelentes recursos hídricos en costas, extensas áreas de ciénagas que en conjunto ofrecen condiciones ecológicas aptas para el fomento e instauración de cultivos de especies de vida acuática. No obstante, la principal actividad de cultivo en el mar sigue siendo el camarón, mientras que demás cultivos como el de peces (pargos, sábalo, pámpano, mero guasa y mojarra rayada) siguen en un estado de experimentación. La cobia que pareció ser una especie promisoría por su alto valor y rendimiento, pasó de una producción de 112 toneladas (t) en el 2011 a cero en 2013, sin conocer aún los motivos que llevaron al cese de este cultivo. De otro lado, los bivalvos (pectínidos) continúan en una fase de aumentar la producción de obtención de semilla en laboratorio, para incrementar la producción en campo.

La Acuicultura en Colombia sigue representada por la producción de piscicultura (tilapia, cachama y trucha) y camarón de cultivo; la cual ha tenido un desarrollo importante durante los últimos años, con una producción estimada cercana a las 103198 t para el año 2015. La producción nacional de camarón se estimó a abril de 2015 en 1046.7 t/año, principalmente en la costa Atlántica con 720.5 t/año.

El cultivo de camarón ha sido una de las principales actividades acuícolas de Colombia. Desde sus inicios a finales de la década de 1980, su producción se orientó hacia la exportación y logró un importante posicionamiento en mercados como el español, el francés y el británico. Desafortunadamente, en los últimos seis años, el sector ha enfrentado dificultades relacionadas con la caída de los precios internacionales, el incremento de la tasa de cambio del dólar, el costo alto del alimento balanceado y los atributos de calidad e inocuidad del producto, que han hecho del mercado una actividad más incierta.

INDICADOR DE ESFUERZO DE LA ACUICULTURA MARINA**Definición e importancia del indicador**

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 1995-2015 (último periodo anual: enero - abril de 2015).

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

Reporte o cálculo del indicador

Tabla 14. Área instalada, área activa y producción para el cultivo de camarón *P. vannamei* por departamento.

COSTA	CARIBE					PACÍFICA	TOTAL
Departamento	Atlántico	Bolívar	Córdoba	La Guajira	Sucre	Nariño	
Área instalada (ha)							
2009	168.0	1682.0	432.0	100.0	793.0	*	3175.0
2010	163.0	1532.0	405.0	100.0	793.0	*	2993.0
2011	163.0	1532.0	405.0	100.0	793.0	1545.0	4538.0
2012	*	*	*	*	*	*	*
2013	*	*	*	*	*	*	*
2014	*	*	*	*	*	*	*
2015	*	*	*	*	*	*	*
TOTAL	494.0	4746.0	1242.0	300.0	2379.0	1545.0	10706.0
Área activa (ha)							
2009	127.0	1264.0	45.0	11.0	793.0	*	2240.0
2010	126.0	1052.0	0.0	0.7	793.0	*	1971.7
2011	126.0	1052.0	0.0	0.5	793.0	271.0	2242.5
2012	*	*	*	*	*	*	*
2013	*	*	*	*	*	*	*
2014	*	*	*	*	*	*	420.0
2015	*	*	*	*	*	*	*
TOTAL	379.0	3368.0	45.0	12.2	2379.0	271.0	6874.2

COSTA	CARIBE					PACÍFICA	TOTAL
Departamento	Atlántico	Bolívar	Córdoba	La Guajira	Sucre	Nariño	
Producción (t/año)							
2009	114.0	4843.0	302.0	274.0	11591.0	260.0	17384.0
2010	30.0	5500.0	63.0	87.0	6655.0	241.0	12576.0
2011	41.0	2522.0	0.0	0.0	5564.0	346.0	8473.0
2012	0.0	3195.8	0.0	*	*	369.5	3565.3
2013	79.0	2002.4	0.0	*	460.0	420.6	2962.0
2014	68.0	2245.4	0.0	*	*	354.0	2667.4
2015	41.2	720.5	0.0	*	*	285.0	1046.7
TOTAL	373.2	21029.2	365.0	361.0	24270.0	2276.1	48674.5

* No se tiene registro; ha: hectárea; t: tonelada.

Interpretación de los resultados
Entre 2009 y abril del 2015, la producción de camarón de cultivo ha disminuido de 17384 a 1046 t que corresponde a una tasa de reducción de un 94%. Las principales razones que siguen incidiendo en este comportamiento se relacionan a los costos elevados de producción, la caída de los precios internacionales y exceso de oferta debido a que los productores asiáticos a partir del año 2000 incursionaron en el cultivo de la especie <i>L. vannamei</i> . También la revaluación del dólar frente al peso colombiano, y el aumento del costo del alimento balanceado han contribuido a esta caída del sector camaronicultor (Tabla 14).
Limitaciones del indicador
La incertidumbre implícita en los datos obtenidos de la fuente.
Recomendaciones y alternativas de manejo
Ajustes para reducir los costos de producción, que las empresas adopten directrices corporativas y sistemas de prueba y control para garantizar altos estándares de responsabilidad social en todas las etapas de la cadena de valor. Implementación de medidas de uso sostenible de recursos para disminuir el uso de energía, agua y otros materiales para producir camarón, por ejemplo de tipo orgánico.

INDICADOR ANUAL DE LA ACUICULTURA MARINA NACIONAL

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- Camarón de cultivo: 1995-2015 (último periodo anual hasta abril de 2015).

Reporte o cálculo del indicador

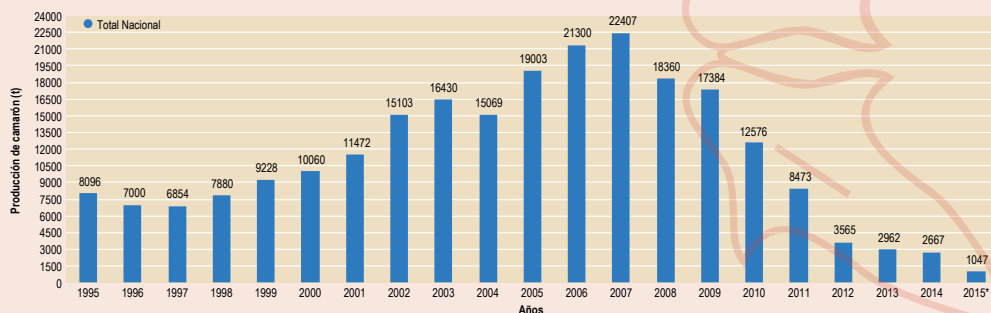


Figura 44. Producción anual de cultivo del camarón *L. vannamei* en Colombia. *En 2015 solo se reportan datos entre los meses enero y abril.

Interpretación de los resultados

Entre 2007 (año de mayor producción) y junio de 2014, la producción de camarón de cultivo ha disminuido de 22407 t a 1263 t que corresponde a una tasa de reducción del 94% (Figura 44).

Limitaciones del indicador

La incertidumbre implícita en los datos obtenidos de la fuente.

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

▼ Fuentes terrestres de contaminación al mar

El crecimiento de los asentamientos humanos y las actividades socioeconómicas que se desarrollan en tierra y en el mar, producen diversos residuos contaminantes que se consideran fuentes de contaminación de la franja costera, debido a que pueden afectar los ecosistemas marinos y costeros, causando alteración y destrucción del hábitat, eutrofización, cambios en el flujo de sedimentos y en el ciclo de vida de algunos organismos marinos, disminución de las poblaciones de peces y efectos en la salud humana (Escobar, 2002; Garay *et al.*, 2004). Las principales fuentes fijas (vertidos directos a los cuerpos de agua receptoras y el sitio de vertimiento es fácilmente distinguible) de contaminación corresponden a las plantas industriales, desechos municipales y sitios de extracción, explotación y excavación como la minería; mientras que las fuentes difusas (sus descargas, no tienen un punto directo de entrada a los cuerpos de agua receptoras) más evidentes corresponden a la actividad forestal intensiva y la agricultura, por el uso de plaguicidas e insumos agrícolas, así como el aporte de restos de vegetales y animales.

En los departamentos costeros de Colombia se desarrollan múltiples actividades, que se han identificado por la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM como fuentes puntuales o difusas de contaminación (Tabla 15), en las que se destacan los vertimientos de aguas residuales domésticas, residuos sólidos, actividad portuaria, minería y la industria.

Tabla 15. Inventario Nacional de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación, y contaminantes que afectan la calidad del agua en Colombia. Fuentes de información: CAR costeras, INVEMAR y Superservicios, 2014a

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

Departamento	Fuentes, actividades humanas y tributarios	Residuos y contaminantes
Magdalena	Cuatro municipios costeros (Santa Marta, Ciénaga, Sitionuevo, Pueblo Viejo). Aguas residuales domésticas, emisario submarino, residuos sólidos, rellenos sanitarios, botadero a cielo abierto, actividad marítima y portuaria, transporte terrestre de carbón, cargue y transporte marítimo de carbón en el corredor Ciénaga - Santa Marta, transporte y manejo de hidrocarburos, agricultura (banano, palma de aceite, entre otros), actividad turística y hotelera, nueve ríos principales (Don Diego, Buritaca, Guachaca, Piedras, Mendihaica, Manzanares, Gaira, Toribio y Córdoba).	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, residuos de carbón, hidrocarburos, grasas y aceites, aguas de sentinas, agroquímicos, lixiviados, sólidos disueltos y suspendidos, y microorganismos.
Atlántico	Cinco municipios costeros (Barranquilla, Puerto Colombia, Juan de Acosta, Soledad y Tubará). Aguas residuales, residuos sólidos, rellenos sanitarios, puertos fluviales y marítimos multipropósito y de carbón, industrias metalúrgicas, químicas, farmacéuticas, cementeras, curtiembres, agroquímicos, procesadoras de alimentos y bebidas y textiles; agricultura y descargas del río Magdalena.	Aguas residuales domésticas e industrial, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos e industrial, lixiviados, residuos de carbón, hidrocarburos, grasas y aceites, agroquímicos, sólidos disueltos y suspendidos, y microorganismos.
Bolívar	Dos municipios costeros (Cartagena y Santa Catalina). Aguas residuales domésticas, emisarios de emergencia, residuos sólidos, rellenos sanitarios, sector industrial de Mamonal y zona comercial de El Bosque, actividad marítima y portuaria, manejo de hidrocarburos, refinación y descarga del Canal del Dique.	Aguas residuales domésticas e industrial, materia orgánica, residuos sólidos, lixiviados, hidrocarburos, aceites y grasas, metales pesados, desechos industriales y microorganismos.
Sucre	Tres municipios costeros (Tolú, Coveñas y San Onofre). Aguas residuales, rellenos sanitarios, actividad agropecuaria (arroz; pastos, coco y ganadería), madereras, industrias pesqueras, camaroneras y zoológicos, actividad portuaria, terminal marítimo de Ecopetrol, zona de cargue de cemento y klinker, manejo y transporte de hidrocarburos, mataderos, estaciones de servicio y aportes por corrientes naturales (Arroyos Pechelín, Villeros, Ciénaga la Caimanera, Caño Guainí, Zaragocilla, Guacamaya, Alegría).	Agua residual, materia orgánica, sólidos en suspensión, agroquímicos, residuos sólidos, lixiviados, microorganismos, aguas de sentina, hidrocarburos, aceites y residuos oleosos, residuos de carbón, Klinker y metales pesados.
Córdoba	Cinco municipios costeros (Los Córdoba, Moñitos San Antero, San Bernardo del Viento y Puerto Escondido). Aguas residuales, pozos sépticos, rellenos sanitarios, agricultura (arroz) y ganadería intensiva, turismo, residuos sólidos y aportes de seis ríos (Sinú, Broqueles, Cedro, Mangle, Canaletes y Córdoba).	Aguas residuales, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, lixiviados, agroquímicos, sólidos disueltos y suspendidos, y microorganismos.

Departamento	Fuentes, actividades humanas y tributarios	Residuos y contaminantes
Antioquia	Cuatro municipios costeros (Arboletes, San Juan de Urabá, Turbo y Necoclí). Aguas residuales domésticas, residuos sólidos, relleno sanitario, actividad portuaria en Turbo, cultivo de banano, minería de oro y aportes por corrientes naturales (ríos Arbolete, Hobo, San Juan, Damaquiel, Mulatos, Necoclí, Bobal, Caimán Nuevo y Viejo, Turbo, Guadualito, Currulao, León, Zuriqui y Atrato).	Aguas residuales, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, lixiviados, agroquímicos, sólidos suspendidos, microorganismos, mercurio, grasas y aceites e hidrocarburos.
Chocó	Siete municipios costeros (Acandí y Ungía, en el Caribe; Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó y San Juan en el Pacífico). Aguas residuales, residuos sólidos, botaderos a cielo abierto, transporte de pequeñas embarcaciones a motor, estaciones de servicio, minería de oro, industria maderera y aportes de 28 ríos entre los que se destaca Acandí, Jella, Valle, Nuquí y San Juan.	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, residuos sólidos, microorganismos, hidrocarburos, alquitranes para la inmunización de la madera, mercurio y agroquímicos.
Valle del Cauca	Un municipio costero (Buenaventura). Aguas residuales, residuos sólidos, actividad marítima y portuaria intensiva, muelle petrolero, manejo y transporte de hidrocarburos y derivados del petróleo, industria maderera y pesquera, lixiviados, turismo en La Bocana, Juanchaco y Ladrilleros, pequeños cultivos de pancoger, chontaduro y coco (Dagua), y aportes de los ríos San Juan, Naya, Anchicayá, Potedó, Raposo y Dagua.	Aguas residuales, materia orgánica, nutrientes, microorganismos, residuos sólidos, desechos del procesamiento de productos pesqueros, agroquímicos, hidrocarburos, metales pesados, residuos oleosos, aguas de sentinas y <i>slops</i> .
Cauca	Tres municipios costeros (López de Micay, Timbiquí y Guapi). Aguas residuales domésticas, residuos sólidos, relleno sanitario, botaderos a cielo abierto, minería de oro, agricultura, aserrios, cocoteras, trapiches artesanales, almacenamiento y expendio de combustible y aportes de los ríos Timbiquí, Bubuey, Micay, Saija, Guajui y Guapi.	Aguas residuales domésticas, materia orgánica, nutrientes, sólidos suspendidos, microorganismos, residuos sólidos, lixiviados, aceites y grasas, hidrocarburos, metales, agroquímicos y residuos de madera.
Nariño	Siete municipios costeros (El Charco, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Santa Bárbara, Francisco Pizarro y San Andrés de Tumaco). Aguas residuales domésticas, residuos sólidos, botaderos a cielo abierto, minería, agricultura (palma aceitera, coco), ganadería, transformación madera, industria pesquera, mataderos, camaronerías, actividad marítima y portuaria, transporte de petróleo. Aportes de los ríos Mira, Mejicano, Chagüí, Rosario, Iscuandé, Patía, Sanquianga, Tapaje, Mataje y La Tola).	Residuos líquidos y sólidos, materia orgánica, sólidos en suspensión, microorganismos, nutrientes, hidrocarburos, aguas de sentinas, agroquímicos, aceites y grasas, y residuos de madera.

▼ Residuos de la población costera

La población costera es una fuente importante de contaminantes, debido a su crecimiento acelerado y aumento en la producción de residuos líquidos y sólidos que provienen de las actividades domésticas, comerciales e industriales que desarrollan (Garay *et al.*, 2004; Vivas-Aguas *et al.*, 2015). Los residuos generados por la población pueden deteriorar la calidad del agua y afectar los ecosistemas acuáticos marinos y costeros en diferentes escalas, dependiendo de los sistemas de saneamiento ambiental utilizados y la disposición final de los residuos.

Los municipios se clasifican en cuatro niveles de complejidad en el sistema de saneamiento básico y agua potable, dependiendo del número de habitantes en la zona urbana y su capacidad económica (Tabla 16), conforme a lo establecido en el reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico de Colombia (Mindsarrollo, 2000a). Del nivel de complejidad depende el valor de la dotación neta, la cual corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante (MinDesarrollo, 2000b); cuando el nivel de complejidad es alto, mayor es la dotación neta, y con la dotación neta a su vez se calcula de manera indirecta la producción de aguas residuales domésticas de la población (UNEP-RCU/CEP, 2010a).

Tabla 16. Asignación del nivel de complejidad de un municipio de acuerdo al número de habitantes y capacidad económica para los sistemas de saneamiento básico y agua potable. Tomado de (Mindsarrollo, 2000a).

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio-alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

En Colombia la población costera al año 2015 se estimó en 5'608186 habitantes, distribuidos en los 47 municipios costeros del Caribe y del Pacífico (DANE, 2015). En el Caribe la población costera alcanzó los 4'756528 habitantes, asentados en 31 municipios con niveles de complejidad medio, medio-alto y alto, representando el 85% del total nacional (Figura 45). Los municipios con mayor población y nivel de complejidad corresponden en su mayoría a las principales ciudades capitales como Barranquilla (1218475 hab.), Cartagena (1001755 hab.), Santa Marta (483865 hab.) y Riohacha (259492 hab.), y municipios con alto desarrollo industrial como Soledad (615492 hab.) en el Atlántico, que es la segunda ciudad más poblada después de Barranquilla.

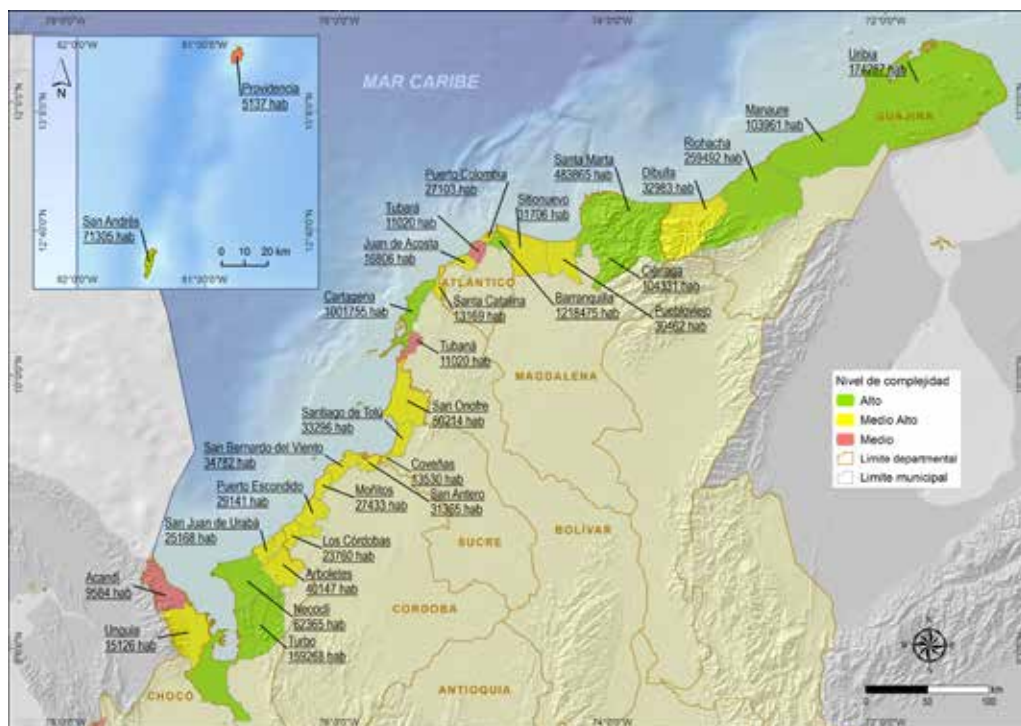


Figura 45. Población costera tributaria y niveles de complejidad de los municipios costeros del Caribe colombiano.

En el litoral Pacífico, el tamaño de la población costera es de 851658 habitantes que representan el 15% del total nacional, y se encuentran distribuidos en 16 municipios costeros con niveles de complejidad medio, medio-alto y alto (Figura 46). La mayoría de estos municipios presentaron niveles de complejidad medio y medio-alto con poblaciones que oscilan entre 3319 y 36856 habitantes, a excepción de los municipios de Buenaventura en el departamento del Valle del Cauca (399764 hab.) y San Andrés de Tumaco en Nariño (199659 hab.) que presentaron niveles de complejidad alto y en donde se desarrollan las actividades comerciales, agrícolas y portuarias más importantes del Pacífico colombiano.

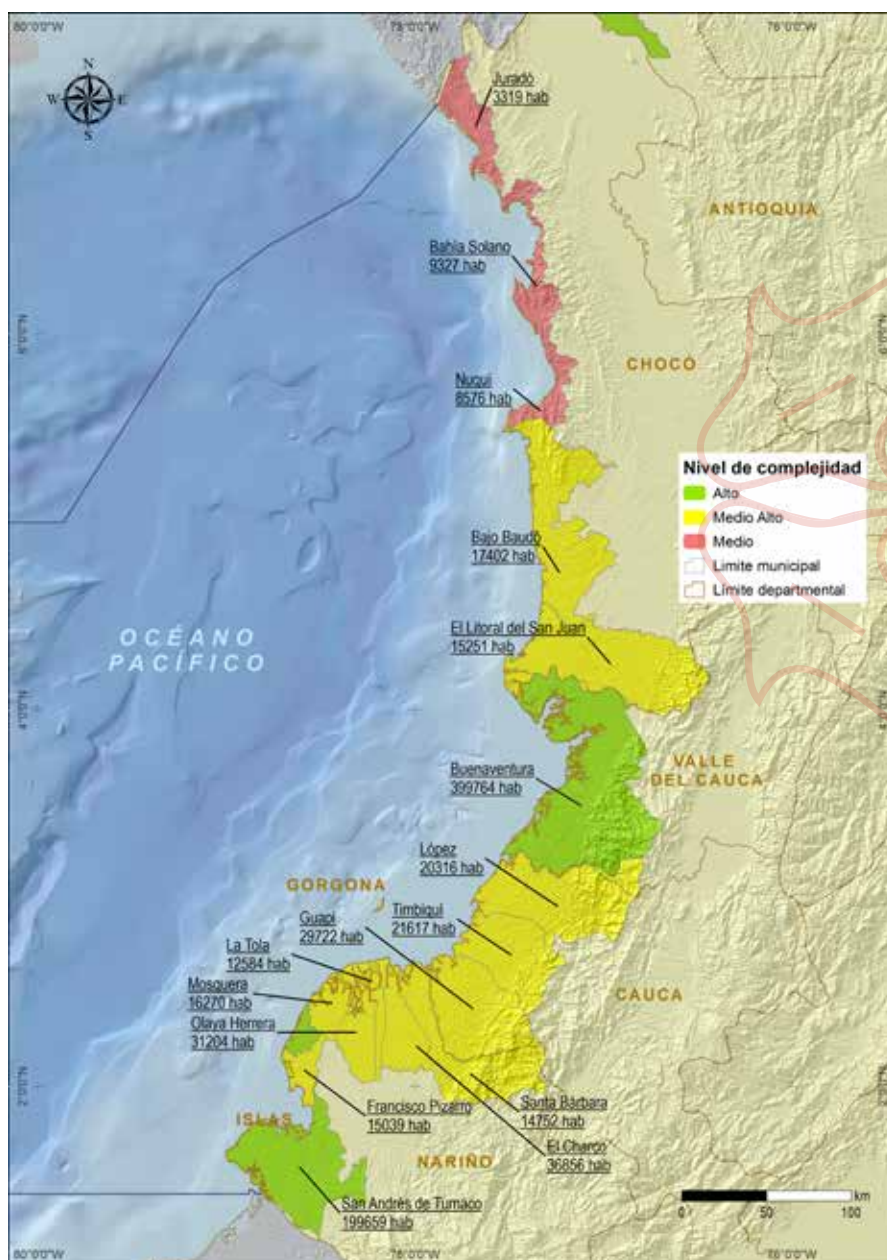


Figura 46. Población tributaria costera y nivel de complejidad de los municipios costeros del Pacífico colombiano.

Saneamiento básico

Los residuos municipales sólidos y líquidos pueden ocasionar impactos negativos sobre el recurso hídrico si no son tratados adecuadamente antes de su disposición final, por lo cual es necesario que esta problemática sea abordada con acciones técnicas. En la mayoría de los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombianos, la cobertura de los servicios de aseo, alcantarillado, los sistemas de tratamiento existentes y el tipo de disposición final utilizados, mostraron un alto déficit y en algunos municipios es inexistente (Tabla 17). Entre los mecanismos de disposición final de residuos sólidos se utilizan los rellenos sanitarios, celdas de contingencia, celdas transitorias, botaderos a cielo abierto y cuerpos de agua naturales.

