

Serie de Publicaciones Periódicas

Número 8



invemar

Agosto de 2012

Santa Marta - Colombia

ISSN: 1692-5025

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"  
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

# INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA AÑO 2011

COLOMBIA  
50% MAR





**INFORME DEL ESTADO DE  
LOS AMBIENTES Y RECURSOS  
MARINOS Y COSTEROS  
EN COLOMBIA  
AÑO 2011**



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

Cerro Punta Betín. Santa Marta D.T.C.H.  
PBX (+57) (+5) 4328600 Fax (+5) 4328694

www.invemar.org.co

**Director General**

Francisco Armando Arias Isaza

**Subdirector Coordinación de Investigaciones (SCI)**

Jesús Antonio Garay Tinoco

**Subdirector Recursos y Apoyo a la investigación (SRA)**

Sandra Rincón Cabal

**Coordinador Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)**

David Alonso Carvajal

**Coordinador Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)**

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

**Coordinadora Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)**

Blanca Oliva Posada Posada (E)

**Coordinadora Programa Investigación para la Gestión Marina y Costera (GEZ)**

Paula Cristina Sierra Correa

**Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos (VAR)**

Mario E. Rueda Hernández

**Coordinador Servicios Científicos (CSC)**

Carlos Augusto Pinilla González

Santa Marta, 2012

**Coordinación General**

Jesús Garay Tinoco

Subdirector de Coordinación de Investigaciones

**Autores**

**Capítulo I.**

Blanca O. Posada, Daniel Rozo.

**Capítulo II.**

Blanca O. Posada, Marta C. Díaz, Raúl Navas, Angélica M. Batista-Morales, L. Janet Vivas-Aguas, Silvia Narváez, Laura V. Perdomo, Carlos A. Villamil, Alianis M. Orjuela, Diana I. Gómez-López, Johanna C. Vega-Sequeda.

**Capítulo III.**

Mario Rueda, Javier Gómez, Luz Marelvis Londoño, Efraim Viloria, Danetcy Mármod, Diana Bustos, Luisa García, Alexander Girón, Jorge Viaña, Alfredo Rodríguez, Carlos Puentes, Ernesto Acosta, Myriam Vargas.

**Capítulo IV.**

Anny P. Zamora, Pilar Lozano, Ángela C. López, Carolina Segura, Alianis M. Orjuela, Carlos A. Villamil, Laura V. Perdomo, Luz M. Londoño.

**Capítulo V.**

Angélica M. Batista-Morales, Andrés Merchán-Cepeda, Christian M. Díaz-Sánchez, Diana I. Gómez-López, Edgar Arteaga-Sogamoso, Erika Montoya-Cadavid, Kelly Gómez-Campo, Luis Chasqui, Luz M. Mejía-Ladino, Manuel Garrido-Linares, Martha C. Díaz-Rufz, Paola Flórez.

**Otras entidades:** Aminta Jáuregui-Romero - Universidad Jorge Tadeo Lozano, Carmen L. Noriega-Hoyos - Universidad Jorge Tadeo Lozano, Felipe Estela - Asociación Calidris, Isabel C. Ávila-Jiménez - Universidad Jorge Tadeo Lozano Universidad del Valle, Jorge Bernal-Gutiérrez - Universidad Jorge Tadeo Lozano, Karen Pabón-Aldana - Universidad Jorge Tadeo Lozano, Nataly Morales-Rincón - Universidad Jorge Tadeo Lozano.

**Compilación y producción editorial**

Leonardo J. Arias-Alemán

Carolina García-Valencia

**Foto portada**

Vista al Morrito y Morro de Santa de Santa Marta desde Punta Betín, junio 2012 (foto Carolina García-Valencia).

**Diseño e impresión**

MARQUILLAS S.A.

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, 2012. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2011. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 203 p.

**Citar capítulos:**

Autores, 2012. 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 2011. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 203 p.

ISSN: 1692-5025

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

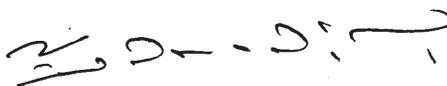
## PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - INVEMAR, dando cumplimiento al compromiso establecido al interior del Sistema Nacional Ambiental (SINA) ha venido generando el Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros desde 1998. En este documento el INVEMAR ha presentado, a partir de datos recogidos en las diversas investigaciones que desarrolla y la información aportada por diferentes instituciones, un resumen anual del estado de los recursos naturales presentes en el territorio marino-costero de Colombia.

A partir de este año, el contenido y estructura del Informe se ha modificado con el fin de ofrecer a los lectores una información contextualizada y de fácil comprensión, basada en indicadores de Estado, Presión y Respuesta. Este nuevo enfoque busca describir aquellos asuntos ambientales estratégicos que explican la situación actual y las tendencias de cambio de los ecosistemas marinos y costeros y sus servicios ecosistémicos, relacionándolos con las causas y factores que inciden de manera directa e indirecta sobre estos.

Así, en la presente versión el lector encontrará una batería de índices e indicadores robustos y maduros como son por ejemplo, la serie de indicadores relacionados con los recursos pesqueros, suministrados por el Sistema de Información Pesquera de INVEMAR - SIPEIN, los índices de calidad de aguas – ICAM de la Red de Vigilancia de la Calidad Ambiental Marina de Colombia - REDCAM, el índice de integridad ecológica para Corales – IBIC, y el de integridad biológica para manglares – IBIM, además de indicadores relacionados con los instrumentos de gestión.

Esperamos que en los siguientes años, se logren consolidar estas herramientas con otros indicadores con información de otras entidades para brindar a los tomadores de decisiones y a la comunidad en general de unos valores estándar y de uso sencillo que permitan entender la evolución de los sistemas ambientales marinos de la nación. Este informe puede ser consultado en físico o en línea desde el sitio <http://siam.invemar.org.co/indicadores>.



**FRANCISCO ARMANDO ARIAS ISAZA**  
**Director General**

## **AGRADECIMIENTOS**

La Subdirección Coordinación de Investigaciones de INVEMAR, agradece a los siguientes profesionales e instituciones externas, quienes aportaron valiosa información para la actualización del año 2011 del informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros del país.

- Alan Giraldo - Universidad del Valle
- Arturo Acero P. - Universidad Nacional
- Jaime Cantera K.- Universidad del Valle
- Sven Zea - Universidad Nacional de Colombia
- Vanesa Izquierdo - Universidad del Valle

# CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	5
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA</b> .....	15
MARCO GEOGRÁFICO .....	17
UNIDADES DE GESTIÓN .....	23
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>ESTADO DEL AMBIENTE ABIÓTICO, CALIDAD DE AGUAS Y BIODIVERSIDAD</b>	
<b>MARINA: INDICADORES DE ESTADO</b> .....	27
INTRODUCCIÓN .....	29
EL AMBIENTE ABIÓTICO .....	29
Oceanografía .....	33
Erosión .....	35
Factores que causan erosión costera .....	35
Diagnóstico de la erosión en el Caribe y el Pacífico .....	36
CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACÍFICO	
COLOMBIANO .....	43
BIODIVERSIDAD MARINA .....	50
Ecosistemas y hábitats .....	50
Arrecifes coralinos .....	50
Localización y distribución .....	50
Manglares .....	62
Localización y distribución .....	63
Pastos Marinos .....	74
Localización y distribución .....	74
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y</b>	
<b>COSTEROS Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: INDICADORES DE PRESIÓN</b> .....	79
INTRODUCCIÓN .....	81
CAUSAS Y TENSORES DIRECTOS .....	81
Aprovechamiento de recursos pesqueros .....	81
Desarrollo de acuicultura marina .....	111
Bioprospección marina .....	117
Contaminación y aportes de cargas a la zona costera: fuentes terrestres de contaminación de las aguas marinas y costeras .....	121
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS OCEÁNICOS Y ZONAS</b>	
<b>COSTERAS E INSULARES DE COLOMBIA: INDICADORES DE RESPUESTA</b> .....	127
INTRODUCCIÓN .....	128

Manejo Integrado de Zonas Costeras . . . . .	128
Diseño e implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia . . . . .	138
Restauración y/o rehabilitación de ecosistemas. . . . .	146
Valoración de servicios ecosistémicos . . . . .	152

**CAPÍTULO V**

<b>ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y VACIOS DE INFORMACIÓN . . . . .</b>	<b>157</b>
INTRODUCCIÓN . . . . .	159
ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS . . . . .	159
Litoral rocoso. . . . .	159
Fondos blandos . . . . .	161
Playas . . . . .	162
Estuarios y Lagunas costeras . . . . .	164
Comunidades agregadoras de biodiversidad en aguas profundas . . . . .	165
ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD MARINA . . . . .	166
Fitoplancton . . . . .	168
Zooplancton . . . . .	168
Invertebrados . . . . .	169
Peces . . . . .	170
Mamíferos Marinos . . . . .	171
Tortugas . . . . .	172
Aves . . . . .	173
Especies introducidas marinas y costeras . . . . .	174
Especies amenazadas . . . . .	177
ESTADO DEL CONOCIMIENTO, VACÍOS DE LAS CAUSAS Y TENSORES DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS . . . . .	180
CAUSAS Y TENSORES INDIRECTOS . . . . .	180
Cambio climático. . . . .	180
<b>LITERATURA CITADA . . . . .</b>	<b>182</b>

# LISTA DE INDICADORES

## CAPÍTULO II

Indicador de áreas críticas por erosión costera vs área total del departamento costero . . . . .	38
Indicador de variación de la línea de costa (m/año) Línea base de referencia . . . . .	40
Indicador de evaluación de la calidad del agua marino costera para preservación de flora y fauna: ICAMPFF . . . . .	44
Indicador de la variación interanual de la cobertura de corales duros y algas en áreas de monitoreo SIMAC . . . . .	52
Indicador de la variación interanual de ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en los corales duros en áreas de monitoreo SIMAC . . . . .	54
Indicador de abundancia de erizos (#erizos/20m2) en áreas de monitoreo SIMAC. . . . .	56
Indicador de integridad ecológica para corales. . . . .	58
Indicador de extensión: tasas de forestación o deforestación de manglar (cambio de cobertura) . . . . .	66
Indicador de integridad biológica para manglar . . . . .	70
Indicador de cobertura de pastos marinos. . . . .	76

## CAPÍTULO III

Indicador de captura total y captura por especie (nacional) . . . . .	82
Indicador de captura total y captura por especie para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM- . . . . .	85
Indicador de abundancia relativa de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM- . . . . .	87
Indicador de talla media de captura para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM- . . . . .	89
Indicador de proporción de pesca incidental y descartes para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM- . . . . .	91
Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas para la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM- . . . . .	93
Indicador de renta económica de la pesca artesanal en la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM- . . . . .	95
Indicador de captura total y captura por especie: pesca nacional industrial de camarón . . . . .	98
Indicador de abundancia relativa del camarón: pesca industrial nacional . . . . .	100
Indicador de talla media de captura (TMC): pesca industrial nacional de camarón. . . . .	102
Indicador de proporción de pesca incidental y descartes: pesca industrial nacional de camarón. . . . .	104
Indicador de fracción desovante/juvenil de las capturas: pesca industrial nacional de camarón. . . . .	106
Indicador de rentabilidad económica: pesca industrial nacional de camarón. . . . .	108
Esfuerzo de la acuicultura marina . . . . .	113
Indicador anual de la acuicultura marina nacional . . . . .	115
Indicador de especies bioprospectadas (ensayadas) . . . . .	119
Indicador de organismos marinos con estructura química determinada/elucidada . . . . .	120

## CAPÍTULO IV

Indicador de avances en implementación de instrumentos de planificación para zonas marinas y costeras . . . . .	132
Indicador de fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero (número de personas capacitadas) . . . . .	135
Indicador de proporción de áreas marinas protegidas con plan de manejo vs total de áreas marinas protegidas . . . . .	141
Indicador de representatividad (%) de un ecosistema natural dentro de las áreas protegidas . . . . .	143
Indicador de proporción de área de manglar destinada a conservación, recuperación y uso sostenible vs área total de manglar . . . . .	147
Indicador de valor de estimaciones de medidas de bienestar asociadas a servicios ecosistémicos . . . . .	154

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino – costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2004). . . . .	19
<b>Figura 2.</b> Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000). . . . .	25
<b>Figura 3.</b> Mapa litotectónico y morfo estructural de la región Caribe. . . . .	30
<b>Figura 4.</b> Límites de las provincias tectonoestratigráficas que conforman la margen costera del Pacífico actual: 1. Terreno Baudó, 2. Cuenca del Atrato, 3. Cuenca de San Juan, 4. Cuenca de Tumaco, Z.F. Isthmina-Zona de Falla de Isthmina (modificado de Cediel <i>et al.</i> , 2003). . . . .	32
<b>Figura 5.</b> Anomalías del nivel medio del mar entre 1980 y 2002, registradas en inmediaciones de Tumaco . . . . .	35
<b>Figura 6.</b> Cambios en la línea de costa por departamento . . . . .	39
<b>Figura 7.</b> Tasa máxima de erosión/acresión por localidad y departamento . . . . .	41
<b>Figura 8.</b> Calidad del agua marino-costera evaluada con el índice para preservación de flora y fauna (ICAMPFF), en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano en época seca (a) y de lluvias (b) de 20105. . . . .	45
<b>Figura 9.</b> Estado del agua marino-costera evaluada con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAMPFF) en sitios con tendencia al deterioro durante la época seca (a) y lluvia (b) de 20106. . . . .	46

<b>Figura 10.</b> Variación interanual de la cobertura de corales duros y algas. ....	52
<b>Figura 11.</b> Variación interanual de ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en los corales duros. ....	54
<b>Figura 12.</b> Abundancia de erizos (#erizos/20m <sup>2</sup> ). ....	57
<b>Figura 13.</b> Indicador de Integridad Ecológica para corales. ....	59
<b>Figura 14.</b> Ubicación espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano. ....	64
<b>Figura 15.</b> Ubicación espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano. ....	64
<b>Figura 16.</b> Serie histórica del Indicador de Integridad Biológica de manglares (IBIm) en cinco sectores de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). ....	71
<b>Figura 17.</b> Línea base de extensión de pastos marinos para las ecorregiones marino costeras con una presencia significativa de este ecosistema. MEC = Mapa de Ecosistemas de Colombia. Año línea base 2001-2003 . ....	76
<b>Figura 18.</b> Captura industrial y artesanal desembarcada para el Caribe y Pacífico colombiano. ....	82
<b>Figura 19.</b> Composición interanual de la captura artesanal desembarcada por especies para el Caribe y Pacífico colombiano. ....	82
<b>Figura 20.</b> Composición interanual de la captura industrial desembarcada por especies para el Caribe y Pacífico colombiano. ....	83
<b>Figura 21.</b> Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM. ....	85
<b>Figura 22.</b> Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM . ....	85
<b>Figura 23.</b> Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM. ....	87
<b>Figura 24.</b> Variación interanual de las tallas media de captura (TMC) para las principales especies en la CGSM y su ubicación con respecto a la talla media de madurez sexual (TMM). ....	89
<b>Figura 25.</b> Fracción desovante y juvenil de los principales recursos pesqueros en la CGSM durante 2011. ....	91
<b>Figura 26.</b> Fracción desovante y juvenil de los principales recursos pesqueros en la CGSM durante 2011. ....	93

<b>Figura 27.</b> Variación anual de la renta económica promedio mensual (+/- DE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral (SMLMV = \$ 535.600).....	96
<b>Figura 28.</b> Variación anual de la captura objetivo en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y del Caribe colombiano (B), y su volumen respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la cuota global de pesca anual.....	98
<b>Figura 29.</b> Variación anual de la captura por unidad de esfuerzo (kg/h) estimada en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y Caribe (B) colombianos.....	100
<b>Figura 30.</b> Variación anual de las tallas medias de captura (TMC) de las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico (A, B, C y D) y del Caribe (E) colombianos con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).....	102

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia. Los vectores fueron re proyectados de Magna Colombia Bogotá a Lambert Azimutal Colombia para estimar las áreas.....	18
<b>Tabla 2.</b> Gobernabilidad en las regiones costeras colombianas.....	20
<b>Tabla 3.</b> Factores que causan erosión costera (Tomado de Posada <i>et al.</i> , 2009).....	36
<b>Tabla 4.</b> Tasas de erosión/acresión reportadas por localidades y departamentos entre 1998 y 2011.....	40
<b>Tabla 5.</b> Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas – ICAM (Vivas-Aguas, 2011).....	44
<b>Tabla 6.</b> Propuesta de medidas que se pueden adoptar según la valoración del indicador (ICAM).....	49
<b>Tabla 7.</b> Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianos, agrupadas por Ecorregiones y Departamentos.....	65
<b>Tabla 8.</b> Actualización de cobertura de manglar en Colombia, discriminada por departamentos.....	67
<b>Tabla 9.</b> Indicador de extensión Caso “Ciénaga Grande de Santa Marta”.....	68

<b>Tabla 10.</b> Escala de valoración del Indicador de Integridad Biológica .....	70
<b>Tabla 11.</b> Área instalada, área activa y producción para el cultivo de camarón <i>P. vannamei</i> por departamento. ....	113
<b>Tabla 12.</b> Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2007 y entre 2007 y 2011. ....	117
<b>Tabla 13.</b> Caudal promedio y aporte de carga anual estimada de contaminantes aportada por los principales tributarios que desembocan en el litoral Caribe y Pacífico Colombiano en el 2010. HDD: hidrocarburos del petróleo, NT: nitrógeno inorgánico (amonio, nitritos y nitratos), PO <sub>4</sub> : ortofosfatos, SST: sólidos suspendidos, CTE: coliformes termotolerantes, CTT: coliformes totales; DBO: demanda bioquímica de oxígeno .....	124
<b>Tabla 14.</b> Listado de áreas marinas protegidas del SAMP .....	140
<b>Tabla 15.</b> Especies de macro organismos marinos introducidos en Colombia (Gracia <i>et al.</i> , 2011). ....	176
<b>Tabla 16.</b> Especies marinas catalogadas dentro de las categorías de amenaza para Colombia en el año 2011 (IUCN, 2011). ....	178





# CAPÍTULO I

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

Vista Aérea de la Ciénaga Grande de Santa Marta, septiembre 2007.  
(foto Leonardo Arias-Alemán)





## MARCO GEOGRÁFICO

Colombia es un país con 1'137.814 km<sup>2</sup> de área continental, cuenta aproximadamente con 3.531 km de costa en el océano Pacífico y en el mar Caribe que le otorgan otros 892.102 km<sup>2</sup> de aguas jurisdiccionales, según el de mapa Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (IDEAM *et al.*, 2007), el área total aproximada es de 2'070.408 km<sup>2</sup>. 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 4.990m en la cuenca Colombia en el 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 16.128 km<sup>2</sup> (aprox 1,5% del territorio emergido), pero la extensión de la zona costera también va hasta la plataforma continental mar adentro. La mayor parte del límite exterior de la plataforma continental coincide con la isóbata de los 200 m y en general la zona costera marina representa un 6% de las aguas jurisdiccionales.

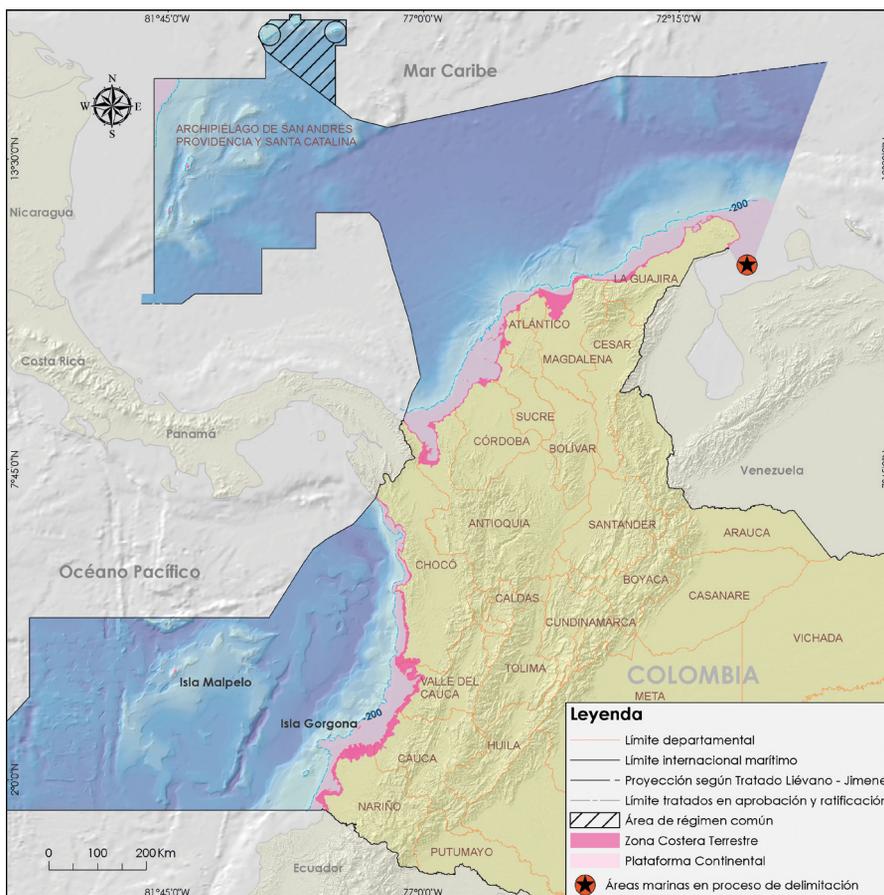
El Caribe colombiano está localizado en el sector más septentrional de Suramérica, en su extremo noroccidental. Debido a la ubicación del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y los cayos e islotes asociados, Colombia tiene fronteras internacionales con Jamaica, Haití y República Dominicana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

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

		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
<b>Línea costa</b> <b>km<sup>2</sup></b>	Continental	1.785	1.545	<b>3.530</b>
	Insular del margen continental	86	50	
	Insular Océánico	60	4	
	<b>Subtotal</b>	<b>1.931</b>	<b>1.599</b>	
<b>Área Emergida de Zona Costera</b> <b>km<sup>2</sup></b>	Continental	7.594	8.435	<b>16.129</b>
	Insular del margen continental	30	20	
	Insular Océánico	49	1	
	<b>Subtotal</b>	<b>7.673</b>	<b>8.456</b>	
<b>Área aguas jurisdiccionales</b> <b>km<sup>2</sup></b>	Áreas de aguas en Zona costera	30.219	21.205	<b>892.103</b>
	Áreas de aguas Óceánicas	501.935	338.744	
	<b>Subtotal</b>	<b>532.154</b>	<b>359.949</b>	

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, encargadas 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 5.770 m, como un macizo aislado, los paisajes desérticos de La Guajira, los deltas de los ríos Magdalena, Sinú y Atrato, así como los golfos de Morrosquillo en Sucre y de Urabá en Antioquia (INVEMAR, Carsucre y CVS, 2002; Ingeominas, 1998; Steer *et al.*, 1997, Correa y Restrepo, 2002; Posada *et al.*, 2008). Los archipiélagos de las islas del Rosario y de San Bernardo, ambos originados por diapirismo de lodo, colonizado por formaciones arrecifales (Verette, 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 1:500.000, (IDEAM *et al.*, 2007) y fueron ajustados acorde a las siguientes condiciones: línea de costa: \*insular del margen continental Pacífico incluye isla Gorgona. \*\*insular del margen continental Caribe incluye islas tierra Bomba, Fuerte, Arena e islas de Corales 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 Andres de Tumaco.



**Figura 1.** Fronteras nacionales e internacionales de la zona marino – costera del territorio colombiano (modificado de IGAC, 2004).

La costa Caribe insular oceánica está conformada por el Archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina y sus islotes y cayos asociados; se ubica al noroeste del país, en la llamada zona de elevación de Nicaragua, entre las coordenadas  $10^{\circ}49'$  y  $16^{\circ}10'$  de latitud Norte y  $78^{\circ}00'$  y  $82^{\circ}14'$  de longitud Oeste (Figura 1). Tiene una extensión de línea de costa de 60 km aproximadamente y un área terrestre de  $49 \text{ km}^2$  (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).

**Tabla 2.** Gobernabilidad en las regiones costeras colombianas.

DEPARTAMENTOS	MUNICIPIOS COSTEROS	AUTORIDADES AMBIENTALES	CAPITANÍAS DE PUERTO
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Isla San Andrés	CORALINA	San Andrés
	Isla Providencia		Providencia
La Guajira	Urbía	CORPOGUAJIRA	Puerto Bolívar
	Manaure		
	Riohacha		Riohacha
	Dibulla		
Magdalena	Santa Marta	DADMA	Santa Marta
	Ciénaga	CORPAMAG	
	Zona Bananera		
	Puebloviejo		
	El Retén		
	Pivijay		
	SitioNuevo		
	Remolino		
	Salamina		
Atlántico	Barranquilla		DAMAB
	Puerto Colombia	CRA	
	Tubará		
	Juan de Acosta		
	Piojó		
	Luruaco		
Bolívar	Cartagena de Indias		EPA
	Santa Catalina	CARDIQUE	
	Santa Rosa		
	Turbaco		
	Turbaná		
	Arjona		
Sucre	San Onofre		CARSUCRE
	Tolú		
	Coveñas		
	Palmito		
Córdoba	San Antero	CVS	
	San Bernardo del Viento		
	Lorica		
	Moñitos		
	Puerto Escondido		
Antioquia	Los Córdoba	CORPOURABA	Turbo
	Arboletes		
	San Juan de Urabá		
	Necoclí		
Chocó	Turbo	CODECHOCO	Turbo
	Ungüfa		
	Acandí		

## Continuación de Tabla 2.

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

El 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 1.544 km de longitud, una porción emergida de la zona costera e insular de 8.455 km<sup>2</sup> y una superficie de aguas jurisdiccionales de 359.948 km<sup>2</sup> 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 (Figura 1, Tabla 1) (INVEMAR, 2002; Steer *et al.*, 21997; Posada *et al.*, 2009 y 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 (Figura 1) (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 *et al.*, 2009).

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 suelos desnudos 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. Se estima que la población costera representa aproximadamente el 11% de la población total (DANE, 2010), con una tendencia de crecimiento ocasionada por los acelerados procesos 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 los municipios de Barranquilla, Cartagena y Santa Marta los de mayor proporción. 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 548.273 millones de pesos (DANE, 2010).

## UNIDADES DE GESTIÓN

Según el DNP (2007)<sup>2</sup>, 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 Insular, Caribe Continental y Oceánica y del Pacífico), como regiones integrales de planificación del desarrollo y ordenamiento territorial, reconociendo que cada una de ellas tiene dinámicas y características particulares que ameritan reconocer en estos procesos estas peculiaridades.

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

Por otra parte, al interior de cada una de las Regiones Integrales de Planificación, se definieron unidades ambientales y geográficas continuas, con ecosistemas claramente definidos, que requieren una visualización y manejo unificado. Se establecieron 12 unidades ambientales, unas de carácter costero y otras oceánicas -UACO's, que constituyen los espacios oceánicos y la zona costera nacional. Su descripción y localización (ver Figura 5), es la siguiente:

### Región Caribe Insular

- **Unidad Ambiental Caribe Insular – Reserva de Biosfera SEAFLOWER:** comprende todo el territorio del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, los terrenos emergidos así como los recursos de la plataforma arrecifal y prearrecifal y los espacios oceánicos.

---

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

### **Región Caribe Continental y Oceánica**

- **Unidad Ambiental Costera de la Alta Guajira:** desde Castilletes (frontera con Venezuela) hasta la boca 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 boca del río Ranchería (inclusive) hasta la boca del río Córdoba (inclusive) 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 y hasta el delta del Canal del Dique (inclusive) en el departamento de Bolívar. Incluye el Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario.
- **Unidad Ambiental Costera Estuarina del Río Sinú y el Golfo de Morrosquillo:** desde el delta del Canal del Dique hasta punta Caribaná en el departamento de Antioquia. Incluye el Archipiélago de San Bernardo.
- **Unidad Ambiental Costera del Darién:** desde punta Caribaná 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 del Alto Chocó:** desde la frontera con Panamá (hito Pacífico) hasta cabo Corrientes en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Costera del Frente Río Baudó - Río Docampadó:** desde cabo Corrientes hasta el delta del río San Juan en el departamento del Chocó.
- **Unidad Ambiental Costera del Complejo de Málaga - Buenaventura:** desde el delta del río San Juan (inclusive) hasta la boca del río San Juan de Micay en el departamento del Cauca.
- **Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial Sur:** desde la boca del río San Juan de Micay (inclusive) 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.

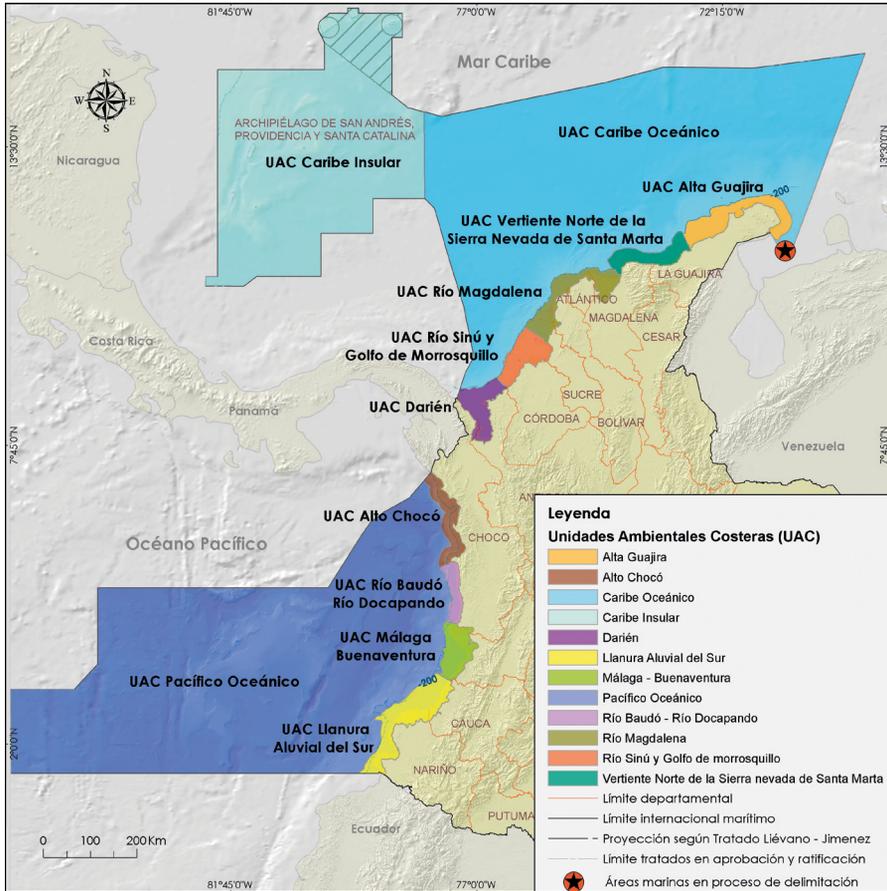
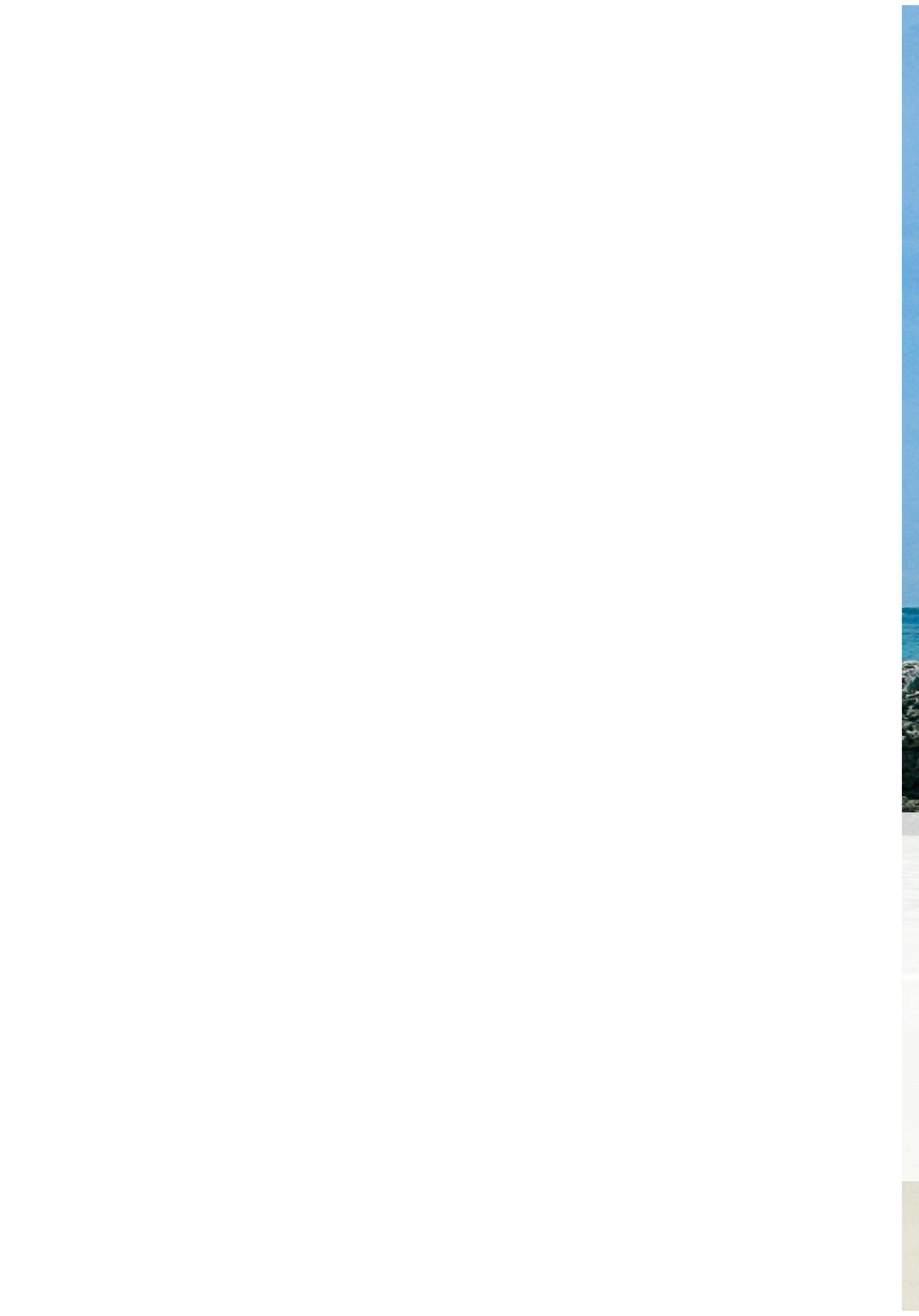
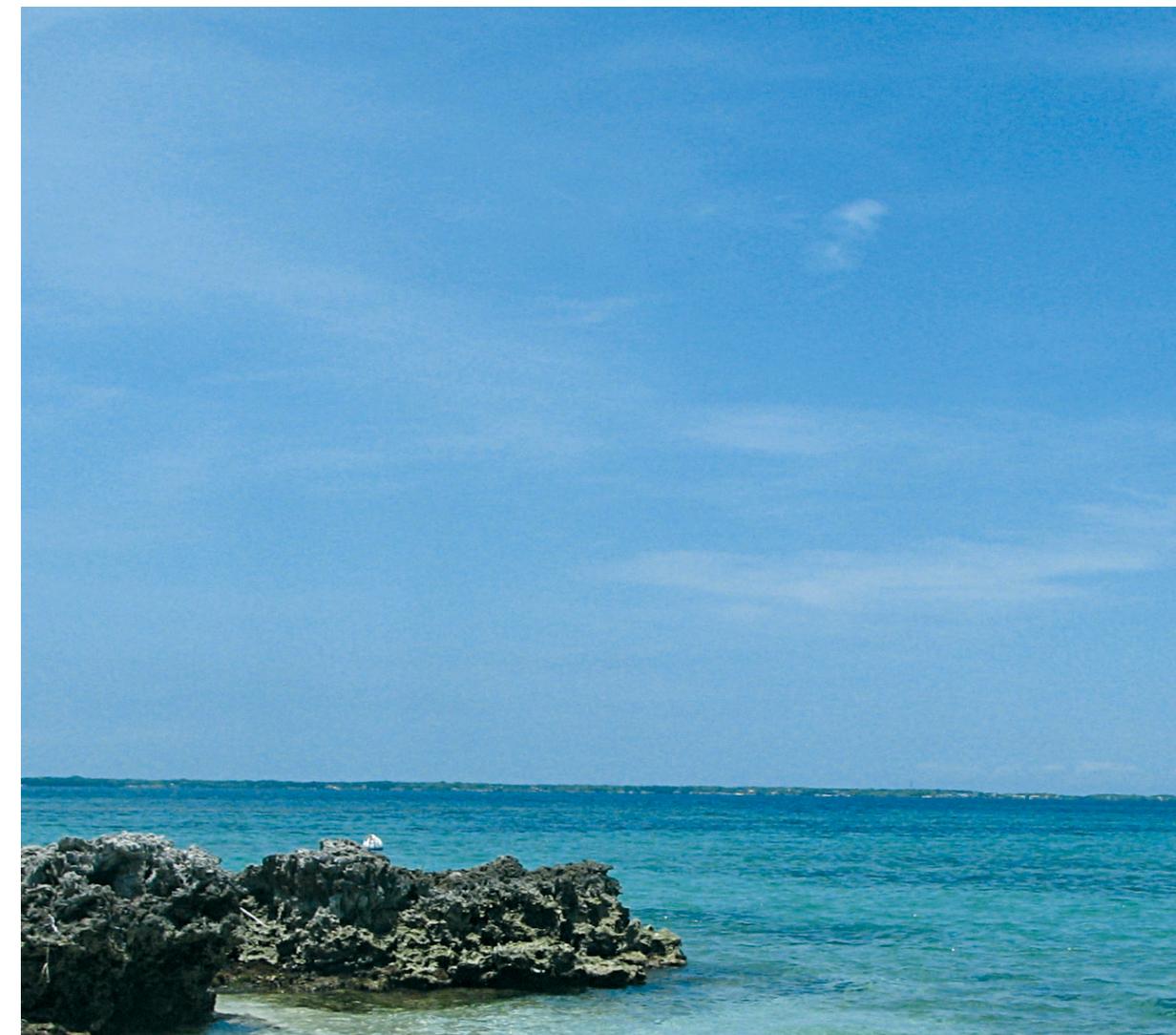


Figura 2. Localización de las Unidades Ambientales Oceánicas y Costeras (INVEMAR, 2000).





CAPÍTULO II

**ESTADO DEL AMBIENTE  
ABIÓTICO, CALIDAD DE AGUAS  
Y BIODIVERSIDAD MARINA:  
INDICADORES DE ESTADO**

Vista desde la playa de isla Tesoro (PNN Corales del Rosario y San Bernardo), mayo 2012.  
(foto Carolina García-Valencia)



## INTRODUCCIÓN

Los principales ecosistemas marino y costeros estratégicos de Colombia (arrecifes coralinos, manglares, pastos marinos, litorales rocosos, playas, estuarios y los recién conocidos arrecifes de profundidad) constituyen las principales fuentes de vida y productividad en los litorales costeros del país. Su biodiversidad intrínseca y exuberante, ha permitido que las distintas comunidades humanas hayan hecho uso de los recursos naturales propios de éstos desde tiempos históricos prevaleciendo en algunos casos el uso indebido presentado en el favorecimiento de la introducción de especies exóticas, pérdida o daño del hábitat y en los últimos años, el daño que se ha realizado sobre el medio ambiente en general identificado como cambio climático. Paralelamente a esto, la conversión en los tipos de uso del suelo, las malas prácticas agropecuarias o la alteración y modificación de los sistemas hidrológicos, sumado a las políticas y programas de expansión y desarrollo sectorial (pesquero, turístico, agropecuario, minería, portuario, entre otros), que se planifican y ejecutan sin suficientes consideraciones y manejo ambiental de sus impactos sobre la base natural, son las principales causas de que la pérdida de biodiversidad (entendida en su sentido general de ecosistemas, especies y genes) sea el factor limitante y reductor de los beneficios económicos y ambientales provistos por los ecosistemas. Los datos a nivel mundial sobre la biodiversidad marina son preocupantes ya que se calcula que la tasa de pérdida es 5 veces mayor a la terrestre, según un estudio realizado por el Fondo Mundial de la Naturaleza (World Wildlife Found) quien identifica a 231 especies y sus hábitats en peligro de extinción, amenaza o vulnerable y solo se está hablando de las especies y hábitats conocidos, ya que se estima que aun millones de especies y relativamente sus ecosistemas están aún por conocerse y se ignora la tasa de pérdida anual de éstos, con el tratamiento que estamos haciendo de los recursos hoy día.

Otras interacciones que multiplican el efecto de la degradación sobre los ecosistemas, consiste en su interrelación de manera directa, en la que la afectación de cada uno de ellos por separado tiene repercusiones directas en la degradación o reducción de los servicios ecosistémicos generados por otro(s).

## EL AMBIENTE ABIÓTICO

La costa Caribe colombiana se caracteriza por la convergencia de las placas tectónicas de Nazca, Suramérica y El Caribe, cuyo choque le confiere al territorio un marco morfo estructural complejo en el cual se destaca hacia el NW la presencia de la Sierra Nevada, hacia el sur se erigen el cinturón Plegado de San Jacinto que aflora

costa adentro, a excepción de la porción norte que se encuentra bajo el mar, y el cinturón Plegado del Sinú, al oeste del cinturón de San Jacinto, que aflora desde Santa Marta hasta el Urabá y en el que el diapirismo de lodos modifica la geomorfología y controla y genera, entre otros fenómenos, los levantamientos costeros (González *et al.*, 1988; Vernet, 1985) (Figura 3).

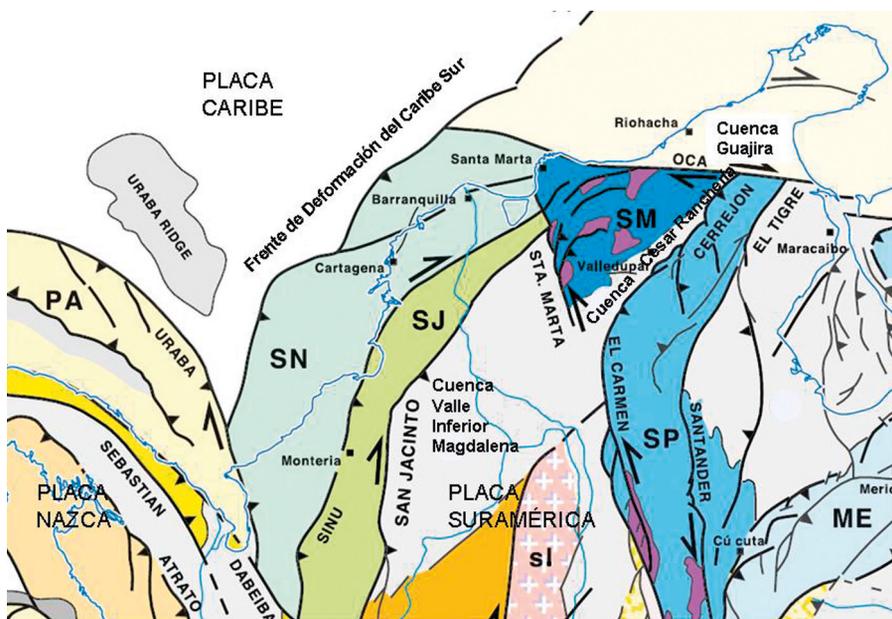


Figura 3. Mapa litotectónico y morfo estructural de la región Caribe<sup>3</sup>.

La complejidad geológica regional de la costa Caribe indujo la formación de cuencas sedimentarias, separadas por altos estructurales formados por rocas ígneas y metamórficas antiguas, dando lugar a un vasto paisaje conformado por depósitos cuaternarios que constituyen una extensa llanura costera y lomeríos de menos de 500 m de altura de rocas terciarias. Las serranías de Macuira, Jarara y Cocinas se levantan hacia el interior de la península de La Guajira, mientras la Sierra Nevada de Santa Marta, constituida al igual que las elevaciones anteriores por rocas antiguas, se eleva desde el nivel del mar como un macizo aislado, con alturas de hasta 5.770 msnm, entre los departamentos de La Guajira, Cesar y Magdalena.

3. SN: Cinturón del Sinú; SJ: Cinturón de San Jacinto; SM: Sierra Nevada de Santa Marta; PA Terreno de Panamá; SI: Bloque San Lucas; SP: Macizo de Santander; ME: Sierra de Mérida (modificado de Cediel *et al.*, 2003)

Las rocas sedimentarias terrígenas del Paleógeno-Neógeno conforman costas altas con terrazas y superficies de abrasión levantadas al NE de La Guajira y sur de Riohacha, al sur de Barranquilla hasta punta Canoas y en las costas del departamento de Córdoba, y se intercalan localmente con calizas del Terciario al norte de punta San Bernardo, Coveñas, Puerto Escondido y Los Córdoba. Rocas más antiguas, como peridotitas, afloran en pequeños parches en La Guajira y en Santa Marta. La Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Darién forman acantilados generalmente altos, compuestos de rocas metamórficas o ígneas por lo general más resistentes a los procesos costeros.

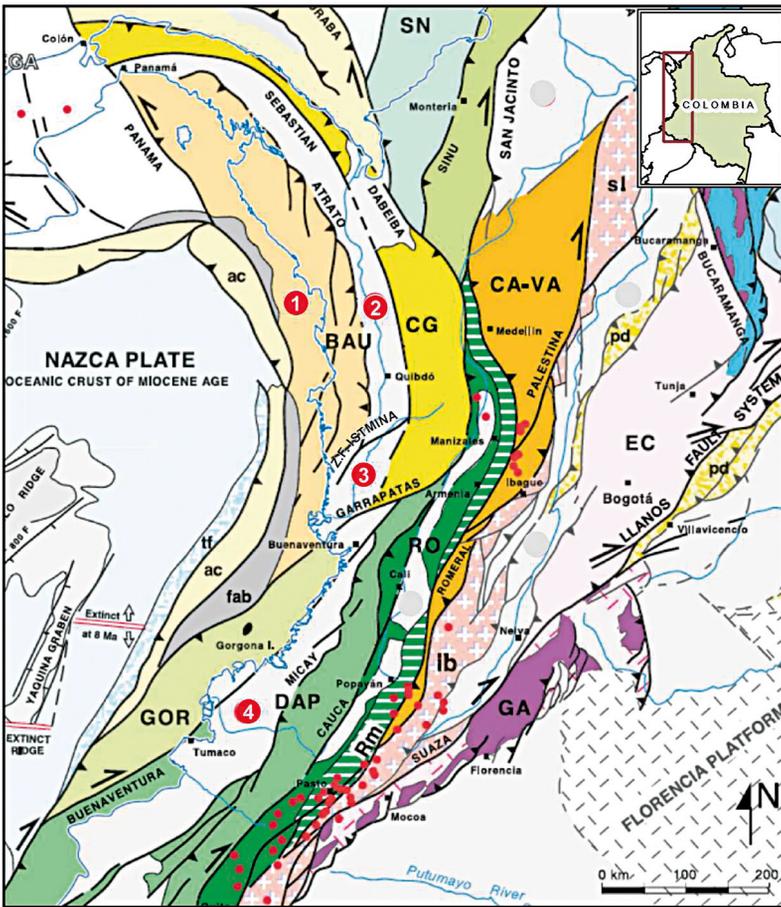
Las costas bajas ocupan aproximadamente el 50% de la zona costera; allí afloran depósitos cuaternarios de origen aluvial, marino o lacustre, donde los procesos morfodinámicos e hidrodinámicos perfilan una línea de costa accidentada, con bahías tranquilas y ambientes de estuarios, y frentes deltaicos altamente dinámicos, al igual que lagunas costeras y pantanos de manglar. Se presentan principalmente a lo largo de La Guajira, el delta del río Magdalena en el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los alrededores de Cartagena y en los golfos de Morrosquillo y Urabá.

En la plataforma continental, se destaca la presencia del archipiélago Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo originado por el diapirismo arcilloso asociado al cinturón del Sinú y colonizado por corales; las formaciones adosadas a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y los cañones profundos como el del Magdalena, La Aguja y el del río Ranchería. En el ambiente oceánico sobresalen, sobre antiguos conos volcánicos del alto de Nicaragua colonizados por arrecifes coralinos, las islas de San Andrés y Providencia y los cayos e islotes asociados.

La costa del Pacífico colombiano es un límite activo de placas, donde se presenta la zona de subducción de la placa Nazca bajo la placa Suramericana (el bloque andino) y materializado en la fosa Ecuador-Colombia (Penington, 1981; Murcia y González, 1982; González *et al.*, 1988). El ángulo de subducción es del orden de los 15 a 25° en el Pacífico norte (Buenaventura—Panamá) y las velocidades de subducción han sido estimadas entre 6,4 cm/año y 6,8 cm/año (Kellog *et al.*, 1983; Page, 1986; González *et al.*, 1988).

En este ambiente tectónico se destacan la serranía del Baudó (Etayo *et al.* 1986), reconocida como de alta complejidad estructural y litológica (Duque-Caro, 1990), responsable del predominio hacia el norte del paisaje de colinas y lomas, conformando acantilados constituidos por rocas de origen oceánico y bahías con depósitos cuaternarios, procedentes de los ríos que bajan de la cordillera. La cuenca del Atrato, que se extiende desde Panamá hasta el alto de Istmina (Duque-Caro,

1991), coincidiendo con el trazo de la zona de falla de Istmina (Ingeominas, 2007); la cuenca de San Juan, con límites en el alto de Istmina y la falla de Garrapatas (Barrero, 1979), con expresiones geomorfológicas muy claras sobre la zona costera al sur de cabo Corrientes, con extensas llanuras intermareales que penetran hacia tierra por más de 9 km, planicies aluviales, deltas e islas barreras. Por último la cuenca de Tumaco que se extiende hacia el sur hasta el Ecuador y constituyendo una costa baja aluvial, con una extensa llanura, influenciada por las mareas, limita hacia el mar con islas barrera, segmentadas por las bocanas de los ríos y, en frente de ellas, se extienden amplios bajos (Figura 4).



**Figura 4.** Límites de las provincias tectonoestratigráficas que conforman la margen costera del Pacífico actual: 1. Terreno Baudó, 2. Cuenca del Atrato, 3. Cuenca de San Juan, 4. Cuenca de Tumaco, Z.F. Istmina-Zona de Falla de Istmina (modificado de Cediel *et al.*, 2003).



En función de su contexto tectónico y características estructurales, toda la región del Pacífico hace parte del Cinturón de Fuego del Pacífico que se cataloga como el área sísmica más activa del planeta; también hace parte de la región llamada Geosinclinal de Bolívar o Fosa de Subsistencia (Schuchert, 1935 y Nygren, 1950) y como consecuencia está sujeta a la ocurrencia de terremotos de magnitudes mayores, que determinan su clasificación como zona de alto riesgo sísmico.

Se destacan sobre la costa rasgos geomorfológicos – estructurales como bahía Solano, las bahías de Buenaventura y Málaga y los deltas de los ríos San Juan, Patía y Mira, cuyos lóbulos sobresalen como protuberancias sobre la costa. La presencia de la zona de subducción determina una plataforma continental relativamente estrecha, entre 15 km hasta la isóbata de 200 m al norte, y 55 km al sur donde se extiende hasta la isla Gorgona.

### **Oceanografía**

A partir de los datos disponibles en bases de datos internacionales como ICOADS y AVISO y los registros de las boyas o de levantamientos puntuales se ha establecido que para el Caribe colombiano las mayores alturas de ola se producen en los meses de diciembre-enero, junio y julio, con valores por encima de 2 m y periodos alrededor de 8,5 s, mientras que para el golfo de Urabá y San Andrés y Providencia las alturas están alrededor de 1,5 a 2 m en el mes de diciembre siendo estos los menores valores de altura significativa de las olas durante todo el año. La dirección del oleaje predominante es NE-SW entre diciembre y abril, con tendencia ENE-WSW el resto del año; está íntimamente relacionada con la del viento.

Las corrientes marinas están representadas principalmente por la Corriente del Caribe y la Contracorriente de Colombia; la primera se mueve en sentido E-W, adyacente al litoral en la época en la que soplan los vientos alisios, excepto en el suroeste del Caribe colombiano donde no se siente mucho. La contracorriente de Colombia se mueve en sentido W-E, cerca de la costa, cuando los Alisios se hacen más débiles y llegan las lluvias entre. Otra corriente es la de surgencia, que coincide con la presencia de la corriente Caribe y cuyo efecto es más fuerte al y la zona de Puerto Colombia. Las mareas, de otro lado, son de tipo micromareal, con una amplitud menor de 50 cm, semidiurnas y mixtas.

También a partir de las bases de datos de ICOADS se estimó como valor promedio de la temperatura mínima superficial del mar la de los meses de enero a marzo con valores alrededor de 27,2°C en el golfo de Urabá, y cercanos a 25,4°C al N de la península de La Guajira. La temperatura promedio máxima se presenta en los meses de septiembre y octubre con alrededor de 30°C en la parte central de la costa colombiana, 25°C en el golfo de Urabá.

En el Pacífico colombiano el 80,7% de las olas está en el rango entre 0 y 2 m de amplitud (U.S. Department of the Navy, 1960 en Ambiotec 2006). Para la zona costera del departamento del Chocó, la altura de la ola es del orden de 0,5 a 1,5 m, con periodos promedios de 10 a 18 s. En Buenaventura, el mayor porcentaje de olas se genera desde el SW-W, con una altura de rompientes entre 0,6 y 1 m y un periodo de 5 a 30 s. En la ensenada de Tumaco los oleajes provienen del SW-W con alturas menores a 1 m y periodos de 17 s o menores (Montagut, 1998; Tejada, 2003).

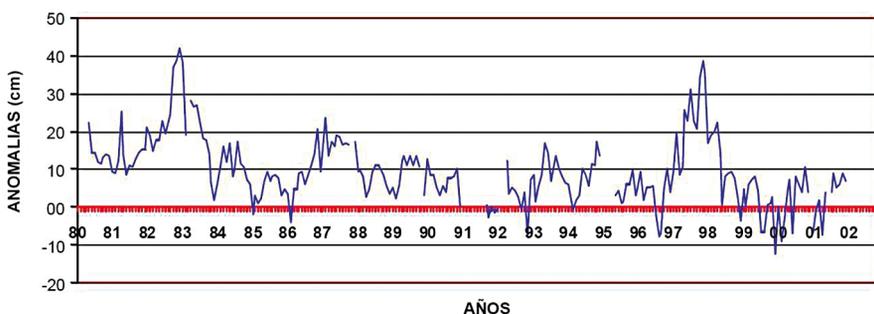
En cuanto a las corrientes se destaca la influencia de la contracorriente Ecuatorial del Norte que se intensifica en los meses de mayo a diciembre con una velocidad de 2 m/s y disminuye temporalmente entre los meses de febrero a abril. La corriente de Colombia, que se mueve en sentido NNE y velocidades, en condiciones normales, de 150 m/s. Las corrientes litorales de los ríos Mira y San Juan, tienen gran influencia en el modelamiento costero (Andrade, 1992), así como las mareas con rangos mesomareales entre 2 y 4 m aproximadamente y ciclos semidiurnos (CCCP, 2002). Las surgencias se presentan con una velocidad promedio de  $14 \times 10^{-5}$  cm/s en las aguas superficiales (0 - 100 m), con máximos en febrero y marzo, y mínimos en octubre y noviembre. Los focos de surgencia se localizan al sur de la latitud  $6^\circ$  con variaciones entre la costa y la parte central de la cuenca (CCCP, 2002).

En cuanto a la temperatura superficial del mar, las oscilaciones estacionales no sobrepasan los  $2$  ó  $3^\circ$  C (Doronin, 1986 en CCCP, 2002), con dos máximos en junio y diciembre y dos mínimos de febrero a marzo y de septiembre a octubre. Aumenta de sur a norte con valores superiores a  $27^\circ$  C entre los  $3$  y  $5^\circ$  N e inferiores a  $2,5^\circ$  entre los  $1,5^\circ$  y  $2,5^\circ$  N. En el área oceánica las temperaturas son  $2^\circ$  C menores con relación a la zona costera (CCCP, 2002).

En cuanto a los fenómenos de El Niño y La Niña se presentan regionalmente y tienen una variación interanual, afectando las condiciones climáticas. Durante el fenómeno de El Niño el comportamiento general de la temperatura superficial del mar presenta valores entre 29 y 30.4 C, lo que significa un aumento sensible de la temperatura, de 2 a  $3^\circ$ C, especialmente en las capas superiores a los 100 m, siendo mayor en la costa y al norte de la cuenca (CCCP, 2002). El régimen de corrientes muestra una posible intensificación de la contracorriente Ecuatorial y de las corrientes de Panamá y Costa Rica. El nivel del mar también aumenta y se han registrado datos entre 20 y 40 cm lo que ocasiona un mayor nivel de inundación durante las pleamares y olas de mayor tamaño (Figura 5) (Posada *et al.*, 2009). La temperatura del aire también se incrementa hasta  $2^\circ$ C más de lo normal (IDEAM, 2002), al igual que las precipitaciones entre 40% en la región norte y centro y 60% en la los departamentos de Cauca y Nariño. Los efectos adversos del aumento del

nivel del mar propician la erosión en la costa, con cambios notorios en el paisaje (IDEAM, 2002).

Durante La Niña la temperatura superficial del mar presenta valores entre 26.0 y 28.4 C, máximos hacia la costa y el N y mínimos hacia el SW, lo cual significa una disminución de la temperatura promedio general, más o menos 2.5 C, originada por el fortalecimiento de los vientos alisios del este y por la intensificación del fenómeno de surgencia frente a las costas de Ecuador y Perú, lo cual implica el debilitamiento de la contracorriente Ecuatorial y una marcada influencia de la corriente fría del Perú al sur hasta los 3° N y del sistema de circulación de la ensenada de Panamá, al norte de la cuenca. Los efectos en la costa del Pacífico colombiano son el descenso de la temperatura del aire en las horas del día y del nivel medio del mar (Figura 5) (IDEAM, 2001; CCCP, 2002).



**Figura 5.** Anomalías del nivel medio del mar entre 1980 y 2002, registradas en inmediaciones de Tumaco<sup>4</sup>.

## Erosión

La European Commission (2004) define la erosión costera como la pérdida de terrenos debida a la invasión del mar, medida en un lapso de tiempo suficientemente largo que permita descartar efectos temporales o cíclicos debidos básicamente al clima. Los países europeos adoptan un kilómetro de longitud de línea de costa y un espacio de tiempo de diez años como representativos para determinar si hubo o no erosión costera en un sector determinado.

## Factores que causan erosión costera

La erosión costera es causada por la acción de un conjunto de factores

4. Tomado de IDEAM (2002).

climáticos, oceanográficos, geológicos, fluviales, biológicos y socioeconómicos, que ayudan a generar cambios en zona costera entre los cuales está el retroceso de la línea de costa con consecuencias graves sobre las poblaciones y los usos del suelo (Tabla 3).

**Tabla 3.** Factores que causan erosión costera (Tomado de Posada *et al.*, 2009).

<b>FACTORES QUE CAUSAN EROSIÓN COSTERA</b>	
Fácil desgaste de las capas geológicas	Aspectos climáticos
Actividad tectónica	Precipitación
Fallas	Régimen fluvial
Sismos	Aumento del nivel del mar
Subsidencia	Aspectos bióticos
Tsunamis	Bioerosión
Licuefacción de suelos	Colonización de manglar
Diapirismo de lodos	Destrucción del manglar
Procesos oceanográficos	Aspectos socioeconómicos
Exposición al oleaje	Extracción de materiales de playas
Mareas	Deforestación principalmente manglares
Corrientes litorales	Minería
Fenómeno de El Niño	Amoblamiento urbano y de servicios en zonas intermareales y playas
	Apertura y desvío de canales, dragados
	Construcción de represas, sistemas de irrigación y puertos
	Cambios en el uso del suelo
	Estructuras de protección

### **Diagnóstico de la erosión en el Caribe y el Pacífico**

La erosión en la zona costera del Caribe colombiano parece haberse acelerado a partir de los años 70-80, con el crecimiento de las ciudades costeras así como de aquellas situadas al interior del país como Medellín, Bogotá, Cali y Bucaramanga, que produjeron grandes impactos en la cuenca del río Magdalena en cuanto a caudal y la descarga de sedimentos, con repercusiones importantes en la zona costera (Restrepo, 2005).

Se han perdido cientos de kilómetros cuadrados de terreno dedicados a la agricultura y la ganadería, a la vivienda y a infraestructura de servicios públicos y privados, que afectaron lugares como punta Arboletes, en los límites de los departamentos de Córdoba y Antioquia (Correa y Vernet, 2004), la antigua

desembocadura del río Turbo en el golfo de Urabá (Corpourabá-Universidad Nacional, 1998), sectores acantilados de la costa de Antioquia, Córdoba y Atlántico, ecosistemas de manglar en Cispatá y Mestizos (Córdoba) por la avulsión del río Sinú y la posterior dinámica generada (IDEAM - y Universidad Nacional, 1998; Aguirre, 1994; Gil-Torres & Ulloa-Delgado, 2001). En la bahía de Barbacoas y de Cartagena se perdieron, o deterioraron, arrecifes coralinos y pastos marinos (CARDIQUE, 1997; INVEMAR, 2005a) y en el Atlántico, como consecuencia de la construcción del tajamar occidental del río Magdalena, se perdieron cientos de hectáreas de la ciénaga de Mallorquín y sus ecosistemas asociados (INVEMAR, 2006c; Correa *et al.*, 2005).

Para el litoral Pacífico colombiano conviene señalar que los procesos de erosión que lo están afectando se han registrado por lo menos para los últimos cincuenta años, como consecuencia de eventos como los sismos de 1979 y 1991 donde hubo una subsidencia casi generalizada de los terrenos, el fenómeno de El Niño de los años 1997-1998 que aumentó hasta en 40 cm el nivel del mar, la desviación del canal Naranjo en el año de 1973 que colapsó la cuenca del río Patía e indujo procesos de erosión e inundaciones en la cuenca del Sanquianga, y el vaciado de la represa de Anchicayá en el año 2001 con consecuencias desastrosas para la agricultura en la parte baja. Los terrenos afectados no se han podido recuperar y por el contrario, cambios drásticos en las corrientes como consecuencia de la creación de nuevos bajos, han inducido procesos erosivos muy altos que están obligando al desplazamiento de las poblaciones y la pérdida de terrenos de cultivos. Es un fenómeno generalizado en el litoral del Baudó y el San Juan, entre la bahía de Buenaventura y el río Naya, en la zona costera de Cauca y Nariño.

A continuación se describen a manera de ficha los indicadores de estado diseñados para el monitoreo y control de la erosión.

## Indicador de áreas críticas por erosión costera vs área total del departamento costero

### Definición e importancia del indicador

El indicador presenta un balance de la longitud de litoral afectado por la erosión costera, por departamento, con relación a la longitud total del mismo. Mide qué tanto los procesos erosivos están afectando la costa de cada uno de los departamentos costeros.

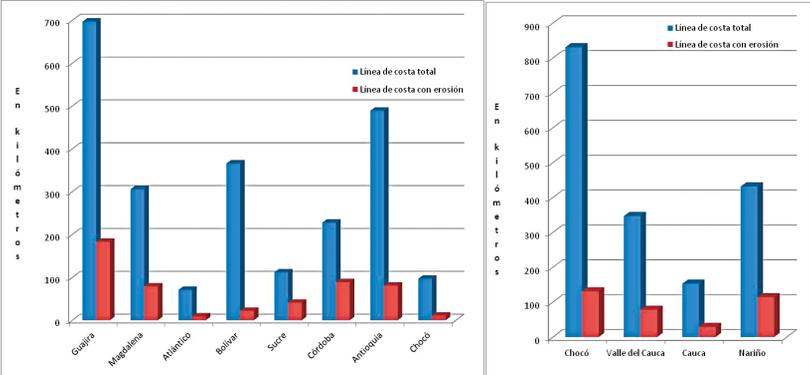
### Fuente de los datos e información

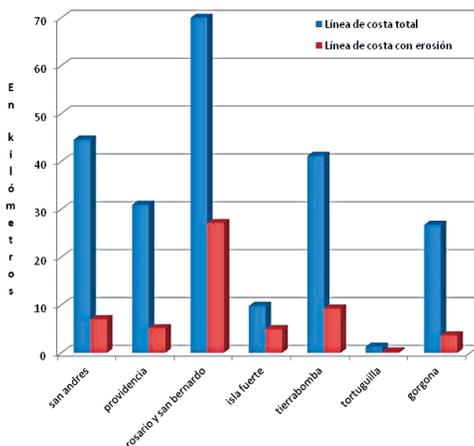
Serie de publicaciones sobre diagnóstico de la erosión costera Caribe, Pacífico y región insular de Colombia generados a partir de información secundaria producida por distintas instituciones y con trabajo de campo realizado por Invemar entre 2000 y 2011.

### Periodo reportado

Actualizado a 2008 para el Caribe, 2009 para el Pacífico y 2011 para las zonas insulares.

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas y gráficos)





**Figura 6.** Cambios en la línea de costa por departamento

### Interpretación de los resultados

Las gráficas anteriores (Figura 6) evidencian que aproximadamente una cuarta parte del litoral colombiano está sufriendo un proceso erosivo importante, con presencia de zonas críticas. Se estima un 25% para Caribe y región insular, y un 21% para el Pacífico.

### Limitaciones del indicador

El indicador depende del diagnóstico de la erosión realizado en 2008, 2009 y 2011 para el Caribe, Pacífico y zona insular respectivamente; sin embargo la alta dinámica de la zona costera permite que la situación inicial con la que se hacen los cálculos cambie constantemente.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Actualizar el diagnóstico de la erosión costera al menos cada 4 años, con la ayuda de imágenes de satélite y fotografías aéreas, con reconocimiento de campo de acuerdo con los resultados de la interpretación.

## Indicador de variación de la línea de costa (m/año). Línea base de referencia

### Definición e importancia del indicador

El indicador presenta los resultados del retroceso o avance de la línea de costa para sectores particulares de la costa, medido en metros por año y obtenidos de diferentes proyectos de investigación llevados a cabo por diferentes instituciones del país.

### Fuente de los datos e información

Proyectos de investigación llevados a cabo por Invemar, CIOH, Universidad EAFIT, Universidad Nacional, Ingeominas, entre otros (Posada, 2002; Martínez, 2001; Rangel y Posada, 2005; Correa *et al.*, 2005; Restrepo, 2001; INVEMAR, 2006a; Ordóñez, 2002; Robertson & Chaparro, 1998; Serrano, 2004; Mazorra, 2004; Palacio & Restrepo, 1999; CIOH – CARDIQUE, 1998; INVEMAR, 2006b).

### Periodo reportado

Los resultados que aquí se presentan provienen de estudios publicados entre 1998 y 2011.

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas , gráficos)

**Tabla 4.** Tasas de erosión/acresión reportadas por localidades y departamentos entre 1998 y 2011.

Depto.	Localidad	Periodo	Tasa de erosión m/año	Tasa de acresión m/año
Guajira	Palomino	1944-2006	2 a 7	
	Riohacha	1947-2003	1 a 6	
	Manaure	1971-2003		1 a 3
	Puerto López	2003-2010	1	1 a 21
	Pájaro	2003-2010	1 a 6	
	Punta Los Remedios	2003-2010	1 a 5	
Magdalena	Barra Salamanca	1938-2002	1 a 16	
Atlántico	Ciénaga Mayorquín	1986-2005	105	
	Santa Verónica	1986-2005	5	
Cartagena	Playetas-Barú	1994-2011	2 a 13	
	Cameroneras-Barú	1994-2011	1 a 6	
	Tierrabomba	1994-2011	1	
	Punta Canoas	1994-2011	1 a 6	
	Arroyo Piedra	1994-2011	1 a 3	26

Continuación de Tabla 4.

Depto.	Localidad	Periodo	Tasa de erosión m/año	Tasa de acreción m/año
Sucre	Norte depto.	1986-2006	5	
	San Bernardo	1986-2006	2 a 3	
	Berrugas	1986-2006	4 a 5	
	Tolú	1986-2006	2	
	Coveñas	1986-2006	4	
Córdoba	PasoNuevo-LaRada	1938-2006	1 a 2	
	Moñitos-Broqueles	1938-2006		
	LaCruz-RíoCedro	1938-2006	1	
	Mangle-CristoRey	1938-2006	1	
	PuertoRey	1938-2006	6	
	Los Córdoba	1938-2006	2	
	CostaBrava	1938-2006	4	
	Puerto Escondido	1938-2006	1 a 3	
Antioquia	Arboletes	1968-1990	40	
	Tié	1989-2010	1 a 8	
	PuntadePiedra	1989-2010	1 a 2	
	PuntaYarumal	1959-2010		27
	PuntaLasVacas	1959-2010	1 a 3	1 a 8

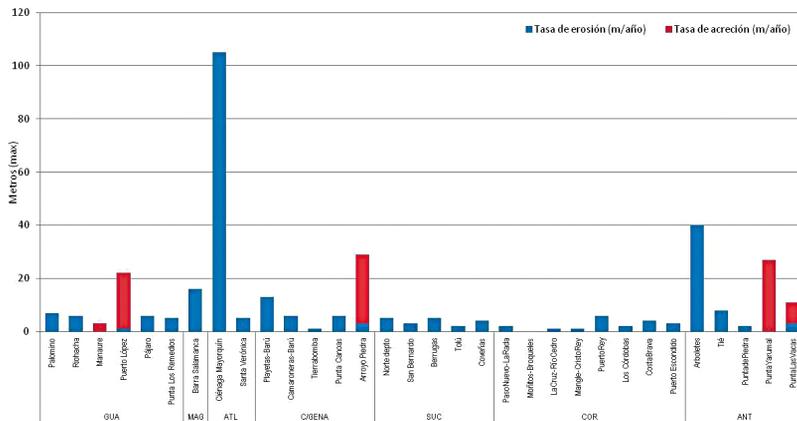


Figura 7. Tasa máxima de erosión/acreción por localidad y departamento

### **Interpretación de los resultados**

La tabla 4 y figura 7 son una muestra de la intensidad de la erosión en el Caribe colombiano. Se detecta que en muy pocos sitios se tiene erosión que pueda catalogarse como de rango bajo ( $< 2$  m), mientras que predominan los sectores donde la erosión es media (2-4 m) y alta ( $> 4$  m). Se han detectado casos extremos de erosión en punta Arboletes, límite entre Antioquia y Córdoba y la ciénaga de Mayorquín al oeste del tajar del río Magdalena. Los procesos de sedimentación son muy locales, asociados a deltas de los ríos.

### **Limitaciones del indicador**

Este no es un indicador que esté implementado; para tener una idea del retroceso que está ocurriendo se recurrió a información secundaria de varios proyectos realizados por distintas entidades nacionales, debido a que no hay un monitoreo debidamente establecido.

### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Implementar este indicador a partir del análisis de las variaciones de la línea de costa por imágenes de satélite de alta resolución espacial, que permita al menos el detalle de detectar las zonas con erosión alta ( $> 4$  m). Debe hacerse para todo el país con una periodicidad de 4 años. Debe tener control de campo e incorporar los resultados de otros proyectos que garanticen la calidad de los análisis.

---

## **CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANO**

A nivel mundial las aguas marinas tienen un papel fundamental, ya que proveen diferentes bienes y servicios a las poblaciones. Son fuente de alimento, recreación, base para la navegación y el hábitat de diferentes especies, entre otros (Eggert y Olsson, 2009, Machado y Mourato, 2002). No obstante, debido a los múltiples usos también son objeto de presiones ambientales que causan deterioro de la calidad y conllevan a la alteración de las propiedades naturales del agua. En el caso de Colombia que tiene costas sobre el mar Caribe y el océano Pacífico que ocupan cerca del 50% del territorio nacional, con ecosistemas estratégicos de incalculable valor en términos naturales y económicos, la calidad del agua es relevante para la conservación y mantenimiento de estos ecosistemas.

El concepto de calidad del agua está determinado por sus características químicas, físicas y biológicas, y por el uso del recurso, entre otros elementos; mientras que su estado, depende tanto de la dinámica del cuerpo de agua, como de la incidencia de procesos naturales y actividades antropogénicas (Chiappone, 2001; Beamonte *et al.*, 2004; Bianucci *et al.*, 2005). Para evaluar el recurso hídrico marino de Colombia, se viene calculando el índice de calidad del agua marina y costera (ICAM), como una de las formas más sencillas de resumir muchas variables, que permiten cuantificar el estado de conservación o deterioro del agua (Troncoso *et al.*, 2003; Troncoso *et al.*, 2009; Vivas-Aguas *et al.*, 2010; Vivas-Aguas, 2011). A continuación se describe la aplicación de este indicador y los resultados de la calidad de las aguas marino costeras durante el año 2010 para preservación de flora y fauna.

## Indicador de evaluación de la calidad del agua marino costera para preservación de flora y fauna: ICAM<sub>PPF</sub>

### Definición e importancia del indicador

El índice de calidad de aguas marinas y costeras es un indicador de estado que facilita la interpretación de las condiciones naturales y el impacto antrópico del recurso hídrico marino, en un rango de cinco categorías de calidad entre 0 y 100 (Tabla 5).

El ICAM<sub>PPF</sub> permite resumir la información de ocho variables (oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos y coliformes termotolerantes), que se califican según sus valores de aceptación o rechazo para preservación de la flora y fauna, y que se integran con ponderaciones definidas en una función de promedio geométrico ponderado.

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

Donde:

ICAM = es la calidad del agua en función de la concentración e importancia de cada una de las variables.

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

$X_i$  = subíndice de calidad de la variable  $i$

$W_i$  = factor de importancia para cada subíndice  $i$ , según su importancia en el ICAM, ponderado entre cero y uno.

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

Escala de calidad	Categorías	Descripción
Óptima	100-90	Calidad deseada del agua
Adecuada	90-70	Buenas condiciones y pocas limitaciones
Aceptable	70-50	Conserva buenas condiciones pero muchas limitaciones
Inadecuada	50-25	Presenta muchas limitaciones y desventajas
Pésima	25-0	Las desventajas superan las ventajas



Para mayor información consultar la hoja metodológica en:

[http://siam.invemar.org.co/indicadores/ier\\_icam.jsp](http://siam.invemar.org.co/indicadores/ier_icam.jsp)

**Fuente de los datos e información**

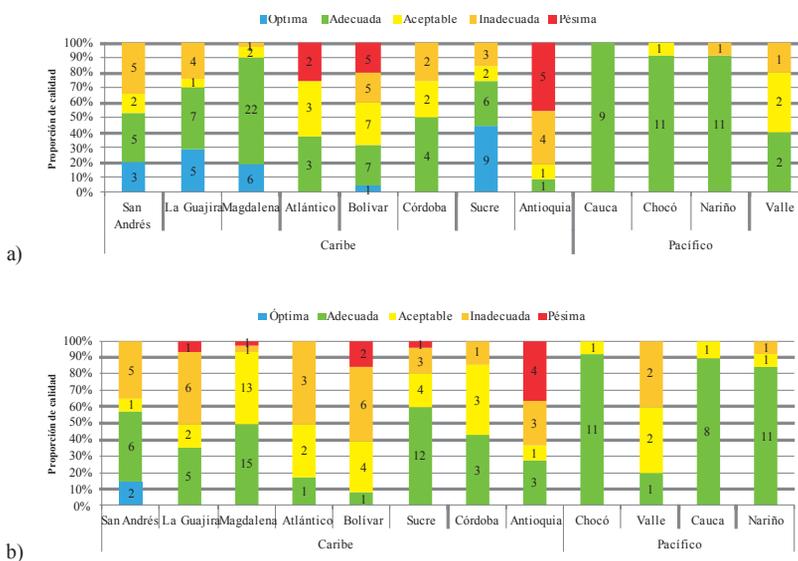
Programa de Monitoreo Nacional. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM.

<http://www.invemar.org.co/siam/redcam>. INVEMAR/REDCAM-SIAM.

**Periodo reportado**

Año 2010 en las dos épocas climáticas, seca y de lluvias.

**Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)**



**Figura 8.** Calidad del agua marino-costera evaluada con el índice para preservación de flora y fauna (ICAM<sub>PF</sub>), en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano en época seca (a) y de lluvias (b) de 2010<sup>5</sup>.

5. Los valores en las barras representan el número de sitios (índices) en cada categoría; los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 5). Para mayor detalle consultar el portal web: [http://siam.invemar.org.co/indicadores/ier\\_icam.jsp](http://siam.invemar.org.co/indicadores/ier_icam.jsp).

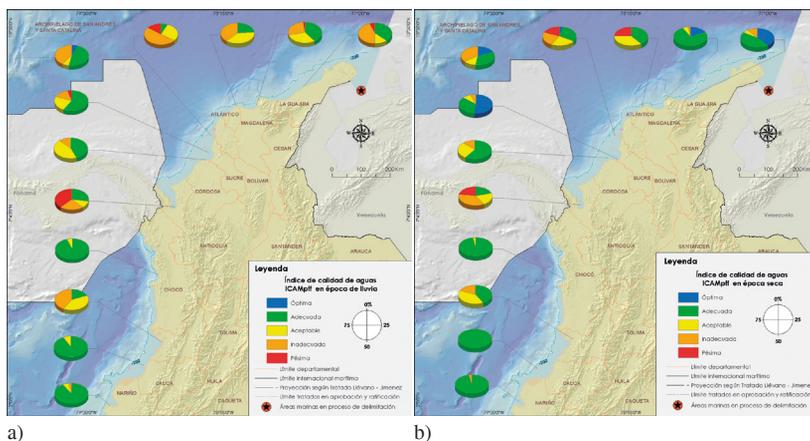


Figura 9. Estado del agua marino-costera evaluada con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM<sub>PFF</sub>) en sitios con tendencia al deterioro durante la época seca (a) y lluvia (b) de 2010<sup>6</sup>.

### Interpretación de los resultados

Los resultados de los 327 ICAM<sub>PFF</sub> calculados en 2010 mostraron que el 8% (26) se mantuvo dentro de la calidad *óptima*, con el mayor número de casos en los departamentos de Sucre, Magdalena y La Guajira, principalmente en la época seca (Figura 8). El 50% (165) de los ICAM<sub>PFF</sub> mostró condiciones *adecuadas* del agua; el 18% (58) *aceptable*; el 17% (57) *inadecuado*; y el 6 % (21) una *pésima* calidad. Esta última condición se encontró en estaciones ubicadas en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Magdalena, La Guajira y Sucre para ambas épocas climáticas (Figura 9). En la época seca el 14% de los 173 ICAM<sub>PFF</sub> calculados mostró condiciones *óptimas* del agua, especialmente en los departamentos de Sucre (9), Magdalena (6), La Guajira (5), San Andrés (3) y Bolívar (1) en el Caribe. El 51% de los índices presentaron características *adecuadas* del agua, especialmente en los departamentos de Magdalena (22) en el Caribe; y en Chocó (11), Nariño (11) y Cauca (9) en el Pacífico (Figura 8a). El 13%

6. Los colores de los círculos representan la proporción de sitios evaluados en determinada calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 5).

obtuvo una calidad *aceptable*; el 15% *inadecuada* y el 7% una *pésima* calidad del agua, en varias estaciones de los departamentos de Antioquia (las playas de La Martina, Uveros, Turbo y Necoclí, y el Muelle Armada), Atlántico (Boca de Ceniza y playa de Pradomar) y en Bolívar algunas estaciones en la bahía de Cartagena a la altura de Alcalis, Astillero naval, frente al emisario, boca caño Correa y en isla Barú (Figura 9).

Durante la época de lluvias se observó un cambio en la calidad del agua, ya que de los 173 ICAM<sub>PF</sub> calculados, solo el 1% mostró condiciones *óptimas*, lo cual corresponde a dos (2) casos en el departamento de del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El 50% mostró *adecuada* calidad del agua, el 23% alcanzó una calidad *aceptable*; el 20% *inadecuada* y el 6% una *pésima* calidad del agua en varios sitios de los departamentos de Antioquia (las playas de Arboletes, Necoclí, Totumo y Uveros), Sucre (playa Hotel Montecarlo), Bolívar (Muelle Oceanográfico y Bocachica), Magdalena (muelle de Cabotaje-calle 10) y La Guajira (muelle de Riohacha) (Figura 8b). Aunque los porcentajes se mantienen a escala nacional, en algunos departamentos el número de casos de calidad adecuada disminuyó con respecto a la época seca, especialmente en los departamentos de Magdalena (15), La Guajira (5), Atlántico (1) y Bolívar (1) en el Caribe; mientras que en los departamentos del Pacífico la época climática fue irrelevante (Figura 8; Figura 9)

En la región del Pacífico, aunque no se presentaron áreas con *pésima* calidad del agua como en el Caribe, algunas estaciones mostraron características *inadecuadas* en los departamentos del Valle del Cauca (frentes de los ríos Anchicayá y Potodó en la bahía de Buenaventura; y Nariño (puente el Pindo y la Sociedad Portuaria en la bahía de Tumaco). El análisis más detallado muestra que las variables que determinaron los sitios con calidad más deficiente, fueron principalmente los coliformes termotolerantes, ortofosfatos, nitratos y sólidos suspendidos, cuyas concentraciones aumentaron (INVEMAR, 2011c).

Debido al evento “La Niña” se produjo un incremento de las precipitaciones por encima del promedio, en zonas del centro y sur de la región Caribe y en algunos sectores de los departamentos de Antioquia, Chocó, Cauca y Nariño (IDEAM,

2011), su influencia sobre las variaciones del ICAM<sub>PPF</sub>, pudo condicionar la calidad del agua en algunas estaciones de muestreo, posiblemente por las inundaciones en las cuencas bajas de los ríos que favorecen el aumento del caudal, la escorrentía y las descargas de agua ricas en nutrientes, sólidos, coliformes y todo tipo de sustancias contaminantes que drenan desde el continente a la zona costera, las cuales se manifestaron en el aumento del porcentaje de índices con inadecuada y pésima calidad, demostrando riesgo de contaminación.

#### Limitaciones del indicador

El ICAM está formulado principalmente para estimar la calidad del agua con fines de preservación de flora y fauna para cuerpos de agua marinos y costeros. Se recomienda excluir aplicaciones en aguas típicamente continentales o estuarinas (p.e. Ciénaga Grande de Santa Marta – Caribe colombiano) ó donde la salinidad sea inferior a 25, teniendo en cuenta que las características propias de otros sistemas no son compatibles con la propuesta de este ICA, y los resultados no estarían acordes con lo esperado.

Para calcular el ICAM no debe existir ausencia de datos, sin embargo, si por alguna razón faltara una de las variables requeridas, la ecuación de agregación permite soportar el cálculo del ICAM con un mínimo de variables. Pero debe tenerse en cuenta que el margen de confianza del resultado disminuye, así como su representatividad objetiva.

En este informe se presenta un ICAM calculado con una nueva formulación que ya no usa 15, sino ocho variables, asumiendo, no sólo un alcance nacional, sino regional acorde con la iniciativa de la Red de información y datos del Pacífico Sur para el apoyo a la Gestión Integrada del Área Costera (SPINCAM) en los países de Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Chile (INVEMAR, 2011d). El enfoque del nuevo ICAM busca mayor cobertura de análisis en los diferentes sitios que no median todas las 15 variables que requería el ICAM anterior. No se recomienda comparar estos resultados de ICAM con los reportes de publicaciones anteriores.

#### 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 marina,

la representación del resultado esperado es adecuada, siempre y cuando los datos de las diferentes variables se hayan obtenido mediante técnicas analíticas validadas con metodologías ampliamente usadas y comprobadas que permitan comparar los resultados en una escala nacional o internacional.

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

**Tabla 6.** Propuesta de medidas que se pueden adoptar según la valoración del indicador (ICAM)<sup>7</sup>.

Escala de calidad	Categorías	Descripción	Medidas a adoptar
Óptima	100-90	Calidad deseada del agua	Continuar con el monitoreo
Adecuada	90-70	Buenas condiciones y pocas limitaciones	Caracterización, diagnóstico, verificación
Aceptable	70-50	Conserva buenas condiciones pero muchas limitaciones	Monitoreo y evaluación: fisicoquímicos y tóxicos semestral
Inadecuada	50-25	Presenta muchas limitaciones y desventajas	Monitoreo /bioensayos/ medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos plan de contingencia trimestral
Pésima	25-0	Las desventajas superan las ventajas	Monitoreo y seguimiento / bioensayos /evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral

7. Modificado de Marín *et al.*, 2001.

## BIODIVERSIDAD MARINA

### **Ecosistemas y hábitats**

Actualmente en el país, se tienen implementados tres sistemas de monitoreo: arrecifes coralinos (en 16 áreas geográficas del Caribe y Pacífico), manglares (Ciénaga Grande de Santa Marta) y pastos marinos (PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y San Bernardo) que con avances de conocimiento en grado distinto, se les ha levantado la información primaria mínima con la cual se han elaborado los indicadores de integridad ecológica IIE como herramienta de gestión y seguimiento para los administradores del recurso.