Según Superservicios, (2014a) la producción de residuos sólidos en los municipios costeros (Tabla 17) alcanzó las 3676 toneladas por días (t/día), de las cuales el 92% se produjo en la región Caribe y el 8% en el Pacífico (Superservicios, 2014a). Los municipios de Barranquilla (1288.97 t/día), Cartagena (911.32 t/día), Santa Marta (454.74 t/día) y Soledad (266.16 t/día) fueron los mayores generadores de residuos sólidos en el Caribe, como consecuencia del número de habitantes. Estos municipios utilizan rellenos sanitarios para la disposición final. En el Pacífico los mayores generadores fueron los municipios de Buenaventura (191.88 t/día) y Tumaco (69.39 t/día) cuya disposición final transcurre en celdas transitorias. Cabe resaltar la situación de muchos municipios costeros del Pacífico y Caribe, donde no existe servicio de recolección por lo tanto, se utiliza la quema, botaderos improvisados y los cuerpos de agua para la disposición final de estos residuos sólidos (Superservicios, 2014a), afectando de manera directa la salud de los pobladores y la calidad ambiental del suelo, el agua y sus ecosistemas asociados.

El servicio de alcantarillado en las zonas costeras de Colombia generalmente tiene baja cobertura y sólo el 43% de los municipios cuentan con algún sistema de tratamiento de aguas residuales (Tabla 17), de los cuales el 36% tienen lagunas de oxidación (16) y reactor UASB (1) que ofrecen un tratamiento secundario basados en procesos biológicos aerobios para degradar desechos orgánicos (Superservicios, 2014b). Los emisarios submarinos de Santa Marta, Cartagena y San Andrés son considerados equivocadamente como un tratamiento secundario ya que estos sólo ofrecen un tratamiento preliminar basado en procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasa, en donde se retiene la carga contaminante en condición sólida, por tanto estos emisarios actúan como tuberías instaladas sobre el lecho marino para transportar las aguas residuales domésticas hasta una profundidad y distancia de la costa predefinida (Mindesarrollo, 2000), sin tener en cuenta que previo al vertimiento, de los emisarios submarinos debe operar una planta de tratamiento de aguas residuales que garantice una eficiente remoción de la DBO_5 como mínimo del 60%. El resto de municipios vierte sus residuos directamente a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. Cabe resaltar que los altos costos de inversión, operación y mantenimiento de los STAR, representa un serio obstáculo para su implementación a pesar de los avances en los Planes Departamentales de Agua y Saneamiento Básico (PDAS) que se vienen adelantando y que buscan en el corto, mediano y largo plazo la armonización integral de los recursos y la implementación de esquemas regionales de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y saneamiento básico³ (SSPD, 2009; UNEP-RCU/CEP, 2010a).

3 <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/programas/planes-departamentales-de-agua>

Tabla 17. Resumen del saneamiento básico en términos de producción y disposición final de residuos sólidos y cobertura y tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombianos. Fuente: CRA y OMAU, 2006; Consejo municipal de Los Córdoba, 2008; Consejo municipal de Puerto Escondido, 2008; Vivas-Aguas *et al.*, 2010; INVEMAR y MADS, 2011; Consejo municipal de Canaletes, 2012; Consejo municipal de San Antero, 2012; SUI, 2012; CORPOGUA-JIRA, 2012; CORPOURABÁ, 2012; CORPAMAG, 2012; CARSUCRE, 2012; CVS, 2012; Supersevisios, 2014a, Superservicios 2014b.

Municipio	Cobertura Aseo (%)	Residuos sólidos		Alcantarillado		
		Producción (t/día)	Disposición final	Cobertura (%)	STAR	Caudal tratado 2013 (L/s)
San Andrés	-	46.84	Relleno sanitario	46.5	Emisario submarino	140
Providencia	-	1.11	Relleno sanitario	5.2	PTAR, Poza séptica	0
Riohacha	60.4	142.48	Celda de contingencia	81.7	-	
Dibulla	-	10.01	Botadero a cielo abierto	40.9	Laguna oxidación	26
Manaure	-	3	Relleno sanitario	90	Laguna oxidación	
Uribia	76	0.53	Celda transitoria	59.2	Laguna oxidación	10
Santa Marta	99	454.74	Relleno sanitario	74	Emisario submarino	900
Ciénaga	93	63.81	Relleno sanitario	53	Laguna oxidación	207.75
Puebloviejo	40	5.45	Botadero a cielo abierto	0.6	Poza séptica	
Sitionuevo	0	14.1	Botadero a cielo abierto	0.5	Poza séptica	
Barranquilla	100	1288.97	Relleno sanitario	98	Laguna oxidación	775.6
Juan de Acosta	95	6.5	Relleno sanitario	0.4	No tiene	

Municipio	Cobertura Aseo (%)	Residuos sólidos		Alcantarillado		
		Producción (t/día)	Disposición final	Cobertura (%)	STAR	Caudal tratado 2013 (L/s)
Puerto Colombia	99	34.07	Relleno sanitario	90	Laguna oxidación	36.45
Soledad	100	266.16	Relleno sanitario	84.5	No tiene	
Tubará	95	8.24	Relleno sanitario	1.8	No tiene	
Cartagena	100	911.32	Relleno sanitario	76.7	Emisario Submarino	2199
Santa Catalina	0	0.08	Relleno sanitario	4.5	No tiene	
Coveñas	90	0.54	Relleno sanitario	55	Laguna oxidación	
San Onofre	89	8.81	Relleno sanitario	11.3	Laguna oxidación	18.75
Santiago de Tolú	89	17.88	Relleno sanitario	75	Laguna oxidación	
Los Córdoba		0.07	Relleno sanitario	45	Laguna oxidación	
Moñitos	90	3.26	Relleno sanitario	0.3	No tiene	
Puerto Escondido	15	2.27	Relleno sanitario	0.2	No tiene	
San Antero	73	12.15	Relleno sanitario	31.3	Laguna oxidación	17.5
San Bernardo del Viento	90	4.43	Relleno sanitario	20	Laguna oxidación	
Arboletes	45	10.51	Relleno sanitario	33.8	Laguna oxidación	7.5
Necoclí	80	5.61	Relleno sanitario	18.9	Laguna oxidación	23.7
San Juan de Urabá	95	6.28	Relleno sanitario	24.1	Reactor UASB	0

Municipio	Cobertura Aseo (%)	Residuos sólidos		Alcantarillado		
		Producción (t/día)	Disposición final	Cobertura (%)	STAR	Caudal tratado 2013 (L/s)
Turbo	50	49.84	Relleno sanitario	30.9	Laguna oxidación	82
Acandí	65	1.17	Botadero a cielo abierto	29.3	-	
Unguía	60	0.08	Botadero a cielo abierto	21.7	-	
Bahía Solano	50	3.21	Botadero a cielo abierto	32.1	-	
Bajo Baudó	93	0.75	Botadero a cielo abierto	10.6	-	
San Juan	100	2.73	Relleno sanitario	16.7	-	
Juradó	100	0.82	Botadero a cielo abierto	2.5	-	
Nuquí	95	1.82	Botadero a cielo abierto	45	-	
Buenaventura	-	191.88	Celda transitoria	59.9	-	
Guapi	80	1.12	Relleno sanitario	16.1	-	
López	-	2.5	Botadero a cielo abierto	29.5	-	
Timbiquí	-	0.07	Botadero a cielo abierto	15.7	-	
El Charco	-	4.67	Botadero a cielo abierto	1.2	No tiene	
La Tola	0	4.25	Cuerpos de agua	0.4	No tiene	
Mosquera	0	2.65	Cuerpos de agua	1.1	No tiene	
Olaya Herrera	0	4.73	Cuerpos de agua	5.1	No tiene	

Municipio	Cobertura Aseo (%)	Residuos sólidos		Alcantarillado		
		Producción (t/día)	Disposición final	Cobertura (%)	STAR	Caudal tratado 2013 (L/s)
Francisco Pizarro	0	3.5	Cuerpos de agua	1	No tiene	
Santa Bárbara	0	1.92	Cuerpos de agua	0.4	No tiene	
Tumaco	-	69.39	Celda transitoria	5.7	No tiene	

Producción de aguas residuales domésticas

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se ve afectada negativamente por influencia antropogénica, sus características dependen del origen (doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo), generalmente se clasifican en domésticas, industriales y urbanas. En este apartado solo analizaremos las aguas residuales domésticas (ARD), las cuales son producidas por actividades humanas relacionadas con el consumo de agua potable, aseo personal, cocina, lavatorios, servicios sanitarios y similares (MADS, 2015). Las características de un ARD son muy uniformes y varían un poco con respecto al nivel socioeconómico y cultural de las poblaciones, pero usualmente contiene altas concentraciones de sólidos disueltos y en suspensión, surfactantes, residuos oleosos, materia orgánica y microorganismos de origen fecal que al ser vertidos en cuerpos de agua naturales incrementan la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y deterioran la calidad del agua receptora (CEPIS, 1981).

Para la determinación de la producción de las ARD de la población costera de Colombia en el año 2015 se utilizó la metodología (UNEP-RCU/CEP, 2010a), la cual corresponde a un método indirecto que tiene en cuenta el tamaño de la población, la dotación neta de agua, la cobertura del servicio de alcantarillado y un coeficiente de retorno que en Colombia oscila entre 0.8 y 0.85 para poblaciones con niveles de complejidad medio, medio alto y alto (Mindsarrollo, 2000).

El resultado de la aplicación de esta metodología indicó que la producción estimada de ARD de la población costera en el año 2015 fue de 841949 m³/día, siendo la costa Caribe la que mayor ARD generó (717116 m³/día) en comparación con la costa Pacífica (124833 m³/día), valores que concuerdan con la cantidad de población asentada en los municipios de estas regiones y sus niveles de complejidad. De este volumen de ARD, el 31.2% es vertido de forma directa y sin ningún tipo de tratamiento a los cuerpos de agua superficial, debido a la baja cobertura de alcantarillado en los municipios (Figura 47), los ineficientes mecanismos de recolección y carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), lo cual genera, un factor de riesgo alto para los recursos marino-costeros del país.

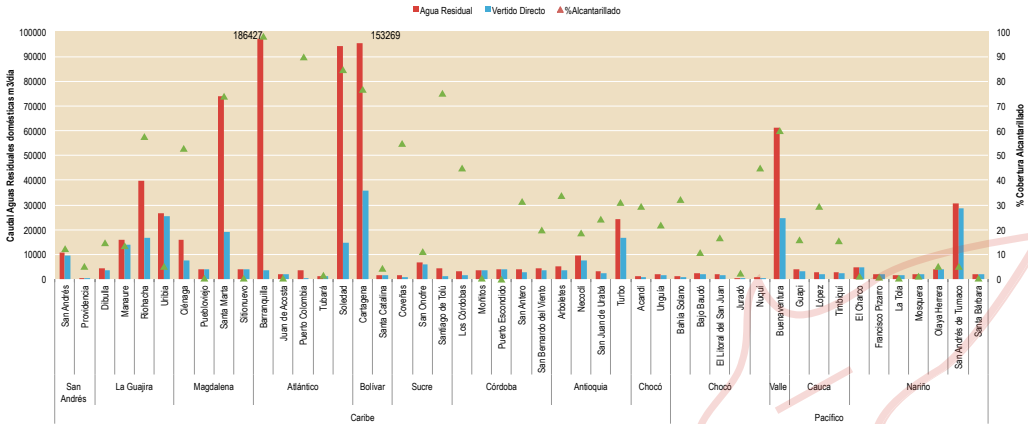


Figura 47. Caudal estimado de ARD según metodología UNEP-RCU/CEP (2010) y cobertura de alcantarillado en los municipios costeros colombianos. Fuente caudal: cálculo Invermar, (UNEP-RCU/CEP, 2010b). Población y cobertura alcantarillado: (DANE, 2015; SSPD, 2009; CORPOGUAJIRA, 2012; CORPOURABÁ, 2012; CORPAMAG, 2012).

La carga contaminante presuntiva de agua residual vertida directamente sin tratamiento por los municipios costeros en el 2015 (Tabla 18) mostró que a escala nacional, el aporte de materia orgánica fue de 34633 t/año representada en DBO_5 y 69062 t/año en DQO; 8312 t/año de nitrógeno inorgánico disuelto (NID); 554 t/año de fósforo inorgánico disuelto (PO_4^{-3}); 34633 t/año de sólidos suspendidos totales (SST) y 1.39E+20 NMP/año de coliformes totales (CTT), de la cual la costa Caribe aportó el 72% y el Pacífico el 28%. Las ciudades que mayor carga de contaminante produjeron fueron Cartagena, Santa Marta, Barranquilla, Turbo, Soledad y Uribia en el Caribe, y Buenaventura y Tumaco en el Pacífico.

Tabla 18. Carga contaminante estimada del agua residual vertida directamente por la población costera del Caribe y Pacífico colombianos en el año 2015. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda bioquímica de oxígeno (DQO), nitrógeno inorgánico disuelto (NID), fósforo inorgánico disuelto (PO_4^{-3}), sólido suspendido total (SST) y coliformes totales (CTT).

Departamento	Municipios	DBO_5 (t/año)	DQO (t/año)	NID (t/año)	PO_4^{-3} (t/año)	SST (t/año)	CTT (NMP/año)
San Andrés	San Andrés	696	1392	167	11	696	2.78E+18
	Providencia	89	178	21	1	89	3.56E+17
La Guajira	Riohacha	867	1733	208	14	867	3.47E+18
	Dibulla	356	711	85	6	356	1.42E+18
	Manaure	190	379	46	3	190	7.59E+17
	Uribia	1298	2595	311	21	1298	5.19E+18

Departamento	Municipios	DBO ₅ (t/año)	DQO (t/año)	NID (t/año)	PO ₄ ⁻³ (t/año)	SST (t/año)	CTT (NMP/año)
Magdalena	Santa Marta	2296	4592	551	37	2296	9.18E+18
	Ciénaga	895	1790	215	14	895	3.58E+18
	Puebloviejo	553	1105	133	9	553	2.21E+18
	Sitionuevo	576	1151	138	9	576	2.30E+18
Atlántico	Barranquilla	2224	4447	534	36	2224	8.89E+18
	Juan de Acosta	305	611	73	5	305	1.22E+18
	Puerto Colombia	49	99	12	1	49	1.98E+17
	Soledad	1741	3482	418	28	1741	6.96E+18
	Tubará	197	395	47	3	197	7.90E+17
Bolívar	Cartagena	4260	8519	1022	68	4260	1.70E+19
	Santa Catalina	230	459	55	4	230	9.18E+17
Sucre	Coveñas	111	222	27	2	111	4.44E+17
	San Onofre	813	1626	195	13	813	3.25E+18
	Santiago de Tolú	152	304	36	2	152	6.08E+17
Córdoba	Los Córdoba	238	477	57	4	238	9.54E+17
	Moñitos	499	998	120	8	499	2.00E+18
	Puerto Escondido	531	1062	127	8	531	2.12E+18
	San Antero	393	786	94	6	393	1.57E+18
	San Bernardo del Viento	508	1016	122	8	508	2.03E+18
Antioquia	Arboletes	485	970	116	8	485	1.94E+18
	Necoclí	923	1846	222	15	923	3.69E+18
	San Juan de Urabá	349	697	84	6	349	1.39E+18
	Turbo	2008	4017	482	32	2008	8.03E+18

Departamento	Municipios	DBO ₅ (t/año)	DQO (t/año)	NID (t/año)	PO ₄ ⁻³ (t/año)	SST (t/año)	CTT (NMP/año)
Chocó	Acandí	124	247	30	2	124	4.95E+17
	Unguía	216	432	52	3	216	8.65E+17
	Bahía Solano	116	231	28	2	116	4.62E+17
	Bajo Baudó	284	568	68	5	284	1.14E+18
	El Litoral del San Juan	232	464	56	4	232	9.27E+17
	Juradó	59	118	14	1	59	2.36E+17
	Nuquí	86	172	21	1	86	3.44E+17
Valle del Cauca	Buenaventura	2926	5851	702	47	2926	1.17E+19
Cauca	Guapi	455	910	109	7	455	1.82E+18
	López	261	523	63	4	261	1.05E+18
	Timbiquí	333	665	80	5	333	1.33E+18
Nariño	El Charco	672	1344	161	11	672	2.69E+18
	La Tola	229	457	55	4	229	9.15E+17
	Mosquera	294	587	70	5	294	1.17E+18
	Olaya Herrera	540	1081	130	9	540	2.16E+18
	Francisco Pizarro	272	543	65	4	272	1.09E+18
	Santa Bárbara	268	536	64	4	268	1.07E+18
	San Andrés de Tumaco	3436	6872	825	55	3436	1.37E+19
Total Nacional		34633	69266	8312	554	34633	1.39E+20

▼ Descarga de tributarios

Las actividades productivas desarrolladas en las cuencas hidrográficas como la agricultura, la ganadería, el aprovechamiento forestal, las industrias y los asentamientos humanos, afectan la calidad del agua marina y costera, debido a que estas actividades generan contaminantes que llegan a los ríos directamente o por escorrentías y son transportados al mar (Escobar, 2002), razón por la cual los ríos, aunque no son una fuente de contaminación propiamente dicha, son vías que facilitan el transporte de materia orgánica, nutrientes, sedimentos, plaguicidas, y otros contaminantes desde las cuencas alta, media y baja a la zona costera, ocasionando deterioro de la calidad del recurso hídrico marino y cambio en los ecosistemas presentes (Vivas-Aguas, 2015).

Las cargas contaminantes aportadas por los tributarios dependen del caudal y la concentración del contaminante. El Caudal puede variar dependiendo de la temporada climática, más aun en estos últimos años en donde los ciclos normales de precipitación han sido alterados por efecto de la oscilación del sur (IDEAM, 2016). Para estimar las cargas de los tributarios se utilizaron los datos de caudal medio histórico (1959-2010) del (IDEAM, 2012) y los reportados en Restrepo (2006) y Garay *et al.* (2006), y las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (NID), fosfatos (PO_4^{-3}), DBO_5 , sólidos suspendidos totales (SST), hidrocarburos aromáticos totales (HAT) y coliformes termotolerantes (CTE) registrados durante el monitoreo de la REDCAM del año 2014.

Se estimó que para el año 2014 la carga contaminante aportada por 40 de los principales tributarios a la costa colombiana fue de 186771 t/año de NID, 11259 t/año de PO_4^{-3} , 971856 t/año de DBO_5 , 63'476557 t/año de SST, 287 t/año de HAT y 7'431379.882 NMP/año de CTE (Tabla 19). Entre los tributarios, se destacó el río Magdalena que descargó al mar Caribe alrededor de 138988 toneladas de NID/año; 7380 toneladas de PO_4^{-3} /año; 601776 toneladas de DBO_5 /año; 42×10^6 toneladas de SST/año; 108 toneladas de HAT/año y 5.6×10^9 NMP de CTE/año.

Las mayores cargas de NID fueron aportados por los ríos San Juan (14554 t/año), Dagua (10793 t/año), Mira (4128 t/año) y el canal del Dique (5016 t/año), asociadas a escorrentías urbanas de las poblaciones cercanas y al uso agrícola de sus cuencas (Restrepo, 2006). En cuanto a las cargas de SST, los mayores valores se encontraron en los ríos San Juan ($5.8 \times 10^6 \text{ t/año}$), Atrato ($3.5 \times 10^6 \text{ t/año}$), Timbiquí ($2.5 \times 10^6 \text{ t/año}$) y Mira ($2 \times 10^6 \text{ t/año}$), en donde se realiza dragado para extracción minera ilegal y aprovechamiento forestal, que promueven la erosión y por ende el transporte de sedimentos, que aumentan la turbidez en el agua, afectando procesos biológicos importantes (Ellison, 1998; Touchette y Burkholder, 2000; Carricart-Ganivet y Merino, 2001).

Con respecto a la carga de HAT, los mayores aportes se presentaron en el río Mira (90 t/año), Canal del Dique (21 t/año), río Micay (18 t/año) y Patía (11 t/año); residuos que provienen del transporte de embarcaciones con motores, expendios de combustible, la extracción ilegal de combustible de oleoductos, escorrentías y vertimientos de aguas residuales domésticas (Vivas-Aguas *et al.*, 2015). La presencia de estas sustancias en el medio puede generar mutaciones y mortandad de organismos (Ellison y Farnsworth, 1996).

La carga microbiana de CTE fue mayor en los ríos Atrato ($1 \times 10^9 \text{ NMP/año}$), San Juan ($2.1 \times 10^8 \text{ t/año}$), Chagüí ($1.9 \times 10^8 \text{ t/año}$), Ranchería ($1.4 \times 10^8 \text{ t/año}$) y León ($5.4 \times 10^7 \text{ t/año}$). Esta contaminación está relacionada con las aguas residuales domésticas que son vertidas directamente a estos cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento por las bajas coberturas del servicio de alcantarillado. En los ecosistemas, las coliformes pueden afectar comunidades de esponjas y corales produciendo enfermedades que necrosan sus tejidos (Gochfeld *et al.*, 2007).

Tabla 19. Carga estimada de contaminantes aportados por los principales tributarios que desembocan en el litoral Caribe y Pacífico colombiano en el 2014. Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID), fósforo inorgánico disuelto (PO_4^{-3}), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Hidrocarburos del petróleo (HAT) y coliformes termotolerantes (CTE). Fuente Caudal: serie de tiempo 1959- 2010 (IDEAM, 2012); Restrepo (2006); Garay *et al.*, 2006; Fuente concentraciones: Base de datos REDCAM (INVEMAR, 2015).

Departamento	Tributario	Caudal (L/seg)	NID (t/año)	PO_4^{-3} (t/año)	DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	HAT (t/año)	CTE (NMP/año)
La Guajira	Cañas	0.01	9.06	11.81			0.1	6.40E+05
	Jerez	0.02	62.39	10.9			0.09	2.10E+05
	Palomino	0.03	55.8	24.24		4.42E+03	0.2	2.20E+06
	Ranchería	0.01	47.49	30.39		1.62E+05	1.05	1.40E+08
Magdalena	Buritaca	0.09	549.64	57.66		5.34E+04	2.59	8.10E+05
	Córdoba	0.01	62.05	23.13		7.68E+03	0.06	4.40E+05
	Don Diego	0.04	176.84	23.38		1.07E+04	0.85	1.50E+06
	Gaira	0	13.99	6.72		2.13E+03	0.11	6.00E+05
	Guachaca	0.02	102.77	22.87		6.25E+03	0.29	6.50E+05
	Manzanares	0	16.83	8.67	345.7	2.04E+03	0.13	9.30E+05
	Piedras	0	28.75	41.06		3.81E+02	0.21	2.80E+05
	Toribio	0.01	28.98	71.93		8.26E+03	0.43	1.10E+06
Atlántico	Clarín	0.02	195.5	32.34	1470.60	1.91E+05	0.52	2.10E+06
	Magdalena	7.2	138987.60	7380.27	601776.24	4.20E+07	107.87	5.60E+09
Bolívar	Caño Correa	0.13	2734.38	161.89	6071.00	2.00E+05		1.80E+05
	Canal del Dique	0.43	5016.40	2357.96	21423.77	1.66E+06	20.75	4.40E+06
Sucre	Pechelín	0	4.57	7.03		7.67E+02	0.02	0.00E+00
Córdoba	Sinú	0.39	355.81	177.91		1.11E+06	1.37	2.00E+07

Departamento	Tributario	Caudal (L/seg)	NID (t/año)	PO ₄ ⁻³ (t/año)	DBO ₅ (t/año)	SST (t/año)	HAT (t/año)	CTE (NMP/año)
Antioquia	Atrato	1.87			325195.92	3.52E+06	5.32	1.00E+09
	Guadualito	0			113.53	1.33E+04		8.20E+04
	Mulatos	0			5694.30	2.09E+04		
	Necoclí	0			368.97	3.22E+03		2.30E+07
	Currulao	0.01			1169.04			2.80E+06
	León	0.08			8047.04	1.78E+05		5.40E+07
	Turbo	0			180.13	5.51E+04		1.50E+07
Total Caribe		10.38	148448.86	10450.17	971856.25	4.92E+07	141.97	6.87E+09
Chocó	San Juan	2593.70	14553.77			5.89E+06		2.07E+08
Valle del cauca	Anchicayá	74	3972.32			4.38E+04		7.70E+06
	Dagua	125.89	10793.04			1.58E+05		1.31E+07
	Potedó	60				8.14E+04		1.29E+06
	Raposo	70	985.59			7.06E+04		4.19E+06
Cauca	Guapi	357.05	46.17	64.18		3.77E+05	2.65	1.30E+07
	Micay	274.41	506.25	46.73		8.87E+04	17.74	1.33E+07
	Sajja	165.84	314.84	28.24		1.73E+05	1.07	3.16E+06
	Timbiquí	147.13	215.29	36.19		2.55E+06	8.47	1.90E+07
Nariño	Brazo Patía	374.83	757.7	166.67		1.51E+06	11.11	2.07E+07
	Chagüi	133.5	115.78	41.26		5.63E+05	3.62	1.95E+08
	Iscuandé	212.77	77.16	144.93		9.33E+04	2.89	4.13E+06
	Mejicano	45	366.98	14.33		7.58E+04	1.12	1.73E+06
	Mira	868.08	4128.27	197.11		2.09E+06	90.07	5.17E+07
	Rosario	146	1489.02	69.06		4.83E+05	6.54	6.84E+06
Total Pacífico		5.65	38322.18	808.71		1.43E+07	145.27	5.61E+08
Total Nacional		16.03	186771.04	11258.88	971856.25	6.35E+07	287.24	7.43E+09

▼ Turismo en playas

El desarrollo de actividades turísticas en las playas de Colombia constituye un componente importante en la economía y cultura de la población costera del país. Para aumentar la productividad de este sector, se viene fomentado la promoción de zonas de playa para uso recreativo de turistas nacionales y extranjeros. Sin embargo, la alta demanda del turismo y su escaso manejo y control, han ocasionado que muchas de las playas presenten un proceso de deterioro de su calidad, considerándose así el turismo como un tensor ambiental y una fuente terrestre de contaminación sobre estos ecosistemas, no sólo por las actividades de baño, deportivas y recreativas, el transporte marítimo, deportes náuticos motorizados, comercio al por menor, provisión de alimentos y bebidas, además de otras múltiples actividades conexas como las culturales y la construcción de infraestructura y restaurantes, realización de eventos, paseo de mascotas, entre otras, que pueden generar residuos y modificar las condiciones naturales de la playa (UN, 2010).