A continuación, se presenta una breve reseña de cada uno de estos y los principales avances en cuanto a los Indicadores de Integridad Ecológica

### **Arrecifes coralinos**

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más importantes, diversos y apreciados del planeta. Se desarrollan en aguas claras de los mares tropicales, donde modifican notablemente el relieve submarino y generan una alta diversidad de hábitats para el asentamiento y proliferación de la vida marina (Birkeland, 1997). Los arrecifes coralinos protegen las costas y a ecosistemas adyacentes de la erosión (pastos marinos y manglares); asimismo, le ofrece subsistencia a muchas poblaciones costeras quienes extraen recursos pesqueros de gran valor, como cangrejos, langostas, pulpos, caracoles y peces (Hoegh-Guldberg, 1999; Buddemeier *et al.*, 2004). Sin embargo, el mayor uso y potencial económico radica en el desarrollo del turismo, por ser destinos por excelencia para miles de personas a nivel mundial (Achituv y Dubinsky, 1990; Burke *et al.*, 2011). Por su belleza, importancia económica y valor ecológico, los arrecifes coralinos se constituyen como el ecosistema marino emblemático de la humanidad.

### **Localización y distribución**

Colombia es el único país suramericano que cuenta con arrecifes coralinos en los Océanos Pacífico y Atlántico. Estas áreas abarcan una extensión total de 2.900 km<sup>2</sup>, de los cuales 1.091 km<sup>2</sup> comprenden fondos con alta cobertura arrecifal (Díaz *et al.*, 2000); lo que representa menos del 0,4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001). La costa del Pacífico comprende una pequeña fracción (15 km<sup>2</sup>) distribuida entre la isla Gorgona, la ensenada de Utría, punta Tebada e isla Malpelo (Díaz *et al.*, 2000). Las áreas

arrecifales del Caribe cubren una mayor extensión, dentro de la cual, el 77% se concentra en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados. Otros arrecifes de importancia, se encuentran a nivel continental en los archipiélagos de San Bernardo, Nuestra Señora del Rosario, en la región del Urabá chocoano, en isla Fuerte y el Parque Nacional Natural Tayrona (Díaz *et al.*, 2000). Aunque estos arrecifes presentan diferentes estados de conservación, de acuerdo al análisis realizado por el proyecto *Reefs at Risk Revisited* (Burke *et al.*, 2011), en el cual revisó el estado actual y principales amenazas de origen antrópico de los arrecifes a nivel mundial, se identificaron los arrecifes continentales del Caribe colombiano con un grado de amenaza de medio a alto, mientras que los arrecifes del Pacífico que se encuentran en zonas remotas (isla Gorgona y Malpelo) evidencian un bajo nivel de amenaza.

## Indicador de la variación interanual de la cobertura de corales duros y algas en áreas de monitoreo SIMAC

### Definición e importancia del indicador

Los arrecifes de coral son hoy día el ecosistema marino emblemático en todo el globo. Por su importancia tanto económica como ecológica debe asegurarse su conservación y protección al igual que el monitoreo constante de sus condiciones de salud.

### Fuente de los datos e información

Los datos provienen del monitoreo que año tras año lleva a cabo el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia, SIMAC. Fundado en 1998 con 4 estaciones, tiene en estos momentos 11 sitios, tres de ellos en el Pacífico, los demás en el Caribe colombiano.

### Periodo reportado

- San Andrés, islas del Rosario y bahía Chengue: 1998 - 2011.
- Islas de San Bernardo y Urabá chocoano: 2002 - 2011.

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)

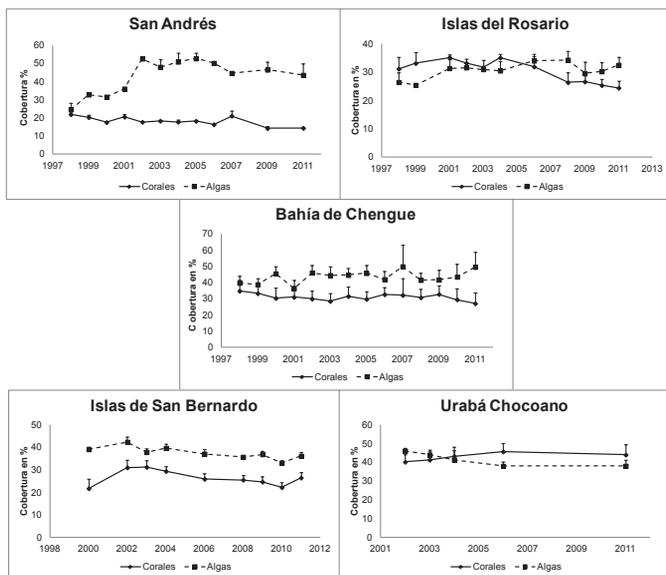


Figura 10. Variación interanual de la cobertura de corales duros y algas.

### **Interpretación de los resultados**

Para las tres áreas, San Andrés, Rosario y Chengue se mantiene el mismo comportamiento de pérdida de cobertura coralina, de forma leve pero continua. Al mismo tiempo la cobertura algal se incrementa como consecuencia del espacio liberado por los corales. Esta situación es concordante con la situación global de cambio en la dominancia de los arrecifes del mundo.

Mientras que en Urabá en el 2011 se observa una condición similar a lo visto por última vez en 2006 en cuanto a cobertura coralina, en las estaciones de San Bernardo se evidenció un incremento en la cobertura coralina.

### **Limitaciones del indicador**

No aplican

### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Es preponderante que las autoridades ambientales restrinjan el uso en los arrecifes que presenten mayor deterioro. Actividades de pesca ilegal con dinamita como sucede en las bahía del PNN Tayrona y las actividades de pesca con tanque en San Bernardo deben ser controladas así como limitar el uso recreacional masivo en distintas partes de la zona costera colombiana. Procesos como los vertimientos de sedimentos terrígenos (Canal del Dique) o aguas residuales domésticas sin manejo ni disposición adecuadas (plantas de tratamiento y emisarios submarinos bien diseñados) deben ser objeto de estudio y preocupación del gobierno Nacional.

### Indicador de la variación interanual de ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en los corales duros en áreas de monitoreo SIMAC

#### Definición e importancia del indicador

Hoy por hoy las enfermedades coralinas y el blanqueamiento son uno de los factores de deterioro y pérdida de coberturas coralinas más importantes, influenciadas directamente por el calentamiento global y eventos como El Niño/Niña. Si bien no pueden ser contrarrestados, es importante constatar la tasa con que generan la pérdida de cobertura y los factores que los están activando.

#### Fuente de los datos e información

Los datos provienen del monitoreo que año tras año lleva a cabo el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia, SIMAC. Fundado en 1998 con 4 estaciones, tiene en estos momentos 11 sitios, tres de ellos en el Pacífico, los demás en el Caribe colombiano.

#### Periodo reportado

- San Andrés, islas del Rosario y bahía Chengue: 1998 - 2011.
- Islas de San Bernardo y Urabá chocoano: 2002 - 2011.

#### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)

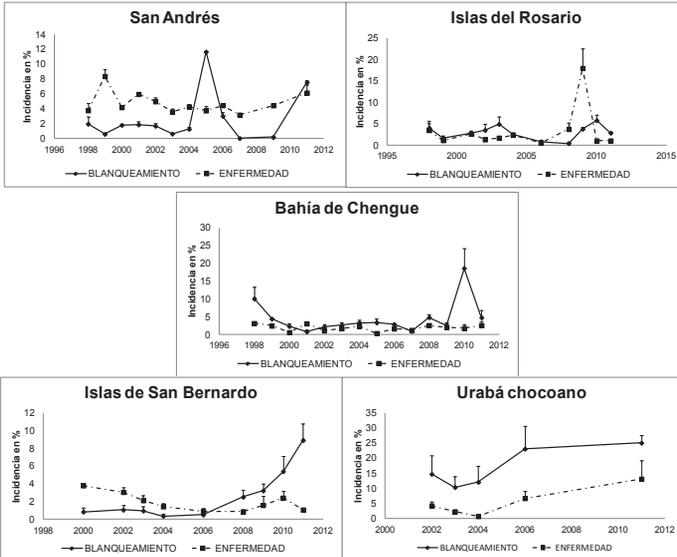


Figura 11. Variación interanual de ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en los corales duros.



### Interpretación de los resultados

Para la isla de San Andrés se ha venido presentando un incremento leve en la incidencia de enfermedades. En 2011 se observó un brote considerable de la enfermedad de los lunares oscuros en todo el archipiélago. Para el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario tras un brote intenso de plaga blanca en 2009, la incidencia de esta y otras enfermedades se ha mantenido muy baja. Finalmente en Chengue las fluctuaciones se han mantenido bajas a través del monitoreo.

Por otra parte el blanqueamiento se ha mostrado más incidente especialmente tras el evento Niña de 2010, año en el cual se perdió un porcentaje importante de cobertura coralina, especialmente en la estación de Chengue.

Tras 6 años de ausencia en el monitoreo de las estaciones del Urabá chocono solo se observa un muy leve incremento tanto en blanqueamiento como en la incidencia de enfermedades. El blanqueamiento observado corresponde principalmente a los lunares de blanqueamiento comunes en *Siderastrea siderea*, especie particularmente abundante en los arrecifes de la zona. No hay restos del blanqueamiento que azotó el Caribe en 2010, más allá de la pérdida observable de cobertura coralina. El incremento en enfermedades corresponde también a la incidencia de lunares oscuros, igualmente asociados a *S. siderea*. Hubo pocos registros de otras enfermedades en la zona.

Por otra parte en San Bernardo si bien la incidencia de enfermedades disminuyó sustancialmente tras su incremento en 2010, el blanqueamiento continúa presentándose con valores que ya superan el promedio general multianual.

### Limitaciones del indicador

No aplican

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Deben tomarse acciones más fuertes para impedir la pesca con dinamita, la sobrepesca, el careteo y buceo en zonas sujetas a estrés. Si bien no se puede controlar ni impedir las consecuencias del calentamiento global si podemos eliminar las pequeñas fuentes de estrés sobre los arrecifes con el simple ejercicio de las obligaciones que por ley tienen los distintos organismos de control ambiental.

## Indicador de abundancia de erizos (#erizos/20m<sup>2</sup>) en áreas de monitoreo SIMAC

### Definición e importancia del indicador

Los erizos son tomados como un indicador de estado de la salud de los arrecifes pues juegan un papel importante en el control de la expansión de algas que actúan como competidoras por espacio de los corales. Especies como el erizo negro *Diadema antillarum* se han visto seriamente afectadas y sus poblaciones fueron gravemente diezgadas en los años 70. En algunas localidades se ha visto una lenta recuperación de sus poblaciones. Otros erizos menos importantes son quienes predominan en nuestros arrecifes del Caribe.

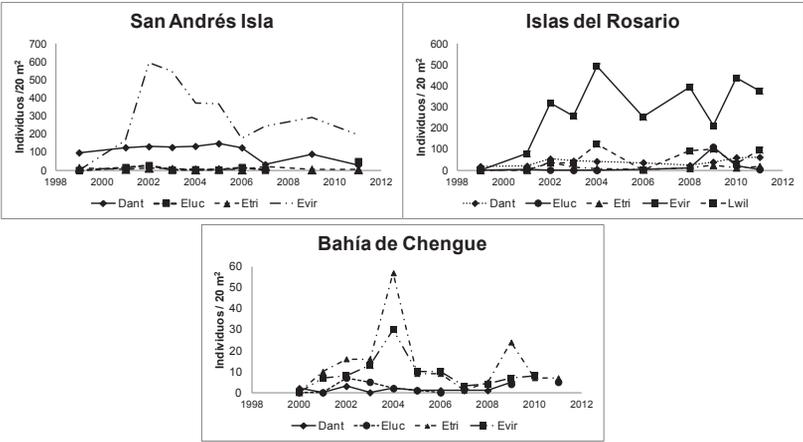
### Fuente de los datos e información

Los datos provienen del monitoreo que año tras año lleva a cabo el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia, SIMAC. Fundado en 1998 con 4 estaciones, tiene en estos momentos 11 sitios, tres de ellos en el Pacífico, los demás en el Caribe colombiano.

### Periodo reportado

- San Andrés, islas del Rosario y bahía Chengue: 1998 - 2011.
- Islas de San Bernardo y Urabá chocono: 2002 - 2011.

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)



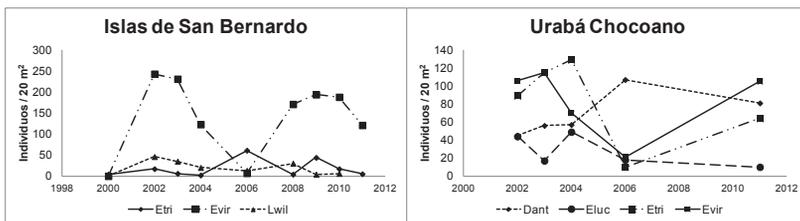


Figura 12. Abundancia de erizos (#erizos/20m<sup>2</sup>).

### Interpretación de los resultados

Salvo las poblaciones del erizo verde, *Echinometra viridis*, el más abundante en el Caribe y del erizo lápiz, *Eucidaris tribuloides*, quienes muestran una abundancia relativamente alta en el número de individuos, las demás especies, incluida *D. antillarum*, tiene valores menores a 100 individuos por 60 metros cuadrados.

Aparentemente después del blanqueamiento de 2010 se dio un declive en el número de individuos de casi todas las especies en el área de Urabá chocoano, sin embargo los erizos verdes y lápiz muestran una recuperación en sus poblaciones. *Diadema* por el contrario muestra un deterioro.

Por su parte en el área de San Bernardo se observa un deterioro generalizado en el número de las poblaciones de las distintas especies observadas para el sector.

### Limitaciones del indicador

No aplican

### Recomendaciones y alternativas de manejo

La razón de la baja abundancia de algunas especies no es clara, por lo que es difícil proponer medidas de control más allá de aquellas tendientes a conservar y preservar los arrecifes en sí mismos.

## Indicador de integridad ecológica para corales

### Definición e importancia del indicador

El indicador de integridad ecológica de corales da una idea del grado de estabilidad de los arrecifes analizados, y sobre cuales factores de la integridad definida operan y generan perturbaciones que derivan cambios de dicha estabilidad.

“La integridad ecológica refleja la capacidad de un sistema para mantener sus atributos estructurales y funcionales de forma equiparable a las condiciones prístinas, a un estado deseado o de referencia; la integridad alcanza su máximo cuando la red de componentes y procesos es completa y funciona óptimamente” (Batista-Morales y Gómez, 2009 adaptado de Karr, 1991; Campbell, 2000). En la construcción del indicador, se parte de considerar a la integridad ecológica para arrecifes coralinos como una variable latente en función de indicadores simples de estructura, funcionalidad y salud. Los indicadores simples son calificados de un estado no deseable a deseable respectivamente en un intervalo entre 1 y 5, el criterio para su calificación fue estadístico mediante percentiles, apoyado con literatura, calificaciones dadas en otras iniciativas y discutido con un panel de expertos. Posteriormente son agregados mediante un promedio geométrico ponderado. Los pesos de los indicadores simples se obtienen a partir del cálculo de la jerarquía que cada uno posee en la representación de las correlaciones entre las variables en un análisis de componentes principales, para los componentes que posean un auto valor superior a 1.

### Fuente de los datos e información

Base de datos SISMAC y protocolo para la obtención del indicador en: INVEMAR, 2010. Hoja Metodológica Indicador de Integridad de Áreas Coralinas. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 10 p.

### Periodo reportado

1994 – 2011.

**Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)**

Se presentan a continuación la frecuencia relativa con la que las diferentes estaciones por área caen en alguna categoría de integridad o estado de los arrecifes coralinos para las áreas donde se realiza el monitoreo SIMAC para los diferentes años en los que se ha llevado cabo.

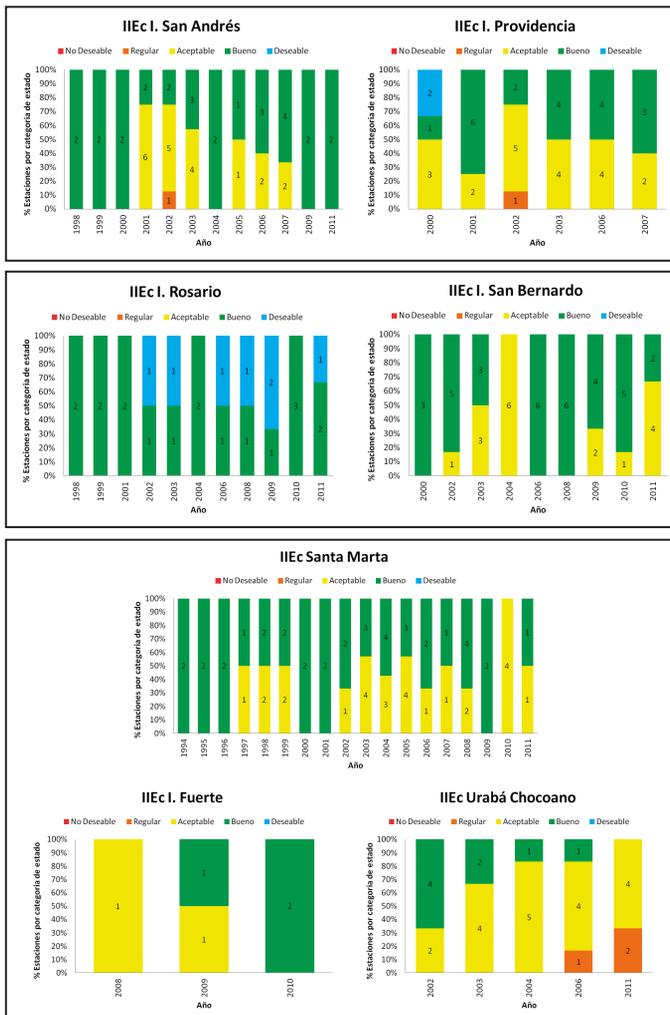


Figura 13. Indicador de Integridad Ecológica para corales.

### Interpretación de los resultados

En esta primera presentación del indicador (Figura 13), se presenta un recuento histórico del comportamiento del estado de los arrecifes acorde a esta metodología. Debido a que el número de estaciones que son monitoreadas por año pueden variar, la interpretación de las gráficas debe darse con precaución.

En general, se puede decir que la mayoría de las estaciones a lo largo de los periodos evaluados se encuentran entre las categorías de aceptable y buen estado. El área que ha presentado arrecifes en buenas condiciones y deseables a lo largo del monitoreo ha sido islas del Rosario, los cambios en la integridad se han presentado por variaciones de los indicadores simples: abundancia de especies comerciales (A\_Com), riqueza de invertebrados (R\_Invert), presencia de *D. antillarum* (Dant) y % de incidencia de enfermedades coralinas (S\_Enfer). En la misma AMP se encuentran islas de San Bernardo, cuyas estaciones se alejan de este comportamiento presentando una mayor proporción en estado aceptable. Este cambio está siendo condicionado en el cálculo por las variables: Dant, R\_Invert, S\_Enfer, A\_Com y abundancia de herbívoros (A\_Herb). Las estaciones en el área de Santa Marta siguen el patrón general, que se refleja a pesar que no todos los años se cuenta información para todas. Los factores que mantienen a algunas estaciones en condiciones aceptables son: cobertura de algas (Cob\_alg), R\_Invert, rugosidad (Rug), blanqueamiento (S\_Blanq), S\_Enfer y A\_Com.

Hacia el norte en el Caribe Insular, encontramos que varias de las estaciones en San Andrés y Providencia cayeron en condiciones aceptables y alguna en regular. Esta situación en ambos casos está relacionada con una afectación en casi todas las variables a excepción de S\_Blanq donde se presentó la menor variación y mayores valores de puntuación. En los últimos años algunas estaciones no han presentado registros por lo que la condición prevalente de buen estado podría estar subestimando las condiciones del área.

Hacia el sur del país, se cuenta con estaciones frente a las costas de Córdoba en isla Fuerte y en Urabá chocoano. En el primer caso, las condiciones que conllevan a estados aceptables son bajos valores de A\_Com, A\_Herb,

Dant, variaciones en la R\_Invert, y prevalencia de estados intermedios en Cob\_Alg y cobertura coralina (Cob\_Cor). Aunque el periodo evaluado para isla Fuerte es muy corto para establecer una tendencia, la condición aceptable es un buen estado en ambas estaciones. En el caso de Urabá, la prevalencia de una condición en las estaciones tiene una tendencia contraria, se parte de estaciones en buen estado en su mayoría y estado aceptable, a estados aceptables y regulares. Esto se está presentando por afectación de la mayoría de los indicadores evaluados estructurales y funcionales a excepción de Cob\_Cor y riqueza de peces (R\_Peces) donde se presentó la menor variación y mayores valores de puntuación.

La información de tendencias por estación y por variables pueden ser observados en detalle en el siguiente enlace: <http://siam.invemar.org.co/indicadores>

#### **Limitaciones del indicador**

El principal factor limitante de este indicador es la falta de repetitividad anual en los registros, consecuencia de la restringida disponibilidad económica para el trabajo en campo. Actualmente se tienen establecidas varias estaciones que evitan buena parte de los costos de instalación y se cuenta con personal capacitado y con amplia experiencia en el tema. El error inherente asociado a la toma de datos en campo y la pérdida de información, hacen menos robusto al indicador. La fecha de toma de datos puede afectar el indicador para variables que dependen de condiciones climáticas como son los episodios de blanqueamiento y palidecimiento, así como el porcentaje de cobertura de macroalgas. Es ideal la toma anual de registros de una estación en la misma época del año.

#### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

El indicador se calcula para cada estación y es una variable puntual que no puede ser promediada y/o agregada para un sector geográfico mayor o para el país en general. El indicador está concebido para dar un idea general de las condiciones del área, no permite establecer relaciones de causalidad, aun así puede dar luces a investigaciones orientadas a identificar factores causantes de alteraciones en las variables consideradas con posteriores acciones de mitigación. Es importante desarrollar indicadores de presión sobre este ecosistema que completen la información que ofrece el presente indicador.

## Manglares

Los manglares son ecosistemas dominados por asociaciones vegetales costeras de zonas litorales tropicales y subtropicales, ubicadas en áreas protegidas de las fuertes olas, playas lodosas, fangosas o cenagosas, que están sujetos a intrusiones de aguas saladas y salobres. Las especies de mangle, poseen adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, que les permiten establecerse en ambientes anóxicos, con influencia salina, inundados e inestables (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983; Sánchez-Páez *et al.*, 2000). Entre las adaptaciones más importantes se destacan la presencia de raíces zancos para colonizar substratos inestables, tolerancia al agua salada o salobre sin ser plantas halófitas obligadas, presencia de estructuras denominadas lenticelas o neumatóforos para la respiración y estrategias reproductivas como la presencia de semillas vivíparas (propágulos) que pueden flotar durante largos periodos (Field, 1997).

Su importancia y función se puede dimensionar desde el punto de vista científico, ecológico, paisajístico, recreacional, social y económico (Day y Yañez-Arancibia, 1982; Guevara-Mancera *et al.*, 1998; Ulloa-Delgado *et al.*, 1998), de las cuales se pueden mencionar: brindan refugio, alimentación y anidación a diversas especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios, regulación de la temperatura, los vientos y la precipitación local, la protección de la línea de costa, retención y fijación de suelos y sedimentos evitando la erosión y formando barreras que reducen la energía del oleaje, protección contra tormentas, huracanes y tsunamis, almacenamiento y reciclaje de nutrientes, fijación de grandes cantidades de carbono, entre otras, (Field, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 2000). Además de los beneficios mencionados anteriormente, los manglares representan fuentes importantes de recursos para el aprovechamiento forestal, hidrobiológico y la obtención de productos requeridos en la construcción industrial y doméstica (Guevara-Mancera *et al.*, 1998; Ulloa-Delgado *et al.*, 1998).

A pesar del sinnúmero de bienes y servicios que brindan dichos ecosistemas, las zonas costeras donde estos bosques se desarrollan, han sido afectadas por diversas causas de origen antrópico y natural (Field, 1997). Entre los factores antrópicos más destacados de los manglares de Colombia se incluyen los procesos de expansión turística, el cambio del uso del suelo para la agricultura, acuicultura y ganadería, las construcciones civiles, drenaje y canalización, y la disposición de residuos industriales y domésticos. Estos factores se traducen en la degradación de cientos de hectáreas de manglar, generando para estos ecosistemas la pérdida de biomasa, la desaparición de nichos ecológicos, la disminución de la biodiversidad, la formación de playones salinos, la reducción del porte y vigor de los árboles, la sedimentación de los cuerpos de agua y el incremento de la erosión costera (Sánchez -Páez *et al.*, 2004).

### Localización y distribución

En el Caribe, se desarrollan cinco de las nueve especies de mangle reportadas para Colombia (Tabla 7), de las cuales, *Avicennia germinans* (L.) Stearn. y *Rhizophora mangle* L., son las más abundantes y de mayor uso, seguidas por *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F., *Conocarpus erectus* L. y *Pelliciera rhizophorae* Triana y Planchon. De esta última especie, sólo se tienen registros puntuales en la bahía de Cispatá en Córdoba, sector occidental de la bahía de Barbacoas en Bolívar, ciénaga Honda y de Pablo en Sucre, en el golfo de Morrosquillo y en la bahía de Marirrió en el Urabá antioqueño (MMA, 2002b). En el Pacífico colombiano, además de las especies mencionadas para el Caribe, se hallan *Rhizophora harrisonii* Leechman, *Rhizophora racemosa* Meyer, *Avicennia bicolor* Standley y *Mora oleifera* (Triana) Ducke. Debido a la poca penetración de la marea, en el litoral Caribe se observan manglares limitados a estrechas franjas inundadas a lo largo de la línea intermareal, formando parches dentro de lagunas, ciénagas, estuarios y desembocadura de ríos y quebradas. Las mayores coberturas se establecen en las desembocaduras de los grandes ríos que vierten sus aguas en el Caribe, principalmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, el canal del Dique y los deltas de los ríos Sinú y Atrato (Sánchez-Páez *et al.*, 2004) (Figura 14). Por el contrario los manglares del litoral Pacífico se distribuyen en una franja casi continua, desde el río Mataje al sur de Nariño, hasta las cercanías de Cabo Corrientes (Chocó), donde se interrumpe para continuar con pequeñas franjas en el Golfo de Tribugá, Ensenada de Utría y en Juradó, en límites con Panamá (Von Prah, 1989) (Figura 15).

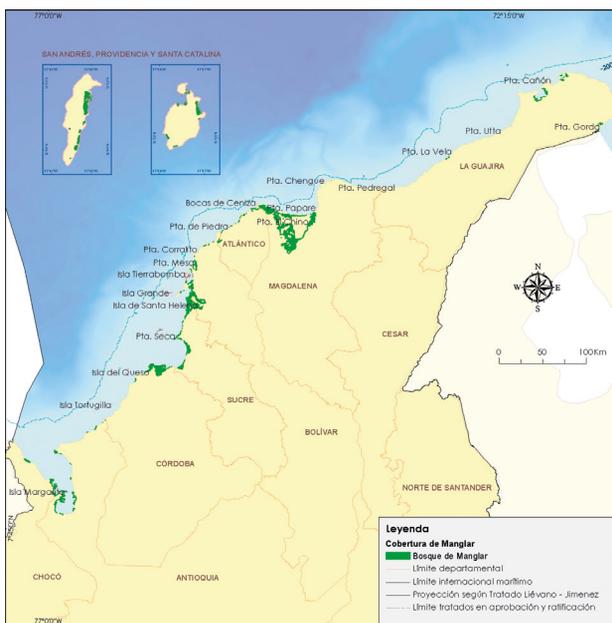


Figura 14. Ubicación espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano.

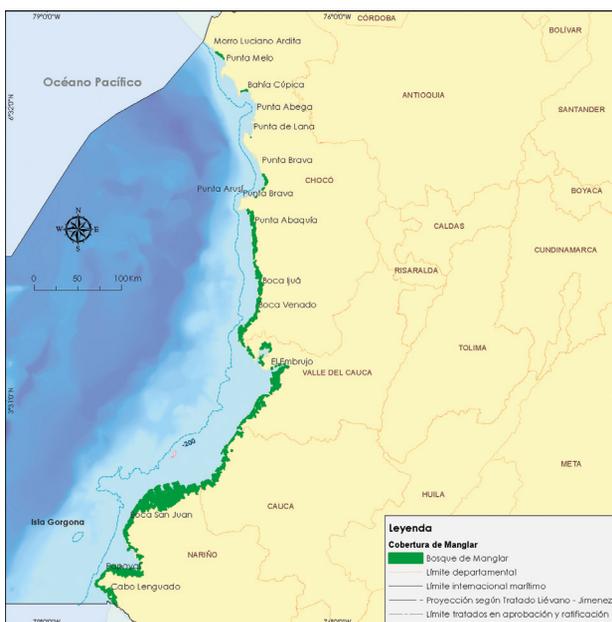


Figura 15. Ubicación espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano.

**Tabla 7.** Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianos, agrupadas por Ecorregiones y Departamentos<sup>8</sup>.

Departamento	Ecorregion	Sub ecorregion	Especie												
			<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Rhizophora harrisonii</i>	<i>Rhizophora racemosa</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Avicennia germinans</i>	<i>Avicennia bicolor</i>	<i>Pelticiera rhizophorae</i>	<i>Mora oleifera</i>				
La Guajira	GUA	PAL	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Magdalena	MAG	Sal	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Atlántico	MAG	CGSM	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Bolívar	MAG	Gal	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Bolívar, Sucre y Córdoba	ARCO		X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Sucre y Córdoba	MOR		X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Sucre	MOR	Arb	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Córdoba	DAR	Atr	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Antioquia	DAR	Atr	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Chocó	MOR	Cap	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	SAN		X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Chocó	MOR	PAN	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Valle del Cauca	BAU	BUE	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Cauca	BAU	GOR	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
Nariño	SAQ	TUM	X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							
			X		X	X	X	X							

8. Datos tomados de Sánchez-Páez *et al.* (2004). SAN: archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Corales, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM Tumaco, SAQ: Sanquianga, MAL: Malpelo, GOR: Gorgona, BAU: Baudó, Subecorregiones; Sal: golfo de Salamanca, CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, Gal: Galerazamba, Arb: Arboletes, Atr: Atrato y Cap: Capurganá.



## Indicador de extensión: tasas de forestación o deforestación de manglar (cambio de cobertura)

### Definición e importancia del indicador

Es un indicador simple que muestra la cobertura de manglar y su variación en el tiempo, permite determinar la localización del bosque por presencia o ausencia, así como su extensión mediante la estimación de áreas a través de la obtención de contornos o límites del bosque. Este indicador logra cuantificar la pérdida, estabilidad o incremento de las áreas de manglar. El procedimiento detallado del cálculo puede encontrarse en el documento: INVEMAR (2009). El cual se encuentra disponible en la dirección <http://siam.invemar.org.co/indicadores>

### Fuente de los datos e información

Si bien el indicador se encuentra formulado, no se tiene información sistemática para poblarlo, ya que actualmente el país no cuenta con un sistema de monitoreo nacional que brinde los datos necesarios para determinar la dinámica temporal de todas las áreas de manglar. No obstante, el presente informe reporta la cobertura de manglar más actualizada de cada departamento, generada principalmente en estudios de diagnóstico y zonificación realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's), que están aprobados o en proceso de aprobación por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y en otros estudios específicos (Tabla 8).

Adicionalmente, se incluye como ejercicio de cálculo del indicador IEmanglar, para el estudio de caso de la dinámica de cobertura de manglar en la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), a partir de la interpretación y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas en el marco 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 9).

### Periodo reportado

• Nivel nacional incluye la información de coberturas de mangle más reciente posible, por tanto el periodo de estudio es variable. Se comparan los valores reportados por departamento entre 2010 y 2011 y se explican las diferencias si las hay.

•Para el caso CGSM se incluye el último periodo de análisis, que comprende los años 2009 a 2011.

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)

**Tabla 8.** Actualización de cobertura de manglar en Colombia, discriminada por departamentos<sup>9</sup>.

DEPARTAMENTO	Cobertura 2010 (ha)**	Cobertura 2011 (ha)	Año de actualización	Sectores incluidos
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina <sup>1</sup>	209,7	209,7	2009	San Andrés Providencia y Santa Catalina
La Guajira <sup>2</sup>	2.514	2.514	2009	Alta, Media y Baja Guajira
Magdalena <sup>3,4</sup>	33.900	37.812	2011	CGSM, PNNT
Atlántico <sup>5</sup>	613	613	2005	Ciénaga Mallorquín, Puerto Velero, Cerro Punta de Piedra, Astilleros y Bocatocino
Bolívar <sup>6</sup>	7.001	7.001	2002	Delta de Canal del Dique y Bahía de Barbacoas, Insulares, Bahía de Cartagena, Caños y lagunas de Cartagena, Complejo cenagoso de la Virgen y Juan Polo y Zona Norte
Sucre <sup>7</sup>	9.303	9.303	2004	Ciénagas: Benítez, Puertobelo, Pablo, Punta comisario- Punta San Bernardo y Boca Matuna.
Córdoba <sup>6,8</sup>	9.180	9.264	2009	ZDERS, Golfo de Morrosquillo
Antioquia <sup>9</sup>	6.518	6.993	2009	Municipios de Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí, y Turbo
<b>Total Caribe</b>	<b>69.239</b>	<b>73.710</b>		
Chocó <sup>10</sup>	64.750	41.315	2010	Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó, Litoral de San Juan.
Valle del Cauca <sup>11</sup>	31.374	31.374	2007	San Juan, Bahías Málaga y Buenaventura, Dagua, Anchicayá, Raposo, Mayorquín, Cajambre, Yurumanguí, Naya

DEPARTAMENTO	Cobertura 2010 (ha)**	Cobertura 2011 (ha)	Año de actualización	Sectores incluidos
Cauca <sup>12,13,14</sup>	18.691	18.691	2009	Guapi, Timbiquí y López de Micay
Nariño <sup>15,16</sup>	117.576	102.746	2010	Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, La Tola, El Charco, Santa Bárbara de Iscuandé y PNN Sanquianga
<b>Total Pacífico</b>	<b>232.391</b>	<b>194.126</b>		
<b>Total Colombia</b>	<b>301.630</b>	<b>267.836</b>		

\*\* Cobertura de manglar reportada para el año 2010 en INVEMAR, 2011.

**Tabla 9.** Indicador de extensión Caso “Ciénaga Grande de Santa Marta”

Valor Línea base Año - 2009	Valor Línea base Año - 2011	Estable (ha)	Pérdida (ha)	Ganancia (ha)	IE manglar (ha)
34.470	37.443	34.130	317	3.313	2.973

*Ecorregión: Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Escala: 1:50.000. Fuente de datos: 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”.*

### Interpretación de los resultados

De acuerdo a los documentos tomados como referencia para determinar la cobertura de manglar en cada uno de los departamentos, actualmente el país cuenta con 267.836 ha de manglar, de las cuales 73.710 ha se ubican en el Caribe y 194.126 ha en el Pacífico (Tabla 8). Es importante resaltar que la mayoría de coberturas incluidas en la Tabla 8 se encuentra desactualizadas y que solo se cuentan con valores recientes para algunos sitios en particular. La Tabla 8 muestra los valores de cobertura de manglar discriminados por departamento y reportados en INVEMAR (2011a), donde se observan cambios importantes entre 2010 y 2011 en el Pacífico colombiano para Chocó (23.435 ha) y Nariño (14.830 ha), los cuales son atribuidos a errores en la estimación por presencia de nubes y cambio de resolución del sensor, mientras que para el Caribe, los cambios obedecen al incremento de 3.912 ha

de manglar en el departamento del Magdalena de los cuales 2.973 ha provienen de la recuperación de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta, adicionalmente fueron incluidas 570 ha que estaban pendientes por verificar en el mismo sector y 369 ha del PNN Tayrona que no habían sido contempladas en la cobertura reportada en 2010. En los departamentos de Córdoba y Antioquia también se observa incremento en cobertura de manglar como resultado de la inclusión de información no tenida en cuenta en el 2010 (Tabla 8).

Con el propósito de presentar la utilidad del IEmanglar, se incluye el cálculo para la CGSM durante su último periodo de interpretación 2009 – 2011. La Tabla 8, muestra que para el periodo de estudio mencionado la cobertura de mangle presentó una estabilidad del 99% (34.130 ha) y una pérdida por mortalidad del 1% (317 ha). En adición, se presentó una ganancia de manglar de 3.313 ha que representan un incremento del 9,6%. Con la información anterior es posible calcular el IEmanglar 2.973 (ha) para la CGSM, el cual indica aumento neto en la extensión de manglar entre el 2009 y 2011 reflejando el proceso de recuperación actual del sistema.

#### **Limitaciones del indicador**

Carencia de información sistemática (calidad, resolución y frecuencia adecuadas) de las coberturas de manglar a nivel nacional que sirvan como insumo para poblar el IEmanglar, tal como se establece en la hoja metodológica del mismo (INVEMAR, 2009).

#### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Es necesario contar con un sistema nacional de monitoreo de manglares, el cual incluya en sus objetivos el levantamiento sistemático de información remota para poblar el indicador. Dicha información debe seguir los lineamientos descritos en la hoja metodológica del IEmanglar (INVEMAR, 2009).

## Indicador de integridad biológica para manglar

### Definición e importancia del indicador

El índice de integridad biológica del bosque de mangle es un indicador de estado y refleja las características estructurales, funcionales y de salud comparándolo con un ecosistema que se hallara en un estado deseado (de referencia), o consigo mismo en periodos posteriores (Tabla 10).

Este índice permite integrar variables estructurales (densidad y área basal), de salud/calidad (salinidad) y de función (regeneración natural), que se califican según su incidencia positiva o negativa en el estado del ecosistema y que se integran con ponderaciones definidas, de acuerdo a funciones de promedio geométrico ponderado y posterior validación con expertos.

$$IBI_M = \left( \prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}} = \frac{(Densidad^{0.2} \times \text{Área Basal}^{0.2} \times \text{Altura total}^{0.2} \times \text{Salinidad}^{0.15} \times \text{Reclutamiento}^{0.15})^{\frac{1}{0.2+0.2+0.2+0.15+0.15}}}{(pesos: 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.15 + 0.15)}$$

En ausencia de una variable, ésta no es considerada en el cálculo en el numerador y no se tienen en cuenta sus pesos de ponderación tanto como exponente del numerador como en la sumatoria en el denominador. Se permite la ausencia de solo una variable a excepción de densidad o área basal.

**Tabla 10.** Escala de valoración del Indicador de Integridad Biológica

Valor total de IBIm	Interpretación
1 to < 1.5	No deseable
≥ 1.5 to < 2	Estado de Alerta
≥ 2 to < 3	Estado Regular
≥ 3 to < 4	Buen Estado
> 4 a 5	Deseable

El procedimiento detallado del cálculo puede encontrarse en documento INVEMAR (2012). El cual está disponible en la página: <http://siam.invemar.org.co/indicadores>

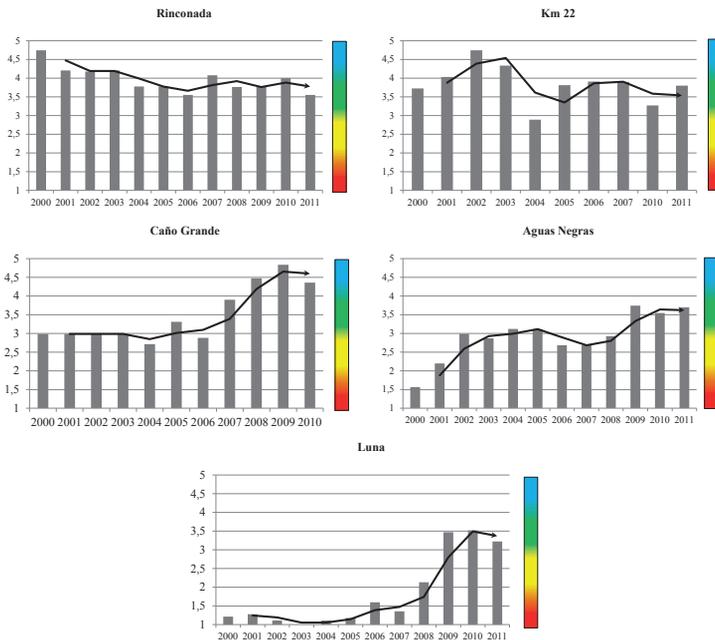
**• Fuente de los datos e información**

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.

**Periodo reportado**

Año 2000 -2011.

**Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)**



**Figura 16.** Serie histórica del Indicador de Integridad Biológica de manglares (IBIm) en cinco sectores de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).

**Interpretación de los resultados**

Se observan a lo largo del tiempo cambios positivos y negativos en el valor del IBIm atribuidos principalmente a cambios ambientales (salinidad) o en la estructura y función (regeneración natural) de los bosques de mangle de la CGSM.

Rinconada, es el sector escogido como referencia por tener el menor grado de perturbación, mayor desarrollo estructural y rangos óptimos de salinidad para el desarrollo del mangle (< 50). El IBI<sub>m</sub> en este sector refleja cambio de una condición deseable en el año 2000 hasta un buen estado en el año 2011 (Figura 16), como resultado del déficit hídrico en el año 2001 y, la reducción del área basal por mortalidad de árboles en el año 2004 y 2006. La estación Km22, de acuerdo al cálculo de IBI<sub>m</sub> generalmente ha ostentado un buen estado, sin embargo durante el periodo 2000 – 2002 como consecuencia del rápido crecimiento de individuos de *L. racemosa* reclutados (hasta 4.973 ind./ha), alcanzó sus máximos valores, ubicándose en una categoría de estado deseable al final de este periodo Figura 16. No obstante, a partir de 2003 las condiciones ambientales se tornaron desfavorables para *L. racemosa* y benéficas para *A. germinans*, iniciándose un proceso de cambio.

En la estación de Caño Grande los bosques de mangle pasaron de un estado regular (2000- 2004) a un estado deseable en el 2010, dicha mejora fue favorecida por la reforestación realizada por el Proyecto Manglares de Colombia en el año 2000, en este sector la apertura de un microcanal aseguró el suministró permanente de agua y lavado continuo de sales, facilitando el crecimiento de los individuos. En la actualidad la recuperación del bosque se ha visto afectado por la extracción masiva y selectiva de árboles, disminuyendo su densidad y área basal lo cual se refleja en la reducción en el valor del indicador para el año 2011(Figura 16).

Los bosques de mangle presentes en las estaciones Aguas Negras y Luna, evidencian progreso en su estado, el cambio en las condiciones ambientales (disminución de la salinidad) ha favorecido la regeneración natural y el desarrollo de los árboles desde la orilla de la ciénaga de Pajalal hacia los playones internos, incrementado gradualmente el área basal durante los últimos años (Figura 16).

Los bosques de mangle presentes en las estaciones Aguas Negras y Luna, ostentan un mejoramiento en su estado, en estos dos sectores el establecimiento y desarrollo del mangle ha estado limitado por la alta

salinidad y por la baja oferta de propágulos, sin embargo, el cambio en las condiciones ambientales ha favorecido el desarrollo de los árboles desde la orilla de la Ciénaga de Pajara hacia los playones internos, incrementado gradualmente el área basal durante los últimos años.

#### **Limitaciones del indicador**

Diseñar y mantener un sistema de monitoreo nacional que contemple la recolección rigurosa de información sistemática, de calidad y oportuna que permita el cálculo periódico del indicador con resultados confiables.

#### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Se recomienda desarrollar un sistema de monitoreo manglar a nivel nacional, teniendo en cuenta, la homogeneidad de coberturas, representatividad y estandarización de métodos para su posterior análisis. La información obtenida a partir de dichos trabajos será de utilidad para poblar el  $IBI_m$  y establecer índices de estado pertinentes, acordes a la realidad y que permitan el manejo adecuado de estos ecosistemas.

## Pastos Marinos

Los pastos marinos conforman el único grupo representante de las angiospermas marinas que ha evolucionado de la tierra firme al mar y ha desarrollado la capacidad de vivir en el medio marino (Díaz *et al.*, 2003). Como ecosistema, cumple importantes funciones ecológicas entre las que se destaca su contribución en la recirculación de nutrientes, estabilizan sedimentos, proporcionan sustrato para la fijación de epífitos y sostiene una compleja red alimenticia que involucra una diversidad de organismos de importancia ecológica y comercial (Randall, 1965; Ogden, 1980; Short y Coles, 2001).

Los pastos marinos son un ecosistema altamente productivo e importante de las zonas costeras que ha sufrido una considerable reducción entre el 30 y el 60% a nivel mundial (Lotze *et al.*, 2006, Waycott *et al.*, 2009). Factores de perturbación como el cambio climático, sobrepastoreo, eutroficación, pero principalmente la contaminación y la extracción física por dragados y otras actividades de origen antrópico, pueden ocasionar daños tan severos en el ecosistema, causando en muchos casos que no pueda volver a restablecerse en el mismo lugar (Zieman, 1975; Barrios *et al.*, 2003).

### Localización y distribución

En Colombia los pastos marinos están restringidos a la costa Caribe, donde se ha registrado la presencia de seis especies: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens*, *Halophila baillons* y *Ruppia maritima*. Las praderas de pastos marinos en el Caribe colombiano abarcan una extensión total de 43.223 ha, dentro de los cuales un poco más del 80% se concentra en la península de La Guajira y en la parte insular, menos del 5% se localiza en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Díaz *et al.*, 2003; Gómez-López *et al.*, 2005).

En el caso de los pastos marinos, la primera aproximación para representar los indicadores de integridad ecológica es el que se está trabajando con la recolección de información primaria a través del monitoreo temporal realizado mediante el protocolo SEAGRASSNET ([www.seagrassnet.org](http://www.seagrassnet.org)), por la UAESPNN y con apoyo de INVEMAR en los Parques Nacionales Naturales Tayrona (bahía Chengue, Neguange y Cinto) y Corales del Rosario y San Bernardo (isla Rosario y Mangle). Teniendo en cuenta que con información base se construye el indicador de integridad biológica, éste solo podrá representarse para el 2013 en los dos parques nacionales mencionados anteriormente. Por otro lado, se destaca como medida de conservación para el ecosistema, la formulación de la Ley 1450 de 2011, capítulo 5, artículo 207, que incluyó la protección de las praderas de pastos marinos del

País, teniendo en cuenta localización descrita en el estudio de Díaz *et al.* (2003) (Congreso de la República de Colombia, 2011). Como parte de lo anterior, se amplía el ámbito de protección de este ecosistema en varios sectores del Caribe colombiano.

Para acceder a información complementaria sobre el estado de conocimiento de los pastos marinos en Colombia en años previos, consultar el IEARMC de 2002-2010, los cuales se pueden descargar del sitio web del INVEMAR a través del enlace: <http://www.invemar.org.co/noticias.jsp?id=2764&idcat=153>.

## Indicador de cobertura de pastos marinos

### Definición e importancia del indicador

La cobertura de las praderas de pastos marinos constituye una herramienta fundamental para estimar, a partir de sensores remotos (e.g. imágenes de satélite), la extensión de este ecosistema. Este es el punto de partida para generar una cartografía indispensable para categorizar por extensión a nivel nacional este tipo de formaciones y permite hacer comparaciones al interior de cada región a lo largo del tiempo, aportando información valiosa de la cobertura de los pastos marinos, con el fin de evaluar cambios en su extensión. Debido a esto, el indicador de extensión de pastos marinos se plantea utilizando la teledetección como medio para su calificación o medición.

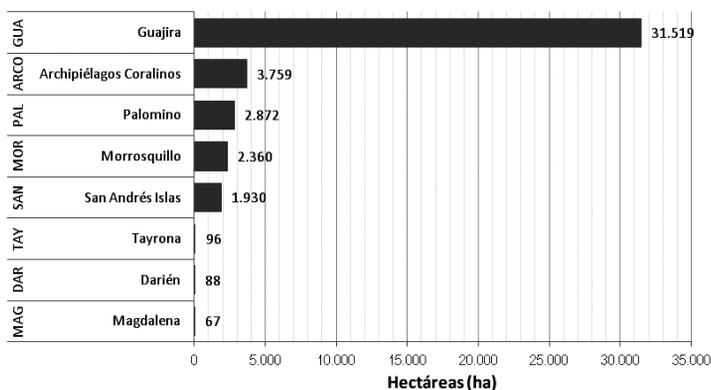
### Fuente de los datos e información

INVMAR, 2009. Línea base indicador de extensión de pastos marinos. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVMAR. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 9p.

### Periodo reportado

2001 – 2003

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)



**Figura 17.** Línea base de extensión de pastos marinos para las ecorregiones marino costeras con una presencia significativa de este ecosistema. MEC = Mapa de Ecosistemas de Colombia. Año línea base 2001-2003

### **Interpretación de los resultados**

La evaluación inicial de la cobertura de los pastos marinos indica que este ecosistema está prácticamente concentrado en la ecorregión de La Guajira con 31.519ha en relación con 42.691ha evaluadas. Hasta el momento no se tiene la información necesaria para analizar más a fondo este indicador. En términos del alcance de productos cartográficos de pastos marinos derivados de teledetección, se logra la obtención de localización de parches (presencia/ausencia) y de extensión por obtención de contornos o límites de praderas conformadas para estimación de áreas.

### **Limitaciones del indicador**

El principal factor limitante es la calidad de la imagen del satélite que se ve afectada por la turbidez del agua y áreas con baja cobertura de pastos marinos. Otro factor limitante, es el error intrínseco del método de estimación, ya que con los años se obtienen valores más precisos, lo que se presta para interpretaciones equivocadas en relación a lo obtenido en las imágenes previas, debido a la baja calidad de la información. Por otro lado, el uso de imágenes satelitales no permite obtener información de composición y estructura (densidad al menos no cuantificable). Además, es imprescindible que el procesamiento de la imagen sea validada con observaciones de campo.

### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Existen pocos estudios de pastos marinos en el País, por lo que la información que se ha empleado ha sido a partir de estudios puntuales y no se cuentan con trabajos de largas series de tiempo (series históricas) que evalúen la cobertura de los pastos marinos y más aún con el apoyo de sensores remotos. Según lo anterior, es importante dar continuidad y expansión a sistemas de monitoreo anuales (e.g. SEAGRASSNET), lo cual permitirá tener una aproximación general del estado del ecosistema e información histórica a nivel nacional para la evaluación de este indicador. Adicionalmente, con las actualizaciones periódicas de las imágenes satelitales, se tendrá el registro de la información de la cobertura de los pastos marinos, con el fin de evaluar cambios en su extensión. Para evitar errores en las interpretaciones en las imágenes de satélite de diferentes años, es recomendable realizar una valoración anual empleando la misma metodología como control, adicional a la realizada con los últimos avances tecnológicos.





CAPÍTULO **III**

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

Muelle y embarcación en isla Tesoro (PNN Corales del Rosario y San Bernardo), mayo 2012.  
(foto Carolina García-Valencia)





## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marino costero y sus servicios ecosistémicos son objeto de intervención humana y variabilidad ambiental. Ambas fuerzas actúan aislada o simultáneamente de diferente manera, sin embargo sus efectos cuando se trata de actividades humanas son generalmente negativos, transformando, degradando y destruyendo los ecosistemas y sus servicios en una búsqueda inusitada de recursos. Las causas y tensores (motores), que direccionan estos procesos se clasifican en directos o indirectos según su relacionamiento e incidencia sobre la base natural. Este informe se basa en tensores directos que inciden sobre la biodiversidad marina de los mares de Colombia (por ejemplo la pesca y acuicultura), mientras que tensores indirectos (como el crecimiento de la población humana y la demanda de recursos) no son tratados explícitamente, aunque la demanda de algunos recursos como el esfuerzo de pesca son un reflejo de los tensores indirectos. Adicionalmente, se presentan la acuicultura marina como tensor directo menos severo con respecto a la pesca en Colombia.

## CAUSAS Y TENSORES DIRECTOS

### **Aprovechamiento de recursos pesqueros**

El aprovechamiento de poblaciones marinas por pesca ejerce un impacto sobre los ecosistemas en dos formas, en la medida en que la actividad no se ejerce de manera controlada dentro de un código de conducta para pesca responsable con el ambiente. Por un lado el exceso de pesca (sobrepesca) o el uso de tecnologías o artes de pesca no selectivos, tiene incidencia directa sobre la biodiversidad marina al afectar la estructura de las comunidades y ocasionar alteraciones en las redes tróficas. Así mismo la pesca con algunas tecnologías usadas tradicionalmente, modifica físicamente la estructura de los hábitats (por ejemplo el arrastre realizado con redes de fondo), afectando los ciclos biogénicos con repercusiones en la productividad y sustento de la biodiversidad marina. A continuación se presentan una serie de indicadores que documentan el estado de los recursos pesqueros y el impacto de la pesca sobre la biodiversidad marina, tanto para la pesca artesanal (tipo de pesca de escasa autonomía y tecnología incipiente), como industrial (tipo de pesca con mayor autonomía y tecnología).

## Indicador de captura total y captura por especie (nacional)

### Definición e importancia del indicador

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

### Fuente de los datos e información

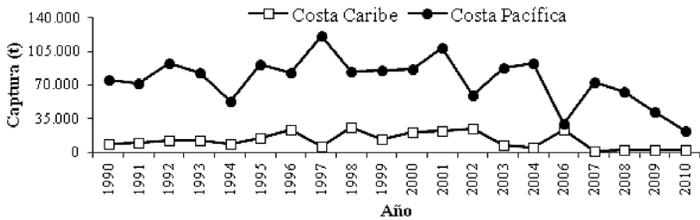
Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) (Liquidado), Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural (INCODER) y Convenio MADR-CCI-2007-2008-2009-2010-2011.

### Periodo reportado

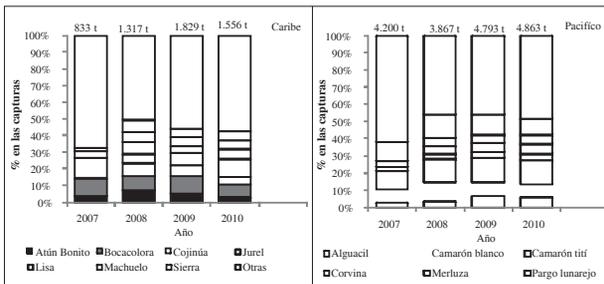
1990-2010.

**Nota:** La Corporación Colombia Internacional (CCI) no reportó a la fecha la información para 2011.

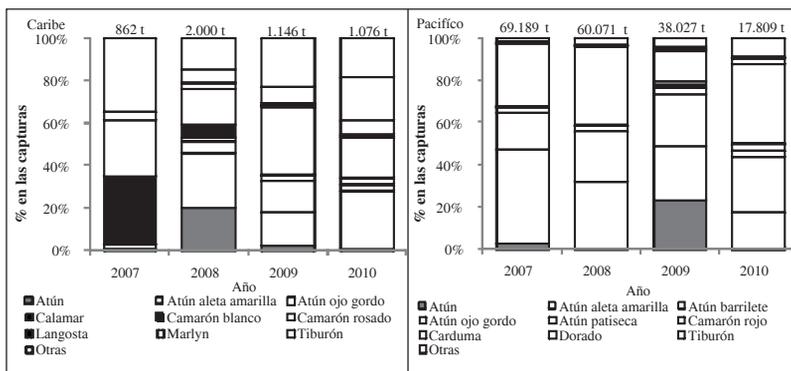
### Reporte o cálculo del indicador (Tablas, Mapas, Gráficos)



**Figura 18.** Captura industrial y artesanal desembarcada para el Caribe y Pacífico colombiano.



**Figura 19.** Composición interanual de la captura artesanal desembarcada por especies para el Caribe y Pacífico colombiano.



**Figura 20.** Composición interanual de la captura industrial desembarcada por especies para el Caribe y Pacífico colombiano.

### Interpretación de los resultados

Las capturas totales desembarcadas, han mostrado históricamente ser mayores en el Pacífico que en el Caribe, con excepción de 2006 y 2010. Es notoria una disminución vertiginosa en ambas costas durante los últimos cuatro años (con respecto a 2009, cayó en 2010 un 11% en Caribe y 47% en Pacífico; Figura 18). En 2010, la producción pesquera en el Caribe se estimó en 2.632t (41% industrial y 59% artesanal) y en el Pacífico fue de 22.672t (79% industrial y 21% artesanal). El indicador no incluye las capturas del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina ni de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Durante 2010, la pesca artesanal en el Caribe estuvo representada principalmente por el grupo de “otras especies” (898t), reflejando la gran diversidad en las capturas por diversas tecnologías utilizadas (Figura 19). Otros aportes individuales importantes los dieron los jureles (163t), bocacolorá (121t) y lisa (101t). Se capturaron 64t de crustáceos, representados principalmente por camarones (52t). Los moluscos estuvieron representados por caracoles, ostras, chipichipi, calamares y pulpos, con muy bajos desembarques registrados. En el Pacífico sobresalen las capturas de sierra (457t), pargos (381t), atunes (329t), merluza (286t) y alguacil (255t). Con respecto a 2009, las capturas de sierra y alguacil disminuyeron en 19% y 8%, respectivamente, mientras que las de las especies restantes tendieron a aumentar. Igualmente, el grupo “otras especies”, refleja la diversidad extraída por pesca. Los camarones continuaron siendo la especie con mayor aporte entre los crustáceos (1.252t) y la piangua (49t) entre los moluscos, aunque esta cifra descendió en 47% respecto a 2009.

En el Caribe la captura industrial está representada por los atunes (384t en 2010; Figura 20), el rendimiento fue similar al de 2009 y estuvo seguido en 2010 por los tiburones (216t). Las capturas de crustáceos sumaron 219t, de las cuales el camarón es la mayoría (207t). La pesca de moluscos fue en su mayoría de calamares, con una mínima proporción de caracoles. La pesca industrial en el Pacífico está fundamentada también en atunes (9.037t), seguidos por la carduma (6.653t); aunque la disminución de los desembarcos en 2010 fue protagonizada por el atún. Los camarones continuaron siendo el recurso más capturado (508t) de crustáceos, sin embargo su disminución con respecto a 2009 fue significativa (56%).

#### **Limitaciones del indicador**

Existe un nivel de incertidumbre importante en los desembarcos de los últimos años, no obstante son los datos oficiales colectados con un enfoque censal irreal. El indicador se limita a mostrar la tendencia de la producción pesquera afectada por niveles de esfuerzo y variables ambientales. En ningún momento debe interpretarse como una medida de abundancia que implique un estado del recurso en las poblaciones naturales. No existen documentados valores de esfuerzo de pesca asociados a las capturas reportadas, los cuales permitan la estimación de un índice de abundancia relativa (captura por unidad de esfuerzo).

#### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Este indicador permitió identificar un descenso importante de los desembarcos, los cuales no necesariamente implican un descenso del tamaño de las poblaciones naturales. Es necesario contar con información del esfuerzo de pesca y estructura por tallas de las capturas. La disminución de capturas podría ser causa de sobrepesca, reducción de esfuerzo por altos costos de operación que reducen la renta económica de la pesca o simplemente reflejar un efecto del ambiente, contaminación y/o degradación de hábitats esenciales. La relación de las capturas con el esfuerzo de pesca, pueden ser usados para identificar la dinámica de la pesquería y obtener estimaciones de cuotas de pesca a través del cálculo de valores conservadores de captura (valores inferiores al rendimiento máximo sostenible).

## 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 ó rendimiento de un recurso pesquero que se desembarca o llega a puerto luego de ser capturado por algún tipo de arte de pesca durante el ejercicio de la pesca 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

2000-2011.

### Reporte o cálculo del indicador

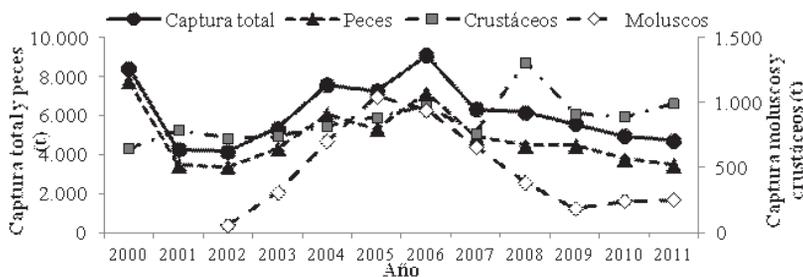


Figura 21. Captura desembarcada total y por grupos de especies en la CGSM.

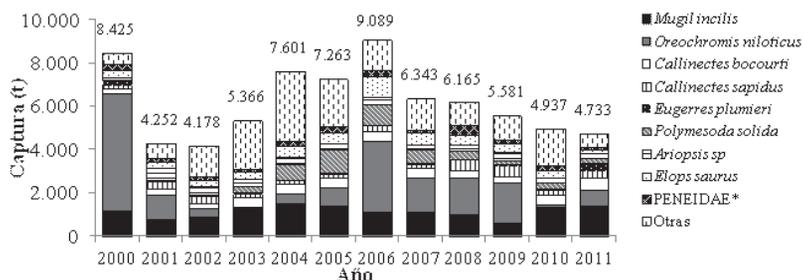


Figura 22. Composición interanual de la captura desembarcada por especies en la CGSM

### Interpretación de los resultados

En 2011 la producción pesquera se estimó en 4.733t (Figura 21), prolongando su descenso desde 2007. Los peces fueron los de mayor participación con 3.481t (74%), seguidos por los crustáceos con 998t (21%) y los moluscos con 254t (5%). La captura de peces evidenció una amplia variabilidad interanual, disminuyó un 4% con respecto a 2010, y predominaron especies estuarinas (lisa, mojarra rayada, chivo cabezón y macabí) (Figura 22). Destaca la recuperación de *E. plumieri* y la del pez dulceacuícola tilapia (*O. niloticus*), esta última debida al descenso en la salinidad producto de la cantidad de agua dulce que ingresó de los ríos. Con respecto a 2010, los crustáceos (en su mayoría jaibas) se incrementaron en un 11,6%, los moluscos representados por la almeja (*Polymesoda solida*) evidenciaron una recuperación, mientras que los camarones disminuyeron.

### Limitaciones del indicador

El indicador posee una certidumbre deseable, lo cual implica que puede ser usado para determinar las tendencias de los desembarcos. Cabe igual la anotación de no ser tomada la captura como un indicador de abundancia del recurso.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Su relación con datos de esfuerzo pueden ser usados para determinar la incidencia de pesca sobre el recurso y la necesidad de direccionar medidas de manejo a un arte de pesca determinado o a las capturas restringidas a determinado componente poblacional y/o área geográfica. Por lo anterior, esta información es base para la estimación de cuotas de pesca y vedas espacio/temporales.

## 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 marino aprovechado por pesca en un área geográfica dada y un indicador del nivel de explotación de un recurso pesquero. Representa el peso capturado por especie (o multiespecífico) en función del esfuerzo invertido en la extracción y es la única medida de este tipo estimable a partir de estadísticas de pesca. Es específico a un arte que posee un poder de pesca propio (tecnología).

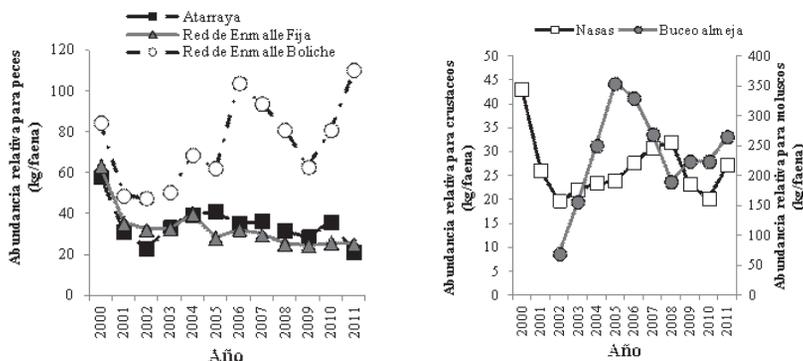
### Fuente de los datos e información

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

### Periodo reportado

2000-2011.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 23.** Abundancia relativa de peces (A) e invertebrados (B) por arte de pesca en la CGSM.

### Interpretación de los resultados

La abundancia íctica reflejada por tres artes de pesca selectivos para peces, muestra un patrón consistente entre artes durante el periodo analizado (Figura 23A). No obstante, es claro que el arte de pesca llamado boliche es mucho más eficiente que los trasmallos y atarrayas, debido a su mayor poder de pesca. Así mismo, para 2011 el boliche muestra un aumento de las poblaciones de peces, mientras que la atarraya y trasmallo indican un patrón contrario, lo que refleja la selectividad del boliche hacia alguna especie no capturada significativamente por los otros artes. Las nasas mostraron una recuperación de las poblaciones de jaibas con respecto a 2008 y 2009 y el buceo para las poblaciones de almejas, luego de un abrupto descenso entre 2005 y 2008 (Figura 23B).

### Limitaciones del indicador

Este indicador ha sido estimado con buena certidumbre en la CGSM. Debido al carácter multiespecífico de la pesquería, deben tomarse con precaución los datos de este indicador para un mismo recurso 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 un punto de referencia para estimar cuotas de pesca y esfuerzo óptimo. Tales puntos de referencia se obtienen producto de la modelación de variables de desempeño pesquero aplicando los modelos de producción excedente. Para los peces se sugirió para 2010 una cuota global anual de 4.823t, la lisa en este mismo año presentó un estado de plena explotación (RMS de 1.387t/año), mientras que las jaibas mostraron alto riesgo de sobreexplotación (RMS de 715t/año). Los valores de esfuerzos óptimos sugeridos para 2011 que garantizan no sobrepasar las cuotas de pesca están alrededor de 92.044 faenas de atarraya, 40.284 de trasmallo, 36.409 faenas de boliche, 35.903 faenas con nasas y 1.299 faenas de buceo. Estas medidas deben ser concertadas con los pescadores.

## 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 de la especie es adoptada 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 cambios en la tecnología de pesca (características de los artes, selectividad e intensidad de pesca).

### Fuente de los datos e información

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

### Periodo reportado

2000-2011.

### Reporte o cálculo del indicador (Tablas, Mapas, Gráficos)

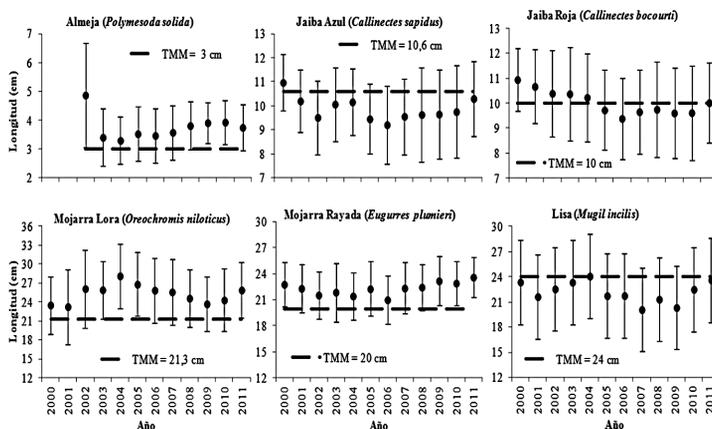


Figura 24. Variación interanual de las tallas media de captura (TMC) para las principales especies en la CGSM y su ubicación con respecto a la talla media de madurez sexual (TMM).

### Interpretación de los resultados

La lisa (*Mugil incilis*) se encuentra fuertemente explotada por debajo de la TMM (Figura 24), lo cual implica un riesgo permanente de sobrepesca por crecimiento. Las jaibas están igualmente en riesgo, teniendo en cuenta que la mayoría de los años la TMC para ambas especies se registró por debajo de la TMM. Por el contrario, especies como la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) y mojarra lora (*Oreochromis niloticus*), al igual que la almeja, generalmente han sido extraídas por encima de su talla media de madurez, lo cual representa un riesgo bajo de sobrepesca en crecimiento.

### 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. Tal complejidad plantea un cuidadoso seguimiento en monitoreo al desempeño de diferentes artes de pesca.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Se recomienda el criterio del punto de referencia límite PRL (expresado en la TMM) como talla mínima de captura para las especies: lisa (*M. incilis*) = 24cm Lt; mojarra rayada (*E. plumieri*) = 20cm Lt; mojarra lora (*O. niloticus*) = 21cm 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 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 mar por su nulo interés comercial. Este indicador permite determinar el impacto de los artes de pesca sobre la biodiversidad marina y demás efectos sobre las redes tróficas e interacciones comunitarias.

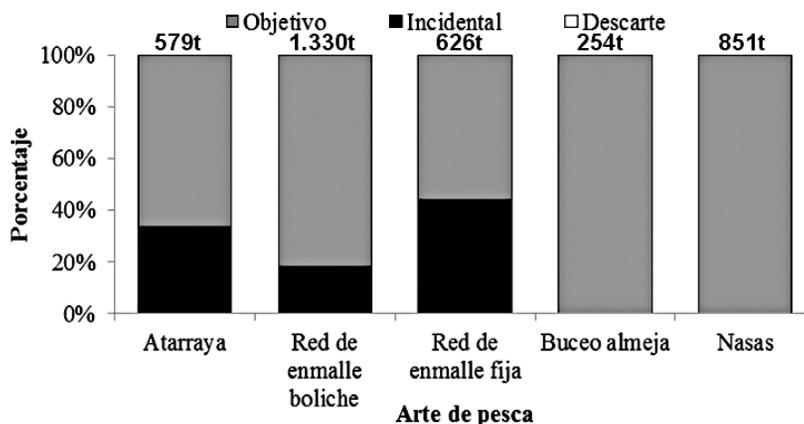
**Fuente de los datos e información**

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

**Periodo reportado**

2011.

**Reporte o cálculo del indicador**



**Figura 25.** Fracción desovante y juvenil de los principales recursos pesqueros en la CGSM durante 2011.

### **Interpretación de los resultados**

La pesca artesanal de la CGSM es un ejemplo de una pesquería multiespecies intensa, donde realmente no existen descartes, pues todo es aprovechado por el pescador (e. g. especies pequeñas para alimento de zocriaderos e incluso para alimento humano). Esto es un indicador de un fuerte impacto sobre la biodiversidad de dicho ecosistema. Los únicos artes totalmente selectivos son las nasas para jaibas y el buceo para almejas; mientras que el boliche, atarraya y red fija son los artes menos selectivos (la atarraya capturó 54 especies, siendo el objetivo principal la lisa; en el boliche la captura objetivo fue lisa y mojarra rayada con 30 especies capturadas; y el trasmallo tuvo el mayor número de especies capturadas (62) (Figura 25).

### **Limitaciones del indicador**

El indicador es fuertemente dependiente de la información suministrada por el pescador, pues solo se desembarca lo que será vendido. Existe una imposibilidad técnica de hacer monitoreos a bordo en pesca artesanal.

### **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 (e. g. juveniles). Esto plantea un fuerte compromiso con los pescadores.

---

## 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 por tallas para las diferentes especies. Para la división de la fracción desovante y/o juveniles de las capturas se toma en forma simplificada la talla media de madurez sexual. La mayor o menor fracción desovante o juvenil, indicará la presión de pesca ejercida sobre uno u otro componente poblacional.

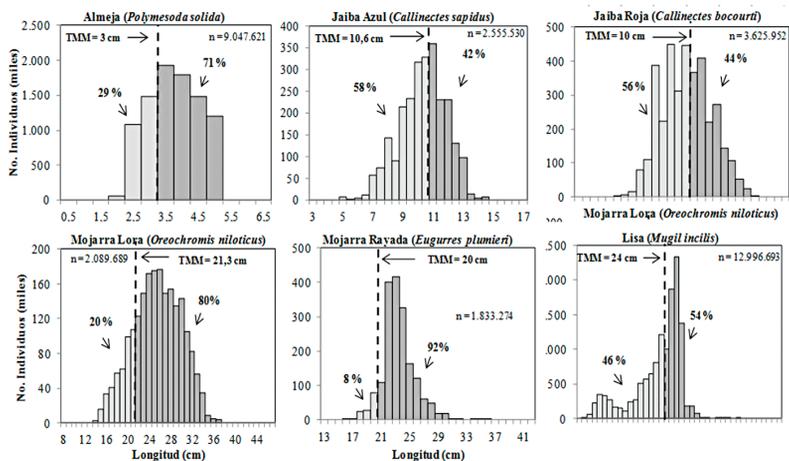
### Fuente de los datos e información

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

### Periodo reportado

2011.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 26.** Fracción desovante y juvenil de los principales recursos pesqueros en la CGSM durante 2011.

### **Interpretación de los resultados**

La fracción explotada por debajo de la talla media de madurez para lisa (46%), jaiba azul (58%), jaiba roja (56%) y almeja (29) (Figura 26), es alta, lo cual indica que buena parte de los desembarcos se componen de juveniles, disminuyendo la capacidad reproductiva de las poblaciones pesqueras. Especies como la mojarra rayada y mojarra lora, no muestran ser afectadas por las tallas capturadas, ya que su extracción está basada en tamaños grandes y por tanto tienen mayor probabilidad de reproducirse.

### **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 en monitoreo al desempeño de diferentes artes de pesca. Otra limitante puede ser la ausencia de estimaciones actualizadas de las tallas medias de madurez.

### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Se recomienda fijar las tallas mínimas de captura igual o mayor a la talla media de madurez, lo anterior controlando la selectividad de los artes de pesca (e. g. 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 utilidades económicas generadas por unidad de pesca una vez del ingreso bruto producto de la pesca se han descontado los costos de operación ó 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 lo es el salario mínimo legal mensual vigente (SMLMV). 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 y para conocer el comportamiento del pescador ante niveles de renta en periodos previos.

### **Fuente de los datos e información**

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

### **Periodo reportado**

2000-2011.

Reporte o cálculo del indicador

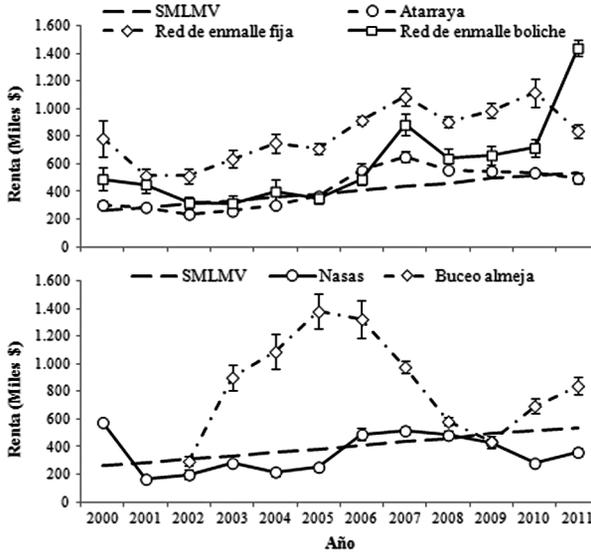


Figura 27. Variación anual de la renta económica promedio mensual (+/- DE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral (SMLMV = \$ 535.600).

Interpretación de los resultados

En 2011 la renta de los pescadores que utilizaron red de enmalle boliche y buceo de almeja, se incrementó con respecto a 2010 superando el umbral de referencia. Contrariamente la renta de los pescadores que usaron atarraya, al igual que años anteriores, se mantuvo alrededor del SMLMV, disminuyendo ligeramente entre 2010 y 2011. Aunque las nasas incrementaron su utilidad en 28% con respecto al año anterior, no alcanzaron el umbral fijado. Destaca en esta evaluación el aumento en la renta del boliche, debido a las importantes capturas de la mojarra rayada que tiene un alto valor comercial en el mercado (Figura 27).

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. Fuerzas del mercado como oferta y demanda pueden afectar la estimación de indicadores económicos, sin tener esto que ver 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 sostenible.

## Indicador de captura total y captura por especie: pesca nacional industrial de camarón

### Definición e importancia del indicador

Es una medida de producción ó rendimiento de un recurso pesquero que se desembarca o llega a puerto luego de ser extraída de la población natural por unidad de esfuerzo de algún tipo de arte de pesca, en este caso red de arrastre de fondo. 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).

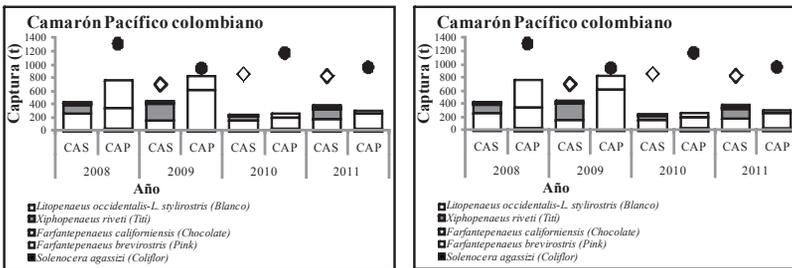
### Fuente de los datos e información

Información suministrada por empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú. Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Periodo reportado

- 2008-2011 para el Pacífico
- 2009-2011 para el Caribe.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 28.** Variación anual de la captura en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y del Caribe colombiano (B), y su volumen respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la cuota global de pesca anual.

### Interpretación de los resultados

En 2011 la pesquería de camarón de aguas someras (CAS) en el Pacífico capturó 356t, siendo el 43,6% de la cuota global de pesca (PRL= 824t)

(Figura 28A) y 37% más que en 2010. El camarón blanco representó el 48,6% de las capturas objetivo, seguido del tití (44,2%), coliflor (3,6%), pink (3,4%) y chocolate y tigre con el 0,3%. En la pesquería de camarón de aguas profundas (CAP), la captura de 2011 (295,2t) aumentó 12,6% respecto a 2010 y estuvo compuesta en 87% por camarón pink, 13,2% por coliflor y 0,1% por blanco. Dicha captura correspondió al 31,4% de la cuota global de pesca asignada para 2011 (Figura 28A). En todos los casos las capturas han estado por debajo del PRL, lo cual implicaría que se minimiza el riesgo de sobreexplotación; no obstante, el mensaje puede ser que las cuotas globales deben ser aún más conservadoras, debido a los estados de sobreexplotación del CAS y plena explotación del CAP (Rueda *et al.*, 2011). Las especies dominantes en las capturas se han mantenido desde el 2008; no obstante, para el CAS no se observa un patrón de cambio en la participación de las especies, pero para el CAP, los porcentajes de camarón pink han ido en ascenso y los de coliflor en descenso.

La captura desembarcada para el Caribe (278,2t), representó el 32,5% de la cuota global de pesca (855t) (Figura 28B) y aumentó en 37% con respecto a 2010, presentándose una breve recuperación en la pesquería. Esta apreciación que debe considerarse con precaución, ya que el recurso ha reportado pasar de un estado de sobreexplotación a colapso con indicios de recuperación (Páramo *et al.*, 2006; Manjarrés *et al.*, 2008; Páramo y Saint-Paul, 2010). La especie objetivo más importante es el camarón rosado (*F. notialis*) (Figura 28B).

#### Limitaciones del indicador

La calidad de la estimación de la captura depende de la información suministrada por las empresas pesqueras sobre los desembarcos industriales, los cuales en este caso son parte de los compromisos del sector pesquero industrial ante la institución gubernamental de control de la pesca. La información presentada corresponde solo a la captura objetivo de especies de camarón. La fauna acompañante es mostrada en otro indicador.

#### Recomendaciones y alternativas de manejo

Se recomienda analizar este indicador junto con otros para fines de manejo pesquero. Por sí solo muestra que la producción pesquera industrial tuvo un aumento marginal en 2011 con respecto a 2010; no obstante, los desembarques están por debajo de las cuotas de pesca asignadas por el Gobierno.

## 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 (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 la situación del recurso, la eficiencia de artes de pesca y las épocas más productivas. En este caso se reporta el indicador para el CAS y CAP.

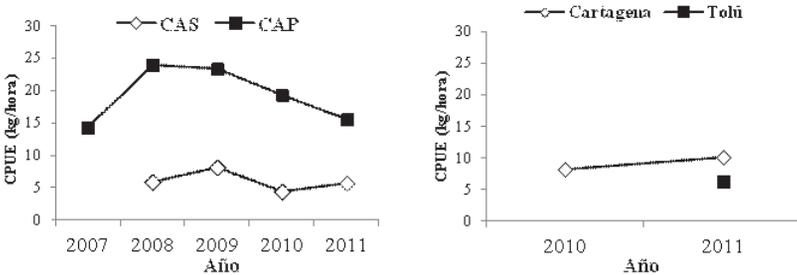
### Fuente de los datos e información

Información suministrada por empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú. Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Periodo reportado

- 2007-2011 para el Pacífico
- 2010-2011 para el Caribe.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 29.** Variación anual de la captura por unidad de esfuerzo (kg/h) estimada en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y Caribe (B) colombianos.

### Interpretación de los resultados

La abundancia relativa del CAS en el Pacífico durante 2011 (5,82kg/h), fue levemente mayor a la de 2010 (4,34kg/h), lo cual indica cierta recuperación del recurso (Figura 29A). No obstante, con respecto a años anteriores es claro que aún el recurso muestra bajas abundancias a pesar de un descenso del esfuerzo de pesca industrial (número de barcos faenando). La abundancia relativa del CAP en 2011(15,54 kg/h) enfatiza un descenso sostenido desde 2008 (Figura 29A), muy a pesar de la reducción del esfuerzo de pesca. Ambas abundancias corroboran evaluaciones específicas del recurso como sobreexplotada para el CAS y plena explotación para el CAP (Rueda *et al.*, 2011).

En el Caribe la abundancia relativa del CAS mostró un leve aumento en 2011 (10,21kg/h) con respecto a 2010 (8,23kg/h) (Figura 29B). El esfuerzo pesquero en número de embarcaciones, fue de 17 barcos, que realizaron 107 faenas (43 en Cartagena y 64 en Tolú).

### Limitaciones del indicador

Desde hace cinco años INVEMAR realiza el monitoreo de esta pesquería en el Pacífico usando el SIPEIN, lo que ha permitido determinar las tendencias del esfuerzo de pesca y la CPUE. En el Caribe inició en 2010, por lo que no se tiene suficiente información para hacer análisis profundos. La calidad de la estimación de la abundancia relativa es altamente dependiente de la información que las empresas pesqueras suministran.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Las poblaciones de camarones objeto de pesca industrial, tanto en el Caribe como Pacífico, urgen de medidas para permitir la recuperación del CAS principalmente. Las alternativas para esto son medidas de fuerte limitación del esfuerzo de pesca y control de la selectividad de las redes de arrastre. Para el caso del CAS en el Pacífico, se debe igualmente hacer fuerte control sobre el esfuerzo y selectividad de la pesca artesanal realizada con artes como el rifillo, trasmallo electrónico y la changa (red de arrastre pequeña). 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 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 contrastarlo 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 ó incluso el de vedar algún arte de pesca por su impacto sobre las poblaciones explotadas.

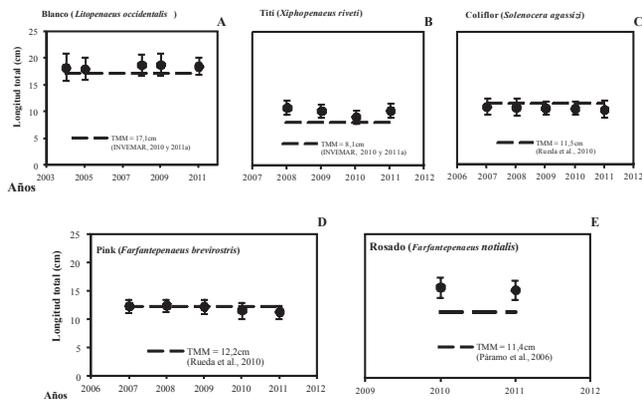
### Fuente de los datos e información

Información suministrada por empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú. Monitoreo a bordo de la flota industrial de pesca de camarón del Pacífico y el Caribe colombiano. Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Periodo reportado

- 2004-2011 para el Pacífico
- 2010-2011 para el Caribe.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 30.** Variación anual de las tallas medias de captura (TMC) de las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico (A, B, C y D) y del Caribe (E) colombianos con respecto al punto de referencia límite (PRL) que es la talla media de madurez sexual (TMM).