A partir de la información del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2011 y el análisis histórico de la REDCAM (INVEMAR y MADS, 2015), se identificaron 191 playas de uso turístico en Colombia (Figura 48), de las cuales, el 45% (85) tienen actualmente estaciones de muestreo de calidad de aguas; 64 se ubican en la región Caribe (42%) y 21 en el Pacífico (53%).

Desde el año 2001 hasta la fecha, en estos sitios de recreación, la REDCAM ha generado información sobre calidad microbiológica del agua y el posible impacto de esta actividad turística (Figura 49). No obstante, el número de estaciones evaluadas en playas ha variado a lo largo del tiempo, debido a la inclusión de nuevas estaciones, interrupciones del monitoreo, difícil acceso, disminución de recursos o intereses particulares de las Corporaciones. Pero aunque se requieren incluir nuevas estaciones para cubrir la necesidad nacional, el monitoreo conjunto de la REDCAM ha permitido contar con información representativa de la calidad de las aguas de uso recreativo a nivel nacional.

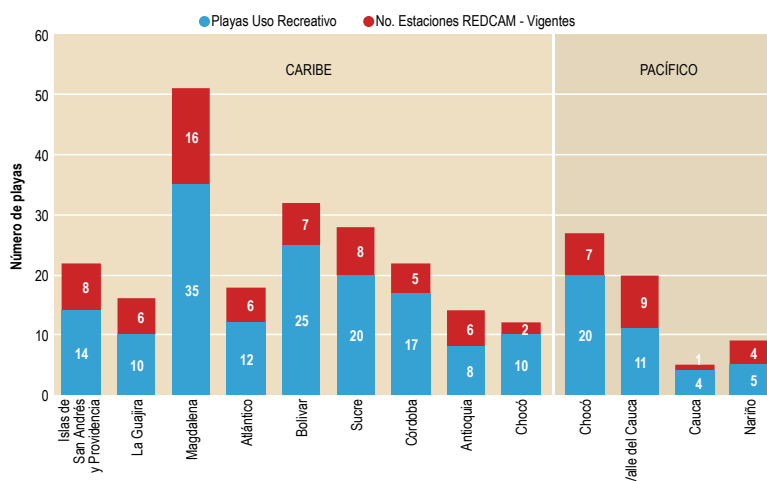


Figura 48. Playas de uso turístico identificadas en el Caribe y Pacífico colombianos (azul) y el número de estaciones REDCAM ubicadas en playas (rojo). Fuente: INVEMAR, 2015

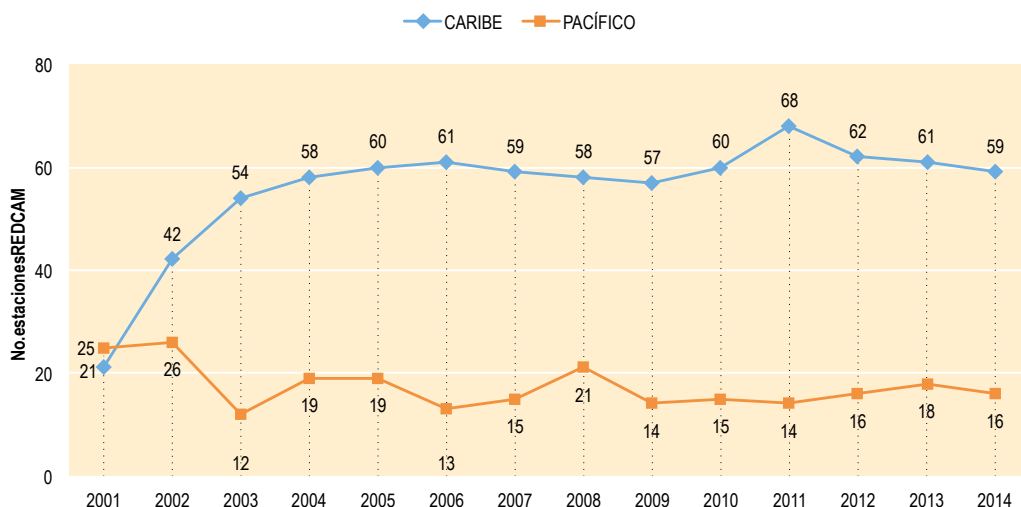


Figura 49. Variación histórica del número de estaciones de la REDCAM ubicadas en playas turísticas del Caribe y Pacífico colombianos.

La evaluación de la calidad microbiológica de las aguas para uso recreativo se realizó por medio de indicadores de contaminación fecal como los Coliformes termotolerantes (CTE) y se comparó con los criterios de calidad establecidos en la legislación colombiana, donde valores menores de 200 NMP/100 mL se consideran aptos para uso por contacto primario (MinSalud, 1984). Con base en este criterio se calcularon los porcentajes de cumplimiento de las estaciones muestreadas en playas (Figura 50). El análisis general mostró un incremento en porcentaje de playas aptas entre los años 2002 hasta 2005 pasando de 50% al 83%; pero se presentó una evidente tendencia a la disminución de playas aptas, entre 2006 que fue persistente hasta 2012, no obstante a partir de 2013 se ve una importante recuperación de los casos de cumplimiento.

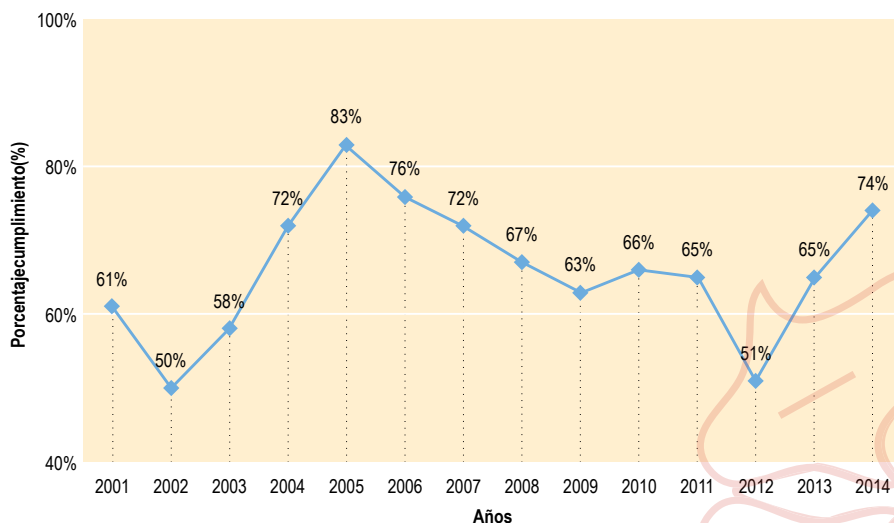


Figura 50. Porcentaje de estaciones ubicadas en playas de uso turístico, que estuvieron aptas para uso recreativo por contacto primario según el criterio de calidad para Coliformes termotolerantes (<200 NMP/100 mL; MinSalud, 1984) en el período 2001 a 2014.

▼ Actividad portuaria

La actividad portuaria está relacionada con la construcción, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento, explotación, operación, administración de los puertos, terminales e instalaciones portuarias en general, incluyendo otras actividades necesarias para el acceso que se realizan en áreas marítimas (playas y zonas de bajamar), fluviales y lacustres como los rellenos, dragados y obras de ingeniería oceánica (CGR, 2010; Supertransporte, 2010; ANI, 2015).

En Colombia existen diez (10) zonas portuarias ubicadas estratégicamente en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Antioquia, San Andrés isla, Valle del Cauca y Nariño (Min-Transporte, 2008; Figura 51), de las cuales ocho (8) se encuentra en el Caribe, siendo las de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta, las de mayor capacidad instalada, movilización de carga y número de terminales públicos y privados. En el Pacífico se encuentran las zonas portuarias de Tumaco y la de Buenaventura, ésta última considerada como una de la más importante del país, debido a que moviliza cerca del 55% de la carga nacional (DIMAR, 2002; PGN, 2008; Alcaldía de Buenaventura, 2014; Portafolio, 2015). En las zonas portuarias del país se importan y exportan diferentes tipos de mercancías, y entre las más comunes están el carbón y el petróleo que salen a través de las sociedades portuarias de La Guajira, Morrosquillo y Magdalena (Portafolio, 2015).

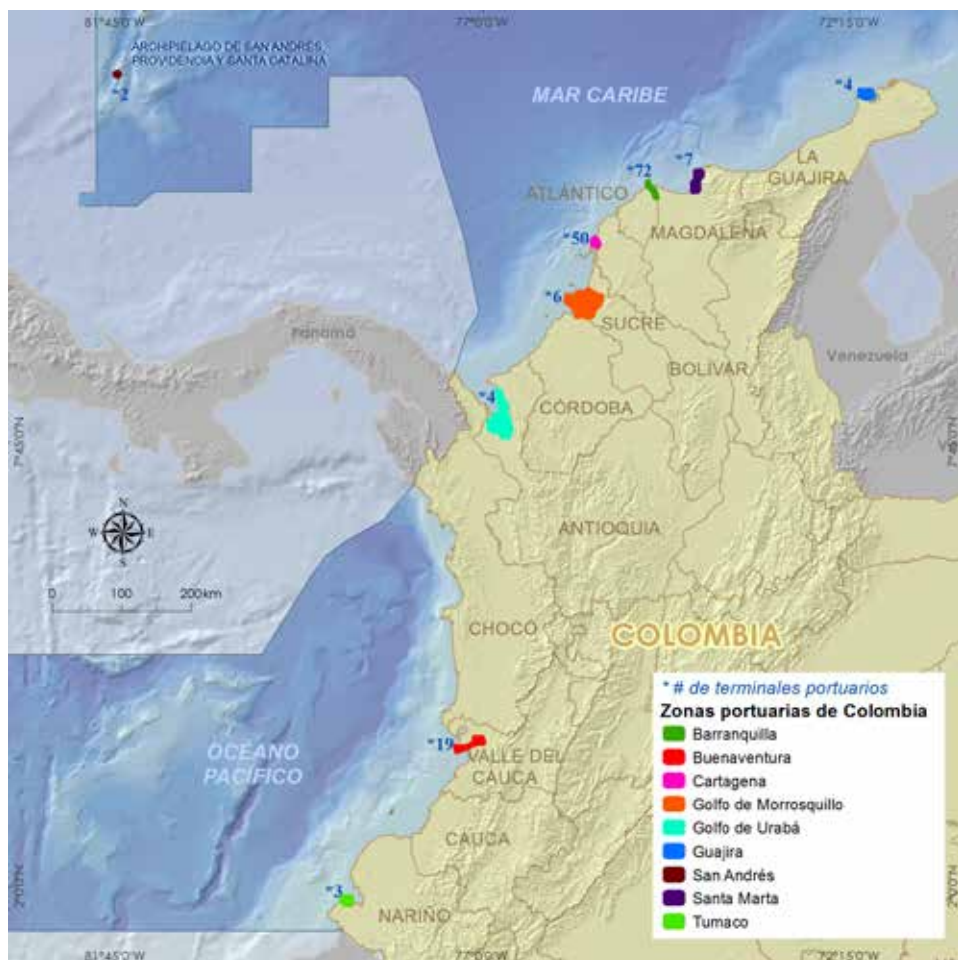


Figura 51. Zonas Portuarias de Colombia.

Como producto de la actividad portuaria se generan múltiples impactos ambientales sobre la calidad del agua, del aire, la hidrología costera, oceanografía y procesos costeros, ecología costera y marina, calidad del paisaje y los desechos generados por la actividad portuaria (CONAMA, 2000; MAVDT, 2002), por lo cual es obligatorio contar con todos los planes de manejo ambiental y contingencia para minimizar los impactos que se puedan generar.

Los Impactos que se generan sobre *la calidad del agua*, se relacionan principalmente con los derrames accidentales durante las operaciones de carga y descarga de buques, así como el escurrimiento de materiales almacenados a granel y polvos fugitivos movilizados por acción del viento, sumado a los drenajes de aguas lluvias y las aguas servidas del puerto (Tabla 20; CONAMA, 2000; Gracia *et al.*, 2011).

Tabla 20. Sustancias e impactos generados por la actividad portuaria. Fuente: CONAMA, 2000.

Tensor o factor	Tipos de sustancias o afectación generada
Durante la limpieza de pisos y maquinaria en los patios y bodegas de almacenamiento en el puerto.	Sulfuros, bauxita, abonos nitrogenados y fosfatados, carbón, minerales metálicos, chips de madera y otros materiales brutos.
Adheridos a la superficie de las embarcaciones o derramados en procesos de mantenimiento	Aceites, residuos de pintura anticorrosiva, compuestos anti-incrustantes
Gráneos de alimento animal	Materia orgánica, esta se transforma en inorgánica disminuyendo el oxígeno disuelto del agua e incrementando el nivel de nutrientes.
Estructuras de los rompeolas	Estancamiento de las aguas detrás de los rompeolas, deteriorando la calidad del agua al incrementarse los nutrientes y el fitoplancton y una disminución de oxígeno disuelto hasta alcanzar condiciones anaeróbicas y generando sulfuros de hidrógeno.
Derrames	Turbidez, pH, color y aceleración de la sedimentación costera. Incremento de la salinidad y temperatura por descargas de efluentes térmicos. Derrames de sustancias tóxicas al medio (combustibles, resinas, gráneos). Contaminación microbiológica, por aceites y grasas, metales pesados, materia orgánica e hidrocarburos.

La calidad del aire se ve impactada por emisiones de gases y partículas que afectan la flora, fauna y la salud humana. La operación de la maquinaria emite humos, olores, gases peligrosos y corrosivos; el manejo de la carga (frutas, carbón, productos químicos, maderas, harinas de pescado) produce material particulado que afectan la salud de trabajadores, comunidades vecinas y el paisaje (CONAMA, 2000; MAVDT, 2002). La actividad portuaria y el tráfico marítimo también genera contaminación acústica que tiene un impacto negativo sobre la salud comunitaria y el ambiente (CONAMA, 2000; MAVDT, 2002).

El impacto sobre la hidrología costera, oceanografía y procesos costeros se ve representado en el cambio en el patrón de corrientes, escorrentías, morfología costera; sumado a los procesos de sedimentación, erosión, acreción y socavación que puede afectar los usos del suelo y pérdida de los mismos.

En cuanto el impacto sobre la ecología costera y marina, se ve afectada la composición, estructura de los ecosistemas, rutas de migración, creación de hábitats, fauna y flora marinos y costeros, incluyendo los bentos y plancton. Estos impactos se producen principalmente por cambios en la calidad del agua, disminución de flujo de nutrientes, hidrología, remoción y contaminación de sedimentos, que redundan en el deterioro del valor estético y recreativo de playas (CONAMA, 2000; MAVDT, 2002), y el ingreso de las aguas de lastre que son utilizadas para la estabilidad de las embarcaciones (CONAMA, 2000; Gracia *et al.*, 2011; Téllez-Rodero, 2011). Cerca del 80% del comercio internacional se transporta por vía marítima, y en desa-

rollo de esta actividad se transfieren de 3 a 5 millones de toneladas de aguas de lastre por año a escala internacional (Raaymakers, 2002; Raaymakers, 2003; Bax *et al.*, 2003; Gracia *et al.*, 2011; Téllez-Rodero, 2011), las cuales pueden contener entre 7000 y más de 10000 microorganismos y varias especies de flora y fauna marina provenientes de las masas de agua lastrada. Las descargas de las larvas presentes en las aguas de lastre son la principal causa del aumento en invasiones a la biodiversidad marina de ambientes naturales y a su vez en la segunda amenaza más grande a la biodiversidad, después de la destrucción de hábitats, ya que produce efectos sobre la productividad biológica, estructura del hábitat y composición (Gracia *et al.*, 2011; Téllez-Rodero, 2011). En la primera evaluación mundial de esta amenaza se dieron a conocer 329 especies invasoras marinas capaces de aniquilar otras especies autóctonas, provocar daños a la pesca, cultivos o incluso a la infraestructura portuaria (por incrustaciones y su eliminación es de alto costo), entre las que se encuentran el virus *Vibrio cholerae*, Cladóceros *Cercopagis pengoi*, alga *Undaria pinnatifida*, algas tóxicas (*Alexandrium minutum* y *Gymnodinium catenatum*), las cuales afectan la calidad del agua y la biota acuática, considerándose un importante tensor de contaminación marina (CONAMA, 2000; MAVDT, 2002; Garay *et al.*, 2004; Gracia *et al.*, 2011; Téllez-Rodero, 2011).

El impacto sobre la percepción por alteración del paisaje, componente socioeconómico y cultural se ve afectado por las emisiones de material particulado, polvo, humos, almacenamiento de carga, cambios en el uso del suelo, estilo de vida de la comunidad, valorización de terrenos y construcciones vecinas al puerto, invasión de espacios públicos, entre otros.

Finalmente, los desechos portuarios afectan la calidad del medio marino y costero, la fauna y flora asociada, la salud humana y produce olores ofensivos, los cuales son generados principalmente por las operaciones de estiba y desestiba de carga general, de gráneles y en menor medida por el movimiento de los contenedores (MAVDT, 2002; CONAMA, 2000; Tabla 21).

Tabla 21. Origen y tipos de residuos generados en puertos (CONAMA, 2000).

Lugar de generación de residuos	Tipo de residuos generados
Patios de desconsolidado y almacenes	Residuos de madera de estiba, restos de carga, etc.
Naves (no se autoriza el desembarque de basuras de naves provenientes del extranjero)	Pallets, maderas de estiba, cargas de rezago, papeles, plásticos, madera, textiles y restos de comida en vehículos importados o en tránsito.
Oficinas	Papeles, cartones, embalajes plásticos, botellas, latas, otros.
Talleres	Palos de madera, embalajes, cartones, aceites utilizados, paños o trapos con aceites, restos de pintura, virutas de fierro y otros.
Comedores	Papeles, cartones, embalajes plásticos, botellas, latas, restos de comidas, otros.

En Colombia hay 192 terminales inventariados, de los cuales 168 están dentro de las 10 zonas portuarias (Figura 7; MinTransporte, 2008), con la mayor proporción (87%) en las zona de Barranquilla (72), Cartagena (50) y Buenaventura (19; Figura 52). En el monitoreo de la REDCAM, se ha generado información

sobre residuos de hidrocarburos del petróleo en algunas estaciones, con el propósito de relacionarla con el posible impacto de la actividad portuaria y el transporte marítimo; aunque el número de estaciones evaluadas no corresponde con la cantidad de terminales portuarios, se tiene algunas estaciones en todas las zonas que permite contar con información representativa de la presión por residuos de hidrocarburos sobre el recurso hídrico marino a nivel nacional.

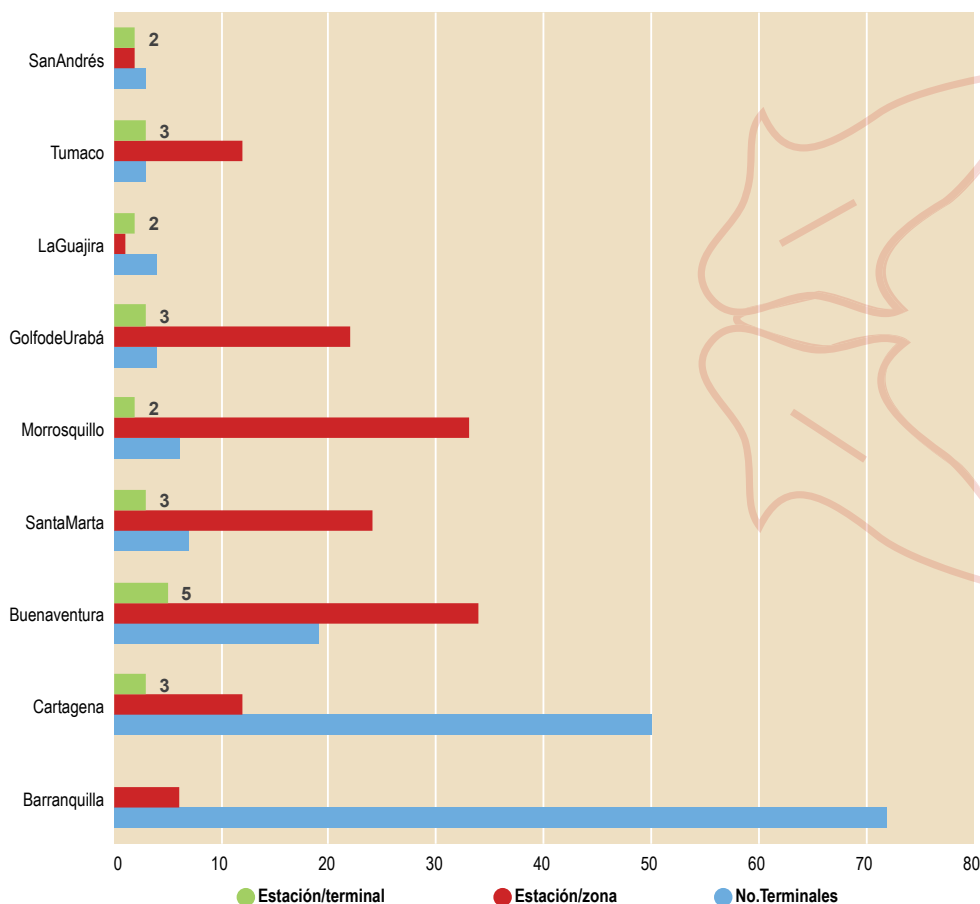


Figura 52. Número de terminales en zonas portuarias de Colombia (barras azules). Las barras rojas representan las estaciones de muestreo de la REDCAM en zonas portuarias y las barras verdes y los números representan las estaciones cercanas a terminales portuarios.