### Interpretación de los resultados

La TMC del camarón blanco y el títí (CAS Pacífico), así como la del rosado (CAS Caribe) está por encima de la TMM (Figura 30A, B y E), lo que implica una baja presión de la pesca sobre el recurso, ya que se garantiza la renovación natural de la población al permitir que desove de una fracción importante de las hembras (García y Le Reste, 1981). Al contrario, las especies de CAP Pacífico (coliflor y pink) presentaron un riesgo alto de sobrepesca por reclutamiento con una tendencia descendente de la TMC que se hace inferior al PRL (Figura 30C y D).

### Limitaciones del indicador

Este indicador puede calcularse por un monitoreo a bordo, por lo que la calidad de la estimación depende de que el diseño de muestreo sea lo suficientemente robusto para extrapolarlo al total de faenas efectuadas por la flota (en este caso, siempre se muestreó más del 30% de la actividad). La TMC fue calculada sólo para la fracción de pesca objetivo, así pues si la proporción de alguna de las especies es alta dentro del descarte, deberá recalcularse ya que puede cambiar la información que aporta el indicador. Dado que el PRL usado es la TMM, la calidad de esta estimación incide directamente en la interpretación de la TMC.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

A fin de conservar en el Pacífico la estructura de la población desovante para los camarones pink y coliflor, se sugiere evaluar la selectividad del arte (Millar y Fryer, 1999) y regular los tamaños de malla en algunas secciones de la red de arrastre de modo que la TMC sea mayor que la TMM.

## Indicador de proporción de pesca incidental y descartes: pesca industrial nacional de camarón

### Definición e importancia del indicador

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

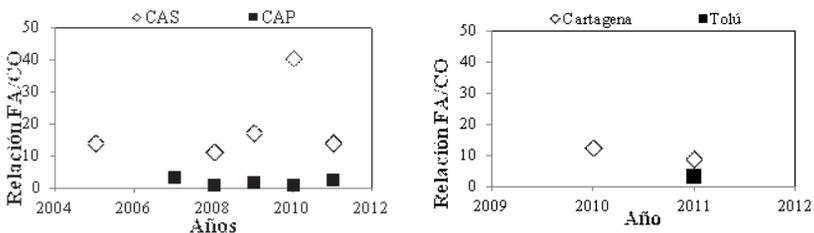
### Fuente de los datos e información

Información suministrada por empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú. Monitoreo a bordo de la flota industrial de pesca de camarón del Pacífico y del Caribe colombiano. Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Periodo reportado

2005-2011.

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas , gráficos)



**Figura 31.** Variación anual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y del Caribe colombianos (B).

### Interpretación de los resultados

En el Pacífico colombiano la relación FA/CO en la pesquería de CAS, estuvo fue 14,2:1 durante 2011, indicando alto impacto sobre la biodiversidad marina pese a que su valor disminuyó con respecto al 2010 (Figura 31A).

El 68% de los organismos descartados fueron juveniles de peces que en estado adulto son aprovechados por otras pesquerías (e. g. *Selene peruviana*, 21,0%), lo que genera una externalidad incidental hacia otras pesquerías (Seijo *et al.*, 1998), comprometiendo la seguridad alimentaria de miles de pobladores de la zona costera del Pacífico. En la pesca del CAP, la relación FA/CO fue de 2,3:1 y generalmente se ha mantenido baja, lo que incide en un menor impacto de esta pesquería sobre la biodiversidad.

En el Caribe, la relación entre fauna acompañante y captura objetivo fue de 8,8:1 para la flota con puerto base en Cartagena; mientras que la misma relación fue 3,4:1 para los barcos con puerto base en Tolú (Figura 31B). Las diferencias en la relación responden al mayor poder de pesca de la flota con base en Cartagena. En el Caribe la fauna acompañante estuvo representada en 427 especies: 184 de CI y 243 de descarte. En Tolú, la FA estuvo representada por 221 especies, 57 de CI y 164 de descarte.

#### **Limitaciones del indicador**

Este indicador depende de la representatividad del muestreo a bordo. No existe un punto de referencia límite de este indicador; sin embargo, lo deseable es reducir al máximo la captura de fauna acompañante.

#### **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 tortugas (Rueda *et al.*, 2006). Lo anterior como medida para reducir el impacto sobre la biodiversidad, promoviendo una pesca responsable para el CAS y el CAP.

## 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 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.

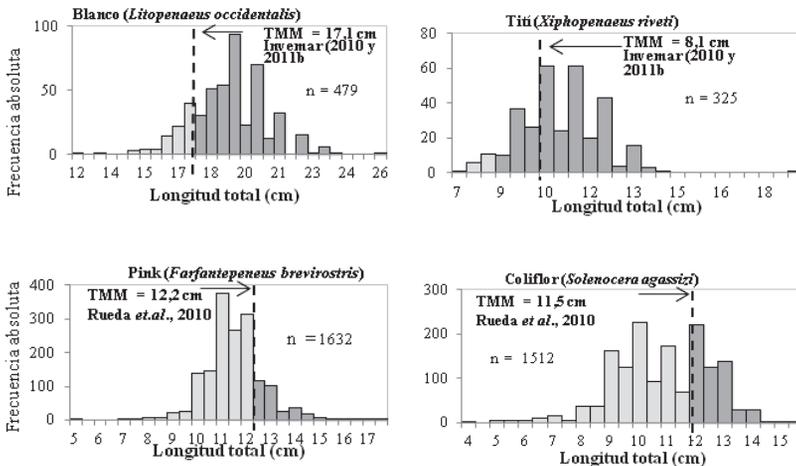
### Fuente de los datos e información

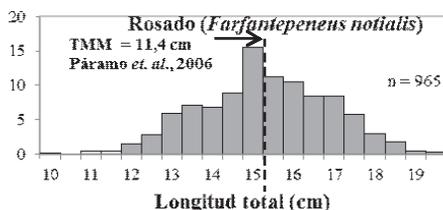
Información suministrada por empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú. Monitoreo a bordo de la flota industrial de pesca de camarón del Pacífico y del Caribe colombiano. Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Periodo reportado

2011.

### Reporte o cálculo del indicador





**Figura 32.** Estructura de tallas para las hembras de la principal especie objetivo en las pesquerías de camarón del Pacífico (A,B,C y D) y Caribe (E) colombianos durante 2011, indicando la fracción juvenil y adulta que fue determinada fijando como punto de referencia la talla media de madurez (TMM).

### Interpretación de los resultados

La distribución de frecuencia de tallas de las hembras de las especies objetivo en las pesquerías del CAS y CAP del Pacífico y del Caribe, fue dividida en dos fracciones: juvenil y adulta, tomando como PRL las TMM (ver referencias en indicador TMC; Figura 32). Se estimó que las hembras del CAS en el Pacífico y el Caribe, son en su mayoría maduras (81,4% para blanco; 94,5% para tití y 99% para rosado). Caso contrario ocurre con las especies de CAP en Pacífico, donde se estimó que solo el 36,1% de hembras de coliflor y el 19,8% de hembras de pink estaban maduras. Estos resultados indican poca presión de pesca sobre la estructura poblacional de las especies de CAS, pero un riesgo alto de sobrepesca por reclutamiento para el caso de las especies de CAP.

### Limitaciones del indicador

Este indicador es calculado por el monitoreo a bordo de la flota, por lo que la calidad de la estimación depende de la representatividad de dicho muestreo. Para este caso, se evaluó más del 30% de la actividad pesquera. Dado que el PRL usado es la TMM, la calidad de esta estimación incide de manera directa en la interpretación de la TMC.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

Además de lo sugerido en el indicador TMC, debe considerarse el diseño de vedas espaciales para el recurso CAP en el Pacífico, sin eliminar las vedas temporales en los periodos de desove y reclutamiento.

## Indicador de rentabilidad económica: pesca industrial nacional de camarón

### Definición e importancia del indicador

Son las ganancias económicas 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). La pesca comercial es modulada en gran medida por la extracción de recursos a niveles rentables en días previos. Así, el uso de variables económicas en pesca junto con las bioecológicas, es clave para alcanzar el aprovechamiento racional de los recursos bajo varias perspectivas.

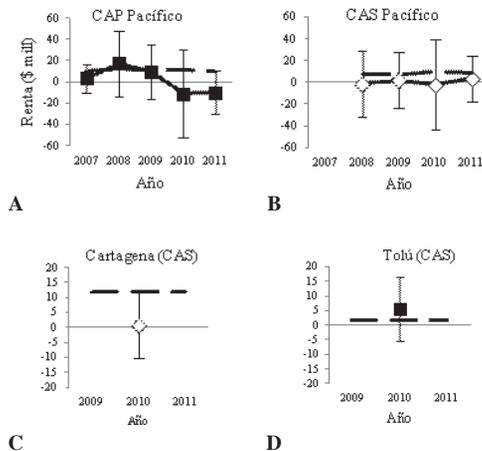
### Fuente de los datos e información

Información suministrada por empresas pesqueras que desembarcan en Buenaventura, Cartagena y Tolú. Base de datos del Sistema de Información Pesquera del INVEMAR – SIPEIN.

### Periodo reportado

- 2007-2011 para el Pacífico
- 2009-2011 para el Caribe.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 33.** Variación anual de la renta promedio por faena ( $\pm$ DE) en las pesquerías de camarón del Pacífico (A) y del Caribe (B) colombianos. CT = Costos totales. (- - - PRL = 15%CT).

### Interpretación de los resultados

Se estableció como PRL que la renta correspondiera al 15% de los costos totales promedio de una faena. Para la pesquería del CAP la renta económica ( $-\$9,98 \pm 20,73$  millones) no refleja el aumento en la captura objetivo de 2011. Es un valor inferior a lo observado en los últimos años y aún está por debajo del PRL ( $\$9,55$  millones) (Figura 33A). Los ingresos por concepto de la CI no superaron el 5% de los ingresos totales. Para la del CAS del Pacífico, la renta promedio ( $\$7,03$  millones  $\pm 55,2$  millones DE) (Figura 33B), refleja que en algunas faenas se superó el PRL ( $\$8,40$  millones) y una recuperación de la actividad por ser mayor a la de 2010. En 2011 el 50% de los ingresos de esta pesquería fueron aportados por la CI, y a pesar de ser un valor menor que en 2010, es alta la dedicación del esfuerzo de pesca hacia la captura de especies ícticas para alcanzar un margen de utilidad, generando un impacto negativo sobre la biodiversidad marina asociada.

Para la flota de CAS que desembarca en Cartagena la renta ( $\$0,635$  millones  $\pm 11,06$  millones DE), estuvo muy por debajo del PRL ( $\$11,72$  millones), pese al aumento en las capturas de camarón, con respecto al 2010 (Figura 33C); la mayoría de los ingresos totales son percibidos por la venta de la captura objetivo, aunque un porcentaje alto (27%) es aportado por la CI. Para flota de Tolú la renta ( $\$5,61$  millones  $\pm 1,43$  millones DE), es superior al PRL ( $\$1,78$  millones) (Figura 33D); el volumen de CI es bajo y, está compuesto por especies poco comerciales o de tallas pequeñas, usadas para autoconsumo de los tripulantes, por lo que representa ingresos anuales muy bajos ( $0,083$  millones  $\pm 0,077$  millones DE), con respecto a los obtenidos por la CO ( $17,4$  millones  $\pm 3,68$  millones DE). Las diferencias entre las dos flotas pueden ser atribuidas a los bajos costos de operación de la flota de Tolú ( $11,8$  millones  $\pm 5,1$  millones DE), comparados con los de la flota de Cartagena ( $78,1$  millones  $\pm 21$  millones DE).

### Limitaciones del indicador

La calidad de la estimación de la renta depende de que las empresas pesqueras suministren información suficiente, certera y confiable respecto a sus costos y precios. 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**

Para las pesquerías de CAS tanto en Pacífico como en Caribe, es imperante establecer alternativas de diversificación pesquera (e.g. redes demersales) que permitan que las capturas de especies con alto valor comercial aumenten (dentro de los límites saludables para el ecosistema) y por tanto la actividad perciba muchos más ingresos de los actuales. Es necesario evaluar la sostenibilidad económica de la actividad a la luz del costo ambiental que genera. Se aclara que este caso las estimaciones económicas no tuvieron en cuenta los ingresos que generan las especies de la fauna acompañante comercializada.

---

## Desarrollo de acuicultura marina

La acuicultura se ha consolidado como el sector de más rápido crecimiento en la producción mundial de alimentos y en la actualidad contribuye con cerca del 50% del alimento de origen acuático para consumo humano en el mundo (CENIACUA, 2010).

Colombia es el único país de América del Sur que tiene costas sobre los dos océanos, Pacífico y Caribe en un trayecto total de aproximadamente 3.000 km, lo que significa, una posesión de 988.000 km<sup>2</sup> de zona marina potencialmente económica, en los cuales están presentes todos los tipos de ecosistemas marinos tropicales, cuya importancia en términos de producción de bienes y servicios para el hombre y de su rol en el funcionamiento y balance adecuado de la cuenca del Caribe y del océano en general, es indiscutible; sin embargo, la principal actividad económica es el cultivo del camarón *Penaeus vannamei* y ahora con la cobia (*Rachycentron canadum*). Los demás cultivos como el de peces (pargos sábalo), moluscos (ostiones, pulpo), crustáceos (langostas) están en el momento en un estado claro de experimentación.

La producción y comercialización de camarón de cultivo es una actividad agropecuaria relativamente reciente en el mundo y con menos de 30 años de historia en Colombia. Desde sus inicios la producción de camarón de cultivo se intentó en los dos litorales con que cuenta Colombia, con una longitud total de aproximadamente 2.900 km. En el litoral Pacífico, con 1.300 km, el cultivo se centró en la zona de Tumaco; sin embargo, la aparición de enfermedades, especialmente el virus de la mancha blanca (WSSV), ha llevado a una significativa reducción en producción y área cultivada. El Caribe con 1.700 km registra ventajas comparativas importantes en cuanto a infraestructura y el aspecto sanitario del camarón, por lo cual hoy en día, la mayor parte de la producción se concentra en dicha costa (Newmark *et al.*, 2009). Los principales competidores en el mercado del camarón de cultivo son Ecuador y China. Pese a la excelente calidad de la semilla, las limitantes del país radican en el alto costo del alimento concentrado, el riesgo de nuevas enfermedades debido a la alta sensibilidad del camarón y las alteraciones del orden público que afectan su entorno.

La cobia, incursionó en el 2009 y se convierte en la primer pez que se cultiva en jaulas flotantes a mar abierto en las inmediaciones de la isla de Tierrabomba en Cartagena; tiene alto valor, rendimiento y habita en todos los mares tropicales y subtropicales del mundo (incluidas el Caribe colombiano) y en la actualidad sus productores comerciales son: China, Taiwán, República Dominicana, Brasil, Puerto Rico, México y Panamá. Una de las preocupaciones de sus cultivadores es que la alimentación de este animal es bastante costosa, teniendo en cuenta que para que llegue al crecimiento esperado requiere una alta cantidad de proteínas.

Aunque Colombia posee condiciones naturales únicas para el desarrollo de la acuicultura marina, esta actividad todavía es incipiente y aún no impacta en el medio ambiente; sin embargo si aumenta, las actividades humanas producen cambios en los ecosistemas, los que, muchas veces, generan efectos adversos como por ejemplo: introducción de especies sin permiso, sustancias químicas y antibióticos, eutroficación, desechos entre otros.

## 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 marino cultivados, en este caso el camarón *Penaeus vannamei*.

### Fuente de los datos e información

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR y Comisión Colombiana Internacional –CCI
- ACUANAL
- AGROCADENAS CAMARÓN

### Periodo reportado

Camarón de cultivo: Anual (1995-2011).

### Reporte o cálculo del indicador

**Tabla 11.** Área instalada, área activa y producción para el cultivo de camarón *P. vannamei* por departamento.

Costa	Departamento	Área instalada (ha)			Área activa (ha)			Producción (año)			TOTAL
		2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	
	Atlántico	168	163	163	127	126	126	114	30	41	185
	Bolívar	1.682	1.532	1.532	1.264	1.052	1.052	4.843	5.500	2.522	12.865
Atlántica	Córdoba	432	405	405	45	0	0	302	63	0	365
	La Guajira	100	100	100	11	0.7	0.5	274	87	0	361
	Sucre	793	793	793	793	793	793	11.591	6.655	5.554	23.800

### Interpretación de los resultados

El sector camaronero en la costa Caribe ha reducido su área de infraestructura instalada de 3.175 hectáreas (ha) en 2009 a 2.993 ha en 2011. Así mismo, la superficie dedicada al cultivo ha disminuido de 2.240 ha (2009) a 1.971 ha (2011), que corresponden a un reducido número de granjas que están en operación total o parcialmente y que al estar inactivas conlleva a un deterioro de las mismas.

Entre 2009 y 2011, la producción de camarón de cultivo estuvo concentrada principalmente en Sucre y Bolívar, aportando en 2011 95% del total producido para la costa Atlántica. Sin embargo, la producción ha disminuido, resaltando el departamento de Bolívar que pasó de 5.500t a 2.522t. Entre las principales razones que incidieron en este comportamiento se relacionan los costos elevados de producción y la baja cotización del dólar en el mercado, que a su vez desestimuló las exportaciones y por ende la producción. También el invierno ocurrido en el segundo semestre de 2011, afectó esta producción. En cuanto a la costa del Pacífico (Nariño), la producción paulatinamente se ha recuperado de 260t (2010) a 346t (2011) de los problemas de enfermedades causadas por el virus de la mancha blanca (WSSV) que azotaron los años 2006 y 2007, trayendo como consecuencia el cierre de muchas granjas camaroneras.

### Limitaciones del indicador

La incertidumbre implícita en los datos obtenidos de la fuente.

### Recomendaciones y alternativas de manejo

No aplican por el momento.

## Indicador anual de la acuicultura marina nacional

### Definición e importancia del indicador

Producción anual (toneladas) de organismos marinos cultivados confinados en sistemas de cultivo.

### Fuente de los datos e información

**Camarón de cultivo (*Penaeus vannamei*):**

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR y Comisión Colombiana Internacional –CCI
- ACUANAL
- AGROCADENAS CAMARÓN

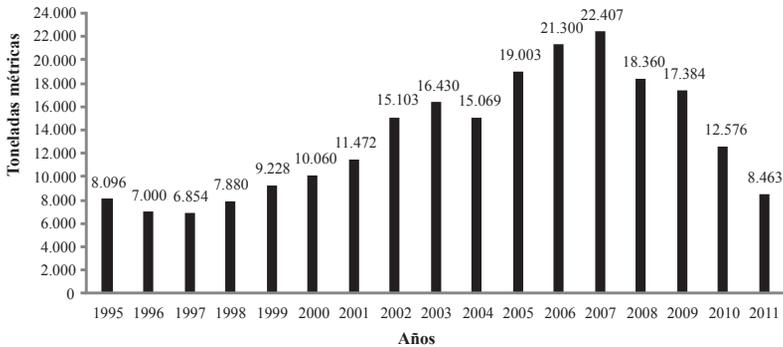
**Cobia (*Rachycentron canadum*):**

- ACUANAL

### Periodo reportado

- Camarón de cultivo: Anual (1995-2011)
- Cobia: Anual (2010-2011)

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 34.** Producción anual de cultivo del camarón *P.vannamei* en Colombia.

### **Interpretación de los resultados**

El cultivo del camarón *Penaeus vannamei* sigue siendo la actividad más importante en nuestro país en cuanto a maricultura se refiere. La actividad camaronera en su trayectoria, desde 1995 hasta el 2010, muestra diversos cambios; por ejemplo entre 1995 y 2007 se observó un crecimiento, sin embargo, a partir del 2007 al 2011, el comportamiento fue negativo y representó un descenso en la producción del orden del 62%, pasando de 22.407 a 8.463t. Como se mencionó anteriormente, los elevados costos de producción (insumos y energía) y el desestimulo en las exportaciones, son las principales causas que inciden en la notable reducción de la producción (Figura 34).

La cobia especie nativa con un crecimiento que alcanza 5kg en doce meses de cultivo con una carne de gran calidad, se considera clave para el desarrollo de la maricultura y las empresas que han perdido su participación en el mercado del camarón. Su producción para el 2010 y 2011 fue de 112,30 y 112t, respectivamente.

### **Limitaciones del indicador**

La incertidumbre implícita en los datos obtenidos de la fuente.

### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

No aplican por el momento.

---

## Bioprospección marina

La bioprospección es una herramienta estratégica que puede convertir a los países ricos en biodiversidad como Colombia en potenciales fuentes de productos novedosos con amplias posibilidades de aplicación, a la vez que permite aumentar las capacidades endógenas para realizar actividades de Ciencia y Tecnología (C y T). Para que los procesos de bioprospección se lleven a cabo, deben darse una gama de interacciones que compromete desde el conocimiento tradicional, pasando por el científico y tecnológico de entes académicos e investigativos del país. Sin embargo, es importante la interacción del gobierno, instituciones y empresas para concretar mecanismos efectivos de cooperación que posibiliten la creación y fortalecimiento de capacidades internas para realizar e incrementar la C y T en el país.

Con respecto al informe 2007 (INVEMAR, 2008), en este informe evidencia que las investigaciones relacionadas con la búsqueda de compuestos con bioactividad de productos naturales marinos colombianos con usos potenciales se centralizaron en los corales y las algas y en menor medida en las esponjas (Tabla 12). En la misma tabla se muestra el número de especies en las cuales se ha trabajado caracterizando algunos de sus componentes químicos, labor que al igual que los ensayos de bioactividad, ha venido menguando.

Tabla 12. Consolidado de especies cuya bioactividad ha sido evaluada y las que se han caracterizado químicamente hasta el 2007 y entre 2007 y 2011.

Grupo	Número estimado de especies	Especies ensayadas hasta 2007	Especies ensayadas 2007-2011	Especies caracterizadas químicamente hasta 2007	Especies caracterizadas químicamente 2007-2011
Equinodermos	296	7	0	6	0
Bryozoa	113	0	0	0	0
Poliquetos	246	0	0	0	0
Corales	97	3	8	7	0
Antipatharios	13	0	0	0	0
Anemonas	22	0	0	0	0
Hidrozoos	65	0	0	0	0
Esponjas	314	98	2	34	0
Algas	565	18	5	17	1
Zoantídeos	43	3	0	3	0
Total	1.774	129	15	67	1

El esfuerzo investigativo en el tema, aparentemente viene disminuyendo; para el 2011 sólo se encontraron 5 publicaciones en el tema, al igual que en el 2010 (Invemar, 2011a), continuando con la tendencia a la disminución. Lo anterior es evidencia de que la investigación en el tema sigue estando limitada a pocos grupos de investigación, posiblemente por los altos costos relacionados con equipos, insumos y personal calificado que se requieren. No se ha logrado fortalecer el nexo investigación – industria - desarrollo e innovación. Se deben redoblar los esfuerzos para avanzar en el conocimiento del potencial de la biodiversidad marina colombiana, con miras a obtener fuentes alternativas de recursos explotables de manera sustentable.

## 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.

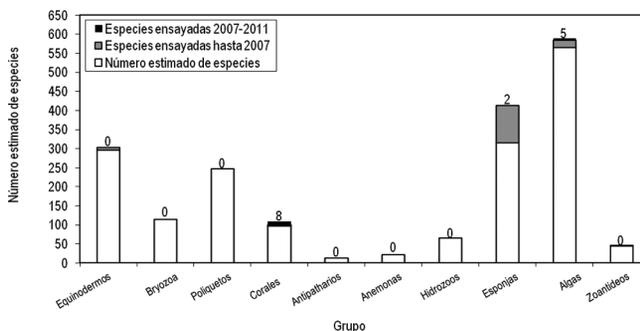
### Fuente de los datos e información

Publicaciones científicas, bases de datos de proyectos de investigación.

### Periodo reportado

2007-2012.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 35.** Especies de organismos marinos por grupos ensayados para evaluar su bioactividad.

### Interpretación de los resultados

En el período evaluado 2007-2011 se ha avanzado en la evaluación de 15 especies de organismos marinos, para un total de 129 especies evaluadas de las 1.774 especies estimadas para el país (Figura 35).

### 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

Existe una base de datos de especies y ensayos realizados disponible en el SIAD y actualizada anualmente, pero debe incluir información que sea suministrada por las instituciones de investigación y los entes de control.

## 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.

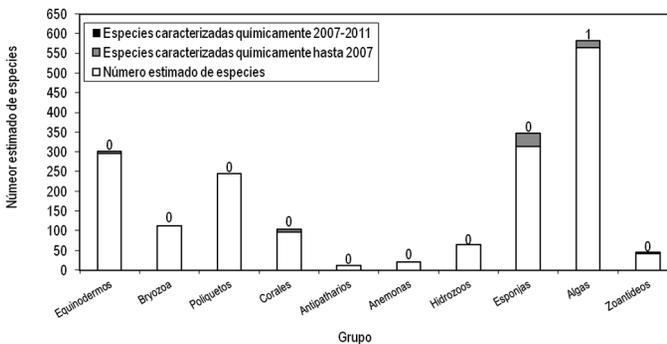
### Fuente de los datos e información

Publicaciones científicas, bases de datos de proyectos de investigación.

### Periodo reportado

2007-2012.

### Reporte o cálculo del indicador



**Figura 36.** Especies de organismos marinos cuyos extractos han sido caracterizados químicamente.

### Interpretación de los resultados

En el período evaluado 2007-2011 se redujo el número de investigaciones en el tema de caracterización química de los compuestos de organismos marinos, evaluando solo una especie de alga (Figura 36).

### 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

Existe una base de datos de especies y ensayos realizados disponible en el SIAD y actualizada anualmente, pero debe incluir información que sea suministrada por las instituciones de investigación y los entes de control.

### **Contaminación y aportes de cargas a la zona costera: fuentes terrestres de contaminación de las aguas marinas y costeras**

A nivel mundial el crecimiento de la población es una de las principales causas del deterioro ambiental, y la zona costera de Colombia no es la excepción, ya que alberga cerca de 4,7 millones de habitantes (11,9% del total nacional; proyecciones DANE, 2005) de los cuales el Caribe concentra el 83,2% (81% de urbanización superior al promedio nacional), y el Pacífico el 16,8% restante de la población (63% de área urbanizada; DNP, 2007; DANE, 2011).

El uso de las corrientes y cuerpos de agua como vías de transporte, sumidero de residuos domésticos, agrícolas e industriales que reciben en mayor o menor grado el aporte de las cargas contaminantes, logran reducir la calidad del agua a lo largo de las cuencas hidrográficas y en la zona costera, ya que un 90% de los contaminantes es transportado por los ríos al mar, amenazando la salud humana y el funcionamiento natural de los ecosistemas marino costeros (Escobar, 2002; Burton, 2003; UNEP - RCU/CEP, 2010). En la costa Caribe, las principales vías de entrada de contaminantes al mar provienen de las cuencas de los ríos Magdalena, Atrato y Sinú; y en el Pacífico, aunque con una menor proporción la mayor carga contaminante la transportan los ríos San Juan, Mira y Patía (Figura 37).

El volumen de aguas residuales domésticas (ARD) de los municipios costeros se estimó en 8 m<sup>3</sup>/s, de las cuales cerca del 40% se vierte de forma inadecuada sin tratamiento previo a diversos cuerpos de agua superficiales, ríos, esteros o al mar, el resto llega al suelo por pozas sépticas (Vivas-Aguas *et al.*, 2012). La problemática de estos vertimientos de ARD depende del sistema de tratamiento y disposición en cada municipio. En Colombia muchas poblaciones costeras que tienen cobertura de saneamiento no superan el 30% (Figura 38), convirtiéndose en una situación compleja que se ve generalizada en las áreas costeras tanto del Caribe como del Pacífico, porque la mayor parte de sus municipios vierte las aguas servidas al ambiente sin un adecuado tratamiento (SSPD, 2009; UNEP-RCU/CEP, 2010). La carga orgánica biodegradable de las ARD generadas por los municipios costeros se estimó en 35.514 t/año de DBO<sub>5</sub> y la demanda química de oxígeno fue de 71.028 t/año de DQO. El vertimiento de sólidos totales se estimó en 35.514 t/año y la carga de nutrientes fue de 8.523 t/año de nitrógeno y 568 t/año de fosfatos. Del total de esta carga, los municipios que generaron mayor aporte directo fueron Cartagena (11,3%), Tumaco (8,84%), Uribe (7,43%) y Buenaventura (7,41%). Cabe anotar que estos valores de carga son estimaciones teóricas, calculadas con base en el número de habitantes (UNEP-RCU/CEP, 2010), pero es necesaria hacer una valoración con reportes anuales o monitoreo sistemático real, que sirva de soporte a

la evaluación de los riesgos ambientales asociados y para la formulación de acciones de control, mitigación y remediación de la contaminación en la zona costera del país. Sin embargo, ante la falta de una base de datos estandarizada de los sistemas de tratamiento en las poblaciones costeras, este se constituye en una alternativa viable para determinar estos valores.

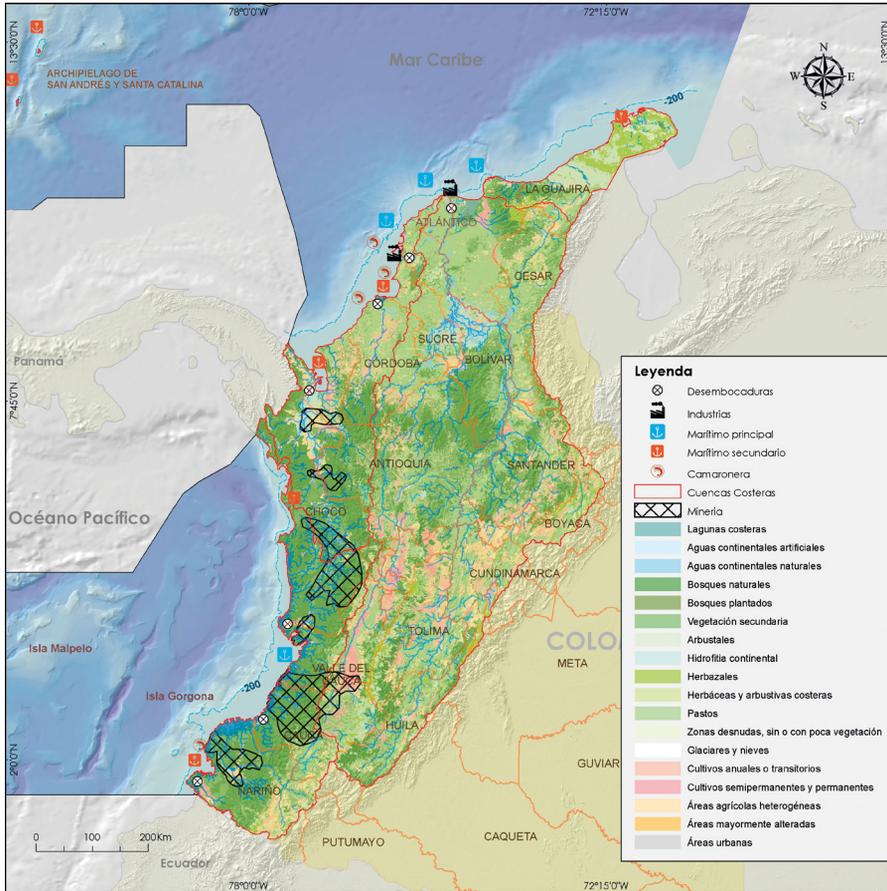
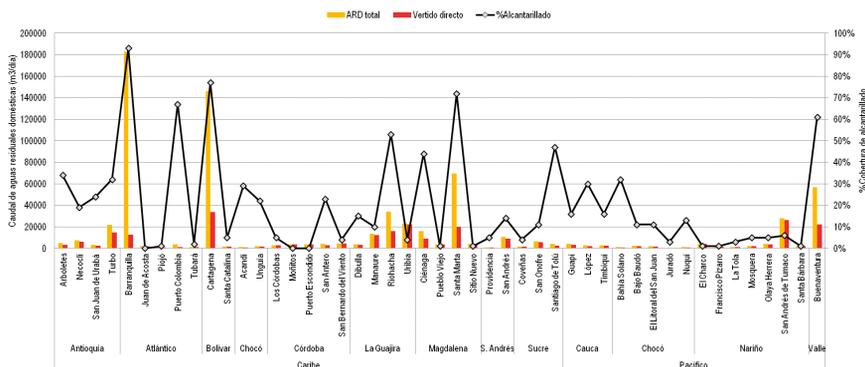


Figura 37. Principales fuentes terrestres de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia (fuente IGAC, 2002; Supertransporte, 2008; DANE, 2009).



**Figura 38.** Caudal estimado de vertido de aguas residuales domésticas y distribución de la cobertura de alcantarillado en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombiano, es de resaltar los picos en grandes centros urbanos con respecto a municipios de menor desarrollo socioeconómico<sup>10</sup>.

La mayor parte de contaminantes llegan al mar a través de los ríos y por la escorrentía, produciendo importantes efectos en los estuarios y ecosistemas costeros (Escobar, 2002; Restrepo y Kjerfve, 2004). En el 2010, 41 ríos evaluados aportaron en total 18.181 m³/s de aguas cargadas con diferentes residuos y sustancias contaminantes (Tabla 13), que en conjunto aportaron cerca de 175 mil t/año de nitrógeno inorgánico, 18 mil t/año de fósforo inorgánico, 378 t/año de hidrocarburos disueltos, 1E+08 t/año de sólidos en suspensión y 8E+21 NMP/año microorganismos de contaminación fecal. Se destaca el 2010 por ser un año con altas precipitaciones por efecto del evento “La Niña”, que ocasionó inundaciones y deslizamientos en la cuenca baja de los ríos, favoreciendo la remoción y arrastre de sedimentos.

La mayor carga de nitrógeno inorgánico se presentó en los ríos San Juan (71.372 t/año), Magdalena (33.423 t/año) y Atrato (18.830 t/año) en las estaciones de Quibdó y de Matutugo (17.011 t/año) (Tabla 3). La carga de fósforo inorgánico al igual que el nitrógeno fue más alta en los ríos Magdalena (7.413 t/año), Atrato (3.243 t/año) y San Juan (2.073 t/año). Las mayores cargas de sólidos suspendidos se presentaron en el río Magdalena (67 millones de t/año), por el elevado arrastre de sedimentos y los aportes que recibe de los otros tributarios que desembocan en su cuenca a lo largo del territorio nacional, seguido de los ríos Atrato en Matutugo y en Quibdó, con 24 y 6 millones de t/año respectivamente. La mayor contaminación fecal la aportaron los ríos Magdalena (5,2 x 10<sup>21</sup> NMP/año de CTE), Atrato-Quibdó (6,4 x 10<sup>20</sup> NMP/

10. Fuente caudal: cálculo Invemar, metodología RAS-2000. Fuente población y cobertura alcantarillado: Censo General 2005 proyecciones DANE 2011.



año de CTE) y León ( $4,8 \times 10^{20}$  NMP/año de CTE), probablemente asociados a los vertimientos no controlados de aguas residuales domésticas caracterizadas por tener altas concentraciones de coliformes termotolerantes y totales.

**Tabla 13.** Caudal promedio y aporte de carga anual estimada de contaminantes aportada por los principales tributarios que desembocan en el litoral Caribe y Pacífico Colombiano en el 2010. HDD: hidrocarburos del petróleo, NT: nitrógeno inorgánico (amonio, nitritos y nitratos),  $PO_4$ : ortofosfatos, SST: sólidos suspendidos, CTE: coliformes termotolerantes, CTT: coliformes totales; DBO: demanda bioquímica de oxígeno<sup>11</sup>.

Departamento	Corriente	Caudal	NT	PO4	DBO	HDD	SST	CTE	CTT
		m <sup>3</sup> /s	t/año	t/año	t/año	t/año	t/año	NMP/año	NMP/año
Antioquia	Atrato Matuntugo	2.571,03	17.011	3.243	73.175		2E+07	4,1E+19	1,1E+20
	Guadualito	2,75	39	117	147		2E+05	2,5E+16	7,0E+17
	Mulatos	4,53	138	10	121		2E+04	1,8E+17	7,9E+17
	Necoclí	3,00	163	60	175		4E+03	2,0E+17	4,7E+17
	Currulao	9,83	356	71	604		4E+04	1,1E+19	3,9E+19
	León	63,74	672	563	4.925		5E+05	4,8E+20	1,1E+21
Atlántico	Turbo	3,81	59	8	120		2E+04	1,3E+18	4,9E+18
	Clarín	23	151	33		0,7	2E+05	1,7E+17	1,4E+18
	Magdalena	72.33	33.423	7.413		228	7E+07	5,2E+21	2,5E+22
Bolívar	Caño Correa	128,34	1.104	216	4.398		5E+05	3,6E+15	6,9E+16
	Canal del Dique	299,02	3.902	1.320	18.719		4E+06	5,0E+18	1,1E+19
Córdoba	Río Sinú	372,91	2.607	183		36,49	1E+06	4,5E+20	1,9E+21
La Guajira	Cañas	12	47	12		0,23	2E+03	3,5E+18	8,4E+18
	Jerez	15	110	22		0,34	7E+04	2,2E+18	4,4E+19
	Palomino	25,37	103	24		0,90	2E+04	7,5E+17	1,6E+18
	Ranchería	12,37	42	57		0,78	4E+04	6,8E+18	1,1E+19
	Buritaca	10	16	22		0,29	2E+03	3,9E+17	1,2E+18
Magdalena	Córdoba	10	4	27		0,17	5E+03	2,8E+17	5,7E+18
	Don Diego	39,24	107	96		0,68	1E+04	4,4E+18	9,0E+18
	Gaira	2,74	5	14		0,17	4E+03	1,5E+18	2,2E+18
	Guachaca	22,38	71	54		0,32	6E+03	7,1E+17	1,8E+18
	Manzanares	1,89	69	34		0,04	3E+03	2,4E+19	5,6E+19
Sucre	Piedras	5,05	19	10		0,14	2E+03	5,9E+17	1,0E+18
	Toribio	10	4	18		0,31	6E+03	1,7E+17	4,9E+17
	C. Pechelín	1,21	13	10		0,35	2E+04		
<b>Caribe</b>		<b>10.882</b>	<b>60.236</b>	<b>13.639</b>	<b>102.384</b>	<b>270</b>	<b>1E+08</b>	<b>6E+21</b>	<b>3E+22</b>

11. Fuente caudal: (IDEAM, 2007; Restrepo y Kjerfve, 2004; Garay et al., 2006); Fuente concentraciones: Base de Datos REDCAM, (INVEMAR 2011c)

Continuación de Tabla 13.

Departamento	Corriente	Caudal	NT	PO4	DBO	HDD	SST	CTE	CTT
		m <sup>3</sup> /s	t/año	t/año	t/año	t/año	t/año	NMP/año	NMP/año
Cauca	Guapi	357,05	647	218		2,69	1E+05	9,9E+18	2,6E+19
	Micay	605,97	2.337	426		5,03	3E+06	3,5E+19	1,2E+20
	Saija	165,84	528	75		1,99	2E+05	4,5E+19	5,3E+19
	Timbiquí	147,13	226	57		1,36	6E+04	6,4E+18	1,3E+19
Chocó	Atrato	1.839,19	18.830	442		25,7	6E+06	6,4E+20	1,6E+21
	Quibdó								
	San Juan	2.054,23	71.372	2.073	62.839	12,3	2E+06	2,1E+20	2,4E+21
	Brazo Patía	356,01	1.036	162		1,95	5E+05	1,4E+20	1,6E+20
Nariño	Chagüi	133,50	372	52		4,12	6E+05	3,2E+18	5,8E+18
	Iscuandé	212,77	523	95		1,84	2E+05	9,4E+18	9,4E+18
Nariño	Mejicano	45,00	185	15		0,60	6E+04	8,7E+17	1,2E+18
	Mira	868,08	3.629	489		27	6E+05	4,7E+19	1,9E+20
	Rosario	146,00	620	81		0,92	2E+05	3,2E+18	5,6E+18
Valle del Cauca	Anchicayá	111,94	4.692	113	7.925	18,1	2E+05	2,8E+19	1,4E+20
	Dagua	125,89	4.396	127	3.851	3,6	3E+05	2,7E+19	1,8E+20
	Potedó	60,00	1.878	61	1.835	0,51	2E+04	2,7E+19	2,5E+20
	Raposo	70,00	3.334	56	2.141	0,4	1E+04	1,8E+19	1,5E+20
<b>Pacífico</b>		<b>7.299</b>	<b>114.606</b>	<b>4.542</b>	<b>78.591</b>	<b>108</b>	<b>1E+07</b>	<b>1E+21</b>	<b>5E+21</b>
<b>Total Litorales</b>		<b>18.181</b>	<b>174.842</b>	<b>18.181</b>	<b>180.975</b>	<b>378</b>	<b>1E+08</b>	<b>8E+21</b>	<b>3E+22</b>

En el río Magdalena se encontró la mayor carga de hidrocarburos (228 t/año), no obstante, las concentraciones se mantuvieron en el promedio histórico (REDCAM). Este resultado puede estar asociados al transporte permanente de hidrocarburos a través del río, desde la refinería de Barrancabermeja hasta el Canal del Dique (Cormagdalena, 2009). Otros ríos con cargas importantes de hidrocarburos fueron el Sinú (36,5 t/año), Mira (27 t/año) y Atrato-Quibdó (25,7 t/año). Estos residuos oleosos provienen del transporte marítimo, el expendio de gasolina y el mantenimiento de embarcaciones; actividades habituales en las cuencas de estos tributarios.

Los resultados mostraron que los ríos Magdalena, Atrato (Matuntugo) y Sinú en el Mar Caribe, y el Atrato (Quibdó), San Juan, Mira y Micay en el Océano Pacífico, fueron los tributarios más representativos por las amplias áreas de drenaje de sus cuencas, su caudal (Figura 37), cantidad de sedimentos que arrastran, así como la alta oxidación anaeróbica de materia orgánica (Restrepo *et al*, 2005).





# CAPÍTULO IV

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

Vista desde Johnny Cay hacia la isla de San Andrés. Boya de señalización de estación oceanográfica, mayo 2012.  
(foto Carolina García-Valencia)

## INTRODUCCIÓN

Colombia se ha caracterizado por ser uno de los países más prolijos en legislación ambiental y el SINA tiene el reto de hacerla efectiva. A partir de ello, han resultado instrumentos normativos y de política que permiten orientar a los diversos actores y tomadores de decisiones en la operación de sus actividades, dirigidas al logro de los objetivos propuestos para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares del país.