La presencia de hidrocarburos en el agua marina se evaluó por medio de la determinación de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), y se comparó con el valor de referencia propuesto por UNESCO (1984), donde valores menores de 10 µg/l se consideran aguas no contaminadas. El análisis general mostró que en la mayoría de las estaciones, las concentraciones de HDD han sido inferiores al valor de referencia;

sin embargo, en los años 2002, 2010, 2011 y 2014 se presentaron valores que sobrepasaron la referencia (Figura 53), principalmente en estaciones de los departamentos de San Andrés, Sucre, Córdoba, Bolívar y Chocó, respectivamente. Estos datos se han relacionado con eventos puntuales de derrames durante el abastecimiento de combustible para embarcaciones menores como en Chocó, San Andrés y Bolívar, y el cargue de hidrocarburos para buques petroleros en Sucre y Córdoba. A pesar que la mayoría de valores a lo largo del tiempo se han mantenido por debajo del valor de referencia, se debe continuar con el monitoreo ya que se ha evidenciado un impacto de la actividad portuaria sobre la calidad del agua marina.

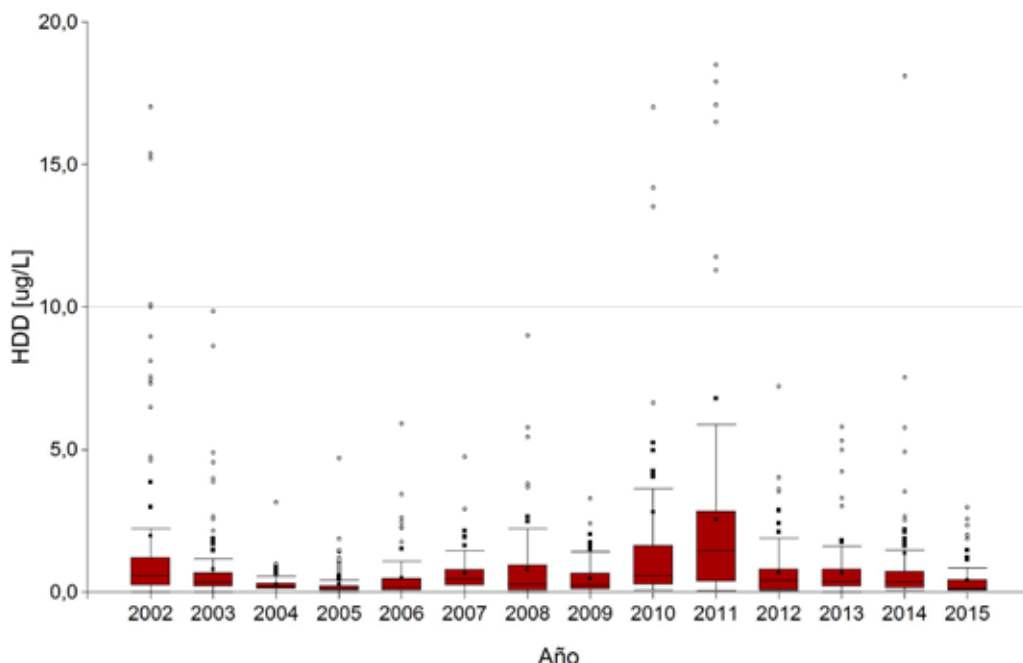


Figura 53. Concentración interanual de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD; $\mu\text{g/L}$) medidas en agua superficial de estaciones de la REDCAM en el período 2002-2015. La línea cortada representa el valor de referencia de $10 \mu\text{g/L}$ para aguas no contaminadas de la UNESCO (1984).

CAUSAS Y DETERIORO DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR

Históricamente, el ecosistema de manglar ha estado altamente relacionado con las comunidades costeras, dependiendo directamente en muchos casos, de la calidad y cantidad de bienes y servicios que el ecosistema mismo provee. Esta estrecha relación ha convertido al manglar en blanco de extracción de sus bienes maderables y no maderables, lo que ha repercutido en el deterioro general de sus bosques. Al respecto, Duke *et al.* (2007) reportan que la tasa de pérdida anual del ecosistema oscila entre el 1 y el 2%, lo cual genera una alarma a nivel mundial.

El deterioro de los manglares en el mundo está principalmente asociado a actividades de origen antrópico, como la expansión de la frontera urbanística y agropecuaria, y la extracción de recursos, entre otros (FAO, 2005); sin embargo las amenazas naturales ocasionadas por eventos como tormentas, huracanes y sequías y la dinámica costera, entre otros, son factores que también aportan al deterioro del sistema, cuya frecuencia, ocurrencia y magnitud podría incrementarse por los efectos del cambio climático global (Banholzer *et al.*, 2014).

En Colombia, a pesar de la exuberancia del ecosistema de manglar, la riqueza y el estado en general de este bosque en el país, ha ido decayendo en la última década debido a problemáticas de índole antrópico principalmente. Un resumen de las principales presiones y amenazas a los que están sujetos los bosques de mangle en Colombia se listan en la Tabla 22 (Gómez-Cubillos *et al.*, 2014)

Tabla 22. Principales presiones y amenazas que afectan los bosques de mangle en Colombia.

Tipo de causa	Presiones o amenazas
Cambios en el uso del suelo (expansión de la frontera urbana, turística, agropecuaria e industrial)	Tala; relleno; desvío y canalización de cuerpos de agua; disposición de residuos sólidos y vertimiento de aguas servidas; labranza, quema, introducción de especies de fauna y flora no nativas; contaminación con agroquímicos; potrerización; defoliación por pastoreo.
Demanda de recursos (extracción de recursos naturales para consumo y comercio)	Tala; desvío y canalización de cuerpos de agua, pisoteo, introducción de especies, uso inapropiado de técnicas de pesca, cacería, tráfico ilegal de fauna, transito de maquinaria pesada.
Eventos naturales	Movimientos telúricos (terremotos, tsunamis, maremotos), eventos meteorológicos (tormentas eléctricas, lluvias torrenciales, fuertes vientos -vendavales – huracanes), mares de leva, avalanchas, deslizamientos, exposición a la dinámica costera (vientos, oleaje, marea), sequía, exposición a plagas (insectos, herbívoros, microorganismos) y enfermedades (micosis, hiper crecimientos, etc).
Vertimientos accidentales	Derrames accidentales de hidrocarburos y compuestos químicos nocivos.

* La frecuencia, ocurrencia y magnitud de eventos considerados como naturales, puede incrementarse debido a causas antrópicas como el cambio climático global (Banholzer *et al.*, 2014).

Según reportes realizados a través del módulo “Presiones” del Sistema de Información para la Gestión de los manglares de Colombia-SIGMA, de los reportes efectuados en la plataforma por los usuarios en los últimos tres años, el cambio en el uso del suelo es el factor forzante (o causa) asociado a la mayoría de las problemáticas reportadas (68.71%), seguida de la demanda de recursos (12.5%), los eventos naturales (12.5%) y finalmente los vertimientos accidentales (0.16%). En la Figura 54, se muestran las problemáticas y amenazas registradas por los usuarios. Cabe resaltar que estos reportes son de carácter informativo pues estos provienen de la participación ciudadana, por lo que no deberán ser empleados para procesos del orden legal. Sin embargo, la información que SIGMA permite recopilar y organizar, es de relevancia y puede ser de gran utilidad para la generación de herramientas de manejo para la restauración del manglar en Colombia.

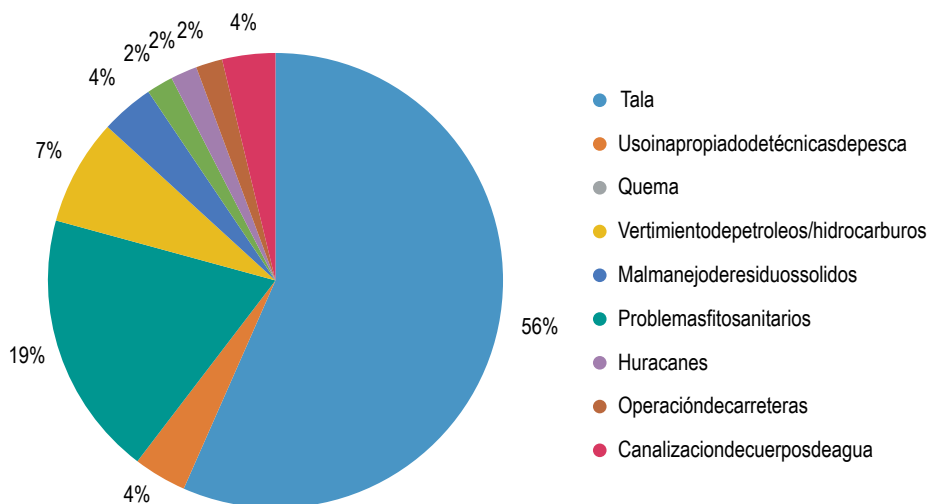


Figura 54. Problemáticas y amenazas registradas en los bosques de mangle en Colombia a través del SIGMA.

Contar con una base de datos histórica con un registro que refleje con fidelidad las causas de deterioro y los eventos ocurridos en el manglar es necesario para direccionar acciones concretas encaminadas a la mitigación y prevención de las mismas, que fortalezcan la gestión integrada de las zonas costeras y la restauración de sus ecosistemas, por lo que continuar y robustecer el monitoreo de las problemáticas y amenazas en estos ecosistemas es una prioridad.

Capítulo IV

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



Johnny Cay (Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina). Foto: Carolina García

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 al CDB y el Mandato Jakarta (1995) a través de varios procesos de planificación para la conservación y el ordenamiento ambiental del territorio (OAT) tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano, los cuales han sido orientados bajo el marco internacional MIZC y la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia” PNAOCI (MMA, 2001), los cuales sustentan y apoyan, bajo estrategias completarias, 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 (Figura 55).

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 la comunidades indígenas.

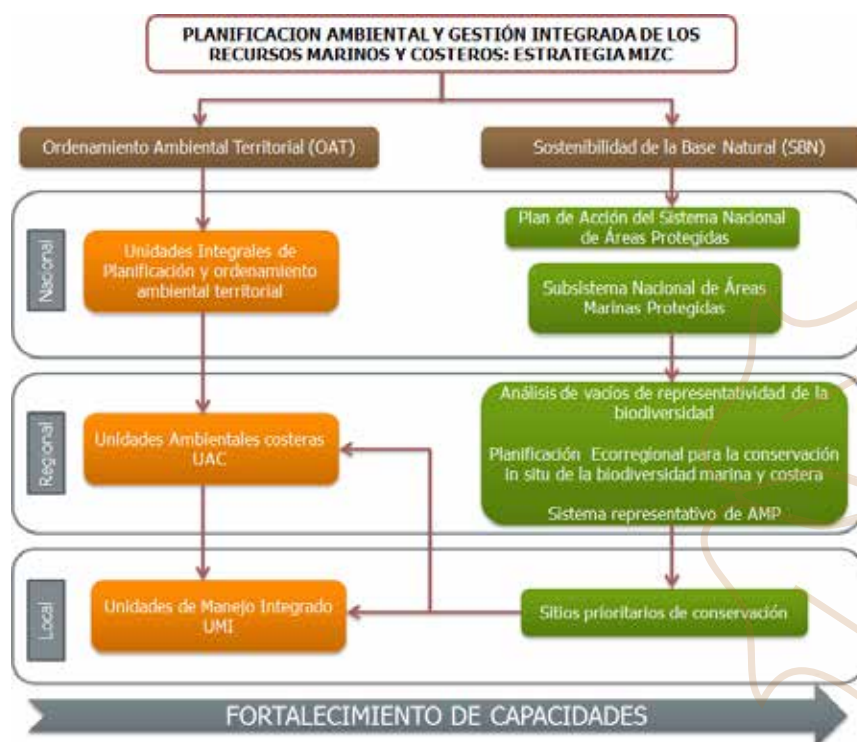


Figura 55. Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia.

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

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

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

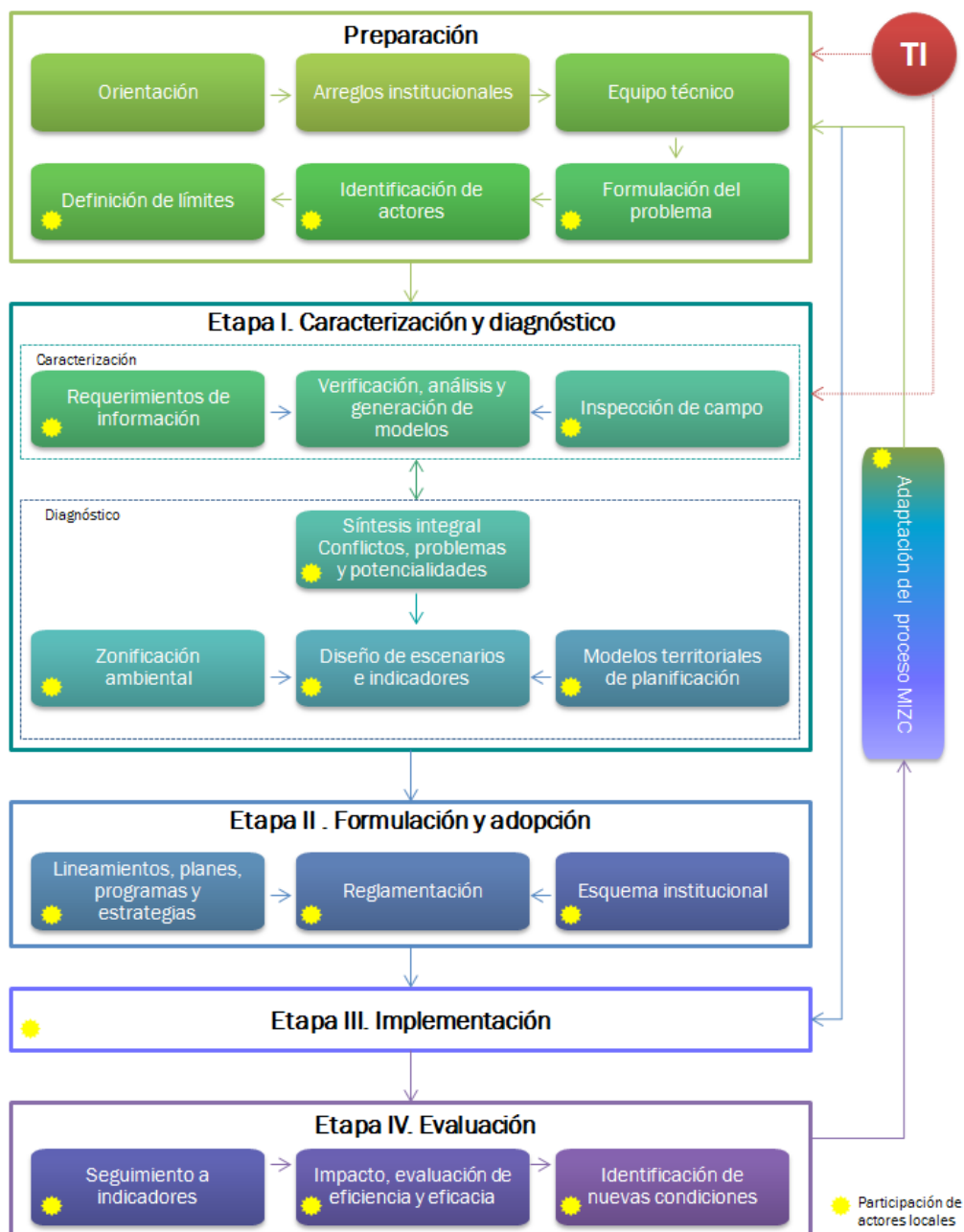


Figura 56. Metodología COLMIZC. Tomado de Rojas-Giraldo *et al.* (2010).

▼ Manejo Integrado de Zonas Costeras

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

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

Por lo cual 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 de la “Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia” (PNAOCI), la cual responde a la necesidad de articular el desarrollo institucional, territorial, económico y sociocultural del ambiente oceánico y costero y del país frente a los retos futuros, de una forma integral. De igual manera el país en busca de una economía que garantice un mayor nivel de bienestar, plantea como estrategia el “Aprovechar el Territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible” (DNP, 2007), el cual plantea las metas y acciones requeridas para proteger y aprovechar los sistemas naturales, sus bienes y servicios como sustento para el desarrollo.

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 la comunidades indígenas.

En el año 2011, con la Ley 1450, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014, en su artículo 207 párrafo 3, dice que los planes de manejo de las UACs deberán ser realizados por las CARS y CDS, así mismo el numeral 10 del artículo 17 del Decreto 3570 de 2011 modificó la parte final del párrafo 3 del artículo 207 de la Ley 1450 de 2011, en el sentido que la Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos 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”.

Estas disposiciones fueron reglamentadas por el decreto 1120 de 2013 que establece las Unidades Ambientales Costeras -UAC- así como las comisiones conjuntas y establece las reglas de procedimiento y los criterios para la restricción de ciertas actividades en pastos marinos, recogido posteriormente por el Decreto Único reglamentario del sector ambiente (MADS, 2015a). Este decreto da las directrices generales para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de las Unidades Ambientales Costeras – POMIUAC, los cuales deben ser desarrollados siguiendo las siguientes fases:

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

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

NÚMERO DE PERSONAS CAPACITADAS: FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN MANEJO INTEGRADO COSTERO

Definición e importancia del indicador

En el ámbito nacional, sub-nacional y local, el entrenamiento en temas MIZC y AMP, de profesionales y funcionarios públicos es una prioridad, para el entendimiento e incorporación de los temas marinos y costeros en la planeación, ordenamiento territorial, gestión de áreas protegidas y la academia. Estos cursos se han realizado con el objetivo de fortalecer la capacidad técnica de las instituciones del SINA incluidos los entes territoriales con injerencia costera y consolidar un grupo interdisciplinario de profesionales que contribuyan al MIZC y a las AMP en el país, mediante el entrenamiento en conceptos, contexto internacional y nacional del tema, métodos y aplicación mediante casos de estudio, que contribuyan en la toma de decisiones para el manejo de las zonas marinas y costeras en Colombia. Este indicador comprende dos elementos que se consideran importantes en el proceso de planificación y manejo de las zonas costeras. Se relaciona con el fortalecimiento de capacidades a los entes locales, regionales y/o nacionales, entendido como un instrumento para la planificación en las zonas marinas y costeras.

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

Fuente de los datos e información

- INVERMAR, Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera GEZ.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS.

Periodo reportado

Los resultados que aquí se presenta son de estudios publicados entre 1999 y 2015.

Reporte o cálculo del indicador

#personas capacitadas= 954

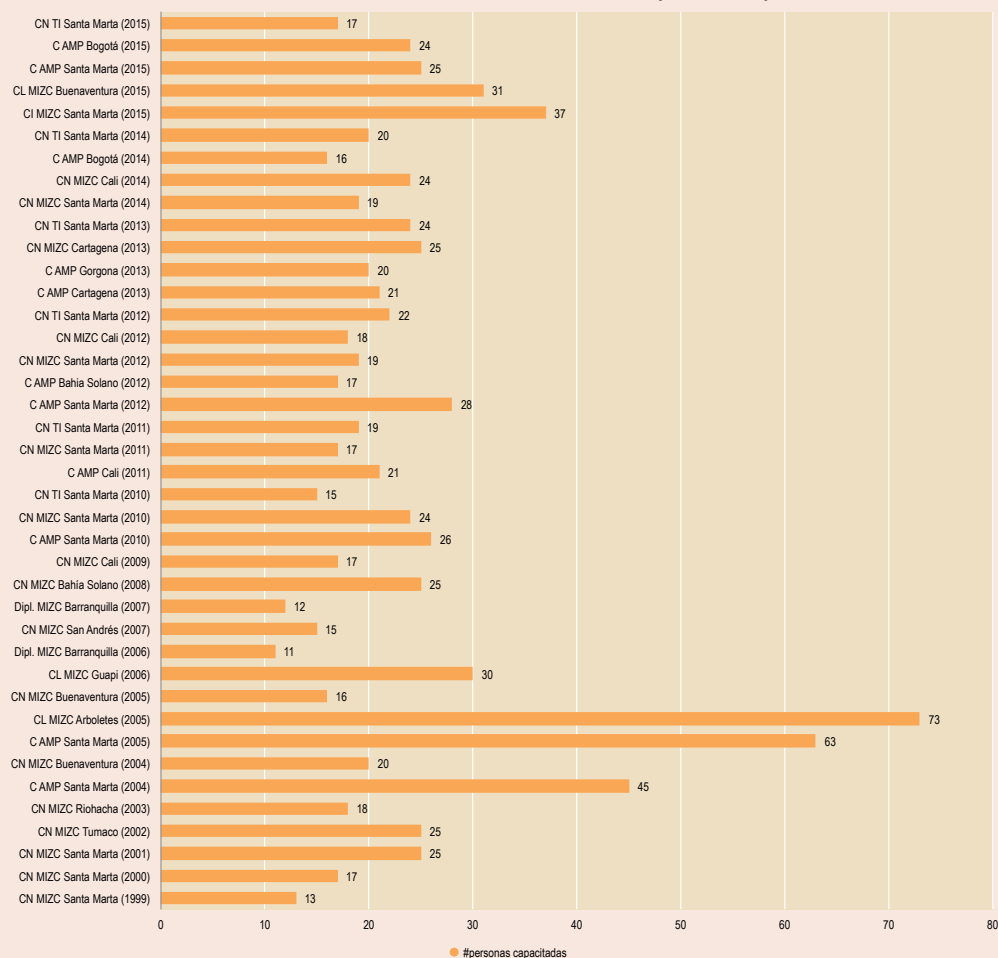


Figura 57. Número de personas capacitadas: Fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero.

Interpretación de los resultados

Para el 2015 ya se han capacitado **954** personas entre estudiantes, comunidad local, representantes de Corporaciones Autónomas Regionales, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MAVDT, entre otros.

Teniendo en cuenta la experiencia que tiene el INVEMAR desde 1999 en la realización de cursos, a partir del 2015 se constituye como el Centro Regional de Entrenamiento en Ciencias del Mar para Latinoamérica, el cual hace parte de la estrategia Ocean Teacher – Academia Global, de International Oceanographic Data and Information Exchange IODE. En el marco de esta estrategia, el INVEMAR organizó los cursos, uno de Manejo Integrado de Zonas costeras que incluyó el tema de Planificación Espacial Marina tema en el que fue orientado, y otro en Tecnologías de Información - SIG Aplicado al medio Marino y Costero, los cuales contaron con estudiantes de varios países y recibieron charlas de expertos.

Para el segundo semestre del año se organizó un segundo Curso MIZC esta vez enfocado a las comunidades del Pacífico colombiano específicamente consejos comunitarios y comunidades indígenas de la zona costera del departamento del Cauca, que anteriormente habían mostrado su interés en ser capacitados en el tema de Manejo Integrado de Zonas costeras.

El Curso de AMP, al igual que el de MIZC, tuvo dos escenarios, uno orientado a los a las entidades que manejan Áreas Marinas Protegidas (PNN y CARs) y el otro dirigido a funcionarios de entidades representativas del sector productivo del país.

Limitaciones del indicador

No aplican.

Recomendaciones y alternativas de manejo

No aplican.

▼ Subsistema de áreas costeras y marinas protegidas

Colombia está entre los cinco países con más biodiversidad del planeta. Es hogar de gran cantidad de hábitats y ecosistemas marinos tales como lagunas costeras y humedales, arrecifes de corales, algas marinas, manglar, playas rocosas y arenosas, zonas de afloramiento costero y varios tipos de fondos marinos. Las aguas marinas y de estuarios colombianas son el hogar de 306 especies de esponjas, 124 especies de corales, 15 corales de aguas profundas, 1250 especies de moluscos, 246 especies de gusanos anélidos, 560 especies de crustáceos decápodos, 296 especies de equinodermos, 990 de peces, 18 de mamíferos marinos y 565 especies de algas marinas entre otras especies. Al presente Colombia tiene 26 Áreas Marinas Protegidas (AMPs) que cubren cerca del 8% de sus zonas marinas y costeras. La biodiversidad costera y marina de Colombia es actualmente sujeto de varias formas de presión directa y degradación (por ejemplo, sobreexplotación de los recursos pesqueros, alteración del hábitat, polución, presencia de especies extrañas invasoras y del cambio climático) tanto dentro como fuera de las AMPs existentes. La solución a largo plazo a las muchas amenazas de la biodiversidad marina de Colombia, depende de la existencia de un Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) contribuyendo a través de sus componentes al aumento en la representatividad de los ecosistemas marinos y costeros en las AMP.

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

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

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

La propuesta para la consolidación del SAMP en Colombia, se desarrolla para el periodo 2011-2015, definiendo como objetivo “Promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad marina y costera en las regiones Caribe y Pacífico a través del diseño e implementación de SAMP, financieramente sostenible y bien manejado”, para lo cual se avanza en el desarrollo de los siguientes componentes:

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

Las áreas marinas protegidas que inicialmente integran el SAMP (Tabla 23), son áreas de orden nacional y regional, ubicadas a lo largo de la zona marino costera, tanto en el Caribe como en la costa del Pacífico colombiano. Como punto de partida para el año 2010 se contaba con 24 áreas, incluyéndose en 2011 dos áreas más: Parque Nacional Natural Uramba bahía Málaga y Parque Natural Regional del río León y Suriquí. En 2012 se realizó la actualización del listado de acuerdo a las categorías definidas en el Decreto 2372 de 2010 (recogido en el decreto 1076/2015) y a los respectivos procesos de homologación llevados a cabo por cada una de las entidades responsables de las áreas. Al terminar el año en el 2013 se declaró una nueva área en el Caribe colombiano: Santuario de Fauna Acandí-Playón-Playona. Ya para el año 2014 se declararon dos nuevas áreas DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes en el Chocó y el PNN Bahía Portete – Kaurrele en el departamento de La Guajira.

En el año 2015 se elaboró el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) golfo de Tribugá – Cabo Corrientes y se está trabajando en el documento de diagnóstico para el Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Bahía Portete – Kaurrele

Tabla 23. Listado de áreas marinas protegidas del SAMP.

Región	#	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

Región	#	Área Marina Protegida	Orden	Autoridad responsable	Tipo
Caribe continental	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 Cispatá , La Balsa, Tinajones y sectores vecinos al delta río Sinú	Regional	CVS	Costero
	12	PNR Boca de Guacamayas	Regional	Carsucre	Costero
	13	DMI Ciénaga de la Caimanera	Regional	Carsucre	Costero
	14	DRMI Musichi	Regional	Corpoguajira	Costero
	15	DMI Ensenada Río Negro, los bajos aledaños, la Ciénaga de la Marimonda y Salado	Regional	Corpourabá	Costero
	16	PNR Humedales del Río León y Suriquí	Regional	Corpourabá	Costero
	17	DRMI La Playona - Loma de la Caleta	Regional	Codechocó	Costero
	18	Área Marina Protegida (AMP) Archipiélago del Rosario y San Bernardo - PNN CRSB y C.prof. - SFF	Nacional	MADS	Marino Costero
	19	DRMI Lago Azul-Los Manatíes	Regional	Codechocó	Costero
Caribe insular	20	PNN Old Providence McBean Lagoon	Nacional	PNN	Marino Costero
	21	PNR Manglar Old Point	Regional	Coralina	Marino Costero
	22	PNR Johnny Cay	Regional	Coralina	Marino Costero
	23	DMI Área Marina Protegida de la Reserva de Biósfera Seaflower	Nacional	MADS	Marino
Pacífico	24	PNN Utría	Nacional	PNN	Marino Costero
	25	PNN Sanquianga	Nacional	PNN	Costero
	26	PNN Uramba Bahía Málaga	Nacional	PNN	Marino
	27	PNN Gorgona	Nacional	PNN	Marino
	28	SFF Malpelo	Nacional	PNN	Marino
	29	PNR La Sierpe	Regional	CVC	Costero
	30	DMI La Plata	Regional	CVC	Costero
	31	DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes	Regional	Codechocó	Marino Costero

% DE ÁREAS PROTEGIDAS CON PLAN DE MANEJO VS TOTAL DE ÁREAS PROTEGIDAS**Definición e importancia del indicador**

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

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

Fuente de los datos e información

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

Período reportado

Los resultados que aquí se presentan son de los avances a diciembre de 2010 a diciembre de 2015.

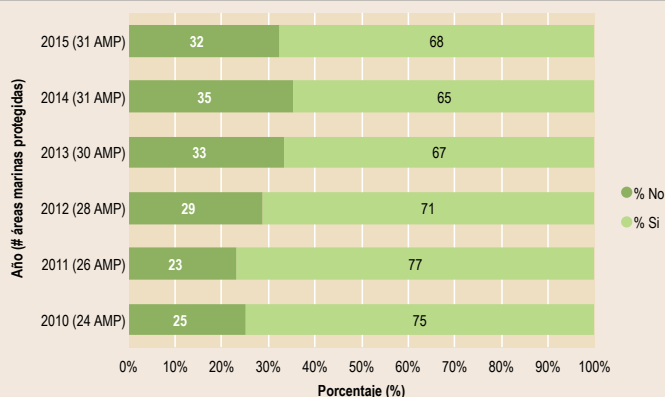
Reporte o cálculo del indicador

Figura 58. Número de áreas marinas protegidas con/sin plan de manejo.

Interpretación de los resultados

El porcentaje de áreas con plan de manejo para el año 2015 aumenta debido a que se elaboró el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) golfo de Tribugá – Cabo Corrientes.

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.

Recomendaciones y alternativas de manejo

No aplica.

REPRESENTATIVIDAD (%) DE UN ECOSISTEMA NATURAL DENTRO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS

Definición e importancia del indicador

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

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

Este indicador evidencia en términos porcentuales, cuanto de la distribución de: bosques de mangle, playas, acantilados rocosos, arrecifes de coral, pastos marinos y corales de profundidad a escala nacional, está dentro de las áreas marinas protegidas que conforman el Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP).

Actualización del indicador

La representación de la distribución de manglar, playas, acantilados rocosos, arrecifes de coral, pastos marinos y corales de profundidad para el territorio nacional es la más actualizada compilada en el Sistema de Información Ambiental Marino-SIAM a diciembre de 2015.

Límites oficiales de las áreas marinas protegidas que conforman el SAMP, provenientes de Sistema de Parques Nacionales Naturales (áreas nacionales) y Corporaciones Autónomas Regionales (áreas regionales).

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

Línea base a 2010 con reporte del indicador a 2015.

Reporte o cálculo del indicador

Tabla 24. Línea Base (año 2010) y Cálculo (año 2015), se muestra la diferencia respecto al año anterior.

Ecosistema	% Representatividad año				Diferencia*
	2010	2013	2014	2015	
Corales de aguas profundas	1.4%	64.3%	64.3%	64.3%	⇒ 0%
Manglar	32.9%	33.5%	33.9%	33.9%	↑ 0.03%
Pradera de pastos marinos	25.9%	26.0%	29.2%	29.2%	⇒ 0%
Arrecife coralino	96.5%	96.5%	96.1%	96.1%	⇒ 0%
Playa	11.6%	16.6%	23.3%	23.7%	↑ 0.4%
Acantilado costero	25.5%	29.2%	33.1%	33.1%	⇒ 0%

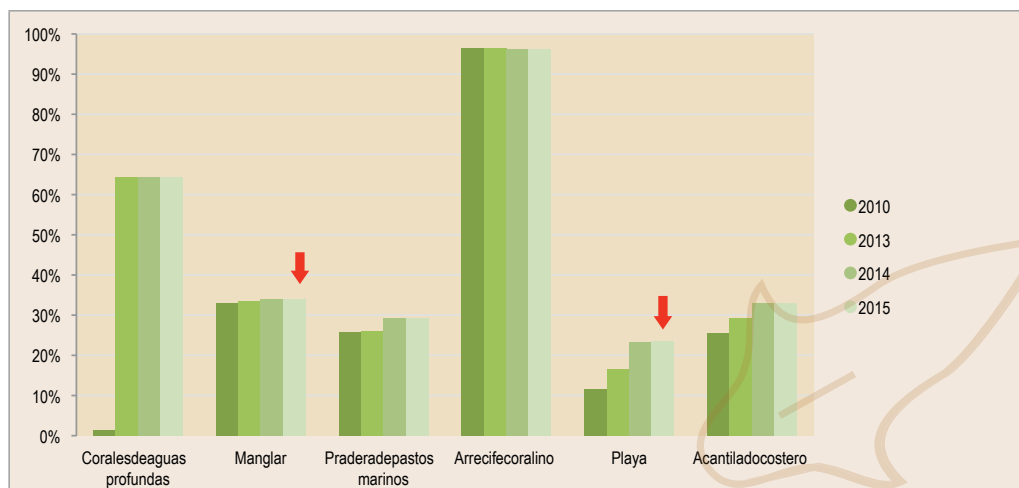


Figura 59. Representatividad (%) de los ecosistemas marino costeros dentro de las áreas marinas protegidas, reportes año 2010 (línea base) y año 2015 (fuente: Datos proyecto GEF-SAMP).

Interpretación de los resultados

Se resaltan con una marca de color rojo los ecosistemas de manglar y playa sobre la Figura 59, ya que en estos es donde se reporta aumento en el porcentaje de representatividad. Estos cambios se deben principalmente a:

- Manglar, la inclusión del DRMI delta del río Ranchería.
- Playas, la inclusión del DRMI delta del río Ranchería.

Limitaciones del indicador

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

Por consiguiente el dato porcentual presentado por éste indicador, debe asumirse siempre como un dato aproximado, respaldado en la precisión de los procesos cartográficos realizados por las entidades proveedoras de información.

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

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

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

RESTAURACIÓN Y/O REHABILITACIÓN DE ECOSISTEMAS

Del total de la población costera del mundo, el 71% vive próximo a zonas costeras, beneficiándose de los servicios ecosistémicos marinos y generando dinámicas complejas que pueden causar su transformación y deterioro. Estos hechos, junto con la sobrepesca, cambios de uso del suelo, métodos de pesca destructiva, la acuicultura, la introducción de especies invasoras, la eutroficación, el cambio climático y el turismo, han conducido a una pérdida a nivel mundial de más del 35% del manglar, destrucción o amenaza del más 70% de los arrecifes de coral para el año 2004, playas y dunas completamente pérdidas o en degradación y praderas de pastos marinos en acelerada degradación en varias zonas del mundo incluyendo el Caribe (UNEP, 2006).

Diversas investigaciones resaltan la dependencia que tienen las poblaciones costeras de los servicios ecosistémicos marinos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Costanza *et al.*, 2014), los aportes económicos que éstos generan al bienestar y desarrollo, se acercan incluso al valor del producto interno bruto global (Costanza *et al.*, 2014). Por lo anterior, la pérdida o deterioro de los ecosistemas marinos y costeros afecta directa e indirectamente el bienestar de las poblaciones, la seguridad alimentaria, salud, protección contra fenómenos naturales y la economía de los países del mundo. El crecimiento demográfico y el consecuente aumento en la demanda de recursos y espacio, puede intensificar aún más el acelerado deterioro de los ecosistemas, razones por las cuales se requieren acciones inmediatas en pro de la sostenibilidad.

Ante este panorama es claro que las medidas de conservación por sí solas no serán suficientes para proteger las funciones ecosistémicas, los servicios y el hábitat para un gran número de especies en el futuro (Hilderbrand *et al.*, 2005). La “ecología de la restauración” ha surgido como alternativa para ayudar al restablecimiento del ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido, permitiendo la recuperación total o parcial de la estructura y/o las funciones deseadas (SER Society for Ecological Restoration, 2004; Hobbs y Norton, 1996). Estas prácticas deben permitir la obtención de sistemas sustentables para el futuro en el marco del cambio climático y por tanto debe contemplar la integración de los sistemas naturales, geográficos, sociales, políticos y económicos, que permitan la recuperación a una escala de paisaje (Shackelford *et al.*, 2013).

A pesar de que Colombia es considerada como uno de los doce países “megadiversos” del mundo, muchos de sus ecosistemas naturales han sido transformados y degradados rápidamente, disminuyendo tanto en cantidad como en calidad los servicios ecosistémicos derivados de los mismos. Frente a esta situación y como medida para impulsar la conservación de sus ecosistemas, el país ha adelantado varios acuerdos internacionales (Convenio de Diversidad Biológica, Metas Aichi y Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, Objetivos de Desarrollo Sostenible), y ha incluido dentro del Plan Nacional de Desarrollo (2014-2018) la implementación de estrategias como la restauración de ecosistemas terrestres y marinos para asegurar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (DNP, 2014). Debido a lo anterior, el país actualmente cuenta un “Plan Nacional de Restauración (PNR)” que se constituye como un marco de referencia para adelantar acciones de restauración, rehabilitación o recuperación de áreas degradadas en Colombia (MADS, 2015b). Como herramientas complementarias específicamente para el direccionamiento de las acciones en los sistemas marino-costeros, se construyó el portafolio de áreas con

potencial de restauración en Colombia para los ecosistemas marinos y costeros (Gómez-Cubillos *et al.*, 2014); el Protocolo de Restauración Integral de Corales Someros (MADS, 2014) y el Protocolo de Restauración Ecológica del Manglar en Colombia (PREM) (Villamil, 2014).

Según Gómez-Cubillos *et al.* (2014), del total de mosaicos priorizados para restaurar ($n=72$) (áreas con más de un ecosistema priorizado para restaurar), la mayoría incluyen playas de arena y manglar (Figura 60, Tabla 25). Se destaca la prioridad “Muy alta” para el 4% de las playas y el 6% de los sectores de manglar; y “Alta” para el 29% de las área coralinas y 28% de los pastos marinos priorizados. Se destacan los mosaicos de Cocoplum Bay en San Andrés Isla; Tukakas y Portete en La Guajira; Cinto, Neguanje y Gairaca en el Parque Nacional Natural Tayrona en el Magdalena, y la isla Rosario e isla Palma en Bolívar, por tener los 4 ecosistemas con necesidad de restauración. Los mosaicos restantes incluyen entre tres y dos de los ecosistemas evaluados, siendo los mosaicos con playas de arena y manglar los más recurrentes en los departamentos del Pacífico, y en el Caribe en los departamentos del Atlántico, Córdoba, Sucre y Antioquia.

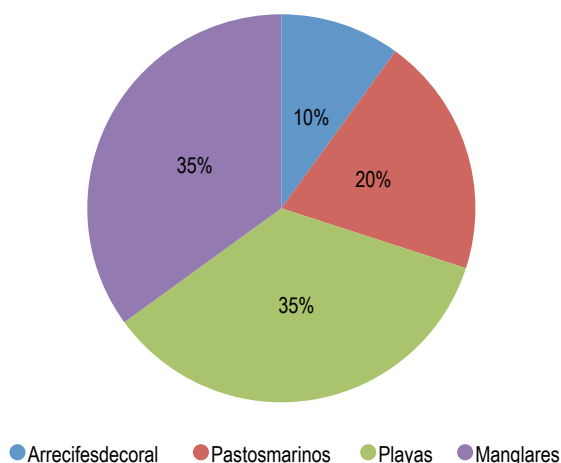


Figura 60. Unidades ecosistémicas incluidas en los mosaicos priorizados para restaurar en Colombia según (Gómez Cubillos *et al.*, 2015).

Recientemente (2014-2015) se han iniciado, algunas iniciativas puntuales para desarrollar acciones relacionadas con la restauración en algunos mosaicos con potencial de ser restaurados. Se destaca el desarrollo de acciones principalmente en ecosistemas de manglar y arrecifes de coral (Tabla 25).

Tabla 25. Áreas con potencial de restauración en la zona marino-costera de Colombia y acciones desarrolladas para su rehabilitación/restauración entre 2014-2015 (según información recopilada por INVEMAR).

Departamento	APR*	Nombre Mosaico-Acciones desarrolladas ^(P, L, PR)	Ecosistemas intervenidos	Fuentes relacionadas
San Andrés Providencia y Santa Catalina (SAI)	7	McBean Lagoon ^P , Manchinnel Bay, South West Bay, Spratt Bight, Cocoplum Bay, Sound Bay, El cove	Arrecifes de coral	(Pizarro <i>et al.</i> , 2014; MADS, 2015a)
La Guajira	13	Cocinetas, Tukakas, Punta Estrella, Hondita, Portete, Auyama, Musichi ^L , Pájaro, Mayapo, Buenavista, Ranchería, Camarones ^L y Dibulla	Manglar	(Gómez-Cubillos <i>et al.</i> , 2015)
Magdalena	9	Arrecifes, Cinto, Neguanje, Gairaca ^P , Concha, Santa Marta, Pozos Colorados, CGSM ^M y VIPIS ^M	Arrecifes de Coral; manglar	(Pizarro <i>et al.</i> , 2014; Ibarra <i>et al.</i> , 2014; Invemar <i>et al.</i> , 2015)
Atlántico	6	Salgar, Balboa, Puerto Velero, Santa Verónica, Salinas del rey y Astilleros	NA	NA
Bolívar	11	Galerazamba, Tesca, Marbella, Manzanillo, Tierrabomba, Playa Blanca, Isla Grande, Isla Rosario ^P , Isla Múcura, Isla Palma e Isla Ceycén	Arrecifes de Coral	(Pizarro <i>et al.</i> , 2014)
Córdoba	2	Morrosquillo y Mestizos	NA	NA
Sucre	4	El Rincón, Berrugas ^P , El Francés y Caimanera	Arrecifes de coral	(MADS, 2015b)
Antioquia	4	Arboletes, Damaquiel, Turbo y Cocogrande	NA	NA
Chocó	5	Acandí, Cupica, Mecana, Virudó ^P y Abaquía	Manglar	(Codechocó, 2014)
Valle del Cauca	5	Málaga, Buenaventura, Anchicayá, Cajambre y Yurumanguí	NA	NA
Cauca	2	Timbiquí, Obregones	NA	NA
Nariño	4	La Tola, Tumaco, Bocagrande y Bocanueva	NA	NA
Total de mosaicos priorizados para restaurar en Colombia= 72				

*APR: Áreas con Potencial de restauración. P: Implementación de Piloto; L: Formulación de lineamientos y planes básicos de restauración; M: Monitoreo de un proceso de restauración. NA: Sin Información.

El desarrollo de proyectos de restauración de los ecosistemas marinos y costeros es una herramienta clave para el desarrollo sostenible del país, la conservación de su biodiversidad y el bienestar de las generaciones actuales y futuras de los colombianos. Si se tiene en cuenta que ecosistemas marinos como el manglar, pastos marinos, corales y lagunas costeras, entre otros, aportan numerosos servicios como la provisión de alimentos, protección costera contra la erosión, tormentas, tsunamis, captura de carbono y mitigación del cambio climático, purificación del agua y atracción del turismo, resulta ser más claro que invertir recursos para la restauración de ecosistemas marinos y costeros en Colombia puede constituir también una alternativa rentable en términos de costo-beneficio (Caffey *et al.*, 2014), al tiempo que se cumple con el deber adquirido en iniciativas de desarrollo sostenible nacionales e internacionales.



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

Definición e importancia del indicador

La zonificación o diferenciación espacial es una herramienta de manejo que permite dividir el territorio en unidades relativamente homogéneas de paisaje, teniendo en cuenta características físicas, biológicas y socioeconómicas (INVEMAR, 2005). Debido a la complejidad del ecosistema de manglar, en donde se integran componentes biológicos, ecológicos, físico-químicos, sociales y económicos, su manejo debe estar orientado a la conservación de su estructura y función, por lo cual, se hace necesario dividir las áreas de manglar en zonas relativamente homogéneas o que compartan condiciones similares y sobre las cuales se dicten disposiciones de manejo de acuerdo a sus particularidades para su conservación, protección y uso sostenible. De acuerdo a la resolución 0924 de 1997 y 0721 de 2002, las categorías consideradas para el manejo de ecosistemas de manglar son:

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

Zonas de Uso Sostenible: áreas que contienen ecosistemas naturales que deben conservarse, pero con una oferta de recursos naturales alta, que permitan ser aprovechados sosteniblemente, sirviendo así a las necesidades humanas de manera continua, mientras contribuye a la conservación de la diversidad biológica. Estas zonas deberán mantener el buen estado de conservación del ecosistema, la vida, las comunidades y los hábitat en general (Sánchez-Páez *et al.*, 2004)

Zonas de Recuperación: abarca todas las zonas que se encuentran en mal estado o en proceso de degradación, que no están cumpliendo con sus funciones y pueden haberse perdido sus atributos naturales, o algunos de ellos están siendo severamente afectados. Igualmente comprende áreas que aunque no evidencian daños severos, mantienen actividades que pueden destruir el manglar o desarrollaron actividades que en el pasado ya lo afectaron significativamente. Incluyen también áreas en donde los procesos naturales han afectado el estado del manglar o de aquellas que por su formación, ubicación o condición pueden ser aptas y básicas para el desarrollo de estos ecosistemas (Gil-Torres y Ulloa-Delgado, 2001; Sánchez-Páez *et al.*, 2004).

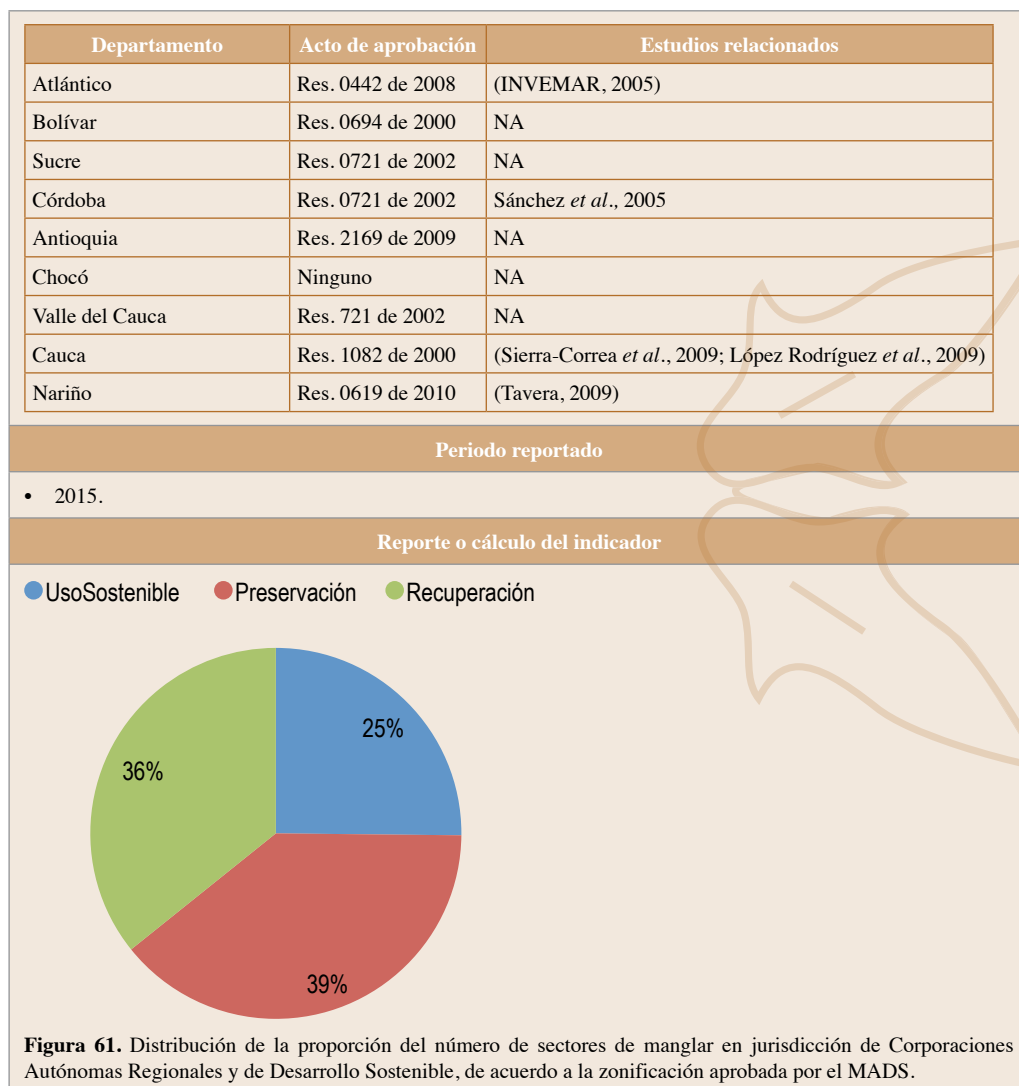
En este indicador se presentan porcentualmente la distribución de las tres categorías de manejo en los departamentos que poseen manglar en jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible y se discriminan aquellos estudios que han sido aprobados oficialmente por el MADS y aquellos que aún continúan en trámite para oficializar la propuesta de zonificación.