La PNAOCI es el principal instrumento de gestión que aborda con una visión integrada las zonas costeras; a través de ésta se han dado las orientaciones para su planificación e integración con las demás políticas, programas y planes de ordenamiento y desarrollo, y en especial para llevar a cabo mejores prácticas de gobernabilidad y gobernanza (Ramos y Guerrero, 2010).

Lo anterior ha respondido a la complejidad que implica involucrar los componentes biofísico, sociocultural, económico y de gobernabilidad en un proceso de planificación y manejo de la zona costera, haciendo que la articulación y coordinación horizontal y vertical entre entidades del gobierno en el ejercicio de sus funciones relacionadas con el manejo y desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y zonas costeras sean una prioridad para proveer soluciones integrales a la problemática que enfrenta (MMA, 2001).

Bajo este contexto, el presente capítulo contiene los avances en los procesos de planificación y ordenamiento de las áreas marinas y zonas costeras e insulares del país, para lo cual se tomó como línea base los resultados obtenidos en el desarrollo de las Unidades Ambientales Costeras (UAC), así como la información que se ha originado en el marco del diseño e implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) y en el desarrollo de diferentes proyectos e investigaciones relacionados con la restauración de ecosistemas y valoración de los servicios ecosistémicos.

### **Manejo Integrado de Zonas Costeras**

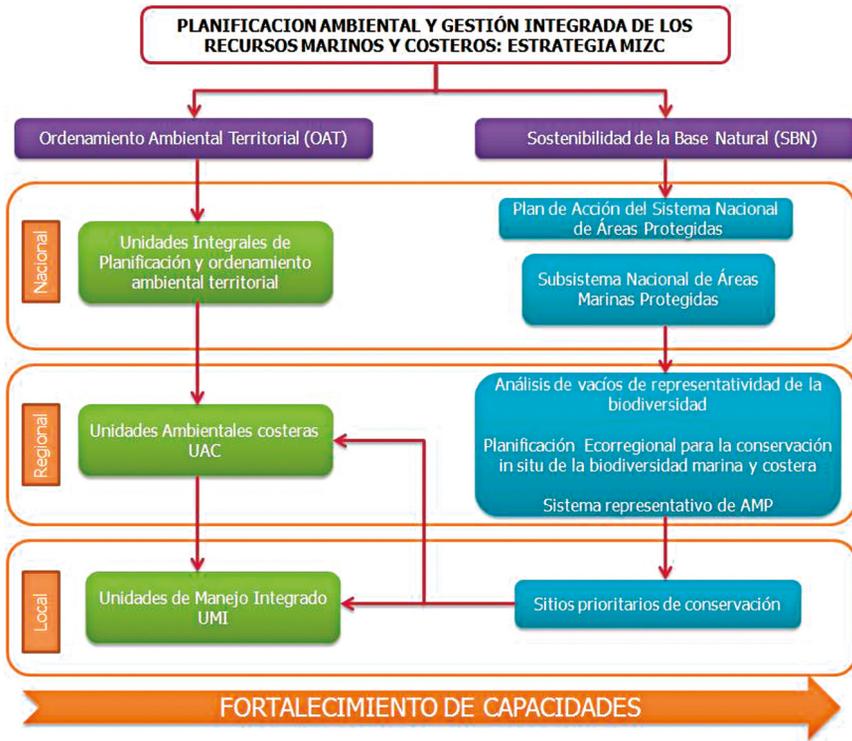
En las zonas costeras se generan importantes procesos ecológicos, económicos, culturales e institucionales que requieren una planificación y manejo orientado a armonizar el uso del espacio y de los recursos naturales. Es así como el conocimiento de la dinámica de los problemas y su tratamiento particular, 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 futuro de una forma integral. De igual manera el país en busca de una economía que garantice un mayor nivel de bienestar, planteo como estrategia el “Aprovechar el Territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible” (documento 2019, Visión Colombia II Centenario), 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 Naturales Protegidas (SINAP), permite dar un sustento técnico-científico y mayor responsabilidad a los gobiernos regionales y locales para asumir metas de conservación (Figura 39).

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



**Figura 39.** Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia (tomado de IER INVEMAR 2010).

Como lo define la PNAOCI, Colombia tiene tres regiones integrales de planificación y ordenamiento ambiental (Región Caribe Insular, Región Caribe Continental y Oceánica y Región Pacífico) con características únicas y especiales, las cuales han sido representadas y subdivididas en Unidades Ambientales Costeras (UAC), cada una de ellas son parte del territorio nacional que se identifican como prioritarias para su manejo integrado.

Este proceso se ido avanzando en conjunto con las entidades del SINA, la academia, ONG’s, y consejos comunitarios, entre otros y ha permitido abordar la planeación marino-costera e incorporar los lineamientos del MIZC al OAT, los cuales se enmarcan en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”, específicamente en el capítulo 6 del programa: “Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo” (DNP, 2011). De igual manera, responde a los principios y objetivos de la “Visión Colombia II Centenario: 2019”, y su estrategia de aprovechamiento sostenible de los recursos marino costeros para el desarrollo integral del territorio (DNP, 2007).

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 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.

Desde 1999 el INVEMAR y el MAVDT, han promovido cursos anuales sobre MIZC, cada uno de ellos ha sido revisado y evaluado en su programación y métodos, para una buena aplicación de acuerdo con el área y escala geográfica, lo cual ha dejado experiencias y conocimientos particulares en los actores, entes locales, regionales y nacionales en todo el territorio costero colombiano. En el 2006 y 2007 una alianza con la academia (Universidad del Norte en Barranquilla) permitió llevar el curso a nivel de diplomado. Desde 2008 módulos del curso MIZC han sido incorporados a nivel de maestría acorde con el convenio suscrito con la Universidad del Magdalena en Santa Marta y recientemente se trabaja en una especialización en conjunto con la Universidad Autónoma de Occidente en Cali. A través de los años esta estrategia de fortalecimiento de capacidades para el MIZC ha permitido consolidar un grupo interdisciplinario e interinstitucional vinculado a la investigación, el manejo, la conservación, monitoreo y enseñanza sobre los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia. Uno de los resultados de este proceso de capacitación que se ha llevado por más de 10 años, ha sido la puesta en marcha de la Red Nacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras (RedCostera).

## Indicador de avances en implementación de instrumentos de planificación para zonas marinas y costeras

### Definición e importancia del indicador

Este indicador representa la existencia y estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las Unidades Ambientales Costeras y Oceánicas (UACO). Se mide a través del número de UACO que cuentan con avances en el MIZC, especificando la etapa en la que se encuentra de acuerdo a la metodología COLMIZC y relacionando el número total de UACO existentes en la zona costera. Su unidad de medida es porcentaje. El cálculo se realiza a través de la expresión:

$$\frac{\# \text{UACO con avances en la etapa } N \text{ de la metodología COLMIZC}}{\# \text{Total de UACO en la zona costera}} \times 100$$

Donde *N* se refiere a:

- Preparación
- Caracterización
- Diagnóstico
- Lineamientos
- Reglamentación
- Esquemas Institucionales
- Implementación
- Evaluación

### Fuente de los datos e información

INVEMAR, Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera GEZ.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS.

### Periodo reportado

Año 1999 – 2011.

Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)

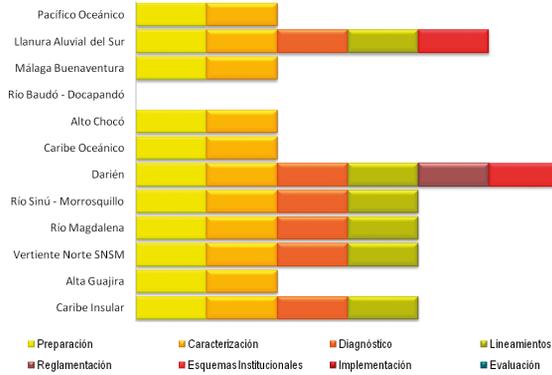


Figura 40. Nivel de implementación alcanzado en cada una de las UAC's.

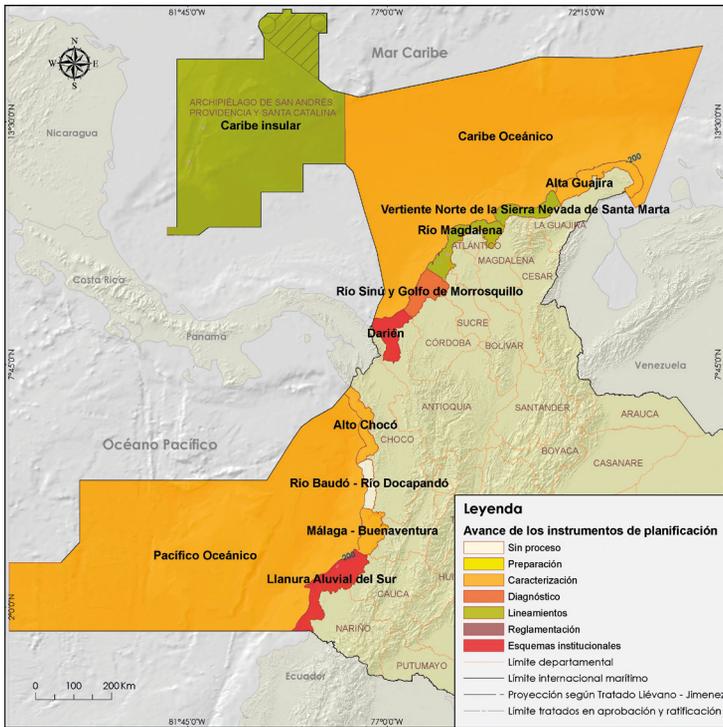


Figura 41. Localización de UACs con su representación de nivel de avance alcanzado.

**Interpretación de los resultados**

El avance en la aplicación de las estrategias de manejo para las UAC's establecidas en la PNAOCI muestra un significativo desarrollo, la mayoría de ellas tienen progresos (excepto la UAC del Frente del río Baudó - río Docampadó), se ha avanzado un 60% hasta el diagnóstico y un 40% de las UAC's llega a lineamientos de manejo. Es un reto importante considerando las disposiciones establecidas en la ley 1450 de 2011 del Plan Nacional de Desarrollo, en las que se establece la nueva jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible costeras hacia el área marina (artículo 208) y la responsabilidad de estas Autoridades de realizar los planes de manejo en las Unidades Ambientales Costeras (UAC) de su jurisdicción.

**Limitaciones del indicador**

No aplican

**Recomendaciones y alternativas de manejo**

No aplican

---

## Indicador de fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero (número de personas capacitadas)

### 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 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 y Áreas Marinas Protegidas (AMP). Su unidad de medida es número de personas.

**# Personas capacitadas en  $T_1$  + # Personas capacitadas  $T_1(i + 1)$**

### Fuente de los datos e información

INVEMAR, Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera GEZ.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS.

### Periodo reportado

Año 1999 – 2011.

Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)

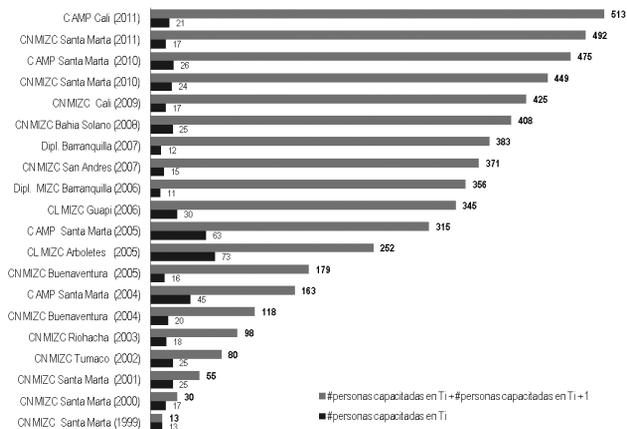


Figura 42. Número de personas capacitadas por año en los diferentes eventos de capacitación realizados.

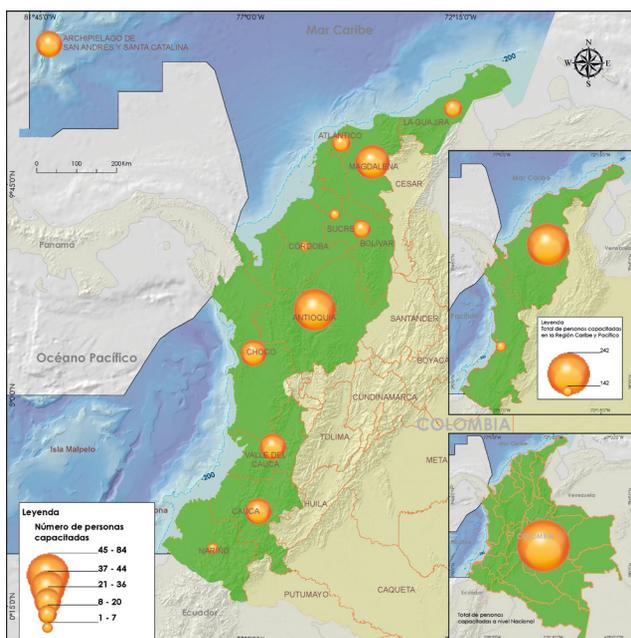


Figura 43. Número de personas capacitadas en MIZC y AMP por departamento.

**Interpretación de los resultados**

En total se han capacitado 549 personas entre estudiantes, comunidad local, representantes de Corporaciones Autónomas Regionales, UAESPNN, MAVDT, entre otros. Para el desarrollo de los cursos se han invitado a 26 expositores nacionales y 6 expertos internacionales de Brasil, Chile, Estados Unidos, Ecuador y España, entre otros: John Clark (Q.E.P.D), Juan Manuel Barragán, Michael Marshall, José Ramón Delgado, Georges Vernet y Marinez Scherer.

**Limitaciones del indicador**

No aplican

**Recomendaciones y alternativas de manejo**

No aplican

---

## **Diseño e implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia**

Colombia está entre los cinco países con más biodiversidad del planeta. Es hogar de gran cantidad de hábitats y ecosistemas marinos tales como lagunas costeras y humedales, arrecifes de corales, algas marinas, manglares, playas rocosas y arenosas, zonas de afloramiento costero y varios tipos de fondos marinos. Las aguas marinas y de estuarios colombianas son el hogar de 306 especies de esponjas, 124 especies de corales, 15 corales de aguas profundas, 1.250 especies de moluscos, 246 especies de gusanos anélidos, 560 especies de crustáceos decápodos, 296 especies de equinodermos, 990 de peces, 18 de mamíferos marinos y 565 especies de algas marinas entre otras especies. Al presente Colombia tiene 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, contaminación, 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 10 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, 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 (Tabla 14). En 2012 se realizará la actualización del listado de acuerdo a las categorías definidas en el Decreto 2372 de 2010 y a los respectivos procesos de homologación llevados a cabo por cada una de las entidades responsables de las áreas.

**Tabla 14.** Listado de áreas marinas protegidas del SAMP

Región	No	Área marina protegida	Orden	Autoridad responsable
Caribe	1	SFF Los Flamencos	Nacional	UAESPNN
	2	PNN Sierra Nevada de Santa Marta *	Nacional	UAESPNN
	3	PNN Tayrona	Nacional	UAESPNN
	4	SFF Ciénaga Grande de Santa Marta	Nacional	UAESPNN
	5	VP Isla de Salamanca	Nacional	UAESPNN
	6	PNN Corales del Rosario y San Bernardo	Nacional	UAESPNN
	7	SFF El Corchal Mono Hernández	Nacional	UAESPNN
	8	AMP Archipiélagos del Rosario y de San Bernardo	Nacional	MAVDT
	9	DMI Área de manglar de la Bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del Río Sinú	Regional	CVS
	10	PRN Manglares del Atrato	Regional	CORPOURABA
	11	DMI Ensenada de Rionegro	Regional	CORPOURABA
	12	PNR Humedales del río León y Suriquí	Regional	CORPOURABA
Caribe Insular	13	PRN del sistema manglárico del sector de la boca Guacamaya	Regional	CARSUCRE
	14	DMI La Caimanera	Regional	CARSUCRE
	15	PNN Old Providence McBean Lagoon	Nacional	UAESPNN
	16	AMP de la Reserva de Biósfera Sea Flower	Nacional	CORALINA
	17	PR Johnny Cay	Regional	CORALINA
	18	PR Manglares Old Point	Regional	CORALINA
	19	PR The Peak	Regional	CORALINA
Pacífico	20	PNN Utria*	Nacional	UAESPNN
	21	PNN Sanquianga	Nacional	UAESPNN
	22	PNN Gorgona	Nacional	UAESPNN
	23	SFF Malpelo	Nacional	UAESPNN
	24	PNN Uramba Bahía Málaga	Nacional	UAESPNN
	25	PRN La Sierpe	Regional	CVC
	26	DMI La Plata	Regional	CVC

\* Se incluye como parte del SAMP solo la porción del área protegida en la zona marina y costera.

## Indicador de proporción de áreas marinas protegidas con plan de manejo vs total de áreas marinas protegidas

### Definición e importancia del indicador

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

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

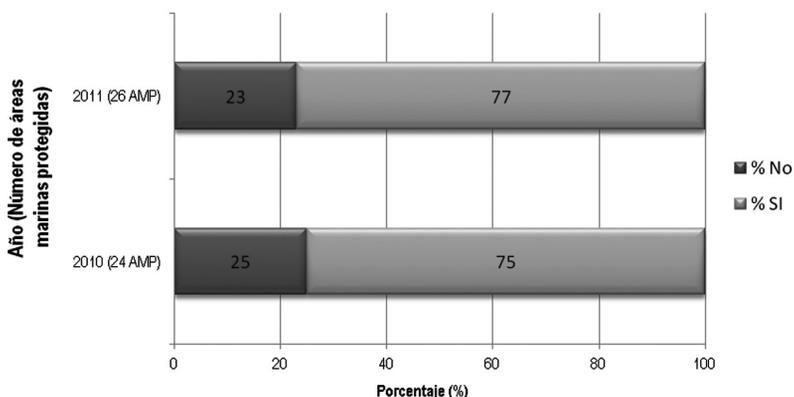
### Fuente de los datos e información

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

### Periodo reportado

A Diciembre de 2010 y Diciembre de 2011.

### Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)



**Figura 44.** Número de áreas marinas protegidas con/sin plan de manejo.

#### **Interpretación de los resultados**

El porcentaje de las áreas marinas protegidas con plan de manejo en 2011 aumenta con respecto al año 2010.

#### **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

---

## Indicador de representatividad (%) de un ecosistema natural dentro de las áreas protegidas

### Definición e importancia del indicador

La representatividad se refiere a la presencia de un ecosistema natural dentro de las áreas protegidas. Para esto se requiere de la realización de un análisis de vacíos de representatividad, proceso en el cual se identifica y examina la presencia de los elementos de la biodiversidad en un sistema de áreas protegidas para determinar cuáles de estos no están representados o lo están de manera insuficiente y en cuáles áreas están distribuidos (Dudley y Parish, 2006; Crist y Csuti, 2007). Este análisis se considera como la principal herramienta para el establecimiento de prioridades en la planificación de áreas protegidas (Groves *et al.*, 2000).

El presente indicador evidencia en términos porcentuales, cuánto de la distribución de manglares, playas, acantilados rocosos, planos intermareales de lodo, arrecifes de coral, pastos marinos y corales de profundidad a escala nacional, está dentro de las áreas marinas protegidas que conforman el SAMP.

### Fuente de los datos e información

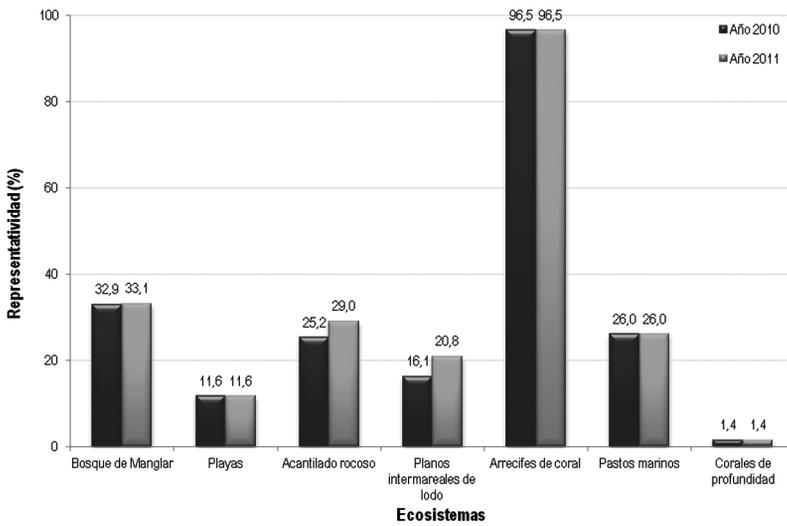
Límites oficiales de las áreas marinas protegidas que conforman el SAMP, provenientes de Sistema de Parques Nacionales Naturales (áreas nacionales) y Corporaciones Autónomas Regionales (áreas regionales).

La representación de la distribución de manglares, playas, acantilados rocosos, planos intermareales de lodo, 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 2011, el cual recopila información de diversas entidades, principalmente de las entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental -SINA. Se tiene conocimiento de la existencia de las áreas marinas protegidas: Distrito de Manejo Integrado Ensenada de Rionegro y Parque Natural Regional Humedales del río León y Suriquí, sin embargo a la fecha no se cuenta con información oficial de los límites de estas áreas en el SIAM que permita incluir en el indicador el aporte de las mismas a la representatividad de los ecosistemas seleccionados.

**Periodo reportado**

A Diciembre de 2010 y Diciembre de 2011.

**Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)**



**Figura 45.** Representatividad de los ecosistemas dentro de las áreas marinas protegidas.

**Interpretación de los resultados**

La representatividad (%) en las áreas marinas protegidas del SAMP de los ecosistemas de playas, arrecifes de coral, pastos marinos y corales de profundidad permanece constante, mientras que para bosque de mangle, acantilado rocoso y planos intermareales, aumenta entre los años 2010 y 2011.

**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 propias

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**

No aplican

---

## **Restauración y/o rehabilitación de ecosistemas**

La necesidad de manejar los ecosistemas de tal forma que se garantice el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad, obliga a incorporar de manera eficiente diversas estrategias para el manejo adecuado de los mismos (Gómez-Pompa y Kaus, 1992). De esta manera, en áreas que exhiban niveles altos de degradación, las medidas de restauración serán dominantes hasta que se logre recuperar total o parcialmente la estructura y/o las funciones de interés. En situaciones intermedias de perturbación, la aplicación de medidas concretas de restauración permitiría redirigir las trayectorias del sistema hacia estados más deseables y las medidas de conservación perseguirán que el sistema se mantenga en estos estados (Hobbs y Norton, 1996).

En este sentido, la restauración ecológica comprende una serie de actividades bajo contextos muy diversos que, en algunos casos, permite la recuperación de ecosistemas y en otros, sólo la recuperación de algunos atributos o funciones específicas (Zedler, 2000; NRC, 2001). Las metas que se alcancen dependen de varios factores, entre los que se destaca el nivel de perturbación del sitio que se busca restaurar así como el de los alrededores; por lo tanto, la restauración resulta particularmente difícil en sitios en donde la degradación de ambos es considerable (Lindig-Cisneros y Zedler, 2000).

Uno de los grandes retos de la restauración ecológica es lograr cumplir sus objetivos en el contexto complejo de los socio-ecosistemas en donde las percepciones, necesidades y tradiciones establecen un marco que encuadra el universo de lo posible en términos de manejo del ecosistema. En este sentido, tal vez más complejo que aplicar técnicas adecuadas de restauración, o aplicar principios ecológicos para desarrollar las técnicas siguiendo el principio de la restauración adaptable, es lograr que la restauración ecológica se incorpore a los paradigmas de manejo de las comunidades involucradas (Lindig-Cisneros y Zedler, 2000).

## Indicador de proporción de área de manglar destinada a conservación, recuperación y uso sostenible vs área total de manglar

### Definición e importancia del indicador

De acuerdo con INVEMAR (2005), 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. Provee las bases técnicas necesarias para la formulación de lineamientos de manejo tendientes a la conservación, protección y uso sostenible de los recursos naturales, en la medida en que permite identificar el estado del recurso, su uso potencial y las prácticas de manejo recomendadas (Alonso *et al.*, 2003).

Debido a la complejidad de los ecosistema de manglar, en los cuales se integran los componentes biológico, ecológico, físico-químico, social y económico, su manejo debe estar orientado a la conservación de sus propiedades y se hace necesario dividir las áreas más o menos homogéneas o que compartan condiciones similares (Gil-Torres y Ulloa-Delgado, 2001). 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:** son aquellas áreas de manglar que por su importancia ecológica, alta productividad biótica, ubicación estratégica, función relevante e insustituible y en general por 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:** son aquellas áreas que contienen ecosistemas naturales que deben conservarse, pero con una oferta de recursos naturales alta, que permite 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 potenciales que pueden destruir el manglar o desarrollaron actividades que en el pasado ya lo afectaron significativamente. Incluyen también áreas en donde los procesos naturales han afectado el estado del manglar o de aquellas que por su formación, ubicación o condición pueden ser aptas y básicas para el desarrollo de estos ecosistemas (Gil-Torres y Ulloa-Delgado, 2001; Sánchez-Páez *et al.*, 2004) En el proceso de zonificación de los ecosistemas de manglar no solo se incluyen las áreas colonizadas por los bosques de mangle sino que además se contemplan formaciones vegetales asociadas y otros tipos de cobertura como los pantanos de agua dulce o salobre, con el propósito de garantizar el funcionamiento ecosistémicos, por esta razón se presentan inconsistencias en las cifras reportadas entre éste y el indicador de extensión (IEmanglar) tanto para el Caribe como para el Pacífico colombiano.

#### Fuente de los datos e información

La información proviene de los estudios de zonificación elaborados por las CAR's en convenio con otras entidades y que se encuentran aprobados o en proceso de aprobación por el MADS.

#### Periodo reportado

Año 2011.

Reporte o cálculo del indicador (tablas, mapas, gráficos)

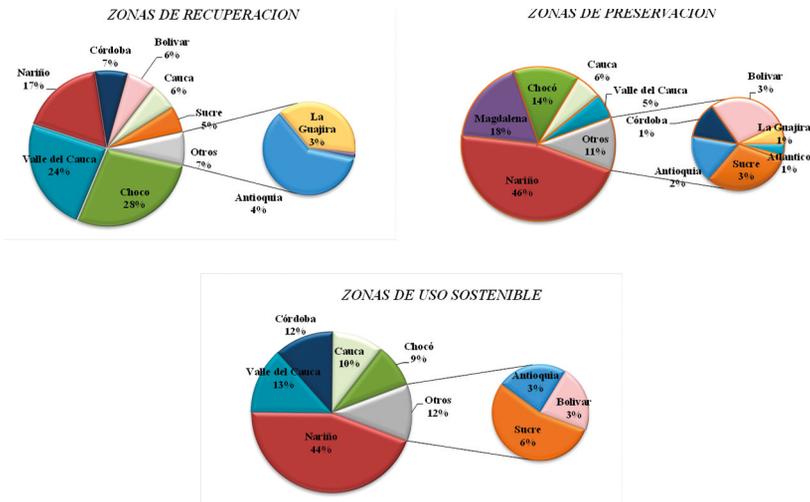


Figura 46. Áreas de manglar a nivel nacional, zonificadas en tres categorías de manejo: zonas de recuperación, zonas de preservación y zonas de uso sostenible.

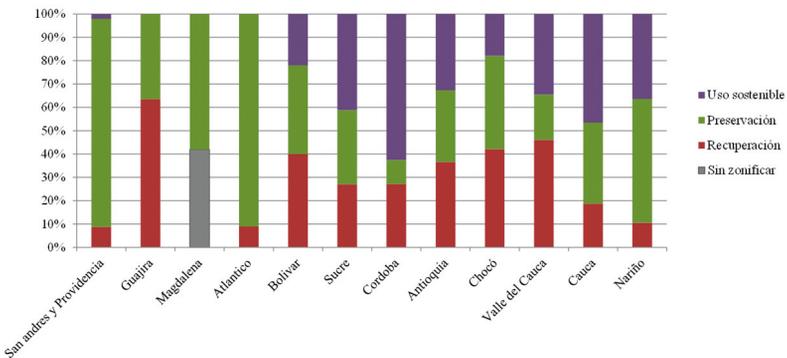


Figura 47. Áreas de manglar a nivel regional, zonificadas en tres categorías de manejo: zonas de recuperación, zonas de preservación y zonas de uso sostenible.

### Interpretación de los resultados

Actualmente, en Colombia las áreas de manglar zonificadas o en proceso de aprobación mediante resolución por el MADS suman 261.828 ha, de las cuales 67.002 ha, se encuentran en el Caribe y 194.825 ha en el Pacífico. De la totalidad de áreas de manglar zonificadas el 44,5% corresponden a zonas de preservación, el 23,6% a zonas de recuperación y el 31,8% son zonas de uso sostenible.

A nivel nacional las mayores extensiones de bosques de mangle en preservación se encuentran en los departamentos de Nariño (46%) y Magdalena (18%) principalmente en jurisdicción del sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia en el PNN Sanquianga (42.771 ha), el SFF Ciénaga Grande de Santa Marta (12.182 ha) y el Vía Parque Isla Salamanca (8.555 ha) (Figura 46).

La mayor proporción de áreas destinadas a uso sostenible en el país se localizan en el Pacífico, principalmente en los departamentos de Nariño (44%), Valle del Cauca (13%), Cauca (10%) y Chocó (9%), mientras que en el Caribe se presenta el 24% en los departamentos de Córdoba, Sucre, Antioquia y Bolívar (Figura 46). Por otro lado, de las áreas de manglar propuestas para recuperación, el 75 % se localizan en el Pacífico, principalmente en los departamentos de Chocó (28 %), Valle del Cauca (24%) y Nariño (17%) (Figura 46).

El único departamento que presenta áreas de manglar sin zonificar es Magdalena. Por otro lado, aún cuando los departamentos de Atlántico y San Andrés y Providencia presentan la menor extensión de manglar a nivel nacional, tienen cerca del 90% destinado a preservación (Figura 46). La Guajira por su parte, que también exhibe baja extensión de manglar respecto a la cobertura nacional ha destinado poco más del 60% de sus áreas para la recuperación (Figura 47). El departamento de Córdoba, exhibe la mayor proporción de áreas destinadas a uso sostenible (60%). Finalmente, en el Pacífico colombiano las mayores proporciones de áreas de manglar destinadas a la preservación se presentan en Nariño con el 55% de su cobertura, las de uso sostenible en Cauca con 45% y las de recuperación en Valle del Cauca con el 45% (Figura 47).

**Limitaciones del indicador**

Falta de actualización de la información de diagnóstico para los tres tipos de zonas.

Áreas con manejo diferente al planeado en el proceso de diagnóstico y zonificación.

**Recomendaciones y alternativas de manejo**

Es importante que en cada una de las áreas de manglar y de acuerdo a su categoría, se establezcan programas de conservación, uso y recuperación, los cuales deben ser acompañados de planes de monitoreo. De igual forma, todas las medidas y lineamientos que se adopten en torno al manejo de los ecosistemas de manglar se deben elaborar de manera conjunta con las comunidades locales.

Las áreas destinadas a preservación son sectores propicios para investigar sobre la biología, ecología y producción de las especies vegetales y de la fauna asociada, lo cual podría suministrar información relevante para generar estrategias de recuperación de acuerdo al área de manglar.

## Valoración de servicios ecosistémicos

La valoración económica busca medir en términos monetarios los beneficios y costos asociados al uso directo e indirecto del ambiente y los recursos naturales. Las estimaciones de valor económico pueden representar información de utilidad como apoyo a la toma de decisiones sobre el manejo ambiental, reduciendo potencialmente la incertidumbre sobre valores económicos y disyuntivas asociadas a usos alternativos del ambiente y los recursos (Freeman, 2003). En el ámbito de indicadores ambientales, la valoración económica ambiental contribuye a la generación de indicadores de respuesta, tales como los instrumentos económicos. Estos buscan contribuir en la integración de la política económica y ambiental para mejorar la eficiencia en el uso de recursos escasos. El presente informe presenta metadatos de estimaciones de valor económico asociado al uso de servicios ecosistémicos marino costeros al igual que valores de conservación. Estas estimaciones de valor están expresadas en términos de disponibilidad a pagar (DAP). Aunque las estimaciones de DAP pueden presentar indicadores de valor económico o importancia social en los contextos específicos en que son obtenidas, en el marco de los metadatos aquí presentados tal interpretación está limitada por el origen heterogéneo de las fuentes de información y metodologías usadas. En tal sentido, el propósito de esta sección obedece a la necesidad de identificar las medidas estimadas por sitio y fuente de datos como información de base para valoraciones posteriores orientadas al diseño de instrumentos económicos.

Como patrón general de los datos analizados se encuentra que las DAP son inferiores a US\$1 en aplicaciones que se basan fundamentalmente en la población local como población objetivo. También se identifica la predominancia de estimaciones de medidas de bienestar asociadas en su mayoría al uso recreacional de áreas marinas protegidas (Rueda *et al.*, 2011). Estas incluyen los datos reportados por Carrera (2008), quien mediante valoración contingente (VC) presenta la DAP por un programa general de uso y manejo de arrecifes coralinos en (US\$0,03) y programas individuales de recreación (US\$0,16), conservación (US\$0,02), de extracción de recursos pesqueros (US\$0,02), restauración (US\$0,02) y turismo (US\$0,23). Para Johnny Cay se cuenta con los resultados de costo de viaje (CV) de James (2003) sobre tarifas óptimas de entrada para la población local (US\$0,40 y US\$0,10 con y sin costo de oportunidad del tiempo) y los turistas (US\$7,59). También se reporta Newball (2001) con la estimación de DAP de la población local para el diseño e implementación de un área marina protegida sobre los arrecifes coralinos de San Andrés (US\$0,17) con base en VC. Castaño (2011) estima la DAP de los turistas

por prevenir la erosión de las playas y mejorar sus condiciones en la isla de San Andrés (US\$1,93) usando VC. Finalmente para el archipiélago, Morales (1998) estima la DAP de turistas por la conservación del paisaje natural de Providencia y Santa Catalina (11,76) mediante VC. Pasando al Caribe continental, del reporte de Ibáñez (2001) se tiene la DAP por información sobre los riesgos de exposición a aguas contaminadas para el uso recreativo en la bahía de Cartagena (US\$2,76), usando CV. Por otra parte, se reporta la DAP por el uso recreativo del Parque Nacional Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB) mediante VC. En este caso, Díaz-Merchan (2001) estima la tarifa óptima de acceso al parque (US\$6,10) y Mogollón-Duffó (2008) estima la DAP de turistas bajo las condiciones actuales (US\$4,74) y una mejora en las condiciones ambientales del parque (6.46). La DAP bajo escenarios de condiciones actuales, mejoradas y una restricción en el uso del parque también fue también estimada para los prestadores de servicios turísticos en el parque, por cada turista que contrate sus servicios (US\$2,53, US\$1,91 y US\$1,69 respectivamente). Mogollón-Duffó (2008) adicionalmente estima el excedente de consumidor por el uso recreativo del parque (US\$49,86) mediante CV, este indica la ganancia monetaria individual para el turista derivada del monto que estarían dispuestos pagar y el que realmente pagan. Continuando con el Caribe continental, CVS-INVEMAR (2011) reporta la DAP de comunidades locales por restauración y preservación de áreas de manglar para el DMI Cispatá (US\$0,22) mediante una aplicación de VC y experimentos de elección y Guzmán y Toloza (2007) estiman de la DAP por recreación en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) para turistas nacionales (US\$3,67) y extranjeros (US\$10,59) usando VC. Finalmente, las DAP por recreación reportadas para el Pacífico corresponden igualmente a áreas protegidas: Parque Nacional Natural Gorgona (US\$13,58) bajo una aplicación de CV y Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga (US\$1,93) mediante VC y experimentos de elección. Estas estimaciones son reportadas por Martelo (1999) e INVEMAR (2011a) respectivamente.

## Indicador de valor de estimaciones de medidas de bienestar asociadas a servicios ecosistémicos

### Definición e importancia del indicador

La DAP, se define como 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 un medida de valor basada en el supuesto de sustituibilidad de preferencias, por ejemplo entre un monto de dinero, restringido por el nivel de ingreso del individuo y un cambio en la calidad o cantidad de un bien o servicio ambiental (Freeman, 2003). La DAP se define a partir de:  $u(m - DAP, Q1, S, \square) \geq u(m, Q0, S, \square)$ , donde  $u(\cdot)$  es la función de utilidad del consumidor,  $m$  es el nivel de ingreso,  $Q0$  y  $Q1$  son los niveles iniciales y finales de la variable ambiental,  $S$  es el vector de características no monetarias del consumidor (nivel de educación, genero, edad, etc.) y  $\square$  es el componente estocástico del modelo que no es observable al investigador. La media de la DAP estimada mediante métodos de valoración ambiental es un indicador de utilidad en el diseño de políticas públicas, teniendo en cuenta que el contexto de decisión usualmente involucra disyuntivas donde los beneficios y costos ambientales constituyen información de relevancia.

### Fuente de los datos e información

Carrera, 2008; Castaño-Isaza, 2011; CVS – INVEMAR, 2011, Díaz-Merchán, 2001; Guzmán-Rada y Toloza-Reales, 2007; Ibáñez, 2001; James-Cruz, 2003; Martelo-Martelo, 1999; Mogollón-Duffó, 2008; Morales-Alarcón, 1998; Newball, 2001; Rueda et al., 2010 y UN - United Nations, 2009.

### Periodo reportado

El período de los datos primarios corresponde a 1997- 2011. Los metadatos se expresan en US\$ de 2000.

Reporte o cálculo del indicador

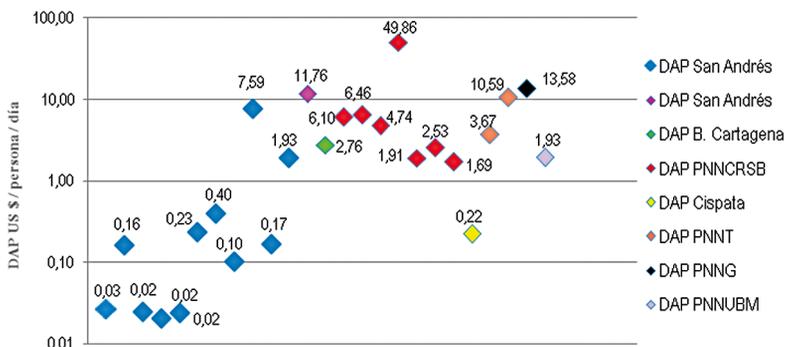


Figura 48. DAP (persona/día) por servicios ecosistémicos

Interpretación de los resultados

El gráfico 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 un ajuste inicial de datos a pesos colombianos contantes de 2000). La Figura 48 indica la cantidad de dólares que un agente individual (habitante local o turista) está dispuesto a sacrificar por un incremento o mejora en servicios ecosistémicos en un sitio determinado. Las DAP de San Andrés y Cispata tienden a ubicarse por debajo de US\$1. A diferencia de otros sitios, estos valores corresponden a encuestas basadas en población local y no turistas.

Limitaciones del indicador

Información procede de datos heterogéneos y no 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 ambientales 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 el uso de la información, mediante la consulta de las fuentes originales.

### **Recomendaciones y alternativas de manejo**

Las versiones posteriores de este indicador deben ampliar la base de estimaciones, sitios a reportar y generar ajustes de estimaciones de DAP de servicios ecosistémicos susceptibles de ser expresadas en otras unidades de medida, tales como unidades monetarias por unidad métrica que facilite el diseño posterior de instrumentos económicos y otros mecanismos de regulación.

---



# CAPÍTULO V

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

Litoral rocoso en isla Tesoro (PNN Corales del Rosario y San Bernardo), mayo 2012.  
(foto Carolina García-Valencia)



## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de recursos vitales para el aprovechamiento, bienestar y supervivencia de las futuras generaciones no puede ser asegurada sin saber qué especies tenemos, dónde habitan y en qué cantidad, así mismo, determinar cuáles son los ecosistemas marino costeros presentes en el país. Estas preguntas simples son extremadamente difíciles y costosas de resolver en un país como Colombia, debido a su enorme riqueza biológica y geográfica. Los indicadores ambientales permiten simplificar la forma de dar a conocer esta información y en general el estado de los ambientes marinos, sin embargo en muchos casos no se cuenta con los datos necesarios para su estimación, debido a limitaciones en disponibilidad de datos ya que no se cuenta con bases de datos completas o las existentes presentan inconsistencias que generan incertidumbre científica para realizar cálculos o estimaciones, además de falta de técnicas implementadas para su monitoreo (Navarrete-Le Bas, 2011) a lo que se suma la reducida disponibilidad de recursos económicos para implementación de monitoreos. De tal forma se hace necesario hacer esfuerzos en la consolidación de la información existente sobre la diversidad marina de especies en el país, encaminados a proporcionar una herramienta de consulta útil y sencilla para los investigadores, tomadores de decisiones y público en general.

## ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

A continuación se presenta información básica de aquellos ecosistemas marinos de los que no se cuenta con información suficiente para la determinación de indicadores como playas, litoral rocoso, estuarios y gacunas costeras, fondos blandos y comunidades de biodiversidad. Su importancia radica en que sustentan una rica biodiversidad asociada, prestan bienes y servicios al hombre por lo que algunos son considerados ecosistemas estratégicos (Invemar, 2011b).

### **Litoral rocoso**

Este ecosistema marino y costero es un espacio de vida donde diferentes unidades ecológicas tienen lugar sobre sustratos rocosos irregulares de composición geológica variable, cuya pendiente dispone diferentes grados de inclinación al sumergirse en el mar. Entre las costas rocosas del Pacífico y del Atlántico colombiano se cuenta con una extensión en litorales rocosos de aproximadamente 1.094,90 km

con interrupciones de otros ecosistemas como playas arenosas y manglares (Díaz-Sánchez y Batista-Morales, 2011). El ecosistema costero rocoso provee alimento, refugio y crianza a una gran diversidad de especies de interés comercial en Colombia (Batista-Morales y Díaz-Sánchez, 2010). En el país, especialmente el estudio de ambientes rocosos ha sido un desafío científico, por su potencial extensión y poca accesibilidad. Un importante porcentaje de investigaciones realizadas sobre estos ecosistemas se centra en el ambiente intermareal o litoral rocoso (Brattström, 1980; Núñez *et al.*, 1999) a lo ancho de sus tres franjas de biodiversidad, la supralitoral o de salpicadura, el mesolitoral entre el punto de más alta/baja marea y el infralitoral. También se pueden encontrar ambientes rocosos sumergidos que han sido investigados de manera complementaria durante estudios de ecosistemas coralinos, principalmente.

Los litorales rocosos han sido presentados en Informes del Estado de los Recursos Marinos y Costeros de Colombia, encontrándose revisiones ecológicas y de aspectos geomorfológicos que generaron la línea base sobre este tipo de ambientes (López-Victoria *et al.*, 2004; Osorno-Arango, 2008), así como listados de referencia de trabajos realizados (Batista-Morales, 2009). Igualmente, existen aproximaciones sobre la calidad de aguas en inmediaciones del ecosistema para algunas regiones del país (Batista-Morales y Díaz-Sánchez, 2010), información preliminar sobre el estado de conocimiento de algunos grupos biológicos que habitan en estos ambientes (Díaz-Sánchez y Batista-Morales, 2011) y una propuesta metodológica general para su monitoreo (Acosta *et al.*, 2009). En cuanto a los ambientes sumergidos se conocen estudios sobre arrecifes rocosos en el Pacífico norte, ecosistemas considerados como estratégicos para la pesca artesanal de dicha región, y sobre los que se han abordado principalmente las temáticas de caracterización de la comunidad íctica (Castellanos-Galindo y Villa, 2008; Valencia y Giraldo, 2008) y de uso o aprovechamiento pesquero (Villa, 2011). Entre los requerimientos de investigación marina y costera más importantes para el país al año 2014, se encuentra la caracterización de ecosistemas estratégicos como es el caso del litoral rocoso/arrecifes rocosos especialmente del Pacífico colombiano (Invemar, 2011b), sobre los cuales actualmente se realiza una caracterización bioecológica al norte de esta región (Batista-Morales *et al.*, 2011).

Aunque existe valiosa información sobre los ecosistemas rocosos en general, son pocas las áreas o ecorregiones del país con caracterizaciones completas sobre estructura y composición de la biodiversidad, tanto de bordes costeros intermareales como fondos sumergidos (Díaz-Sánchez y Batista-Morales, 2011). Por lo tanto, se hace necesario promover e incentivar iniciativas específicas para conocer los ecosistemas rocosos del país que profundicen en temáticas como

funcionamiento ecológico, conectividad, mitigación, calidad ambiental, integridad, uso y aprovechamiento, entre otras, para encaminar la información dentro de la ordenación integrada de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares.

La investigación que hasta ahora se ha desarrollado sobre la línea de costa, ha cartografiado los litorales rocosos para toda la costa colombiana, y los ha caracterizado dependiendo del tipo de sustrato (rocas cohesivas o no cohesivas). En ellos se han identificado los procesos erosivos que los afectan, la altura de los acantilados y la presencia de superficies de abrasión asociadas. Los estudios que se han realizado de retroceso de acantilados, sin embargo, han sido muy puntuales y no responden a los requisitos para construir un indicador.

El retroceso de los litorales rocosos, por procesos marinos, de escorrentía o por bioerosión, debe ser objeto de un indicador que requerirá investigación de detalle basado en trabajo de campo e instrumentación, dado que el retroceso es mucho más lento que lo contemplado para litorales bajos arenosos o lodosos y por lo tanto difícil de detectar en el monitoreo que se haría cada cuatro años a partir de imágenes.

### **Fondos blandos**

Los fondos blandos son un ecosistema constituido por depósitos de arenas, limos, arcillas y restos orgánicos, que le confieren al fondo una baja complejidad geomorfológica y se proyectan desde la línea de costa hasta los fondos profundos, cubriendo en el territorio marino colombiano aproximadamente 889.400 km<sup>2</sup>.

Durante el 2011 los estudios asociados a este ecosistema se incrementaron en un 6% respecto al año anterior (Montoya-Cadavid, 2011), se dieron a conocer 16 nuevos trabajos compuestos por 8 tesis (Cano, 2011; Cortés, 2011; Gómez, 2011; Manjarrés, 2011; Navas, 2011; Pérez-Ferro, 2011; Vargas, 2011; Vargas-Morales, 2011), 4 informes técnicos (Cortés *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2011, Sánchez-Ramírez *et al.*, 2011a, Sánchez-Ramírez *et al.*, 2011b), 2 libros/capítulos (Yidi y Sarmiento, 2011; Montoya-Cadavid, 2011) y 2 artículos científicos (Espinosa *et al.*, 2011, Guevara-Fletcher *et al.*, 2011). Entre ellos es de resaltar el trabajo de Vargas-Morales (2011), en el cual se plantea un índice de huella ecológica para la pesca de camarón blanco del pacífico, uno de los principales recursos pesqueros asociados a fondos blandos. Asimismo, se destaca el libro de Yidi y Sarmiento (2011), en el cual se presenta una compilación de las conchas marinas del Caribe colombiano y sin duda será de gran utilidad en la identificación taxonómica de los moluscos.

Los fondos blandos son vastos en el territorio colombiano, cuentan con gran riqueza tanto en términos de biodiversidad como de recursos asociados y son importantes porque dan lugar a múltiples procesos químico-biológicos que sustentan

los diferentes ecosistemas relacionados. La creciente actividad de explotación de estos ambientes, exige contar con más y mejor información a partir de la cual se puedan generar estrategias apropiadas de uso y aprovechamiento de sus recursos. En ese sentido es una necesidad y una responsabilidad, efectuar mayor investigación básica, especialmente de tipo biológico, pues este es el principal vacío y a la vez constituye el punto de partida para ampliar el conocimiento sobre el ecosistema.

Para los fondos blandos de la plataforma, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH, de la DIMAR ha publicado las cartas de facies sedimentarias de la plataforma Caribe y el Pacífico, a escala 1:250.000, donde se especifica la granulometría del material que compone el fondo y su composición general en cuanto a terrígenos y carbonatados con sus variaciones. En forma puntual las investigaciones llevadas a cabo por otras entidades han cartografiado los fondos blandos a una escala de más detalle pero el volumen de investigaciones en este sentido no ha sido suficiente para llegar a un mayor detalle, que sirva de herramienta a las investigaciones biológicas sobre los mismos o a las necesidades de la ingeniería sobre explotación de recursos.

## **Playas**

La unidad morfológica playa se define como la franja de material no consolidado, como arenas o grava, que está presente en la interface mar-continente. Estos depósitos están compuestos por arenas de grano fino a medio, cuya composición y color varían según el origen de los sedimentos. Las playas pueden estar asociadas a costas bajas o elevadas tanto en el Caribe como en el Pacífico (Molina *et al.*, 1998; Restrepo-Villegas, 2001). Sus límites van desde la línea de marea baja hasta donde se presenta un cambio marcado en su fisiografía, se extienden en forma paralela a la línea de costa; su longitud y ancho son variables aunque por lo general tienen más de 500 m de longitud y una amplitud entre 10 - 200 m para el Caribe (Posada y Henao, 2008); en cuanto al Pacífico, la longitud se encuentra entre 1 - 10 km y una amplitud entre 200 - 400 m en marea baja y 2 – 3 m en marea alta (Posada *et al.*, 2009). En Colombia la extensión de las playas en el Caribe tiene un total aproximado de 747 km, lo que representa cerca del 31% de la longitud total de la línea de costa (Posada y Henao, 2008); para el Pacífico el total aproximado es de 122 km lo que representa alrededor del 7% de la longitud total de la línea de costa (Posada *et al.*, 2009).

Entre los estudios más importantes realizados en la última década se encuentran los llevados a cabo por Invemar (2006), Posada y Henao (2008) y Posada *et al.* (2009) enfocados en presentar un diagnóstico de la erosión costera del Caribe y Pacífico colombiano. La generación de información relacionada con

la creación del Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas SAMP dentro del que se incluye la temática concerniente con los litorales arenosos que ha sido una iniciativa desarrollada por Invemar en colaboración con otras entidades desde el año 2007. En cuanto a biodiversidad se resaltan estudios en diversos grupos tales como el proyecto de conservación de tortugas marinas que inició en el año 2005 hasta la fecha liderado por la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Acuario Mundo Marino, Corporación Autónoma Regional del Magdalena y Petrobras; y en lo referente a otros grupos como crustáceos se resaltan los estudios relacionados con especies de importancia socio-económica como *Donax denticulatus* (camarón chipi chipi rosado) (Sanjuan-Muñoz *et al.*, 2009).

Los estudios llevados a cabo por diversas entidades en el país han permitido tener una caracterización de las playas del territorio colombiano a escalas generales y de detalle; de ellas se conocen su amplitud en momentos puntuales, extensión, composición granulométrica y composicional, inclinación, así como también procesos costeros que los afectan. Los cambios en la línea de costa que se han medido a partir de diversas investigaciones se han centrado principalmente en los litorales arenosos; es así como se conocen tasas de erosión o sedimentación para diversas localidades.

El estado actual del conocimiento relacionado con la conservación y preservación de los litorales arenosos en el país no es un tema que se haya tratado con la importancia debida, ya que desde el año 2002 no se realiza una recopilación de información consistente, lo que ha provocado que en la última década los estudios realizados hayan sido dispersos y no se tiene el conocimiento certero acerca de su cantidad, con lo que se evidencia la necesidad de realizar una revisión exhaustiva de las diversas temáticas relacionadas con la geología, conservación y uso de los litorales arenosos así como de la biodiversidad presente en ellos (microfauna, meiofauna y macrofauna). En un contexto general los vacíos de información son notorios y es de vital importancia generar los mecanismos y articulaciones necesarias para iniciar el proceso de recopilación de información y de esta manera crear una línea base lo suficientemente robusta que sirva como sustento para la implementación de indicadores que soporten una futura toma de decisiones relacionadas con la conservación de las playas en Colombia como ecosistemas que sustentan biodiversidad.

Desde hace dos años se han estado realizando monitoreos locales de cambios en el perfil de la playa a partir del levantamiento topográfico de las mismas y caracterización granulométrica y composicional. Estos monitoreos responden a necesidades de investigación definidas para entender las causas de la erosión. No se

ha implementando, sin embargo, el monitoreo de la línea de costa general para las costas colombianas, que debe realizarse a partir de sensores remotos como imágenes de satélite con alta resolución espacial o fotografías aéreas de detalle, con control de campo que incluya la caracterización de procesos y el levantamiento topográfico de perfiles de playa.

### **Estuarios y Lagunas costeras**

Un estuario es un cuerpo de agua que está parcialmente rodeado por tierra donde el agua dulce proveniente de uno o varios ríos se mezcla con el mar. Son áreas importantes por su diversidad, producción biológica y como fuente o sumideros del material que circula a lo largo de los ecosistemas costeros (Invemar, 2004). Además de ser lugares de reproducción y desarrollo temprano de especies (Boesch y Turner 1984, Nagelkerken *et al.*, 2008, Sheridan y Hays 2003). Los principales afluentes que desembocan en la costa del Caribe forman 59 lagunas costeras con una extensión aproximada de 155.472 ha, incluyendo la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), la más grande del país (Invemar, 2004). Los principales estuarios del Pacífico se localizan en las desembocaduras de los ríos Juradó y Apartadó cerca de la frontera con Panamá, ríos Catipre, Baudó y San Juan en el Chocó, el delta del río San Juan, bahía Málaga y la bahía de Buenaventura en el Valle del Cauca y las desembocaduras o deltas de los ríos San Juan de Micay, Guapi, Patía y ensenada de Tumaco en Cauca y Nariño (Marín, 2004). En el 2007, se describen de manera general, los principales estuarios que posee Colombia sobre el Caribe y el Pacífico debido a la gran extensión de sus costas y a los ríos que descienden por la escarpada topografía de la cordillera de Los Andes (Banco de Occidente, 2007).

En el 2011, se intensificaron los estudios en los estuarios de los departamentos del Chocó, gracias a las investigaciones realizadas por la Universidad Tecnológica del Chocó (14 trabajos, principalmente en el delta del río Atrato) (Rivas-Lara, 2011 a-k; SMF, 2011; IIAP, 2011; OCHA, 2011), seguidos por el Valle del Cauca, realizados por Invemar y Univalle, principalmente (9 trabajos, generalmente del estuario tectónico de Bahía Málaga) (Betancourt *et al.*, 2011; Cantera, 2011; Castellanos-Galindo *et al.*, 2011; Cogua *et al.*, 2011; Duque-Escobar, 2011; Lozano-Duque, 2011; Guevara-Fletcher *et al.*, 2011; Invemar y Univalle, 2011; Mejía-Ladino, L. 2011); y Cauca (6 documentos sobre el río Patía) (CIOH Pacífico, 2011; CRC, 2011; Planeación Municipal, 2011; Posada y Quinceno, 2011; Ramírez-Chaves *et al.*, 2011; Restrepo y Cantera, 2011). De igual forma para el pacífico publicó una guía visual de organismos móviles y sésiles del litoral rocoso (García *et al.*, 2011) y sobre la pesquería tradicional de la piangua (Gil-Agudelo *et*

*al.*, 2011). Así mismo, se encontraron investigaciones en los estuarios de: La Guajira (4 trabajos en total) (Duque-Nivia, 2011c; León *et al.*, 2011; Molina y Duque-Nivia, 2011a-b), Magdalena (4) (Duque-Nivia, 2011a; Pérez, 2011; Rivera-Monroy *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2011) y Nariño (2) (Ibermar, 2011; UNEP-CPPS, 2011). Los departamentos que presentaron pocos trabajos fueron Antioquia, Bolívar y Córdoba (Cogua *et al.*, 2011; Agudelo-Zamora *et al.*, 2011). Asimismo, de acuerdo a las vertientes, se registra un mayor número de trabajos en los estuarios y lagunas costeras del Pacífico, con 31 publicaciones en total; mientras que en el Caribe, aunque el número de trabajos es más bajo, 10 en total, algunos de los estuarios estudiados tienen un seguimiento mayor a los 10 años (p.e. CGSM y Sinú). Por otro lado, las principales temáticas que se estudiaron se relacionan con caracterizaciones generales (9 trabajos) (CRC, 2011; Duque-escobar, 2011; Ibermar, 2011; IIAP, 2011; Invemar y CI, 2011; OCHA, 2011; Planeación municipal, 2011; SMF, 2011; UNEP y CPPS, 2011), con mayor énfasis en el componente biológico (8) (Agudelo-Zamora *et al.* 2011; Duque-Nivia 2011c; León *et al.*, 2011; Ramírez-Chaves *et al.*, 2011; Rivas, 2011a,f,g,k); seguidos de trabajos en ecología de peces (8) (Duque-Nivia 2011b; Rivas, 2011b,c,d,e, h, i, j), así como, investigaciones en ecología en general (3) (Castellanos-Galindo *et al.*, 2011; Pérez, 2011).

Cada vez se incrementan los esfuerzos para desarrollar investigación que permita el diseño de estrategias adecuadas para la conservación y recuperación de los estuarios (Beck *et al.*, 2001). Las pesquerías que se desarrollan en esas áreas se caracterizan por su complejidad ambiental, biológica y social, por lo cual, su estudio debe plantearse desde un punto de vista multidisciplinario e integral, a fin de poder tomar decisiones que permitan un desarrollo sustentable. En Colombia, existe información considerablemente buena sobre caracterización y comportamiento de los estuarios, los cuales han sido abordados desde diferentes temáticas, sin embargo, esas publicaciones se encuentran dispersas y no existe un acopio disponible para determinar el estado actual de los estuarios a nivel nacional; así como, su influencia en las pesquerías del país.

### **Comunidades agregadoras de biodiversidad en aguas profundas**

En el lecho marino profundo se desarrollan complejas estructuras biogénicas que proveen hábitats para otros organismos como invertebrados y peces, dichas formaciones pueden estar conformadas por asociaciones de diferentes taxa o, estar constituidas por una sola especie. Entre los principales grupos estructurantes se encuentran los corales escleractinios azooxantelados, no obstante, otros organismos de naturaleza calcárea como, briozoos, esponjas e incluso poliquetos, también logran

constituir estos ambientes (Wood *et al.*, 2012). De igual forma, las condiciones geológicas y químicas del ambiente, pueden favorecer la concentración de biodiversidad, como es el caso de los ambientes reductores, donde las emanaciones de gases o los procesos de descomposición sustentan bacterias quimiosintetizadoras, las cuales a su vez son el suministro de energía para fauna especializada (Tunncliffe *et al.*, 2003).

En Colombia, en la región Caribe se tienen evidencias preliminares de bancos constituidos por corales escleractinios (Reyes *et al.*, 2005; Santodomingo *et al.*, 2007), asociaciones entre briozoos, esponjas y octocorales (Corpogujira e Invemar, 2012; Cruz-Castaño *et al.*, 2005), así como de ambientes reductores (Gracia *et al.*, 2011a), a las cuales se encuentran concentrada la biodiversidad (Reyes *et al.*, 2005; Gómez-Lemos, 2006; Polanco *et al.*, 2009; Fontalvo *et al.*, 2010 y Gracia *et al.*, 2011c). La información acerca de estos ambientes en Colombia es aún incipiente, debido principalmente a los elevados costos y los retos metodológicos intrínsecos de la exploración del mar profundo, no obstante es de gran importancia ahondar en su conocimiento en aspectos como su extensión, distribución, composición y ecología, puesto que estos son los reservorios de información biológica, oceanográfica y geológica del país, que a futuro aportará datos novedosos de la fauna, el entendimiento de los procesos de la tierra y la solución a ciertas necesidades de la humanidad, como recurso alimentario y de fármacos.

De igual forma, el desconocimiento de estas comunidades, las convierten en zonas vulnerables, debido a los nuevos retos que afronta el país en la búsqueda de recursos naturales como los hidrocarburos, a la necesidad de nuevos cableados submarinos y a la exploración de nuevas áreas de pesca de arrastre, actividades que se están orientando actualmente a zonas cada vez más profundas. Desde esta perspectiva la investigación del mar profundo se convierte en una prioridad para la conservación, el manejo y uso adecuado de los recursos naturales de la nación en dichas áreas.

## **ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD MARINA**

La investigación científica sobre biodiversidad marina en Colombia es reciente. En los últimos 10 años se han realizado grandes avances en la generación de conocimiento, particularmente en cuanto a inventarios de especies y caracterización de ecosistemas, incluyendo mapas temáticos (Díaz y Acero, 2003). A pesar de su

mega diversidad y esfuerzos investigativos, el número total de especies de la flora y fauna en Colombia está lejos de ser bien conocida (Díaz y Acero, 2003), esta situación limita el uso de indicadores consistentes y requiere del desarrollo de capacidades científicas y técnicas en este campo para habilitar su utilización y su relación con los diferentes ecosistemas (Navarrete-Le Bas, 2011). A continuación se presenta la información relacionada al estado de la diversidad marina en cuanto al conocimiento de los diferentes grupos que la componen (plancton, invertebrados, peces, mamíferos, tortugas y aves marinas), incluyendo información sobre conservación y diagnóstico de especies amenazadas, así como referencias que fueron relevantes en el año 2011.

Para el Caribe colombiano se encuentra información de por lo menos 15 phyla con 4.945 especies, lo que en términos generales corresponde al 41% de los phyla marinos conocidos y alrededor del 41% de las especies registradas para todo el Caribe (Gracia *et al.*, 2011c). Aunque en Colombia el Pacífico históricamente ha sido un sector menos explorado que el Caribe, se tiene información de 13 phyla y 3.413 especies, lo que representa 36% de los grupos marinos conocidos y un 51% de las especies registradas para toda el Pacífico Oriental Tropical (POT) (Gracia *et al.*, 2011c). Aunque se considera que estos inventarios no son concluyentes, es así como para la región del Caribe Miloslavich *et al.* (2010) sugieren que con la excepción de manglares, fanerógamas, mamíferos, aves y reptiles, es de esperarse que en el futuro aumente el número de especies registradas para la mayoría de los taxones. Incluso para algunos grupos relativamente mejor conocidos como Mollusca, Echinodermata y Pisces, se esperan nuevos descubrimientos que comprendan la descripción de nuevas especies y nuevos registros de especies en el área. En este contexto, para equinodermos (grupo que no es muy rico en especies), la curva de acumulación de descubrimiento de especies en el Caribe muestra que se están acercando a una asíntota, mientras que por el contrario, la acumulación de las curvas de grupos ricos en especies como moluscos y peces, sugieren que su inventario completo está todavía lejos de ser concluido (Miloslavich *et al.*, 2010).

Para las dos costas colombianas, la información para otros grupos menores de Crustacea, Sipunculida, Cnidaria (e.g. hidroides) y Brachiopoda se encuentra aún dispersa y en un estado de conocimiento menor, mientras que en grupos como Fungi, Placozoa, Nematomorpha, Loricifera, Micrognathozoa, Cycliophora, Entoprocta, Phoronida, Nemertea, Gnathostomulida, Pogonophora, Rotifera, Priapulida, Kinorhyncha, Tardigrada, Nematoda, Ostracoda y Tunicata no se han llevado a cabo investigaciones que permitan establecer su estado actual en Colombia ni en otras partes del Caribe y POT (Miloslavich *et al.*, 2010; 2011).

## Fitoplancton

La comunidad fitoplanctónica comprende los organismos que por su capacidad fotosintética son autótrofos, hallándoseles flotando en la columna de agua de los ambientes acuáticos continentales o marinos donde constituyen el primer nivel trófico de la cadena alimenticia pelágica; caracterizándose además por su gran diversidad tanto en formas, ecología y taxonomía. De acuerdo a su dominancia en abundancia y diversidad, los grupos que usualmente se destacan en el medio marino son en su orden: Bacillariophyta (conocidos como diatomeas, de las que se estima para nuestro país la presencia de 337 especies y 19 variedades para el Caribe colombiano y de 222 especies para el Pacífico colombiano), Pyrrophytophyta (dinoflagelados, con 82 especies para el Caribe y 203 para el Pacífico), Cyanophyta (algas verde-azules o cianobacterias, con 17 especies para el Caribe y 4 para el Pacífico), Chlorophyta (algas verdes, con 13 especies para el Caribe) y otros microflagelados (grupo heterogéneo compuesto entre otros por silicoflagelados y coccolitoforidos, con 5 y 2 especies para el Caribe y el Pacífico colombianos, respectivamente).

No obstante, es probable que estos números de especies aumenten ante la presencia de especies que aún no hayan sido registradas, si se tiene en cuenta que la información obtenida se basa en estudios realizados en áreas puntuales y que los trabajos desarrollados y publicados son aún escasos y muchas veces enfocados a unos pocos grupos. A pesar de su importancia ecológica como principales productores primarios del mar y al creciente interés mundial por estos organismos en temas relacionados como sumideros de carbono, generación de florecimientos nocivos que afectan a veces la salud humana y la potencialidad para ser utilizadas en la producción de biocombustibles de segunda generación, los estudios y publicaciones referentes a la comunidad fitoplanctónica marina en nuestro país aún son escasos, hecho que se refleja en el reducido número de trabajos publicados en el año 2011, dentro de los cuales se destaca en el Caribe el de Sánchez *et al.* (2011), Vidal y Lozano-Duque (2011) y Lozano-Duque *et al.*, (2011), para el Pacífico colombiano se encuentran el de Acevedo (2011), Giraldo y Ramírez (2011) y Giraldo *et al.* (2011).

## Zooplancton

Se encuentra conformado por organismos de aproximadamente 20 phyla, encontrando organismos que durante toda su vida hacen parte del plancton denominados como holoplancton (copépodos y cladóceros, entre otros) y organismos temporales en los que sólo durante sus fases larvales hacen parte del plancton comúnmente llamados meroplancton (peces y equinodermos, entre otros). Presentan muchas funciones en varios niveles de las redes tróficas en el océano, como

consumidores, productores y presas, la mayoría de sus grupos se consideran como indicadores de la calidad ambiental y puede incluso determinar la dinámica de los recursos pesqueros, puesto que muchos peces dependen directamente de este recurso durante sus primeros estados de vida (Longhurst y Pauly, 1987). Mundialmente han sido descritas un número aproximado de 7.000 especies holoplanctónicas (Boltovskoy *et al.*, 2005), mientras en el Caribe y Pacífico colombiano se tienen registros de 14 phyla con un aproximado de 760 y 520 especies, respectivamente. Los grupos que presentan el mayor número de registros publicados son los copépodos en el Caribe (Medellín-Mora y Navas, 2010) y las larvas de peces (Beltrán-León y Ríos, 2000) e hidromedusas (López y Baldrich, 2010) en el Pacífico colombiano.

Entre los documentos que en el año 2011 aportaron sobre el tema se encuentran tres trabajos de pregrado (Hormaza, 2011; Ortiz, 2011 y Pabón, 2011), una tesis de maestría (Gutiérrez, 2011) para el Caribe colombiano y dos artículos publicados (Giraldo *et al.*, 2011; Valencia y Giraldo, 2011) para el Pacífico colombiano, este último, aporta al estado del conocimiento de la diversidad de especies, registrando un total de 46 especies de anfípodos hipéridos para la isla Gorgona.

Recientemente se han desarrollado aportes significativos para los listados nacionales de especies, pero aún la información sigue siendo dispersa, mostrando que su estudio se encuentra fragmentado y que incluso el número de especies se encuentre subestimado. En general, se destaca la falta de conocimiento con relación a grupos poco abundantes pertenecientes a Foraminífera, Annelida, Ctenophora, Phoronida, entre otros, considerando según Wiebe *et al.* (2010) que solo para el holoplancton, existen por lo menos 1.600 especies de 15 phyla aún sin describir. A su vez, es necesario fortalecer las diversas colecciones biológicas de referencia para este grupo, incluyendo la recientemente creada colección de zooplancton del Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC). Finalmente, también es fundamental para este componente, establecer patrones de distribución espacial, datos ecológicos y biológicos, los cuales son escasos para casi todos los organismos.

## **Invertebrados**

La biodiversidad a nivel de especies en el medio marino es muy alta, la mayoría perteneciente a diferentes grupos de algas e invertebrados (Márquez, 1996). Hasta la fecha, para el Caribe se han registrado aproximadamente 264 especies de equinodermos (Benavides-Serrato *et al.*, 2011), 113 de bryozoa (Montoya-Cadavid y Flórez, 2010), 586 de crustáceos decápodos (Gracia *et al.*, 2011c), 1.250 de moluscos (Gracia *et al.*, 2011c), 118 de corales escleractínios (Reyes *et al.*, 2010),

86 de octocorales (Gracia *et al.*, 2011c) y 15 antipatharios (Gracia *et al.*, 2011c). Para el Pacífico se han registrado 8 especies de bryozoa (Gracia *et al.*, 2011c) 124 de equinodermos (Benavides-Serrato *et al.*, 2011), 551 de crustáceos decápodos (Gracia *et al.*, 2011c) y 37 de corales escleractínios (Reyes *et al.*, 2010).

Hasta el año 2011 se ha avanzado en el conocimiento de algunos grupos taxonómicos, elaborando los listados de especies para corales duros (Scleractinia), Zoantideos, Plathelminthes, Mollusca (conos, opistobranquios, quitones, pulpos y calamares), Annelida (Polychaeta), Isopoda, Pycnogonida, Bryozoa y Echinodermata (Echinoidea). En el año 2011 en el Caribe se realizaron diferentes trabajos, algunos fueron realizados en crustáceos (Ávila *et al.*, 2011), equinodermos (Benavides-Serrato *et al.*, 2011), Nudibranquios (Báez *et al.*, 2011), moluscos de ambientes reductores (Gracia *et al.*, 2011a) y otros moluscos (Yidi y Sarmiento, 2011). De igual forma se generó una tesis de doctorado en crustáceos Galateideos (Navas, 2011) y en esponjas del género *Agelas* (Velandia, 2011). En el Pacífico colombiano se publicaron trabajos en diversos grupos de la macrofauna (Guevara-Fletcher *et al.*, 2011), crustáceos (Ávila *et al.*, 2011), organismos móviles y sésiles del litoral rocoso (García *et al.*, 2011) y piangua (Gil-Agudelo *et al.*, 2011).

Para Colombia, la tarea de conocer la biodiversidad marina es un reto de grandes proporciones, que requiere el fortalecimiento de las diversas colecciones biológicas, debido a que la información básica sobre su biodiversidad, es aquella que provee los diferentes museos y colecciones de referencia. Por lo cual es necesario su enriquecimiento, en especial las colecciones de los grupos menos estudiados (e.g. Ctenophora, Platyhelminthes, Nemertea, Annelida, Sipunculidos, Echiuridos y Vestimentíferos entre muchos otros), lo cual requiere el apoyo de especialistas en taxonomía y sistemática en estos grupos y en general de organismos marinos. Por otra parte, en muchos grupos de invertebrados la información se encuentra segregada, de tal forma es importante que los investigadores tomen conciencia de la necesidad de publicar sus trabajos y compilar la información. Así mismo, para seguir aumentando y confirmando las especies de invertebrados que habitan aguas del Caribe y Pacífico colombiano es indispensable seguir haciendo estudios de taxonomía y filogenia tanto en aguas someras como profundas.

## **Peces**

Los peces agrupan una gran riqueza de especies, correspondientes a más de la mitad de los vertebrados vivos, su riqueza no se restringe al número de especies y hábitats que ocupan sino que abarca también gran variedad de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y etológicas (Polanco *et al.*, 2010). Para las aguas

marinas colombianas Acero y Polanco (2006) redondearon la cifra de peces marinos nacionales a unas 2.000 especies, de las 28.000 que considera Nelson (2006) para el mundo, es decir el 12.5% de los peces conocidos (Acero, 2006); en la actualidad el número total aproximado de familias de peces para las aguas colombianas es cercano a 160 y 500 géneros (Polanco *et al.*, 2008). Para el Caribe colombiano han sido registradas y publicadas alrededor de 1.100 (Polanco *et al.*, 2010).

En el caso los elasmobranchios, en el año 2010 se elaboró el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras, en el que se proponen y planifican las líneas de acción prioritarias a corto, mediano y largo plazo, a nivel nacional y regional en los componentes de investigación, ordenación de la pesquería, educación ambiental y divulgación asociada al proceso (Caldas *et al.*, 2010). Durante el año 2011 se publicaron trabajos en diferentes temáticas como filogenia y taxonomía (González *et al.*, 2011; Palacio-Barros *et al.*, 2011; Tavera *et al.*, 2011), especies introducidas (Arbeláez y Acero, 2011, Martínez-Viloria *et al.*, 2011) y especies ornamentales (Polanco *et al.*, 2011). Así mismo, se realizaron cuatro tesis de pregrado en diferentes temáticas (Pérez-Fedrich, 2011; Páramo, 2011; Sánchez-Valderrama, 2011; Sánchez-Cardozo, 2011). Por otra parte, la Universidad de la Guajira entre Agosto y Octubre del año 2011 desarrolló el curso de actualización taxonómica de peces marinos. Así mismo se publicó un libro referente al protocolo de captura de información pesquera (Agudelo *et al.*, 2011).

A partir de los resultados obtenidos en los proyectos y estudios llevados a cabo en lo referente a la ictiofauna del país, se evidencia que el conocimiento de la biota marina colombiana en relación con los peces bentónicos y bentopelágicos ha aumentado considerablemente con la incursión de los investigadores en aguas más allá del límite de la plataforma (Polanco *et al.*, 2010). Sin embargo, la fauna del Caribe y sobre todo del Pacífico colombiano necesita esfuerzos de estudio aún mayores de los realizados hasta la actualidad que proporcionen la información necesaria para complementar los inventarios existentes.

### **Mamíferos Marinos**

Los mamíferos marinos son animales con un origen filogenético diverso y de gran heterogeneidad en tamaño y forma corporal, pero en conjunto comparten una adaptación total al medio acuático en el caso de los cetáceos y sirénidos, y parcial en el caso de los carnívoros (Perrin *et al.*, 2002). En Colombia los odontocetos incluyen a los cachalotes (Physeteridae), las picudas o zifios (Ziphiidae), los delfines de río (Iniidae) y los delfines marinos (Delphinidae). Todos tienen en común que viven permanentemente, desde la concepción hasta su muerte, en el medio acuático. En

relación con los carnívoros en Colombia se encuentran poblaciones de la familia Mustelidae, aunque ocasionalmente, en el Pacífico se observan ejemplares de la familia Otariidae que provienen del sur del continente (Capella *et al.*, 2008).

Colombia posee aproximadamente 45 especies de mamíferos marinos. En el Caribe colombiano se han registrado 18 especies: tres cetáceos con barbas, 13 cetáceos dentados, un sirénido y un carnívoro (Capella *et al.*, 2008). En el Pacífico colombiano se han registrado 27 especies: seis cetáceos con barbas, 17 cetáceos dentados y cuatro lobos marinos (Ávila *com pers.*, 2012).

Con respecto a los trabajos realizados en el año 2011 se realizó una guía de avistamiento de ballenas jorobadas (Arias-Gaviria *et al.*, 2011). El conocimiento de la biología y ecología de los mamíferos acuáticos en la región es escasa y sólo existe información para especies costeras como la ballena jorobada o yubarta (*Megaptera novaeangliae*), el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y el delfín moteado (*Stenella attenuata*). Se debe continuar con los estudios de distribución y estimación poblacional de los mamíferos marinos, especialmente de las especies costeras, que permitan conocer el tamaño de la población actual y su tasa de nacimiento y mortalidad y las amenazas que enfrentan (Ávila *com pers.*, 2012). En Colombia los mamíferos marinos son utilizados como recursos turísticos de manera oportunista, sin monitoreos a largo plazo ni planes de manejo. Están los casos de la temporada de reproducción de las ballenas jorobadas en zonas del Pacífico (Capella *et al.*, 2008). En relación a las tendencias, existen muy pocos trabajos orientados a seguir poblaciones de mamíferos marinos en una misma área marina durante períodos prolongados de tiempo, de tal forma que se puedan hacer comparaciones. Entre las principales amenazas detectadas en Colombia y que no han tenido una evaluación precisa y constante, están las siguientes entre otras: a) la ocurrencia de caza de pequeños cetáceos para carnada, b) la contaminación aguda por derrames de petróleo, c) la contaminación crónica por explotación minera, vertidos industriales y urbanos y los desechos sólidos de las embarcaciones de todo tipo, d) los efectos de eventos climático-oceanográficos, como El Niño Oscilación del Sur en la disponibilidad alimentaria para poblaciones de mamíferos marinos (Capella *et al.*, 2008).

## Tortugas

De las ocho especies de tortugas marinas que existen a nivel mundial, el Pacífico Colombiano registra la presencia de cuatro especies, canal (*Dermochelys coriacea*), caguama (*Caretta caretta*), carey (*Eretmochelys imbricata*) y verde (*Chelonia mydas*) (Álvarez-León, 2001), mientras que el Caribe Colombiano tiene una alta representación en sus costas, encontrándose reportes de seis de ellas, cuatro

que anidan en el área, como canal, caguama, carey y verde; y dos con registros accidentales golfina (*Lepidochelys olivácea*) y lora (*L. kempii*) (MAVDT y Invemar, 2002). Estos reptiles son de gran importancia gracias a que contribuyen a la salud y al mantenimiento de los principales ecosistemas marino costeros. Adicionalmente, debido a que su ciclo de vida se desarrolla en varios hábitats, ayudan al transporte de nutrientes entre los ambientes pelágicos y costeros (Chacón y Araúz, 2001; Eckert *et al.*, 2000).

En el país el estudio de estos reptiles se ha caracterizado por ser de línea base, principalmente en biología reproductiva con monitoreos en zonas de anidación, algunos pocos en áreas de forrajeo en la isla Gorgona en el Pacífico, y desde el 2009 se inició con el seguimiento de rutas migratorias en ambas costas mediante el uso de telemetría satelital. Para el año 2011, el Programa de Conservación de Tortugas Marinas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano – Acuario Mundo Marino continuó con el desarrollo de la IV y V Etapa del Proyecto Petrobras, donde se ejecutaron trabajos de monitoreo en playas de anidación en el sector Mendihuaca-Don Diego al norte del departamento de Magdalena, se llevó a cabo el levante de neonatos en sistemas cerrados en la instalaciones de la Universidad y el Acuario para su posterior introducción al medio natural en el mes de diciembre, donde adicionalmente se reintrodujo el primer ejemplar silvestre en el Caribe colombiano con dispositivo satelital, y se prosiguió con el rastreo del recorrido del juvenil de carey (*Eretmochelys imbricata*) que actualmente se encuentra en el estado de Quintana Roo, en México.

Finalmente, teniendo en cuenta las categorías de amenaza CR, EN y V (IUCN, 2011) en las que se encuentran todas las especies, y su inclusión en el Apéndice 1 de CITES (CITES, 2012), se hacen prioritarios estudios en ecología poblacional en áreas de anidación y forrajeo para determinar valores de abundancia en el país, así como de genética poblacional para determinar procedencia de individuos, continuar y ampliar el seguimiento satelital para determinar rutas migratorias que permitan establecer corredores en la zona marina-costera a nivel nacional e internacional, y estimar la valoración económica de servicios ambientales de este recurso

## Aves

Las aves marinas se definen como aquellas especies cuyo hábitat más general y su fuente de alimento es el mar, bien sea en ambientes costeros o pelágicos (Harrison, 1983; Estela *et al.*, 2010). En Colombia se han registrado 78 especies, organizadas en los cuatro órdenes considerados como aves marinas (Hilty y Brown, 2001; Estela *et al.*, 2010): Sphenisciformes –pingüinos- (2 especies), Procellariiformes -albatros y petreles- (23 especies), Pelecaniformes -pelicanos,

piqueros, tijeretas de mar, rabijuncos y cormoranes- (16 especies) y Charadriiformes -págalos, gaviotas y gaviotines- (37 especies).

En general existen más contribuciones sobre las aves marinas del Pacífico (67%, esfuerzos de la Universidad del Valle, Parques Nacionales y la Asociación Calidris) que del Caribe (33%). Los sitios mejor estudiados en el Pacífico son las islas de Malpelo y Gorgona, la bahía de Buenaventura y la región del Parque Sanquianga en Nariño. En el Caribe se destaca principalmente la Ciénaga Grande de Santa Marta, el antiguo delta del río Sinú, la Guajira y las islas del Rosario (Estela *et al.*, 2010). Por la dificultad de acceso a las área de estudio y la necesidad de colecta de especímenes, el inventario de estas especies en el país se ha considerado incompleto, y la mayoría de trabajos (62,6%) se ha concentrado en llenar este vacío de información (Estela *et al.*, 2010). En la actualidad hay algunas iniciativas importantes de trabajo con aves marinas a escala nacional, los cuales hacen parte de investigaciones continuadas por varios años y con algunas proyecciones a mediano y a largo plazo (Estela *et al.*, 2010). La Asociación Calidris y Parques Nacionales realizan trabajos de investigación en tres parques del Pacífico (Gorgona, Malpelo y Sanquianga) y en la isla de Salamanca en el Caribe. El Invenmar realiza desde el año 2000 un seguimiento de la avifauna del delta del río Sinú, donde se han hecho registros nuevos de algunas especies de aves marinas, así como estudios en isla Malpelo (Estela *et al.*, 2010).

Se hace fundamental continuar con los programas de seguimiento y monitoreo de aves marinas en sus colonias de reproducción, que además, puedan responder preguntas en otras temáticas como cambio climático y El Niño. En este contexto, es necesario tener programas a largo plazo consolidados por entidades que garanticen su continuidad. Otra temática importante es la necesidad de documentar mejor los registros de aves, por medio de la colecta de ejemplares que permitan una correcta identificación y la realización de estudios en evolución, sistemática o biogeografía (Estela *et al.*, 2010). Así mismo, se hace necesario divulgar los trabajos realizados, teniendo en cuenta que una significativa parte de los estudios en aves marinas permanecen como informes técnicos o trabajos de grado inéditos (Estela *et al.*, 2010).

### **Especies introducidas marinas y costeras**

Las especies introducidas son aquellas que han sido llevadas fuera de su ámbito natural por el ser humano, ya sea de manera intencional o accidental. Algunas de estas especies establecen poblaciones viables y prosperan de manera notable, hasta convertirse en especies invasoras con efectos negativos sobre las especies y

ecosistemas donde arriban, en algunos casos poniendo en riesgo la economía y la salud humana (Baptiste *et al.*, 2010). Las especies invasoras se consideran una de las cuatro mayores amenazas a los océanos del mundo, al lado de la contaminación marina de origen terrestre, la sobreexplotación de recursos marinos vivos y la destrucción de los hábitats marinos (Fernández, 2011). El transporte de organismos en aguas de lastre y adheridos a los cascos de los buques y la liberación (accidental o intencional) de especies importadas, son los principales medios de arribo de especies exóticas a ecosistemas marinos (Gracia *et al.*, 2011b).

La Base de Datos Global de Especies Invasoras (GISD) lista más de 330 especies marinas, de las cuales se reconocen 16 como establecidas para la ecorregión Caribe Sur. En Colombia, mediante la resolución 848 de 2008 se declararon 20 especies exóticas invasoras (15 de fauna y cinco de flora), seis de las cuales habitan en ambientes marinos y costeros. La resolución 207 de 2010 adicionó al listado las especies *Pterois volitans* (pez león) y *Penaeus monodon* (camarón de Asia o camarón jumbo).

En Colombia las especies exóticas invasoras de los ecosistemas marinos han sido poco estudiadas o subestimadas, a pesar de ser reconocidas como una amenaza a la biodiversidad en todo el mundo y de que existen compromisos internacionales para atender el tema, como el explícito en el artículo 8h del Convenio de Diversidad Biológica. Entre los documentos disponibles podemos citar la Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia (Gracia *et al.*, 2011b), que presenta información general sobre el tema y detallada a manera de fichas sobre 16 especies, las cuales se resumen en la Tabla 15. También, en el análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia (Baptiste *et al.*, 2010), se incluye un capítulo sobre especies acuáticas continentales y marinas. Otras referencias clave sobre el tema son Álvarez-León y Gutiérrez-Bonilla (2007), que presentan el estado del arte sobre invertebrados acuáticos introducidos y trasplantados en Colombia; Leal-Flórez *et al.* (2008) estudian el efecto de la tilapia nilótica en la ictiofauna nativa de la Ciénaga Grande de Santa Marta; De la Hoz (2008) registra por primera vez a *Corbicula fluminea* en Colombia; Gómez-Lemos y Campos (2008) registran la presencia de *Penaeus monodon* en aguas de La Guajira; González *et al.* (2009) divulgan la presencia del pez león *Pterois volitans*, una de las más recientes y agresivas invasiones biológicas marinas. Esta última ocupa actualmente la mayor atención a nivel nacional y regional, con esfuerzos dirigidos a enfrentar el problema. A nivel nacional se trabaja en la elaboración del Plan Nacional de Manejo y Control del Pez León en el Caribe colombiano, con acciones concretas como el Portal de Especies Introducidas de Colombia, donde se encuentra información general sobre

el tema e información detallada sobre el pez león, igualmente en este portal los usuarios pueden ingresar y consultar registros de esta especie a nivel nacional (<http://www.Invemar.org.co/invasoresmarinos>).