Fuente de los datos e información

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

Tabla 26. Actos de aprobación de la zonificación del manglar en Colombia y algunos estudios relacionados con los procesos de zonificación. NA: Sin información.

Departamento	Acto de aprobación	Estudios relacionados
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Ninguno	(Á. C. López Rodríguez <i>et al.</i> , 2009)
La Guajira	Res. 1082 de 2000	(Gil Torres <i>et al.</i> , 2009)
Magdalena	Ninguno	NA



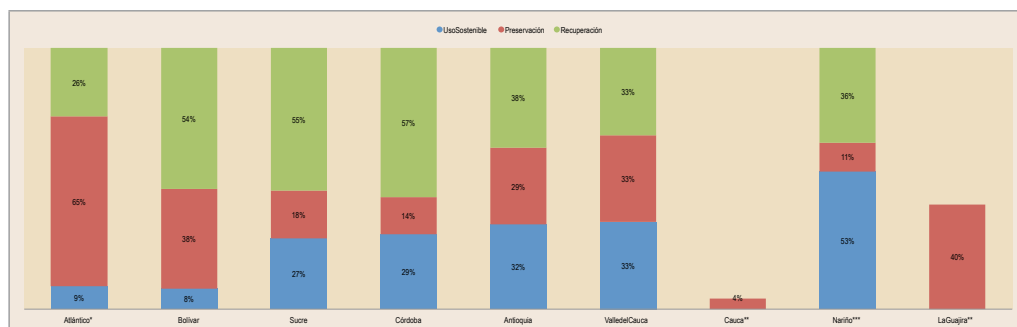


Figura 62. Porcentaje del número de sectores de manglar según su categoría, uso sostenible, preservación y recuperación, en cada departamento, según estudios aprobados por el MADS. *Solo se reportan las categorías asociadas a bosques de mangle, se excluyen ciénaga y salitrales; **Solo se incluyen los sectores aprobados por el MADS por resolución; ***La barra refleja la distribución de las categorías de zonificación en los bosques de mangle por concejos comunitarios.

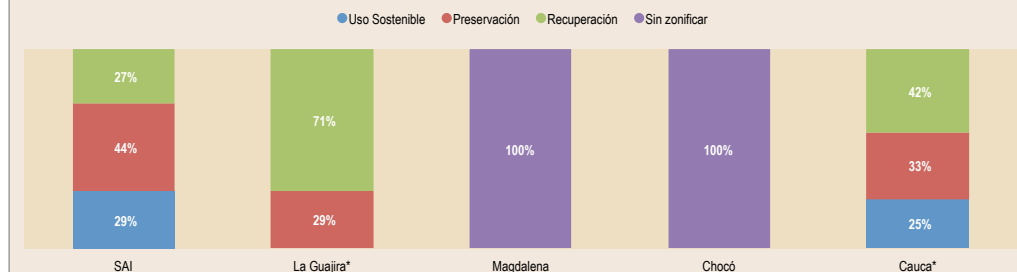


Figura 63. Zonas de uso sostenible, preservación y recuperación propuestas en los departamentos con zonificación NO aprobada por el MADS o en proceso de aprobación. *Departamentos con zonificación parcialmente aprobada (ver Figura 62).

Interpretación de los resultados

En Colombia según los estudios aprobados por el MADS, actualmente la mayoría de los sectores de manglar administrados por las CAR, se encuentran bajo la categoría de Preservación (39%), el 36% están en la categoría de recuperación y el 25% en uso sostenible (Figura 61). De acuerdo a la Figura 62, cinco departamentos del Caribe colombiano tienen zonificaciones aprobadas, mientras que solo dos en el Pacífico (Valle del Cauca y Nariño) se han aprobado. Se destaca el alto porcentaje de los sectores destinados a preservación y recuperación en Atlántico y Bolívar, lo cual se relaciona con el estado y condiciones particulares de sus bosques (Gómez-Cubillos *et al.*, 2014). Sucre, Córdoba y Antioquia poseen una mayor proporción de sectores destinados a la recuperación, mientras que en Nariño la mayoría de los concejos comunitarios poseen en sus territorios zonas de manglar destinadas al uso sostenible. Para Cauca, se destaca la categoría de preservación declarada para el sector de Guapi, mientras que en La Guajira, la única zona con zonificación aprobada es la baja Guajira.

Respecto a los departamentos que no cuentan con zonificación aprobada (Figura 63), el departamento del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, propone un mayor porcentaje de sus sectores destinados a la preservación (44%), seguidos del uso sostenible y la recuperación. Para las zonas restantes de La Guajira (Media Guajira y Alta Guajira), el mayor porcentaje de sectores de manglar pertenecen a recuperación (71%) y el restante a preservación; en el Cauca, los sectores comprendidos dentro de Timbiquí y López de Micay en conjunto se han propuesto en mayor porcentaje en la categoría recuperación (42%), preservación (33%) y una menor proporción son destinados al uso sostenible (25%). Magdalena y Chocó han iniciado estudios de zonificación para sus sectores de manglar, sin embargo éstos aún no son aprobados de manera oficial por el MADS y no se contó con acceso a esta información, para el presente reporte.

Limitaciones del indicador

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

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

Los estudios de zonificación de manglares en Colombia, así como los actos de aprobación respectivos, son antiguos (Tabla 26), por lo que a nivel departamental conviene revisar la pertinencia actual de estas categorías y con base en un diagnóstico actualizado, re clasificar algunos sectores de manglar y modificar sus planes de manejo, en el caso de ser necesario.

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

Como complemento importante a este indicador se recomienda a nivel nacional actualizar, definir y monitorear periódicamente, la cobertura de manglar para Colombia y cada departamento, para favorecer la toma de decisiones para un mejor manejo en pro de la recuperación, uso sostenible y preservación de los manglares del país.

VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La valoración económica se refiere a la asignación de valor monetario a un bien o servicio, donde los valores monetarios tienen un significado particular y preciso. Existen tres formas de estimar el valor económico: mediante preferencias reveladas, usando transferencia de beneficios o a través de preferencias declaradas. Este último ha sido el enfoque de más amplio uso para valorar servicios ecosistémicos marinos costeros, dado que muchos de ellos no tienen un mercado asociado u obedecen en su mayoría a valores de uso indirecto, de opción y de existencia.

Durante 2015, se reportó una medida de bienestar bajo el enfoque de preferencias declaradas: la valoración contingente del Corredor Caribe (CC), iniciativa del Departamento Nacional de Planeación con el apoyo del Banco Mundial que estudia el potencial turístico integrado a lo largo de 400 km en la costa Caribe. El CC se establece entre Cartagena, Barranquilla y Santa Marta e incluye 19 municipios aledaños. Según el Observatorio del Caribe (2015), el turismo en esta zona se ha triplicado en los últimos 10 años, razón suficiente para desarrollar una estrategia de turismo integrado y ordenado que brinde mejores experiencias a los visitantes y fortalezca las fuentes de financiación de la región. El estudio aplicó el método de valoración contingente mediante realización de encuestas a turistas para medir los potenciales beneficios económicos derivados de los servicios recreacionales asociados al CC, que incluye 350 km de playas. Entre los resultados más relevantes se destaca: en promedio los turistas estarían dispuestos a destinar 11 días para visitar el CC; su interés en visitar la región está asociado principalmente a los factores naturales y culturales que ofrece; de los turistas encuestados el 71% eran nacionales y el 29% extranjeros y del total, el 67% se mostró a favor de la iniciativa de turismo en el CC. Finalmente, la disponibilidad a pagar (DAP) fue calculada mediante tres metodologías que estimaron lo que un turista estaría dispuesto a pagar en promedio durante su visita. Así, por valoración contingente se estimó un pago de \$ 2851470, por ordenamiento contingente de \$ 2485259 y por análisis conjoint \$ 3370178. Tomando el último valor relacionado, se calcula que los beneficios económicos derivados del CC estarían alrededor de los \$12.5 billones anuales.

INDICADOR DE VALOR DE ESTIMACIONES DE MEDIDAS DE BIENESTAR ASOCIADAS A SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Definición e importancia del indicador

La disponibilidad a pagar (DAP) es la máxima cantidad de dinero que un individuo está dispuesto a ofrecer para obtener un incremento en un bien o servicio ambiental, o evitar un impacto indeseable. La DAP corresponde a una medida de valor basada en el supuesto de sustituibilidad de preferencias, por ejemplo entre un monto de dinero, restringido por el nivel de ingreso del individuo, y un cambio en la calidad o cantidad de un bien o servicio ambiental (Myrick Freeman III, 2003). La DAP se define a partir de: , donde $u(.)$ es la función de utilidad del consumidor, m es el nivel de ingreso, Q_0 y Q_1 son los niveles iniciales y finales de la variable ambiental, S es el vector de características no monetarias del consumidor (nivel de educación, sexo, edad, etc.) y es el componente estocástico del consumidor que no es observable al investigador. La media de la DAP estimada mediante la aplicación de métodos de valoración ambiental es un indicador de utilidad en el diseño de políticas públicas, teniendo en cuenta que el contexto de decisión usualmente involucra disyuntivas donde los beneficios y costos ambientales constituyen información de relevancia.

Fuente de los datos e información

Observatorio del Caribe Colombiano Colombia (Vergara y García, 2015) e INVEMAR (Vargas *et al.*, 2014).

Periodo reportado

- El período de los datos primarios corresponde a 1997 - 2015. Los metadatos se expresaron en US\$ de 2000.

Reporte o cálculo del indicador

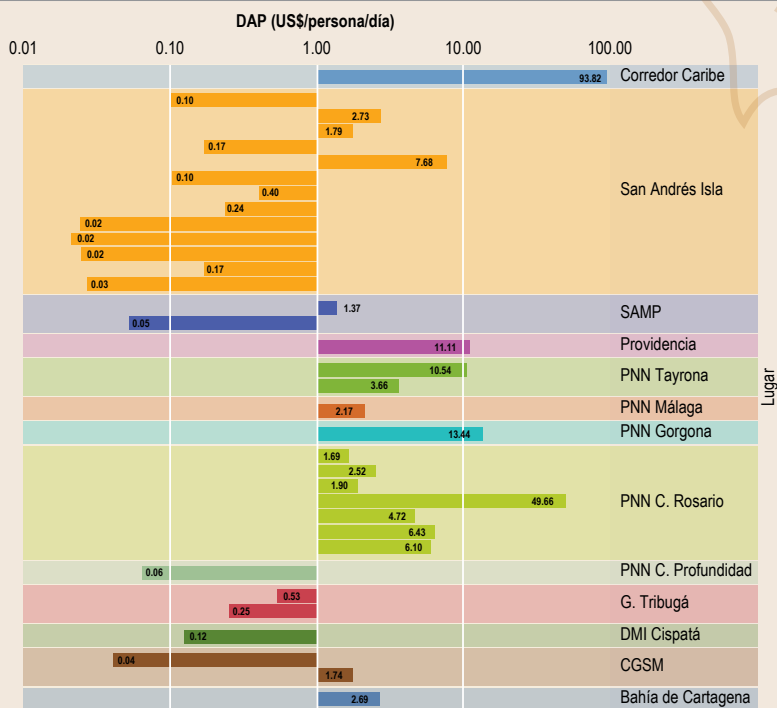


Figura 64. Disponibilidad a pagar (DAP) por servicios ecosistémicos.

Interpretación de los resultados

El gráfico presentado muestra la DAP por persona/día en dólares internacionales de 2000 (usando la tasa de cambio ajustada por el factor de conversión de paridad de poder de compra, luego del ajuste inicial de datos a pesos colombianos constantes de 2000). La Figura 64 indica la cantidad de dólares que un agente individual (usuario directo o indirecto) está dispuesto a sacrificar por un incremento o mejora en servicios ecosistémicos brindados por un área con cierta extensión. La interpretación puede ser más específica, atendiendo a los objetivos del estudio puntual.

Debido a una corrección y mejora en el cálculo del indicador los valores reportados en informes anteriores no coinciden exactamente con lo reportado en este año. Sin embargo, el ajuste refleja con mayor precisión la DAP por persona/día que se reporta y los resultados de los estudios analizados para el cálculo del indicador.

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

Las versiones posteriores de este indicador deben ampliar la base de estimaciones y sitios a reportar. En lo posible reportar el indicador por unidad de área.

Capítulo V

ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACÍOS DE INFORMACIÓN



Manglar en Musichí (Departamento de La Guajira). Foto: Catalina Gómez



INTRODUCCIÓN

El conocimiento del potencial de la biodiversidad de los ecosistemas marino-costeros del País es fundamental para la conservación, aprovechamiento y uso sostenible, por esta razón y en base a información bibliográfica consultada, el siguiente capítulo presenta la importancia del ecosistema del manglar y los vacíos de información existente a tener en cuenta para aumentar dicho conocimiento sobre el estado actual de este importante ecosistema. También se presenta las investigaciones relacionadas con la búsqueda de compuestos con bioactividad provenientes de organismos marinos, profundizando en la búsqueda de nueva actividad, en la elucidación química y en la ampliación de los ensayos. Por último el INVEMAR con el apoyo financiero de varias Instituciones, continúa trabajando para la zona costera e insular en la generación de estudios y estrategias encaminadas a levantar información para mejorar la capacidad de decisión en cualquiera de los temas de mitigación, vulnerabilidad y adaptación al cambio climáticos en el país.

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

▼ Manglares

Ante las directrices del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país” (PND), encaminadas a la formulación de una estrategia de “crecimiento verde” en el largo plazo (Artículo 170), Colombia tiene grandes retos en el plano ambiental, principalmente relacionadas con el manejo de sus bosques; por lo cual, la protección de los humedales (incluidos los manglares) (Artículo 172), la prevención de la deforestación (Artículo 171), la adquisición por la Nación de áreas o ecosistemas de interés estratégico para la conservación de los recursos naturales o implementación de esquemas de pago por servicios ambientales u otros incentivos económicos (Artículo 174) articulados con la reducción de emisiones debidas a la deforestación (iniciativas REDD+) (DNP, 2014) y la recuperación y restauración de los ecosistemas marino-costeros, se resaltan como las prioridades de investigación e implementación de acciones dirigidas a este ecosistema.

Sin duda la generación de información base para el manejo y la toma de decisiones resulta crucial, para la implementación de estas estrategias de orden nacional. Aunque en Colombia gran parte de la investigación sobre los ecosistemas de manglar, permanece en literatura gris, se resaltan las investigaciones recientes sobre fauna asociada (Polanía *et al.*, 2015) dinámica del manglar y cambio climático (Urrego *et al.*, 2013; Agudelo *et al.*, 2015; Suárez *et al.*, 2015; Blanco-Libreros, 2016); factores de deterioro antrópicos (Blanco-Libreros y Estrada-Urrea, 2015; Blanco-Libreros *et al.*, 2012); estrategias para evitar la degradación y deforestación (Invemar *et al.*, 2015); reconstrucción de la historia de los bosques mediante técnicas palinológicas (Polanía *et al.*, 2015); fijación de carbono (Betancourt-Portela *et al.*, 2013; Blanco-Libreros, 2016); manejo de estos ecosistemas (Polanía *et al.*, 2015; Sierra-Correa y Cantera-Kintz, 2015) y la rehabilitación de los bosques de manglar (Gómez-Cubillos, C. *et al.*, 2015).

Aunque sin duda los estudios académicos relacionados con manglar han incrementado en los últimos años, la información disponible es escasa o desactualizada en la mayoría de las zonas del país. Resulta ser prioritario generar un estudio nacional actualizado sobre la dinámica de las coberturas de manglar con

métodos y condiciones homogéneas, a escala 1:25000, que permita generar reportes actualizados y confiables de su extensión y de los cambios a través del tiempo (ganancias y pérdidas) a escala departamental y nacional. Lo anterior resulta crucial para un mejor proceso de toma de decisiones efectivas de manejo y planificación para el desarrollo sostenible, conservación de los manglares del país y fortalecimiento de los servicios ecosistémicos para el bienestar de los colombianos.

Es necesario avanzar en el entendimiento de los ecosistemas de manglar ante el cambio climático, el ascenso del nivel del mar y su relación con la vulnerabilidad de la zona costera; y seguir avanzando en la caracterización de las problemáticas de los bosques y sus consecuencias, así como en sus alternativas de mitigación. Avanzar en la implementación de proyectos piloto REDD+ en diferentes áreas de manglar (Invemar *et al.*, 2015), es necesario para recoger experiencias que permitan la mejora de estos procesos y la maximización de los beneficios derivados para las comunidades locales. En este sentido, también se resalta la necesidad de realizar estudios complementarios acerca de la percepción de la provisión de bienes y servicios derivados de este ecosistema.

Adicionalmente, se requiere que los departamentos que aún no han definido la zonificación de los manglares en su jurisdicción, completen los estudios requeridos y generen dicha zonificación según las categorías para el manejo de ecosistemas de manglar, de acuerdo a la resolución 0924 de 1997 y 0721 de 2002. Así mismo, se requiere la revisión, aprobación y respaldo a estas zonificaciones por parte de los entes gubernamentales nacionales para fortalecer el soporte y alcance legal de estas iniciativas.

Es importante fortalecer el desarrollo de investigaciones para la restauración de ecosistemas de manglar, la integración en trabajos interdisciplinarios para incrementar la comprensión de las dinámicas ecológicas e importancia ambiental, económica y social de los manglares en Colombia, al tiempo que se genere profunda conciencia en la población y tomadores de decisiones sobre la importancia de este ecosistema estratégico.

Finalmente, es prioritario continuar con la implementación de los sistemas de monitoreo de manglar, tanto en áreas protegidas como en áreas jurisdicción de las CAR. Esto permitirá establecer indicadores del estado de conservación y recuperación de los sistemas boscosos, lo cual deberá estar acompañado por el fortalecimiento del Sistema de Información para la Gestión de los Manglares – SIGMA (sigma.invemar.org.co) y de las capacidades de las CAR en técnicas de monitoreo de manglares y manejo del sistema, según los lineamientos del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Seguir avanzando en llenar los vacíos de información aquí descritos, no solo contribuirá al cumplimiento de las metas del PND 2014-2018, sino que aportará al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, aportando a la seguridad alimentaria, mitigación del cambio climático y otros beneficios derivados de los servicios ecosistémicos provistos los ecosistemas de manglar de Colombia.

▼ Bioprospección marina

El estudio de los productos naturales como parte del desarrollo cultural y tecnológico del ser humano es una práctica antigua y bien establecida. Dentro de la biodiversidad disponible, el ecosistema marino representa una de las fuentes más abundantes en donde se estiman más de 500 millones de especies dis-

tintas, las cuales se convierten en una gran oportunidad para el hallazgo de nuevos principios biológicos activos al servicio de la sociedad. Con esta premisa Colombia ha venido avanzando por más de 30 años en el desarrollo de proyectos de investigación que buscan evaluar el potencial de los organismos marinos existentes en sus mares (Arias *et al.*, 2011).

En este informe se evidencia el avance de la investigación en productos naturales marinos a partir de los artículos de investigación publicados en revistas indexadas. En ese sentido, destaca la publicación de tres artículos científicos con respecto al informe de 2014, dos de ellos corresponden al 2015, y el otro al 2014, el cual se reporta en este informe por no haber tenido acceso al mismo anteriormente (Tabla 27). En estas investigaciones se destaca la aplicación en el campo de la salud con derivados de bromotirosinas aisladas de esponjas del Caribe colombiano (Gómez-Archila *et al.*, 2014), en la inhibición de la replicación del virus del VIH, con algunos porcentajes de inhibición superiores al 50%, y sin efectos citotóxicos; resultado que abre una gran alternativa para estudios terapéuticos posteriores. Adicionalmente, en la investigación realizada por Quintana *et al.* (2015), se destaca el uso de extractos crudos de esponjas y corales con actividad antimicrobiana y con capacidad para inhibir la comunicación bacteriana mediada por el sistema de quorum sensing. Adicionalmente, se realizó la identificación de compuestos tipo furanosesterpenos relacionados con la actividad quorum sensing en una de las esponjas estudiadas. En la investigación llevada a cabo por Echavarría *et al.* (2009) y Martínez *et al.* (2015), se estudió la inhibición de formación de biofilms por parte de compuestos aislados del coral suave *Eunicea sp.* En este trabajo se destaca la inhibición mostrada frente a bacterias responsables del fouling en estructuras sumergidas en el mar, así como contra bacterias involucradas en procesos de patogénesis en humanos como *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*.

Tabla 27. Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2014 y las publicadas en 2015.

Grupo	Número estimado de especies	Especies ensayadas hasta 2014	Especies ensayadas en 2015	Especies caracterizadas químicamente hasta 2014	Especies caracterizadas químicamente en 2015
Equinodermos	296	7	0	6	0
Bryozoa	113	0	0	0	0
Poliquetos	246	0	0	0	0
Corales	97	12	5	8	0
Antipatharios	13	0	0	0	0
Anemonas	22	0	0	0	0
Hidrozoos	65	0	0	0	0
Esponjas	314	102	7	36	0

Grupo	Número estimado de especies	Especies ensayadas hasta 2014	Especies ensayadas en 2015	Especies caracterizadas químicamente hasta 2014	Especies caracterizadas químicamente en 2015
Algas	565	27	0	23	0
Zoantideos	43	3	1	3	0
Tunicados	140	0	0	0	0
Cianobacterias	352	0	0	1	0
Total	2266	151	13	73	0

*Dentro de las especies ensayadas se adiciona una esponja (*Cervicornia cuspidifera*) y cuatro algas (*Caulerpa mexicana*, *Laurencia* sp., *Sargassum* sp., *Dyctiota* sp.), estudiadas por Arias *et al.* (2011) y Echavarría *et al.* (2009), respectivamente, y que no se habían incluido en los informes anteriores.

INDICADOR DE ESPECIES BIOPROSPECTADAS (ENSAYADAS)

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2007-2015.

Reporte o cálculo del indicador

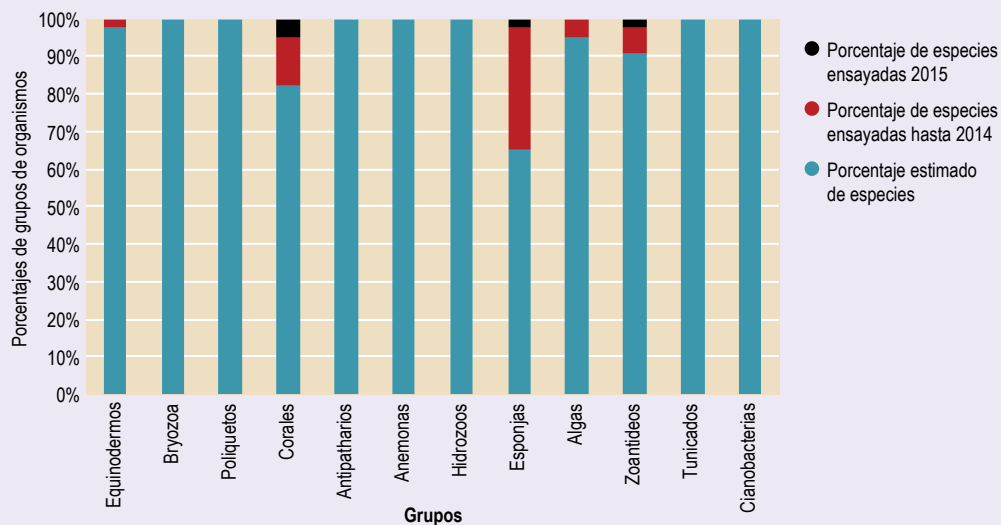


Figura 65. Especies de organismos marinos por grupos ensayados para evaluar su bioactividad.

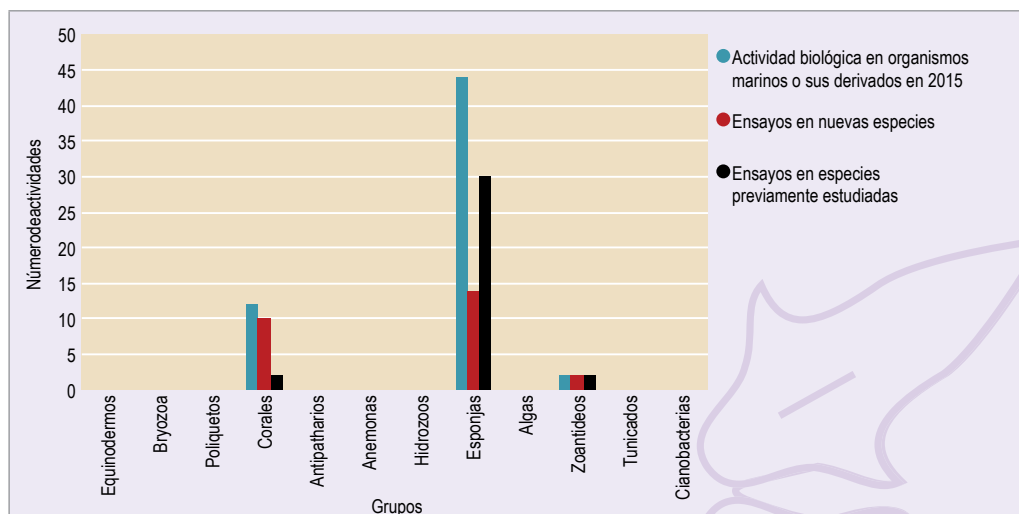


Figura 66. Distribución de actividades biológicas evaluadas en los organismos marinos y sus derivados durante el año 2015.

Interpretación de los resultados

Durante 2015 se publicaron resultados de 13 especies de organismos marinos que no se habían estudiado previamente, dentro de las cuales se incluyeron 7 especies de esponjas, 5 de corales y una de zoantídeos, para un total de 164 especies evaluadas hasta la fecha (Figura 65). De esta forma, se avanzó de 6.49% a 7.24% con relación al año anterior en el estudio de las especies estimadas hasta el 2015 en el país. Es importante mencionar que a partir del 2014 se destaca el inicio del trabajo con cianobacterias, razón por la cual aumentó el número de especies potenciales desde ese año pasando de 1914 a 2266. Adicionalmente, desde este año se incluye la descripción del número de actividades biológicas evaluadas durante el año en organismos marinos o sus derivados como un indicador del volumen o intensidad de trabajo durante este periodo. En ese sentido, se observa que la mayor cantidad de trabajo se concentró en el análisis del potencial bioactivo de las esponjas, seguidas de los corales y zoantídeos (Figura 66). Igualmente, se destaca que el estudio de especies previamente analizadas sigue constituyendo un campo muy activo de investigación, debido a los múltiples estudios que se pueden derivar de una sola especie. Además, el tiempo de colecta, y la variación de origen del organismo pueden influenciar su contenido metabólico, por lo cual, estudios orientados a la reevaluación de especies ya trabajadas se observan constantemente.

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

INDICADOR DE ORGANISMOS MARINOS CON ESTRUCTURA QUÍMICA DETERMINADA/ ELUCIDADA

Definición e importancia del indicador

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

Fuente de los datos e información

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

Periodo reportado

- 2007 a 2015.

Reporte o cálculo del indicador

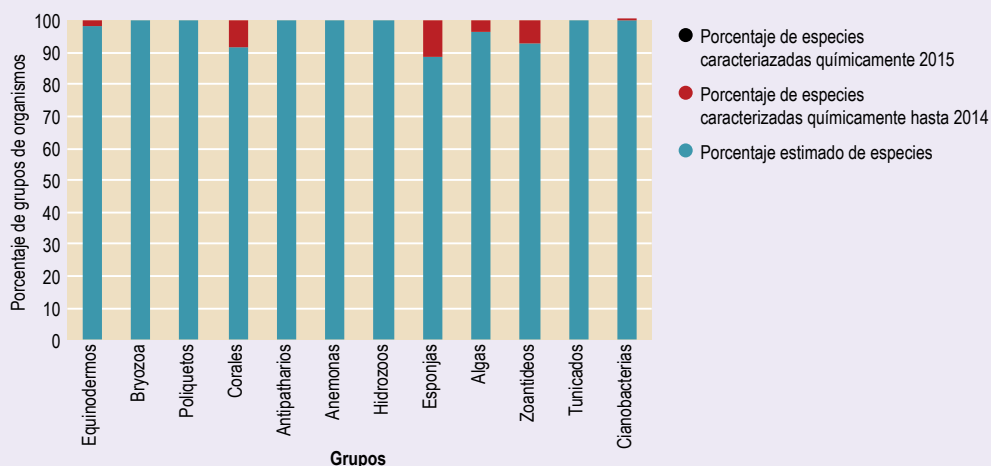


Figura 67. Especies de organismos marinos cuyos extractos han sido caracterizados químicamente.

Interpretación de los resultados

En el 2015 no se registraron publicaciones con caracterización de compuestos en especies sobre las cuales no se haya hecho algún tipo de caracterización anteriormente. A la fecha se han caracterizado químicamente 73 especies lo que implica una caracterización química de algún tipo en especies marinas de Colombia de 3.22% (Figura 67).

Limitaciones del indicador

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

Recomendaciones y alternativas de manejo

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

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

▼ Causas y tensores indirectos

Cambio climático

En las últimas dos décadas los efectos del cambio climático en el mundo han generado mucha preocupación, y son varias las naciones que han asumido compromisos que buscan hacerle frente a estos efectos. El IPCC (2014) advierte que si la sociedad mundial continúa emitiendo Gases de Efecto Invernadero (GEI) al ritmo actual, la temperatura mundial promedio podría aumentar de 2.6 a 4.8 °C para el año 2100 (según el escenario de emisiones más altas).

Colombia no es la excepción, los escenarios de cambio climático de temperatura y precipitación reportados en la Tercera Comunicación Nacional (TCN) indican que si los niveles de GEI a nivel global aumentan, la temperatura media anual en el país podría incrementarse gradualmente para el fin del Siglo XXI (año 2100) en 2.14°C. Este aumento en la temperatura, tendría como consecuencia, entre otros, el aumento en el nivel del mar, que cambiaría no sólo la línea de costa, sino que pondría en riesgo los sistemas socioeconómicos de estas áreas. También, podrían agravarse los efectos de fenómenos de variabilidad climática como son El Niño o La Niña; por ejemplo, en las regiones donde se espera un aumento paulatino de la temperatura y disminuciones en la precipitación, pueden afectarse severamente en los años donde se presente el fenómeno de El Niño. Así mismo, en los años en que se presente el fenómeno de La Niña, las regiones donde se esperan aumentos de precipitación podrán ser más afectadas por inundaciones (IDEAM *et al.*, 2015).

Por otro lado, aunque Colombia es un país con bajas emisiones de GEI, que corresponden al 0.46% de las emisiones globales de 2010, se prevé que éstas sigan aumentando si se continúa impulsando el crecimiento económico; por lo que resulta necesario realizar esfuerzos adicionales que contribuyan al cumplimiento de las metas de reducción establecidas (García Arbeláez *et al.*, 2015).

En este contexto, el Invermar continúa trabajando para la zona costera e insular 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 en el país.

Para el tema de **vulnerabilidad**⁴ al cambio climático en las zonas costeras e insulares del país, el Invermar desde hace 13 años ha generado 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), erosión e intrusión marina. A partir de estas valoraciones se han realizado análisis de vulnerabilidad a escala local para cuatro sitios críticos como son Cartagena de Indias (año 2008) y Santa Marta (año 2010) en el Caribe, Tumaco en el Pacífico (2008) y San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el Caribe insular

4 Vulnerabilidad definida por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC "como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos..." (IPCC, 2007).

(2014). Esta información ha sido útil para la formulación de lineamientos y planes de gestión al cambio climático más aterrizados a la problemáticas de paisaje, infraestructura, población, sectores productivos y gobierno local.

En materia de **mitigación**⁵, 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 GEI del crecimiento económico nacional. Esto se hará a través del diseño y la implementación de planes, proyectos y políticas que tiendan a la mitigación de GEI y simultáneamente, fortalezcan el crecimiento social y económico del país, dando cumplimiento a los estándares mundiales de eficiencia, competitividad y desempeño ambiental.

En este sentido, el Invemar con el apoyo del MADS y Mintransporte han avanzado en la formulación de estrategias encaminadas a promover acciones de mitigación de GEI para el sector portuario marítimo de Colombia, las cuales apuntan en gran medida al mejoramiento de la eficiencia energética y al aprovechamiento de oportunidades que de estas acciones se deriven.

Por otro lado, para fortalecer la gestión de las AMP y promover acciones relacionadas con el tema de mitigación de GEI en estas áreas, se ha desarrollado ejercicios pilotos en el Caribe y en el Pacífico para evitar la deforestación del manglar, mediante el levantamiento de la línea base de existencias de carbono y establecimiento de parcelas de monitoreo en cuanto a deforestación y degradación en áreas de manglar con vista a evidenciar la factibilidad en la creación de proyectos subnacionales REDD+⁶ en este tipo de ecosistema. Actualmente, se cuenta con una guía metodológica para la formulación de proyectos tipo REDD+ en ecosistema de manglar, con base en la experiencia alcanzada y el trabajo con los actores locales.

En el tema de **adaptación**⁷ se ha ido avanzando en la identificación de acciones para reducir la vulnerabilidad al cambio climático. El avance está representado en estrategias de incorporación del riesgo asociado al cambio climático en los esquemas e instrumentos de planificación de los entes territoriales departamentales y municipales y en planes de gestión sectorial considerados adecuados de acuerdo al escenario normativo y legislativo Nacional (Ley 388 de 1997; Conpes 3700; Ley 1450 de 2011) con miras a realizar un manejo integrado del riesgo, permitiendo a partir de una posición relativamente avanzada, aunque compleja, enfrentar las nuevas amenazas que impone el cambio climático global.

En este contexto, el Invemar con el apoyo del MADS, Mintransporte y el aporte de los representantes del sector portuario del país, han avanzado en la formulación de estrategias de adaptación encaminadas a reducir la vulnerabilidad al cambio climático para los puertos marítimos de Colombia, en términos de infraes-

5 Mitigación: definida por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC, como la 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.

6 Según el Plan de Acción de Bali (2007), se denomina REDD + a la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal; además de la conservación, el manejo sostenible y el mejoramiento del stock de carbono de los bosques en los países en desarrollo.

7 La adaptación es el ajuste que realizan los sistemas naturales o humanos, en respuesta a los estímulos o efectos climáticos (reales o esperados), que atenúa los daños que ocasionan o, que explota o potencia las oportunidades beneficiosas (IPCC, 2007)

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

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

Por otra parte, se culmina el cubrimiento geográfico de plataformas colectoras de datos climáticos, con sensores oceanográficos, a través de la disposición de una boya oceanográfica ubicada en el departamento de la Guajira y el componente oceanográfico para el departamento del Magdalena (Punta Betín). A su vez y en el marco de la red de estaciones a la que entran a funcionar tales estaciones, el Invemar continúa con el mantenimiento y administración del sistema de Observación Global para el Caribe Occidental, sistema instalado desde el 2009 como parte de la medida de adaptación nacional. El sistema acopia y genera información mete-oceanográfica para el público, incrementa la capacidad nacional para la toma y procesamiento de información que permita desarrollar, por vez primera, 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 de nodos regionales entre los que se tiene el Nodo Regional de Cambio Climático Caribe e Insular, que desde el 2011 ha avanzado en eventos de capacitación para fortalecimiento de capacidades y reuniones para el seguimiento y análisis. En el marco de este proceso se han priorizado una serie de proyectos, los cuales presentan avances en su gestión o implementación, entre estos se encuentran: i) la formulación e implementación del observatorio climático del Caribe colombiano; ii) el diseño y

construcción de casas bioclimáticas (zona seca y zonas de inundación), de los cuales se construyó modelos de viviendas en San Andrés Isla, Puerto Colombia (Atlántico) y Manaure (La Guajira) y que podrán ser replicadas en sitios vulnerables. Por otra parte, se ha aprovechado el espacio que se tiene en la herramienta web de cambio climático para mares y costas (CLIMARES) para visibilizar el Nodo y su plan de acción (<http://cambioclimatico.invemar.org.co/nodo-regional-caribe-e-insular>). Adicionalmente, se mantiene y alimenta el contenido de información de las estaciones o equipos instalados en las zonas costeras del país para la medición de variables oceanográficas y meteorológicas en el sitio web de CLIMARES, garantizando igualmente su disponibilidad desde el portal de cambio climático nacional. Finalmente se desarrolló una herramienta de consulta de información en este sitio web, bajo estándares y protocolos establecidos desde el SIAC, para apoyo a análisis de vulnerabilidad al cambio climático. Los productos generados en el convenio corresponden al desarrollo de herramientas de consulta de información consistente en (<http://cambioclimatico.invemar.org.co/fortalecimiento-climares>): Mapa de actores, Catálogo de estaciones ambientales marinas y costeras, Módulo de consulta espacial de oferta de información en el tema de información histórica sobre registro de amenazas en la zona costera y actualización del geovisor “Geoclimares” de información cartográfica de estudios de cambio climático con la incorporación del capas generadas del análisis de vulnerabilidad del sector urbano del distrito de Santa Marta, Cartagena, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Literatura citada

- Agardy, M.T. 1994. Advances in marine conservation: the role of marine protected areas, *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 9, No. 7: 267-260.
- Agudelo, C.M., J. Bolívar, J. Polanía, L.E. Urrego, A. Yepes y A. Sierra. 2015. Structure and floristic composition of mangroves in the Bahía de Cispatá, Colombian Caribbean, *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, vol. 63, No. 4: 1137-1147.
- Alcaldía de Cartagena, MADS, INVEMAR, CDKN y Cámara de Comercio de Cartagena. 2014. Lineamientos de adaptación al cambio climático del área insular del distrito de Cartagena de Indias, Serie de Documentos Generales INVEMAR;56, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 640p.
- 2013. Lineamientos de adaptación al cambio climático del área insular del distrito de Cartagena de Indias.
- Alcaldía Distrital de Buenaventura. 2014. Información General de Buenaventura, Nuestro Distrito/Información General de Buenaventura, <http://www.buenaventura.gov.co>.
- Alcántara-Carrió, J. 2008. Los riesgos naturales en el litoral: la amenaza creciente. Servicio de publicaciones Universidad Católica de Valencia, Valencia, España. 28p.
- Alonso, D., L.F. Ramírez, C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres, T. Walschburger y N. Arango. 2008. Hacia la construcción de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas en Colombia. INVEMAR - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, UAESPNN - Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales y TNC - The Nature Conservancy, Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 20p.
- ANI- Agencia Nacional de Infraestructura. 2015. Concepto de Actividad Portuaria, Ministerio de Transporte, <http://www.ani.gov.co/glosario/actividad-portuaria>. 11/02/2016.
- Arias, J., M. Santos-Acevedo y F. Newmark-Umbreit. 2011. Evaluation of the feeding deterrent potential of crude organic extracts from fifteen marine sponges, *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, vol. 40, No. 2: 293-308, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS «JOSE BENITO VIVES DE ANDRÉS» (INVEMAR).
- Bandaranayake, W.M. 1998. Traditional and medicinal uses of mangroves, *Mangroves and salt marshes*, vol. 2, No. 3: 133-148, Springer.
- Banhölzer, S., J. Kossin y S. Donner. 2014. The impact of climate change on natural disasters, *Reducing disaster: Early warning systems for climate change*, Springer, 21-49p.

- Bastidas-Salamanca, M., N. Rangel-Buitrago, D. Morales-Giraldo, C. Ricaurte, D. Gomez-López, R. Navas-Camacho, S. Navarrete, D. Alonso, L. Vivas-Aguas, P. Obando-Madera, J.A. Rodríguez-Rodríguez, L. Licero-Villanueva y L. Perdomo. 2013. Estado del ambiente y los ecosistemas marinos y costero, *Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2013*, Santa Marta, INVEMAR, 24-82p.
- 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 INVEMAR;78, , Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 22p.
- Bax, N., Williamson, A., Aguero, M., Gonzalez, E. y Geeves, W. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity, *Marine Policy*, vol. No. 27, No. 4: 313-323 p.
- Betancourt-Portela, J.M., J.P. Parra y C. Villamil. 2013. Emisión de metano y óxido nitroso de los sedimentos de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, caribe colombiano, *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, vol. 42, No. 1: 131-152.
- Blaikie, P., T. Cannon, I. David y B. Wisner. 1996. Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres. LA RED: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 290p.
- Blanco-Libreros, J.F., E.A. Estrada, L.F. Ortiz y L.E. Urrego. 2012. Ecosystem-wide impacts of deforestation in mangroves: The Urabá Gulf (Colombian Caribbean) case study, *ISRN Ecology*, vol. 2012, Hindawi Publishing Corporation.
- Blanco-Libreros, J.F. y E.A. Estrada-Urrea. 2015. Mangroves on the Edge: Anthrome-Dependent Fragmentation Influences Ecological Condition (Turbo, Colombia, Southern Caribbean), *Diversity*, vol. 7, No. 3: 206-228, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Blanco-Libreros, J.F. 2016. Cambios globales en los manglares del golfo de Urabá (Colombia): entre la cambiante línea costera y la frontera agropecuaria en expansión, *Actual Biol*, vol. 38, No. 104: 53-70.
- Burke, L., K. Reyttar, M. Spalding y A. Perry. 2011. *Reefs at Risk Revisited*. World Resources Institute, Washington, DC. 114p.
- Caffey, R.H., H. Wang y D.R. Petrolia. 2014. Trajectory economics: Assessing the flow of ecosystem services from coastal restoration, *Ecological Economics*, vol. 100: 74-84, Elsevier.
- Cairns, S.D. 1999. Species richness of recent Scleractinia, *Atoll Research Bulletin*, vol. 459: 1-12.
- Campbell, D.E. 2000. Using energy systems theory to define, measure and interpret ecological integrity and ecosystem health, *Ecosystem Health*, vol. 6, No. 3: 191-204.

- Carricart-Ganivet, J.P. y M. Merino. 2001. Growth responses of the reef-building coral *Montastraea annularis* along a gradient of continental influence in the southern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 68(1):133-146.
- Carvajalino-Fernández, M. 2015. Hydronumerical modelling of nutrients and oxygen in Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. 125p.
- CDB. 1992. Convenio sobre diversidad biológica. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro, Brasil.
- Cedeño-Posso, C., D. Alonso, M. Vides, L. Chasqui, J. Aguirre, D. Ballesteros, D.F. Morales, M. Bastidas, V. Rocha, C. Martínez, A. Henao, M. Marrugo, R. Preziosi y L. Barrios. 2015. Caracterización de las comunidades coralinas del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad en el Caribe colombiano: una aproximación a la conservación de su biodiversidad.
- CEPIS- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 1981. Parámetros y Características de las aguas residuales.
- CGR- Contraloría General de la República. 2010. Desarrollo de las concesiones portuarias en Colombia- Sociedades portuarias regionales.
- Cintrón-Molero, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la ecología del manglar. ed ROSTLAC UNESCO. Montevideo, Uruguay. 109p.
- CIOH, INVEMAR y CORPAMAG. 2001. Mapa batimétrico complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta.
- Coca-Domínguez, O. 2015. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad por erosión costera usando herramientas SIG. Pacífico versus Caribe colombiano. 90p.
- Codechoco. 2014. Informe de Gestión 2014, Quibdó. 85p.
- COLCIENCIAS y INVEMAR. 2015. Fortalecimiento del Invenmar en la investigación de la oceanografía y el clima en las zonas marino costeras de Colombia, Santa Marta. 21p.
- 2012. Propuesta de estandarización de los levantamientos geomorfológicos en la zona costera del Caribe colombiano. Santa Marta. 60p.
- Comisión Europea. 2005. EUROSION, Vivir con la erosión costera. Sedimentos y espacios para la sostenibilidad. Comisión Europea, Países Bajos. 40p.
- CONAMA-Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2000. Guía para el control y la prevención de la contaminación industrial.
- CORPAMAG. 2012. Información suministrada por la corporación. CORPAMAG-Corporación Autónoma Regional del Magdalena.

- CORPOGUAJIRA. 2012. Información suministrada por la corporación. CORPOGUAJIRA-Corporación Autónoma Regional de La Guajira.
- CORPOURABÁ. 2012. Información suministrada por la corporación. CORPOURABÁ-Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá.
- Correa, I.D. y J.J. Restrepo. 2002. Geología y oceanografía del delta del río San Juan, litoral Pacífico colombiano. Medellín. 221p.
- Costanza, R., R. de Groot, P. Sutton, S. van der Ploeg, S.J. Anderson, I. Kubiszewski, S. Farber y R.K. Turner. 2014. Changes in the global value of ecosystem services, *Global Environmental Change*, vol. 26: 152-158, Elsevier.
- CVS y INVEMAR. 2015. Monitoreo de la calidad de las aguas marinas y monitoreo de la erosión costera en el departamento de Córdoba.
- DANE- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2015. Proyecciones nacional y departamentales de población 2005- 2020. Bogotá D.C. 300 pp.
- DANE. 2011. Censo General 2005. Información Básica. DANE-Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- 2010. Proyecciones de población departamentales por área. 2005 – 2020, 29/12/2010.
- Díaz, J.M., L. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. Lopez-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzon, B. Vargas-Angel, F. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Santa Marta. 176p.
- DIMAR. 2002. Informe de Gestión. Ministerios de Defensa, Armada Nacional, Bogotá.
- DNP. 2014. Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. 781p.
- 2007. Visión Colombia II Centenario 2019. Aprovechar el territorio marino costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Presidencia de la República, Bogotá, Colombia. 101p.
- Donato, D.C., J.B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto, M. Stidham y M. Kanninen. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics, *Nature Geoscience*, vol. 4, No. 5: 293-297, Nature Publishing Group.
- Duke, N.C., J. Meynecke, S. Dittmann, A. Ellison, K. Anger, U. Berger, S. Cannicci, K. Diele, K. Ewel, C. Field, N. Koedam, S. Lee, C. Marchand, I. Nordhaus y F. Dahdouh-Guebas. 2007. A world without mangroves?, *Science*, vol. 317, No. 6: 41.
- Echavarría, B., A. Franco y A. Martínez. 2009. Antioxidant activity evaluation and phenolic compound content determination of seaweeds extracts from the Colombian Caribbean, *Vitae*, vol. 16, No. 1: 126-131, Universidad de Antioquia.

- 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, *Ocenography*, vol. 9, No. 1: 60-70.
- Ellison, A. y E. Farnsworth. 1996. Anthropogenic disturbance of Caribbean Mangrove Ecosystems: Past impacts, present trends, and future predictions. *Biotropica*, 28(4a): 549-565.
- Ellison, J. 2012. Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems. World Wildlife Fund (WWF), Washington, DC. 130p.
- Ellison, J.. 1998. Impacts of Sediment Burial on Mangroves, *Marine Pollution Bulletin*, vol. 37, No. 8-12: 420-426.
- EPA. 2012. Quantifying Coral Reef Ecosystem Services. EPA/600/R-11/206. Washington D. C. 147p.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. ed Publicación de las Naciones Unidas. CEPAL, Santiago de Chile. 68 pp.
- Escobar-Toledo, F., M.J. Zetina-Rejón y L.O. Duarte. 2014. Measuring the spatial and seasonal variability of community structure and diversity of fish by-catch from tropical shrimp trawling in the Colombian Caribbean Sea, *Marine Biology Research*, vol. 11, No. 5: 528-539, Taylor & Francis, 19 de noviembre.
- FAO. 2005. Estudio temático sobre manglares Colombia, perfil nacional, *Evaluación de los recursos forestales mundiales*, Roma, Italia, FAO - Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, 9p.
- Field, C. 1997. La restauración de ecosistemas de manglar. ed OIMT-Organización Internacional de Maderas Tropicales. Managua. 211p.
- G., E.C. 2007. El Fenómeno de El niño y su posible impacto en Colombia, Reportes del emisor. Departamento de comunicación institucional del Banco de la República., vol. 92: 4.
- Garay *et al.*, 2004. Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar – PNICM. ed Jesus; Vélez Ana Maria Garay. MAVDT/ INVEMAR/CCO, Santa Marta. 114 pp.
- García Arbeláez, C., X. Barrera, R. Gómez y R. Suárez Castaño. 2015. El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. WWF-Colombia. 31p.
- García, F., G. Chang y C. Palacio. 2012. Calibración y validación de un modelo 3D para el área costera de Santa Marta (Colombia), *Rev. Fact. Ing. Univ. Antioquia*, vol. 62: 177-188.
- 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.

- Gil Torres, W., G. Fonseca, J. Restrepo Martínez, P. Figueroa, L. Gutiérrez, G. Gómez, P.C. Sierra Correa, M. Hernández Ortiz, Á.C. López Rodríguez y C. Segura Quintero. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 283p.
- Gil-Torres, W. y G. Ulloa-Delgado. 2001. Caracterización, Diagnóstico y Zonificación de los manglares del departamento de Córdoba. Sincelejo. 220p.
- Girón, A., F. Rico y M. Rueda. 2010. Evaluación experimental de dispositivos excluidores de fauna acompañante en redes de arrastre para camarón de aguas someras en el Pacífico colombiano, Boletín de investigaciones marinas y costeras, vol. 39, No. 2: 337-357.
- Gochfeld, D.J., C. Schlöder y R.W. Thacker. 2007. Sponge community structure and disease prevalence on coral reefs in Bocas del Toro, Panama. *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*. 335-343p.
- Gómez Cubillos, C., L. Licero, L. Perdomo, A.M. Rodríguez, D.C. Romero D'Achardi, 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 INVEMAR;79, , Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 69p.
- Gómez-Archila, L.G., W. Zapata, E. Galeano, A. Martínez, F.J. Díaz y M.T. Rugeles. 2014. BROMOTYROSINE DERIVATIVES FROM MARINE SPONGES INHIBIT THE HIV-1 REPLICATION IN VITRO, *Vitae*, vol. 21, No. 2: 114-125, Universidad de Antioquia.
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, J.A. Rodríguez, D. Romero, D. Ballesteros, D. Gómez, A. Melo, J. García, L. Chasqui, M. Bastidas, C. Ricaurte, L. Perdomo y D. Alonso. 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, No. 190, Santa Marta, Colombia. 286p.
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, A. Rodríguez, K. Vasquez, L.F. Espinosa, A. Melo-Valencia, H. Rodríguez, D. Argüelles, A. Rosado, G. Fonseca y P. Barros. 2015. Piloto de restauración de ecosistemas de manglar en La Guajira - Plan Básico de Restauración y Monitoreo para ecosistemas de manglar en zonas semiáridas, casos de estudio: Distrito de Manejo Integrado Musichi y Santuario de Fauna y Flora los Flamencos. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 59p.
- González, A.J. 1990. Metodología para evaluación de riesgo por deslizamientos a nivel intermedio. Memorias de las VI Jornadas Geotécnicas Colombianas. Sociedad Colombiana de Ingenieros, Bogotá. 55p.
- Gracia, A., J. Medellín-Mora, D. Gil-Agudelo y V. Puentes. 2011. Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. INVEMAR, Bogotá, Colombia. 136p.

- Guevara-Mancera, O., H. Sánchez-Páez, G. Murcia-Orjuela, H. Bravo-Pazmiño, F. Pinto-Nolla y R. Álvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico colombiano, *Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia.*, eds H. Sanchez-Páez, O. Guevara-Mancera, y R. Álvarez-León, Santafé de Bogotá D.C-Colombia, MINAMBIENTE / ACOFORE / OIMT, 178p.
- Herazo-C., D., A. Torres-P. y E. Olsen-V. 2006. Análisis de la composición y abundancia de la ictiofauna presente en la pesca del camarón rosado (*Penaeus notialis*) en el Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano, *Revista MVZ Córdoba*, vol. 11, No. Suplemento 1: 46-61.
- Hilderbrand, R., A. Watts y A. Randle. 2005. The myths of restoration ecology., *Ecology and Society*, vol. 10, No. 1: 19.
- Hobbs, R.J. y D. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology, *Restoration Ecology*, vol. 4: 93-110.
- IAvH. 2014. Biodiversidad 2014. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. eds J.C. Bello, M. Báez, M.F. Gómez, O. Orrego, y L. Nägele. Instituto Alexander von Humboldt, Bogota, D. C. 59p.
- Ibarra, K.P., M.C. Gómez, E.A. Viloria, E. Arteaga, I. Cuadrado, M.F. Martínez, Y. Nieto, J.A. Rodríguez, L.V. Licero, L.V. Perdomo, S. Chávez, J.A. Romero y M. Rueda. 2014. 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, Invemar, Santa Marta. 140p.
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, SINCHI y IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogota, D. C. 276 + 37 anexosp.
- 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 – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. 60p.
- IDEAM. 2016. El niño continúa en su fase de mayor intensidad, Sala de prensa noticias, http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/el-nino-continua-en-su-fase-de-mayor-intensidad?_15/12/2015.
- 2014. Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico, Bogota, D. C. 134p.
- IDEAM–Instituto de Hidrología, M. y E.A. 2012. Información hidrológica en 26 estaciones ubicadas en los litorales Pacífico y Caribe colombiano.
- INGEOMINAS. 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. INGEOMINAS, Bogotá. 111p.

- INVEMAR - Instituto de investigaciones Marinas y Costeras «José Benito Vives de Andréis» y MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Programa Nacional para la Investigación, Prevención, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar – PNICM: Análisis y evaluación de las estaciones de REDCAM.
- Invemar, Carbono y Bosques y CVS. 2015. Guía Metodológica para el Desarrollo de Proyectos Tipo REDD+ en Ecosistema de Manglar: Elaborada con base en la experiencia del proyecto piloto tipo REDD+ del DMI Cispata, La Balsa, Tinajones y sectores aledaños del Delta Estuarino río Sinú, Serie de publicaciones Generales del Invemar # 85, , INVEMAR, Santa Marta. 40p.
- INVEMAR, CARSUCRE y CVS. 2002. Formulación del plan de manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera Estuarina del río Sinú y golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano. Fase I Caracterización y Diagnóstico. Santa Marta.
- INVEMAR y CORPAMAG. 2015. Primer informe de actividades del convenio especial de cooperación No. 14 de 2014 celebrado entre Corpamag e Invemar, para atender diferentes tipos de emergencias ambientales.
- INVEMAR, TNC, CI y UAESPNN. 2009. Informe Técnico: Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano, Serie de Documentos Generales No. 41, , Santa Marta. 106p.
- INVEMAR. 2014. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2013. eds Leonardo Arias y Carolina García. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 192p.
- 2013. Sistema de Soporte de Decisiones para el Subsistema de Areas Marinas Protegidas, <http://gis.invemar.org.co/ssdsamp>. 16/02/2016.
- 2011. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8, Santa Marta. 322p.
- 2010. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8, Santa Marta. 319p.
- 2005. Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del departamento del Atlántico, Caribe colombiano. Informe final., Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR y Corporación Autónoma Regional del Atlántico-CRA, Santa Marta, Colombia. 191 + 5 anexosp.
- 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2003. eds Leonardo Arias y Carolina García. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 329p.
- 2002. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. INVE-MAR, Santa Marta, Colombia. 292p.

- 2000. Programa Nacional de Investigación en biodiversidad Marina y Costera. eds J.M. Díaz y D. Gómez. INVEMAR-FONADE-MMA. 83p.
- INVEMAR-GEO. 2015a. Dinámica sedimentológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe colombiano).
- 2015b. Variabilidad oceanográfica y climática en la bahía de Santa Marta, ensenada de Gaira y zona de puertos (Caribe colombiano) y su relación con la dinámica sedimentaria del carbón.
- 2015c. Aportes sedimentarios del río Sinú y su relación con los procesos costeros del departamento de Córdoba.
- 2015d. Evolución reciente de la zona costera del Valle del Cauca.
- 2015e. Dinámica litoral y vulnerabilidad por amenazas naturales en el Norte de Nariño (Énfasis en erosión costera).
- 2014a. Dispersión de sedimentos mediante el estudio de la dinámica meteo-marina en el sector Isla-Salamanca – PNN Tayrona (departamento del Magdalena), Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 60pp.
- 2014b. Evolución reciente de la línea de costa entre isla de Salamanca y el Parque Nacional Natural Tayrona (departamento del Magdalena), Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 82p.
- 2014c. Evolución litoral reciente, amenaza y vulnerabilidad por erosión costera de la bocana de la bahía de Buenaventura (Valle del Cauca), Pacífico colombiano, Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 71p.
- 2014d. Erosión costera en la isla de San Andrés, Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 72p.
- 2014e. Análisis de la dinámica litoral y poblacional en el caserío de La Barra, Buenaventura, Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 28p.
- 2013a. Vulnerabilidad por erosión costera en el departamento del Cauca - Pacífico.
- 2013b. Vulnerabilidad por erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina.
- IPCC. 2014. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. eds C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, y L.L. White. OMM, Ginebra, Suiza. 34p.
- 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. IPCC, Ginebra, Suiza. 114p.
- Karr, J.R. 1991. Biology Integrity: a long-neglected aspect of water resource management., Ecological application, vol. 1, No. 1: 66-84.

- López Rodríguez, Á., P.C. Sierra Correa, J.C. Rodríguez Peláez y M. Hernández Ortiz. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de López de Micay, departamento del Cauca (Pacífico colombiano), Serie de Documentos Generales INVEMAR;34, , Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 197p.
- López Rodríguez, Á.C., M. García, P.C. Sierra Correa, M. Hernández Ortiz, I. Machacón Guzmán y J. Lasso Zapata. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Serie de Documentos Generales INVEMAR;30, , Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 117p.
- MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Resolución 631 de 2015 por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá.
- MADS y INVEMAR. 2015. Avances en la investigación y el conocimiento sobre amenazas y vulnerabilidad por erosión costera y riesgo ecológico en la zona costera colombiana.
- MADS. 2015a. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia.
- 2015b. Informe de Gestión 2014, Bogota, D. C. 181p.
- 2014. Protocolo Nacional para la Restauración Integral de Arrecifes de Coral Someros. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogota, D. C. 110p.
- 2011. Los Manglares de Colombia, 2011, <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=412:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-14>. 01/03/2016.
- Manjarrés, L., L.O. Duarte, J. Altamar, F. Escobar, C. García y F. Cuello. 2008. Efectos del uso de dispositivos reductores de pesca acompañante en la pesquería de camarón del Mar Caribe de Colombia, Ciencias Marinas, vol. 34, No. 2: 223-238.
- Margules, C. y R. Pressey. 2000. Systematic conservation planning, Nature, vol. 405: 243 – 253.
- Martínez, N., O. Rodríguez y K. Robertson. 2005. Amenazas naturales en el litoral Pacífico colombiano asociadas al ascenso del nivel del mar.
- Martínez, Y., G. Vanegas, L. Reina, H. Mayorga, C. Arévalo-Ferro, F. Ramos, C. Duque y L. Castellanos. 2015. Biofilm inhibition activity of compounds isolated from two Eunicia species collected at the Caribbean Sea, Revista Brasileira de Farmacognosia, vol. 25, No. 6: 605-611, noviembre.
- MAVDT- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 2002. Guía Ambiental de Terminales Portuarios. Bogotá D.C. 441p.
- 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, vol. 9, No. 1: 89-116.

- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 155p.
- MinCIT. 2011. Documento de Política de Playas Turísticas: Lineamientos sectoriales.
- Mindesarrollo. 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS. ed Mindesarrollo - Ministerio de Desarrollo económico. Tratamiento de Aguas Residuales. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico Sección II, Bogotá. 144 pp.
- MinDesarrollo. 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. ed Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá. 206 pp.
- MinTransporte-Ministerio de Transporte. 2008. Actualización de los estudios de ordenamiento Físico, Portuario y Ambiental de los litorales Colombianos.
- MMA, IDEAM, SINCHI, IAvH, IIAP, INVEMAR y Embajada del Reino de los Países Bajos. 2002. Primera generación de Indicadores de Línea Base de la Información Ambiental de Colombia. Sistema de información ambiental de Colombia –SIAC. eds C. Castaño-Urbe y R. Carrillo.
- MMA. 2002. Programa Nacional para el Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia. 59p.
- 2001. Política Nacional Ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia. 81p.
- Morales, D.F., J. Hernández-Pinto y C. Ricaurte-Villota. 2016. Levantamiento de datos ambientales de sistemas marinos y costeros sobre el Caribe colombiano.
- Mumby, P.J., A.J. Edwards, J.E. Arias-González, K.C. Lindeman, P.G. Blackwell, A. Gall, M.I. Gorchynska, A.R. Harborne, C.L. Pescod, H. Renken y others. 2004. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean, *Nature*, vol. 427, No. 6974: 533-536, Nature Publishing Group.
- Murray Roberts, J., A.J. Wheeler, A. Freiwald y S.D. Cairns. 2009. Cold-Water Corals. The Biology and Geology of Deep-Sea Coral Habitats. Cambridge University Press, New York. 324p.
- Myrick Freeman III, A. 2003. The Measurement of Environmental and Resource Values: theory and Methods. Resources for the Future, Washington D. C. 491p.
- 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.
- Paramo, J., D. Pérez y M. Wolff. 2014. Reproduction of the pink shrimp *Farfantepenaeus notialis* (Decapoda: Penaeidae) in the Colombian Caribbean, *Revista de Biología Tropical*, vol. 62, No. 2: 513-521, <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*, vol. 23: 95-101.
- PGN. 2008. Amenazas de desastres. Construcciones palafíticas sobre bienes de uso público. Procuraduría delegada para asuntos civiles. Instituto de estudios del ministerio público- División de Investigaciones sociopolíticas y asuntos socioeconómicos, Bogotá. 328 pp.
- Pizarro, V., V. Carrillo y A. García-Rueda. 2014. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos, *Biota Colombiana*, vol. 15, No. Suplemento 2.
- Plischoff, P. y T. Fuentes. 2008. Análisis de Representatividad Ecosistémica de las Áreas Protegidas Públicas y Privadas en Chile. Informe Final, Santiago de Chile. 103p.
- Polanía, J., L.E. Urrego y C.M. Agudelo. 2015. Recent advances in understanding Colombian mangroves, *Acta Oecologica*, vol. 63: 82-90, Elsevier.
- Portafolio. 2015. Los puertos más importantes de Colombia, 13/08/2015, <http://www.portafolio.co/especiales/principales-puertos-colombia-2015>.
- Posada, B.O. y W. Henao P. 2008. Diagnóstico de la erosión y sedimentación en la zona costera del Caribe colombiano. INVEMAR - Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta. 200p.
- Posada, B.O., W. Henao y G. Guzmán. 2009. Diagnóstico de la erosión y sedimentación en la zona costera del Pacífico colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 17, Santa Marta, Colombia. 148p.
- Posada, B.O., D.F. Morales, N. Neiza, J. Idárraga-García y W. Henao. 2009. Estudio batimétrico y sedimentológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la plataforma somera al frente de La Barra de Salamanca (Magdalena, Colombia).
- Posada, B.O., D. Morales-G. y W. Henao P. 2011. Diagnóstico de la erosión costera del territorio insular colombiano. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales No. 24, Santa Marta, Colombia. 112p.
- Von Prael, H. y H. Erhardt. 1985. Colombia: corales y arrecifes coralinos. Fondo para la Protección del Medio Ambiente « José Celestino Mutis »--Fen Colombia.
- Quintana, J., J. Brango-Vanegas, G. Costa, L. Castellanos, C. Arévalo y C. Duque. 2015. Marine organisms as source of extracts to disrupt bacterial communication: bioguided isolation and identification of quorum sensing inhibitors from *Ircinia felix*, *Revista Brasileira de Farmacognosia*, vol. 25, No. 3: 199-207, mayo.
- Raaymakers, S. 2003. The GEF/UNDP/IMO Global Ballast Water Management Programme: Integrating science, shipping and society to save our seas, *Proceedings of the Institute of Marine Engineering, Science and Technology. Part B, Journal of marine design and operations*, vol. No.4, No. 7: 2-10 p, Institute of Marine Engineering, Science and Technology, London, ROYAUME-UNI (2002) (Revue).

- 2002. The ballast water problem: global ecological, economic and human health impacts, *Paper prepared for the RECSO / IMO Joint Seminar on Tanker Ballast Water Management & Technologies, Dubai, UAE, Dubai*, 4 pp.
- Ramos, A. y D.S. Guerrero. 2010. El Suelo Costero, Propuesta para su reconocimiento. eds Instituto de estudios del Ministerio público, Procuraduría General de la nación, y Fundación MarViva. 120p.
- Reyes, J., N. Santodomingo y P. Florez. 2010. Corales Escleractinios de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. 246p.
- 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. Santa Marta. 50p.
- Rodríguez-Rodríguez, J.A., D. González-Polo, R. Rodríguez-Otero, J. Rodríguez, M.A. Ospino, J. Bohórquez y L. Perdomo. 2014. Generar capacidad en las Car en el manejo del sistema de información ambiental de manglares, *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, 3.9 - 3.78p.
- 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. 94p.
- 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. 74p.
- 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., 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.
- Sánchez Núñez, D.A. 2009. Patrones de floración, polinización y producción de frutos de tres especies neotropicales de mangle presentes en humedales de San Andrés Isla, Caribe Colombiano/ Flowering, pollination and set fruit patterns of three neotropical mangrove species present in. 84p.

- Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A. Sánchez-Alfárez, J. Pino-Rengifo, I. Acosta-Peña-loza y M.T. García-Hansen. 1997. Diagnostico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. ed MinAmbiente/OIMT. Santafé de Bogotá D. C. 511p.
- Sánchez-Páez, H., G. Ulloa-Delgado, R. Álvarez-León, W. Gil-Torres, A. Sánchez-Alfárez, O. Guevara-Mancera, L. Patiño-Callejas y F. Páez-Parra. 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe colombiano. Bogotá, Colombia. 294p.
- Sánchez-Páez, H., G. Ulloa-Delgado y H. Tavera-Escobar. 2004. Manejo Integral de Manglares por Comunidades Locales Caribe de Colombia. ed OIMI Ministerio De Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, CONIF. Bogotá, Colombia. 335p.
- Seijo, J.C., O. Defeo y S. Salas. 1998. Fisheries bioeconomics. Theory, modelling and management. Roma. 108p.
- SER (Society for Ecological Restoration). 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica., www.ser.org. 24/03/2014.
- Shackelford, N., R.J. Hobbs, J.M. Bugar, T.E. Erickson, J.B. Fontaine, E. Laliberté, C.E. Ramalho, M.P. Perring y R.J. Standish. 2013. Primed for change: developing ecological restoration for the 21st century, Restoration Ecology, vol. 21, No. 3: 297-304, Wiley Online Library.
- Sierra Correa, P.C., A. Sánchez, Á. López Rodríguez, J.C. Rodríguez Peláez, C.A. Muñoz, C.Á. Satizabal, A.I. Moreno, G. Almario Cabrera, F. Bedoya y M. Hernández Ortiz. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Timbiquí, departamento del Cauca (Pacífico colombiano), Serie de Documentos Generales INVEMAR;32, , Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 198p.
- Sierra-Correa, P.C. y J.R. Cantera-Kintz. 2015. Ecosystem-based adaptation for improving coastal planning for sea-level rise: a systematic review for mangrove coasts, Marine Policy, vol. 51: 385-393, Elsevier.
- Spalding, M., M. Kainuma y L. Collins. 2011. Atlas Mundial de los Manglares. Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) – The International Society for Mangrove Ecosystems (ISME). 320p.
- Spalding, M.D., C. Ravilious y E.P. Green. 2001. World atlas of coral reefs. ed UNEP-WCMC. Univ. California Press, Berkeley, USA. 424p.
- SSPD. 2009. Sistema de Alcantarillado en Colombia: Visión del Servicio Público. SSPD-Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios, Bogotá. 109p.
- 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. 413p.

- Suárez, J.A., L.E. Urrego, A. Osorio y H.Y. Ruiz. 2015. Oceanic and climatic drivers of mangrove changes in the Gulf of Urabá, Colombian Caribbean., *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 43, No. 5.
- Superservicios. 2014a. Disposición Final de Residuos Sólidos. ed Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá. 66 pp.
- 2014b. Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá. 101p.
- Supertransporte - Superintendencia de Puertos y Transporte. 2010. Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Bogotá. 101p.
- 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 – ASOCARS. 57p.
- Tavera, H.A. 2009. Documentos síntesis, Bogotá, Colombia. 68p.
- Téllez-Rodero, N. 2011. Contaminación ocasionada por las aguas de lastre en el Mediterráneo Occidental. 150 pp.
- Tomlinson, P.B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge tropical biology series. Cambridge University Press, Cambridge.
- Touchette, B.W. y J.M.B. 2000. Review of nitrogen and phosphorus metabolism in seagrasses, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 250: 133-167.
- 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*, ed R Ulloa-Delgado, G.A Sánchez-Páez, H Alvarez-León, 224p.
- UNEP. 2006. Marine and Coastal Ecosystems and Human Well-Being: Asynthesis report nased on the findings of the Millennium Ecosystem Assesment. 76p.
- UNEP-RCU/CEP. 2010a. Actualización del informe técnico del PAC No. 33. ed UNEP-PAC-CIMAB. 84 pp.
- 2010b. Actualización del informe técnico del PAC No. 33 fuentes y actividades terrestres en la región del Gran Caribe. Cargas contaminantes domésticas e industriales y el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias, *Informe técnico del programa ambiental del Caribe*, UNEP-PAC-CIMAB, 84p.

- Urrego, L.E., A. Correa-Metrio, C. González, A.R. Castaño y Y. Yokoyama. 2013. Contrasting responses of two Caribbean mangroves to sea-level rise in the Guajira Peninsula (Colombian Caribbean), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 370: 92-102, Elsevier.
- Valiela, I., J.L. Bowen y J.K. York. 2001. Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments At least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threat, *Bioscience*, vol. 51, No. 10: 807-815, Oxford University Press.
- Vargas, M., A. Contreras, K. Guillén, L. Pupo, M. Hernández-Ortiz, S. Navarrete-Ramírez, D. Alonso-Carvajal, A. Rodríguez-Rincón, M. Bejarano, L. Licero-Villanueva, J.A. Rodríguez-Rodríguez y L. Victoria-Perdomo. 2014. Instrumentos de gestión de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia: indicadores de respuesta. 141–170 p., *Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2013*, ed Invemar, Santa Marta, 192p.
- Vergara, B. y M. García. 2015. Lineamientos para una estrategia de integración a partir del desarrollo turístico. eds B. Vergara y M. García. Diálogos desde el Caribe. Observatorio del Caribe colombiano. 72p.
- Veron, J. 2000. Corals of the World Vol 3. Australian Institute of Marine Sciences and CRR Qld Pty Ltd., Australia.
- 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, D. C. 62p.
- Vivas-Aguas, L.J., P.S. Obando y L. Carrillo. 2014. Hoja metodológica del indicador. Índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM). Versión 1.0. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR y Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, Bogotá. 16p.
- Vivas-Aguas, L.J., P.S. Obando-Madera y J. Sanchez. 2014. Índice de calidad de aguas para recreación en las playas del Morro y el Bajito en la bahía de Tumaco – Nariño.
- Vivas-Aguas, L.J., M.A. Ríos, T. Córdoba, J.G. Sánchez, L.F. Espinosa, M.B. Salamanca, M.M. Riaño, C.P. Mejía, C. Giraldo, S.H. Fajardo, C.R. Villota, O. Sierra y D. Sánchez. 2015. Determinación de objetivos de calidad por usos del recurso hídrico en la bahía de Buenaventura – sector Cascajal, a través de la modelación de Coliformes y DBO para definir diferentes escenarios de calidad del agua.
- Vivas-Aguas, L.J. 2011. Formulación del índice de calidad de aguas costeras (ICAM) para los países del Pacífico Sudeste. Documento Metodológico. Proyecto - SPINCAM, Santa Marta. 40p.
- Vivas-Aguas, L.J., K. Ibarra, J. Sánchez, M. Martínez, Y. Nieto, Y. Moreno, I. Cuadrado, P. Obando, O. Garcés, D. Sánchez, M.V. y O.S. 2015. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas ma-

rinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos. ed INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras «José Benito Vives de Andreis». Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM), Santa Marta. 320 pp.

Walsh, G.E. 1977. Exploitation of mangal, Wet Coastal Ecosystems, vol. 1: 347-362.

Walters, B.B., P. Rönnbäck, J.M. Kovacs, B. Crona, S.A. Hussain, R. Badola, J.H. Primavera, E. Barbier y F. Dahdouh-Guebas. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review, Aquatic Botany, vol. 89, No. 2: 220-236, Elsevier.

* Toda la bibliografía está disponible en línea en <http://bit.ly/18uJ7Fy>