**Tabla 15.** Especies de macro organismos marinos introducidos en Colombia (Gracia *et al.*, 2011).

Especie	Origen	Categoría	Tipo de introducción	Área de invasión en Colombia	Posibles impactos
<i>Kappaphycus alvarezii</i> Alga aplanadora de arrecifes	Filipinas	Introducida	Intencional para cultivo	Cabo de la Vela-La Guajira	Causa muerte de corales
<i>Carijoa riisei</i> Coral copos de nieve	Atlántico occidental	Introducida invasora	Accidental	Islas y bajos rocosos del Pacífico	Desplazamiento de fauna bentónica nativa por competencia
<i>Tubastraea coccinea</i> Coral copa naranja	Indo-Pacífico	Introducida invasora	Accidental	Caribe y Pacífico	Desplazamiento de fauna bentónica nativa por competencia
<i>Alitta succinea</i> Gusano de los pilotes	Atlántico Norte oriental y Mar del Norte	Introducida invasora	Accidental, cascos de barcos y aguas de lastre	Pacífico: Buenaventura y Málaga. Caribe continental, San Andrés y Providencia	Modifica la biogeoquímica de los sedimentos, promueve actividad bacteriana. Competencia con especies locales de poliquetos.
<i>Electroma</i> sp.	Costa este de Sudáfrica	Introducida invasora	Accidental, en aguas de lastre	Caribe: Portete, Santa Marta, Morrosquillo y Dibulla	Monopoliza sustrato, forma parte del biofouling
<i>Corbicula fluminea</i> Almeja asiática	China, Corea y Rusia	Introducida invasora	Accidental por vías fluviales	Humedal Vía Parque Isla de Salamanca	Biofouling
<i>Perna viridis</i> Mejillón verde asiático	Golfo Pérsico, Indo-Pacífico	Introducida invasora	Accidental	Cartagena	Bioacumulador potencialmente peligroso si es consumido por humanos
<i>Perna perna</i> Mejillón café	India, Mar Rojo, África	Introducida	Intencional con fines de acuicultura	Cartagena	Biofouling en boyas de navegación. Bioacumulación de toxinas

Continuación de Tabla 15.

Especie	Origen	Categoría	Tipo de introducción	Área de invasión en Colombia	Posibles impactos
<i>Penaeus monodon</i> Camarón jumbo, camarón tigre	Indo- Pacífico, Australia, Mar Rojo y costa este de África	Introducida	Intencional para cultivo	Caribe	Vector de enfermedades. Competencia con especies nativas
<i>Charybdis hellerii</i> Cangrejo nadador del Indo-Pacífico	Océano Índico, Pacífico y Mediterráneo oriental	Introducida invasora	Accidental desde el Mediterráneo	Portete, Chengue, Ciénaga Grande de Santa Marta	Competencia con especies nativas
<i>Rhithropanopeus harrisi</i> Cangrejo del lodo	Canadá, México y costa oriental de Estados Unidos	Introducida	Accidental e intencional	Santa Marta, Cartagena	Vector de enfermedades. Competencia con especies nativas
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilapia, mojarra	África	Introducida invasora	Intencional	Ríos y ciénagas de todo el país. Ciénaga Grande Santa Marta	Desplaza las poblaciones de peces nativos, afecta la comunidad planctónica
<i>Trichogaster pectoralis</i> Gourami piel de culebra	Asia	Introducida invasora	Accidental e intencional	Ciénaga Grande de Santa Marta	Competencia y depredación de especies estuarinas nativas
<i>Omobranchus punctatus</i>	Indo-Pacífico occidental	Introducida	Accidental	Portete	Competencia con especies nativas
<i>Pterois volitans</i> Pez león	Indo- Pacífico, Pacífico central	Introducida invasora	Accidental	Caribe	Depredación y competencia de fauna marina nativa

### Especies amenazadas

A nivel internacional el Programa de Especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha evaluado el estado de conservación de especies, subespecies, variedades e incluso subpoblaciones seleccionadas a escala mundial, con el fin de destacar los taxones amenazados a la extinción por medio de la Lista Roja de la UICN de especies amenazadas. Para Colombia, esta lista registra hasta la fecha un total de 1.046 especies marinas en todas las categorías, con 61 especies registradas en el año 2011, de las cuales seis especies se encuentran dentro de las categorías de amenaza (Vulnerable - VU, En Peligro - EN y En Peligro Crítico - CR) (Tabla 16) (IUCN, 2011).

En Colombia, entre los años 2002 y 2006 se publicaron los libros rojos que incluyen organismos marinos (Ardila *et al.*, 2002; Mejía y Acero, 2002; Castaño-Mora, 2002; Renjifo *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2006), que presentan a manera de fichas la información relevante para cada una de las especies listadas. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por medio de la resolución 584 del 2002, declaró las especies amenazadas para Colombia; sin embargo, es necesario renovar estos listados, pues a la fecha existe información actualizada para algunas especies amenazadas y de algunas otras que han venido sufriendo impactos por diversos factores que generan su decrecimiento a nivel poblacional. Asimismo, es importante recalcar la necesidad de continuar desarrollando investigaciones que permitan identificar las especies y poblaciones potencialmente amenazadas y de esta manera conservar y proteger la diversidad marina y costera de Colombia

**Tabla 16.** Especies marinas catalogadas dentro de las categorías de amenaza para Colombia en el año 2011 (IUCN, 2011).

Familia - Especie	Categoría	Distribución geográfica	Justificación
Serranidae <i>Epinephelus itajara</i> Cherna, Mero, Guaza o Sapo	En Peligro Crítico (CR)	En aguas tropicales y subtropicales del Océano Atlántico	La sobrepesca de la especie, sumado al lento crecimiento, una madurez sexual a los 5 y 6 años y una agregación de los individuos, ha reducido la población en las últimas 3 generaciones (40.5 años)
Istiophoridae <i>Kajikia albida</i> Aguja Blanca o de Costa, Marlin Blanco, Pez Aguja	Vulnerable (VU)	En toda las aguas cálidas del Atlántico, desde 45° N y 45° S, incluyendo el Golfo de México, Mar Caribe y el Mediterráneo (esta última basada en unos pocos individuos errantes)	Explotación de la especie, para la cual se estima con base en la duración de la generación de entre 4.5 y 6.5 años, un descenso en abundancia de la población general en 9-37% en un período de 13 y 20 años, respectivamente
Istiophoridae <i>Makaira nigricans</i> Marlin Azul, Negro o Rayado, Pez Zuncho, Picudo	Vulnerable (VU)	En el Pacífico y Atlántico oriental tropical. Presenta cambios latitudinales con una expansión al norte y sur en los meses de verano y hacia el Ecuador, en los meses más fríos	Con una duración de la generación de entre 4.5 y 6 años, se estimó una disminución de la abundancia de la población general debido a la sobre explotación de 31 a 38% en 14 y 18 años, respectivamente
Mobulidae <i>Manta birostris</i> Manta Cornuda, o diablo, Manta Raya, Gigante o Voladora	Vulnerable (VU)	Tiene una distribución circuntropical y también semitemplada en todos los océanos del mundo. Las poblaciones actuales parecen estar esparcidas y fragmentadas	La tasa de reducción de la población parece ser alta en algunas regiones, hasta en un 80% en las últimas tres generaciones (75 años), y en el mundo una disminución mayor al 30%, por la constante presión de la pesca (tanto dirigida como incidental)

**Tabla 16.** Especies marinas catalogadas dentro de las categorías de amenaza para Colombia en el año 2011 (IUCN, 2011).

Familia - Especie	Categoría	Distribución geográfica	Justificación
Scombridae <i>Thunnus obesus</i> Atún Ojo Grande, Patudo	Vulnerable (VU)	Esta especie es circunglobal en mares tropicales y templados. No se encuentra en el Mediterráneo	Con la excepción de la población del Pacífico Occidental, las demás están siendo capturadas por debajo del rendimiento máximo sostenible. Sobre la base de la disminución de la biomasa total ponderada o la biomasa del stock reproductor, en todas las poblaciones, ha habido una disminución a nivel mundial de 42% durante los últimos 15 años
Scombridae <i>Thunnus thynnus</i> Atún Aleta Azul	En Peligro (EN)	En el Atlántico occidental, desde Canadá hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México y el Mar Caribe. En Brasil, donde se encontraba la mayor población, ya ha desaparecido. En el Atlántico oriental, desde Noruega a Islas Canarias. También en Mauritania, Mar Negro, Sudáfrica y Mar Mediterráneo	Ha experimentado un descenso en la captura por unidad de esfuerzo desde 1960. Las mejores estimaciones en 2010 indican que un descenso global entre el 29 y 51% a partir de la biomasa del stock reproductor, tanto de la población occidental y oriental en los últimos 21-39 años (tres generaciones), con base en un periodo entre 7 y 13 años

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

Los ecosistemas marinos y costeros y sus servicios ecosistémicos han sido degradados, transformados y perdido como consecuencia de los impactos asociados a fenómenos naturales y a los generados por diferentes actividades humanas. Las causas y tensores (motores), que direccionan estos procesos se pueden clasificar en directos o indirectos según su relacionamiento e incidencia sobre la base natural.

Entre los primeros, los tensores más fuertes del cambio son los cambios de uso del suelo en las zonas costeras y la pérdida de distintos tipos de hábitat, la pesca y la acuicultura, la introducción de especies exóticas y/o invasoras, la contaminación, los aportes excesivos de nutrientes (hipoxia y eutroficación), y el cambio climático. Entre los anteriores, el cambio climático y la introducción de especies exóticas se destacan como los más difíciles de revertir.

### **CAUSAS Y TENSORES INDIRECTOS**

#### **Cambio climático**

Más de 10 años han transcurrido desde que el Invermar, por mandato del entonces Ministerio del Medio Ambiente, se dio a la tarea de evaluar la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas frente a los potenciales efectos del cambio climático global y en particular el rápido ascenso del nivel del mar (ANM). Evaluaciones a nivel nacional (Invermar, 2003) han permitido posicionar a Colombia como un país con una mínima contribución de emisión de gases efecto invernadero (Primera Comunicación Nacional), pero con una alta vulnerabilidad en sus costas continentales e insulares frente a los efectos de inundación progresiva, erosión e intrusión marina. La condición de territorios insulares de los archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina al igual que el de islas del Rosario y San Bernardo, los califican como sitios críticos y prioritarios de intervención, permitiendo el desarrollo de iniciativas piloto de adaptación (Invermar-Coralina, 2011) en el tema monitoreo e información mediante un Sistema de Observación Global de los Océanos “GOOS” del Caribe Occidental y el soporte a la implementación de un sistema de áreas marinas protegidas para contribuir al fortalecimiento de la capacidad de adaptación de sus ecosistemas marinos.

La incorporación del riesgo asociado al ANM en los esquemas e instrumentos de planificación de los entes territoriales departamentales y

municipales ha sido considerada como una estrategia de adaptación adecuada frente a un escenario normativo y legislativo Nacional (Ley 388 de 1997; Conpes 3700) con miras a realizar un manejo integrado del riesgo, permitiendo partir de una posición relativamente avanzada aunque compleja, enfrentar las nuevas amenazas que impone el cambio climático global. Dos áreas consideradas como críticas han sido la base de aproximación hacia una exitosa implementación de esta estrategia de adaptación: San Andrés de Tumaco y Cartagena de Indias (Invemar, 2008b). En esta última se encuentra hoy en día en un proceso de consolidación del documento “Formulación de los lineamientos de adaptación al cambio climático en Cartagena de Indias”, un derrotero sin duda que abrirá las puertas a futuras implementaciones en otros sectores vulnerables del país (Invemar *et al.*, 2012).

Dentro de las acciones de fortalecimiento institucional, educación, divulgación y socialización, se cuenta desde el año 2009, con la conformación de una Red de Centros de Investigación Marina, cuyo principal foco de estudio son 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. Otra estrategia de adaptación, es la reciente conformación (2010) de un Nodo Regional de Cambio Climático Caribe e Insular, en el cual el Invemar actúa como un ente técnico y científico de asesoría, cuyo fin es el de establecer alianzas estratégicas para actuar coordinadamente en procura de mejorar el ambiente y contribuir al desarrollo sostenible, utilizando como herramientas la educación ambiental, la divulgación y la capacitación, la identificación, promoción y desarrollo de acciones relacionadas con cambio climático, tales como MDL, adaptación, gestión del riesgo y planificación territorial entre otras.

Los estudios que abordan algún aspecto relacionado con la temática de CCG en los cuales el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar ha participado se encuentran descritos con mayor profundidad en el portal temático [www.Invemar.org.co/cambioclimatico](http://www.Invemar.org.co/cambioclimatico).

## LITERATURA CITADA

- Acero, A. 2006. Peces Marinos de Colombia. *Biota Colombiana*, 7(2): 179-305.
- Acero, A. y A. Polanco. 2006. Aportes al conocimiento de la biodiversidad de peces marinos colombianos (1998-2005). Tomo II. 170-174 p. En: Chaves, M.E. y Santamaría, M. (eds.) 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 2 Tomos.
- Acavedo, J.D. 2011. Estructura y composición del ensamble fitoplanctónico en el PNN Gorgona (océano Pacífico colombiano) bajo condiciones El Niño (febrero de 2010). Trabajo de grado (Biología) Universidad del Valle. Cali. 99 p. + Anexos
- Acosta, A., A. Zapata, y G. Fagua. 2009. Técnicas de campo en ambientes tropicales: Manual para el monitoreo en ecosistemas acuáticos y artrópodos terrestres. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. 215 p.
- Agudelo, E., R.E. Ajiaco, L.E. Álvarez, C.G. Barreto, C.A. Borda, C.C. Bustamante, J.P. Caldas, J. De la Hoz, M.C. Diazgranados, G. Melo, E. Perucho, V. Puentes, A. Ramirez, A. Ramirez, M. Rueda, J.C. Salinas, y L.A. Zapata. 2011. Protocolo de captura de información pesquera, biológica y socio-económica en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de Pesca y Acuicultura - Subgerencia de Pesca y Acuicultura INCODER - Conservación Internacional. 80 p.
- Agudelo-Zamora, H., J. Ospina-Pabón, y L. Jiménez-Segura. 2011. Peces del río San Juan de Urabá, costa Caribe, Colombia, Suramérica. ISSN 0123 – 3068. Boletín Científico Centro de Museos - Museo de Historia Natural, 14(2): 129-13.
- Aguirre, N. 1994. Análisis morfodinámico de la cuenca hidrográfica norte del río Sinú. *Revista SIG-PAFC*, 4: 68-85.
- 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. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Invemar, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales –UAESPNN y The Nature Conservancy –TNC. Santa Marta, Colombia, 20 p.
- Alonso, D., P.C. Sierra Correa, F. Arias-Isaza y M. Fonltaivo. 2003. Conceptos y Guía Metodológica para el Manejo Integrado de las Zonas Costeras en Colombia, Manual 1: Preparación, caracterización y diagnóstico. Serie de documentos Generales de Invemar No. 12. 94 p.
- Álvarez-León, R. 2001. Las tortugas marinas de Colombia: estado actual de su conocimiento. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 25(95): 269-286. ISSN: 0370-3908.
- Álvarez-León, R. y F. Gutiérrez-Bonilla. 2007. Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y trasplantados en Colombia: Antecedentes efectos y perspectivas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 31(121): 557-574.
- Ambiotec Ltda. 2006. Estudio de impacto ambiental para el dragado de profundización del canal de acceso al puerto de Buenaventura. Contrato del Instituto Nacional de Vías # 430 de 2006.
- Andrade, C. 1992. Movimientos geostrofico en el Pacífico colombiano. *Boletín Científico CCCP*, 12: 23-38.

- Arbeláez, N. y A. Acero. 2011. Presencia del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus) en el manglar de la bahía de Chengue, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(2): 431-435.
- Ardila, N.E., G.R. Navas y O. Reyes (Eds). 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. Invemar. Ministerio del Medio Ambiente. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. 180 p.
- Arias-Gaviria, D., C.A. Muñoz-Vargas y I.C. Ávila. 2011. Guía de avistamiento ballenas jorobadas en Colombia. (Disponible en línea <http://www.guiadeballenas.com/>). Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Viceministerio de Turismo, Dirección de Calidad y Desarrollo Sostenible del Turismo, Bogotá, Colombia. 61 p.
- Ávila, I.C., L.M. Cuellar y J.R. Cantera. 2011. Crustáceos ectoparásitos y epibiontes de ballenas jorobadas, *Megaptera novaeangliae* (Cetacea; Balaenopteridae), en el Pacífico colombiano. *UNED Research Journal - Cuadernos de Investigación UNED*, 3(2): 177-185.
- Báez, D., N. Ardila, Á. Valdés and A. Acero P. (2011). Taxonomy and phylogeny of *Armina* (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae) from the Atlantic and eastern Pacific. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91:1107-1121.
- Banco de Occidente, 2007. Deltas y Estuarios de Colombia. En línea: <http://www.imeditores.com/banocc/deltas/presentacion.htm>.
- Baptiste, M.P., N. Castaño, D. Cárdenas, F.P. Gutiérrez, D.L. Gil y C.A. Lasso. (Eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 200 p.
- Barrero, D. 1979. Geology of the central Western Cordillera west of Buga and Roldanillo, Colombia. Bogotá. Ingeominas: Publicaciones Geológicas Especiales, No. 4: 1-75.
- Batista-Morales, A. 2009. VII-Estado de los litorales rocosos en Colombia. Pp. 125-155. En: Invemar. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008. Serie de Publicaciones Periódicas No.8. Santa Marta, Colombia, 243 p.
- Batista-Morales, A. y C.M. Díaz-Sánchez. 2010. VII-Estado de los litorales rocosos en Colombia. Pp. 133-158. En: Invemar. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas No.8. Santa Marta, Colombia, 319 p.
- Batista-Morales, A. y D.I. Gomez. 2010. Indicadores de estado de conservación de ecosistemas marino costeros de Colombia. Pp. 173 - 212. En: Invemar. Informe de Estado de los Ambientes y recursos Marinos y costeros en Colombia: Año 2009. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 319 p.
- Batista-Morales, A., L. Chasqui, M.C. Díaz-Ruiz y L.M. Mejía-Ladino. 2011. Informe técnico: Diagnóstico bioecológico de los arrecifes rocosos del área costera del Pacífico norte de Colombia (Caracterización ecológica preliminar del Golfo de Tribugá). Santa Marta, 66 p.
- Beamonte, E., A. Casino, E. Veres y J. Bermúdez. 2004. Un indicador global para la calidad del agua. Aplicación a las aguas superficiales de la Comunidad Valenciana. *Estadística Española*, 46(156): 357 - 384.
- Beck M.W., Kenneth L.H., Kenneth W.A., Daniel L.C., David B.E., Bronwyn M.G., Benjamin H., Cynthia G.H., Kaho H., Thomas J.M., Robert J.O., Peter F.S., and Michael P.W. 2001. The

- identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience*, 51: 633–641.
- Beltrán-León, B. y R. Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, Buenaventura. 727 p.
- Benavides-Serrato, M., G.H. Borrero-Pérez., J.R. Cantera, K.M. Cohen-Rengifo y R. Neira. 2011. Echinoderms of Colombia. In: Alvarado J. J and F. A Solis-Marin (Editor). *Echinoderm Research and Diversity in Latin America*. 480 p.
- Betancourt, J., J. Sánchez, L. Mejía-Ladino y J. Cantera. 2011. Calidad de las aguas superficiales de bahía Málaga, Pacífico colombiano. *Acta Biologica Colombiana*, 16(2): 175 - 192.
- Bianucci, S.P., A.R. Ruperto, C.A. Depettris y M.T. Clemente. 2005. Aplicación de indicadores de impacto ambiental al estudio de calidad de aguas continentales: caso de la laguna Los Lirios, Resistencia, Argentina. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Resumen T-0.38. UNNE: [www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-038.pdf](http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-038.pdf)
- Boesch y Turner, 1984. Dependence of fishery species on salt marshes. The role of food and refuge. *Estuaries*, 7: 460-468.
- Boltovskoy, D., N. Correa y A. Boltovskoy. 2005. Diversity and endemism in cold waters of the South Atlantic: contrasting patterns in the plankton and the benthos. *Scientia Marina*, 69 (Suppl. 2): 17-26.
- Bratström, H. 1980. Rocky-shore zonation in the Santa Marta area, Colombia. *Sarsia* 65: 163-226.
- Burke, L., K. Reytar, M. Spalding, and A. Perry. 2011. Reefs at risk revisited. World Resources Institutes.
- Burton, J. 2003. *Integrated Water Resources Management on a Basin Level: A training manual*. UNESCO. 240 p.
- Cadauid, B.C., P.A. Bautista, L.F. Espinosa, A.J. Hoyos, A.M. Malagón, D. Mármol, A.M. Orjuela, J.P. Parra, L.V. Perdomo, M. Rueda, C.A. Villamil y E.A. Viloría. 2011. 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. Invenmar. Informe Técnico Final. Santa Marta 127 p.+ anexos.
- Caldas, J.P., E. Castro-González, V. Puentes, M. Rueda, C. Lasso, L.O. Duarte, M. Grijalba-Bendeck, F. Gómez, A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, S. Bessudo, M.C. Diazgranados y L.A. Zapata Padilla (Eds.). 2010. Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia (PAN-Tiburones Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario, Secretaría Agricultura y Pesca San Andrés Isla, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Instituto Alexander Von Humboldt, Universidad del Magdalena, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Pontificia Universidad Javeriana, Fundación SQUALUS, Fundación Malpelo y otros Ecosistemas Marinos, Conservación Internacional, WWF Colombia. Editorial Produmedios, Bogotá. 60 p.
- Campbell D.E. 2000. Using energy system theory to define, measure and interpret ecological integrity and ecosystem health. *Ecosystem Health*, 6(3): 181-204.
- Cano, J. 2011. Caracterización morfométrica de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* en la Costa Pacífica colombiana. Trabajo de grado (Biología), Universidad del Valle. Cali. 102 p.
- Cantera Kintz, J.R. 2011. Estadios de vida vulnerable de organismos marinos de bahía Málaga: Guía para su identificación. Programa Editorial Universidad del Valle. 80 p.

- Capella J., L.F. González y J.C. Herrera. 2008. Estado de los mamíferos marinos en Colombia. Pp. 238 En: Invemar 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Invemar. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 380 p.
- Cardique (Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique). 1997. Diagnóstico y zonificación de las áreas de manglar del departamento de Bolívar. Cartagena, 228 p.
- Carrera, R. 2008. Preferencias reveladas de los agentes socioeconómicos para el uso y el manejo de los arrecifes de coral en la isla de San Andrés (Caribe colombiano). Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales- Programa en Ecología. Bogotá 111 p.
- Castaño-Isaza J. 2011. Development of payments for ecosystem services for the Seaflower MPA: An Innovative Financing Mechanism to Protect Coastal and Marine Ecosystems. Tesis de Magíster. Brandeis University. 71 p.
- Castaño-Mora, O. V. (Ed). 2002. Libro rojo de reptiles de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Conservación Internacional Colombia. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. 160 p.
- Castellanos-Galindo G.A. y A.A. Villa. 2008. Rocky shore fishes of Punta Cruces and Cabo Marzo. P p. 53-59. En: Giraldo A. & Valencia B. (Eds) Chocó: Paraíso por naturaleza. Punta Cruces y Cabo Marzo. Editorial Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Castellanos-Galindo, G., Cantera, J., Espinosa, S. y Mejía-Ladino, L. 2011. Use of local ecological knowledge, scientist's observations and grey literature to assess marine species at risk in a tropical eastern Pacific estuary. *Aquatic Conservation - Marine Freshwater Ecosystems*, 21: 37-48.
- CCCP (Centro de Control de la Contaminación en el Pacífico). 2002. Compilación oceanográfica de la cuenca Pacífica colombiana. DIMAR – CCCP. 107 p.
- CDB. 1992. Convenio sobre diversidad biológica. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro. Brasil.
- Cediel, F., R.P. Shaw & C. Cáceres. 2003. Tectonic assembly of the Northern Andean Block. En: Bartolini C., Buffer R. T. and Blickwede J. (Eds.). *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics*. AAPG Memoir 79: 815-848.
- CENIACUA, 2010. Cartilla de consideraciones ambientales y normativas para el establecimiento de cultivos marinos. 44 p.
- Chacón, D. y R. Araúz. 2001. Diagnóstico regional y planificación estratégica para la conservación de las tortugas marinas en Centroamérica. Red Regional para la Conservación de las Tortugas Marinas en Centroamérica. 136 p.
- Chiappone, M (Ed.). 2001. Water quality conservation in Marine Protected Areas. A Case Study of Parque Nacional del Este, Dominican Republic. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia. 90 p.
- Cintrón-Molero, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la ecología del manglar. ROSTLAC UNESCO. Montevideo (Uruguay), 109 p.
- CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas) y Cardique. 1998. Caracterización y diagnóstico integral de la zona costera comprendida entre Galerazamba y bahía Barbacoas. Tomo I. Cartagena, 66 p.

- CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas). 2011. Primera investigación en Colombia sobre el delta del río Patía y las consecuencias ambientales del Caso Patianga. Informe final, Tumaco. 32 p.
- CITES. 2012. Apéndices I, II y III. Disponible en internet: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>  
Fecha de consulta: Febrero 03 de 2010.
- Codechocó e IIAP. 2010. Diagnóstico y zonificación del ecosistema de manglar del Pacífico Chocoano. Quibdó. 256 p.
- Cogua, P., G. Duque y N. Campos. 2011. Estudio comparativo del flujo de mercurio a través de redes detritívoras y planctívoras en un estuario tropical. Tesis Doctoral (Ciencias - Biología). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 125 p.
- Cormagdalena (Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena). 2009. Boletín de prensa N° 32. <http://www.cormagdalena.com.co> 30/10/2009.
- Corpoguajira e Invemar. 2012. Atlas marino costero de La Guajira. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 27. Santa Marta, Colombia. 188 p.
- Corpourabá - Universidad Nacional de Colombia. 1998. Informe final sobre la "Evaluación de zonas de erosión crítica en el litoral Caribe antioqueño". Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Medellín, 199 p. + anexos
- Correa, I.D. y G. Vernet. 2004. Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (sector Arboletes - Turbo) costa Caribe colombiana. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 33: 7-28.
- Correa, I.D. y J.J. Restrepo. 2002. Geología y oceanografía del delta del río San Juan, litoral Pacífico colombiano. Medellín, 221 p.
- Correa, I.D., J. Alcántara-Carrió & R. González. 2005. Historical and Recent Shore Erosion Along the Colombian Caribbean Coast. Journal of Coastal Research (Proceedings of the 2nd Meeting in Marine Sciences). Valencia-Spain, 52-57.
- Cortés, F., J. Betancourt, L. Ramos, M. Murcia, E. Escarria, L. Mejía, H. Sáenz, D. Mármol y L. Gómez. 2011. Calidad de aguas, sedimentos y comunidades marinas antes de la perforación exploratoria del Pozo Uchua I. Invemar, Coordinación de Servicios Científicos. Informe técnico final realizado para la firma PETROBRAS S.A. Santa Marta. 217 p. + anexos
- Cortés, F.A. 2011. Estratificación vertical y distribución horizontal de la comunidad macrofaunal sublitoral en los sedimentos marinos. Tesis Maestría (Biología Marina). Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta. 75 p.
- CRC (Corporación Autónoma Regional del Cauca). 2011. Diagnóstico biofísico Patía. Informe final, Popayán. 78 p.
- Crist, P. & B. Csuti. 2007. Gap Analysis. 151-157. En: Scott, J.M. (Ed.). A Handbook for Conducting Gap Analysis. Gap Analysis Program, USGS, University of Idaho, Moscow, ID. 221 p.
- Cruz-Castaño, N., A. Polanco, D.I. Gómez, G. Duque, N. Santodomingo, A. Gracia, J. Reyes-Forero, M.C. Díaz-Ruiz y P. Flórez. 2005. Caracterización de la zona costera del departamento de La Guajira: Una aproximación para su manejo integrado. Componente macrofauna a 10 y 50 m de profundidad. Informe técnico Invemar - Corpoguajira, Santa Marta. 86 p.

- CVS - Invemar. 2011. Ajuste y socialización de las determinantes ambientales de zona costera para los Planes de Ordenamiento Territorial, POT, de los municipios de San Antero y San Bernardo del Viento, en el departamento de Córdoba y valoración económica de los servicios ambientales prestados por el manglar en el Distrito de Manejo Integrado, DMI, Cispatá. Informe técnico final, convenio CVS-Invemar No. 33. Editado por: A.P. Zamora-Bornachera y A.C. López. Santa Marta. 127 p. + anexos.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2011. Colombia. Proyecciones de población municipales por área 2005 - 2020. [www.dane.gov.co/](http://www.dane.gov.co/). 06/11/2011.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2010. Colombia. Proyecciones de población departamentales por área. 2005 – 2020. Fecha de actualización de la serie: miércoles 29 de diciembre de 2010.
- Day, J. y A. Yañez-Arancibia. 1982. Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach. Ciencia Interamericana OEA Washington (volumen especial) Ciencias del MarMar. Sci, 22(1-2): 11-26.
- De la Hoz, M. V. 2008. Primer registro en Colombia de *Corbicula fluminea* (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), una especie invasora. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 37(1): 197-202.
- Díaz, J.M. (ed.), L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F.A. Zapata & S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales 5. Invemar, Santa Marta. 176 p.
- Díaz, J.M. and A. Acero. 2003. Marine biodiversity in Colombia: achievements, status of knowledge and challenges. *Gayana*, 67(2): 261-274.
- Díaz-Merchán, J.A. 2001. Hallando la tarifa de entrada óptima al Parque Corales del Rosario: Un modelo de disponibilidad a pagar. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 41 p.
- Díaz-Sánchez, C.M, y A. Batista-Morales, 2011. Estado de conocimiento litorales rocosos. p. 155-174. En: Informe del estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2010. Invemar. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 322 p.
- DNP. 2007. 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino Costero en forma eficiente y sostenible. Dirección Nacional Marítima DIMAR Departamento Nacional Planeación DNP, Bogotá, Colombia. 101 p.
- DNP. 2011. Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014: Prosperidad para todos, Más empleo, menos pobreza y más seguridad. Departamento Nacional Planeación DNP, Bogotá, Colombia. 541 p.
- Dudley, N and J. Parish. 2006. Closing the gap-creating ecologically representative protected area systems: A guide to conducting the gap assessments of protected area systems for the convention on biological diversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Technical Series No24, Montreal. 114 p.
- Duque-Caro, H. 1990, The Chocó block in the northwestern corner of South America: structural, tectonostratigraphic and paleogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 3: 71-84.
- Duque-Caro, H. 1991. Contributions to the Geology of the Pacific and The Caribbean Coastal Areas of northwestern Colombia and South America Ph.D. Thesis Princeton University.U.M.I. Dissertation Services. Order Number 9127063, 132 p.

- Duque-Escobar, G. 2011. ¿Un Mega-puerto en Bahía Málaga?. Fecha de publicación: Manizales, mayo 25 de 2011. En línea: [http://eje21.com.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=23290&Itemid=1](http://eje21.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=23290&Itemid=1).
- Duque-Nivia, G. 2011a. Relación de las variables bióticas y abióticas con los niveles de agua deducidos a partir de altimetría radar por satélite en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Universidad Nacional de Colombia (Sede Palmira). Informe Técnico Final. 112 p.
- Duque-Nivia, G. 2011b. Variaciones espacio-temporales de las comunidades de peces *Brycon henni* en función de la calidad del micro hábitat disponible en la cuenca del río Dagua. Tesis pre-grado (Biología). Universidad Nacional de Colombia (Sede Palmira). 108 p.
- Duque-Nivia, G. 2011c. Caracterización de la ictiofauna en la cuenca baja del río Ranchería, sector del Ríto departamento de La Guajira, Colombia. Informe final. Palmira, 107 p.
- Eckert, K.L., K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Editores). 2000 (Traducción al español). Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Grupo de especialistas en tortugas marinas UICN/CSE Publicación No. 4.
- Eggert, H y B. Olsson. 2009. Valuing multi-attribute marine water quality. *Marine Policy*, 33: 201-206.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Naciones Unidas. CEPAL - SERIE Recursos naturales e infraestructura N° 50. 68 p.
- Espinosa, L.F., J.P. Parra y C. Villamil. 2011. Determinación del contenido de metales pesados en las fracciones geoquímicas del sedimento superficial asociado a los manglares de la CGSM, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1): 7-23.
- Estela, F. M. López-Victoria, L.F. Castillo, L.G. Naranjo. 2010. Estado del conocimiento sobre aves marinas en Colombia, después de 110 años de investigación. *Boletín SAO (SE – Aves Marinas en Colombia)*, 20: 2-21.
- European Commission, 2004. EUROSION: “Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability”. En: <http://europa.eu.int>; <http://www.euroSION.org>.
- Fernández, F. 2011. El impacto de las especies exóticas sobre la biodiversidad y la respuesta internacional. Pp. 14-18. En: Gracia, A., Medellín-Mora, J., Gil-Agudelo, D.L. y V. Puentes (eds.). Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. Invermar - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 136 p.
- Field, C. 1997. La restauración de ecosistemas de manglar. Organización Internacional de Maderas tropicales- OIMT, Sociedad Internacional para los Ecosistemas de manglar. ISME. Managua. 211 p.
- Fontalvo-Palacio, E., A. Gracia y G. Duque. 2010. Moluscos bentónicos de La Guajira (10 y 50 m de profundidad), Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(2): 397-416.
- Freeman, A.M., III. 2003. *The Measurement of Environmental and Resource Values: theory and Methods*. Washington, DC: Resources for the Future. 491 p.
- Garay, J y A.M. Vélez. 2004. Programa nacional de investigación, evaluación, prevención, reducción y control de fuentes terrestres y marinas de contaminación al mar – PNICM. Invermar. Santa Marta. 110 p.
- García, S. y L. Le Reste. 1981. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones pendidos costeros. FAO. Roma, 180 p.

- García-Suárez S.D., A. Acosta, E. Londoño-Cruz, J.R. Cantera Kintz. 2011. Organismos móviles y sésiles de litoral rocoso del Pacífico Colombiano: Una guía visual para su identificación. Conservación Internacional Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, 133 p.
- Gil-Agudelo D.L., S. Espinosa, M.F. Delgado, W. Gualteros, C.H. Lucero, L.A. Zapata-Padilla, A.M. Roldán, C.J. Palacio, O. Muñoz, J.R. Cantera, C.A. Borda-Rodríguez, C.G. Barreto-Reyes, E.G. Portilla. 2011. La pesquería tradicional de piangua en el Pacífico colombiano, entre la subsistencia y el comercio. En: J.M. Diaz, C. Vieira y G. Melo (eds.) Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano. Fundación Marviva-Colombia, Bogotá. 49-79.
- Gil-Torres, W. y G. Ulloa-Delgado. 2001. Caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares del departamento de Córdoba. CVS. Montería, 113 p.
- Gil-Torres, W., G. Fonseca, J. Restrepo, P. Figueroa, L. Gutiérrez, G. Gómez-M., P.C. Sierra-Correa, M. Hernández-Ortiz, A. López y C. Segura-Quintero. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira. 283 p. + 2 anexos
- Gil-Torres, W.O., y G.A. Ulloa-Delgado. 2001. Caracterización, Diagnóstico y Zonificación de los manglares del departamento de Córdoba. Sincelejo, 220 p.
- Giraldo, A. y D.G. Ramírez. 2011. Fitoplancton costero en cabo Marzo y punta Cruces, margen nororiental del Océano Pacífico colombiano. Boletín Científico CIOH, 28: 173-203.
- Giraldo, A., B. Valencia y D.G. Ramírez. 2011. Productividad planctónica y condiciones oceanográficas locales en isla Gorgona durante julio de 2006. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 40(1): 185-201.
- Gómez, L.A. 2011. Patrones de cambio en la talla de la megafauna bentónica de fondos blandos tropicales: correlativos biológicos y ambientales. Tesis Maestría (Biología Marina), Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 45 p.
- Gómez, L.A., K.P. Ibarra, J.M. Betancourt, D.F. Morales y M.P., Bolaño. 2011. Estudio granulométrico, de calidad de aguas, sedimentos y comunidades hidrobiológicas (bentónicas), en inmediaciones de la Sociedad Portuaria Río Córdoba, durante y después de la recuperación de la barcaza hundida en diciembre de 2010. Invemar, Coordinación de Servicios Científicos. Informe técnico de avance realizado para la empresa Sociedad Portuaria Río Córdoba S.A. Santa Marta. 119 p. + anexos
- Gómez-Lemos, L. 2006. Caracterización de la comunidad de crustáceos Brachyura de la plataforma continental (10 y 50 m de profundidad) del departamento de La Guajira, Caribe colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina) Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 76 p.
- Gómez-Lemos, L. y N. Campos. 2008. Presencia de *Penaeus monodon* Fabricius (1798) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) en aguas de La Guajira Colombiana. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 37(2): 221-225.
- Gómez-Pompa, A. y A. Kaus 1992. Taming the Wilderness Myth. Bioscience, 42: 271-279.
- González H., A. Núñez y G. París. 1988. Mapa geológico de Colombia, Memoria explicativa. INGEOMINAS. Bogotá.
- González, J., M. Grijalba-Bendeck, A. Acero P. y R. Betancourt-R. 2009. The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. Aquatic Invasions, 4(3): 507-510.

- González, J.D., A. Acero-P, A. Serrat-LL. y R. Betancur-R. 2011. Caracterización taxonómica de la población del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) (Scorpaenidae) residente en el Caribe colombiano: merística y morfometría. *Biota Colombiana*, 12(2): 15-21.
- Gracia, A., N. Rangel-Buitrago & J. Sellanes. 2011a. Methane seep mollusks from the Sinú-San Jacinto fold belt in the Caribbean Sea of Colombia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, doi:10.1017/S0025315411001421.
- Gracia, A., J. Medellín-Mora, D.L. Gil-Agudelo y V. Puentes. (Eds.). 2011b. Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. Invenmar, Serie de Publicaciones Especiales No. 23. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 136 p.
- Gracia, A., J. Medellín-Mora, M. Garrido-Linares, E. Arteaga-Sogamoso y A. Merchán-Cepeda. 2011c. Estado del Conocimiento de la Diversidad de Especies. Pp. 195-250. En: Invenmar 2011. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2010. Invenmar. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 322 p.
- Groves, C. B., L. Valutis, D. Vosick, B. Neely, K. Wheaton, J. Touval y B. Runnels. 2000. Diseño de una geografía de la esperanza: manual para la planificación de la conservación ecorregional. *The Nature Conservancy*, Vol. I y II, Segunda Edición. Arlington, Estados Unidos. 215 p.
- Guevara-Fletcher, C.E., J.R. Cantera, L.M. Mejía-Ladino y F. Cortés. 2011. Benthic macrofauna associated with submerged bottoms of a tectonic estuary in Tropical Eastern Pacific. *Journal of Marine Biology*, 2011(ID 193759):13. doi:10.1155/2011/193759.
- Guevara-Mancera, O.A., H. Sánchez-Páez, G.O. Murcia-Orjuela, H.E. Bravo-Pazmiño, F. Pinto-Nolla y R. Álvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico colombiano. En: Sánchez-Páez, H., O.A. Guevara-Mancera y R. Álvarez-León (Eds.) Proy. PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia, MINAMBIENTE / ACOFORE / OIMT. Santafé de Bogotá D.C. (Colombia).
- Gutiérrez, J.M. 2011. Estructura vertical del zooplancton oceánico del mar Caribe colombiano. Tesis Maestría (Ciencias – Biología). Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta.
- Guzmán-Rada, J. y D. Toloza-Reales. 2007. Valoración económica del uso recreativo del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) a través de los métodos de valoración contingente y costo de viaje. Trabajo de grado (Economía). Universidad del Magdalena. Santa Marta. 117 p.
- Harrison, P. 1983. *Seabirds, an identification guide*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Hilty, S.L., W.L. Brown. 2001. *Guía de las aves de Colombia*. Princeton University Press, American Bird Conservancy-ABC, Universidad del Valle, Sociedad Antioqueña de Ornitología-SAO, Cali.
- Hobbs, R.J., & D.A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 4: 93-110.
- Hormaza, A. 2011. Composición, abundancia y distribución de larvas de crustáceos decápodos en estado zoea entre los 0 y 600 metros de profundidad en la provincia oceánica del mar Caribe colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina), Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 140 p.
- Ibáñez, A.M. 2001. The random utility model for recreation: A model for incorporating health effects and the costs of imperfect information. Documento CEDE D2001-03. 33 p.

- Ibermar. 2011. Gestión litoral en Colombia: reto de un país con tres costas. Informe final, Bogotá. 45 p.
- IDEAM – Universidad Nacional de Colombia. 1998. Morfodinámica, población y amenazas en el litoral Caribe, sector valle del Sinú–Canal del Dique. Bogotá, informe inédito, 155 p.
- IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá DC, 276 p. +37 hojas cartográficas
- IDEAM. 2001. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Primera ed., Trade Link Ltda.: Bogotá, Colombia. 307 p.
- IDEAM. 2002. Análisis multitemporal del cauce del río Magdalena en el periodo 1980-2000. Sector Barrancabermeja–Bocas de Ceniza. Bogotá, 43 p.
- IDEAM. 2011. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de “La Niña”. Boletín No. 24. 06 de enero de 2011 8/11/2010.
- IGAC. 2002. Mapa oficial de La República de Colombia. Fronteras Terrestres y Marinas. Bogotá.
- IIAP. 2011. Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Informe final. Quibdó, 213 p.
- INGEOMINAS. 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial # 21. Bogotá, 111p.
- INGEOMINAS. 2007. Mapa Geológico Digital Colombiano. En línea <http://www.ingegominas.gov.co/content/view/659/85/>. (Consultado mayo 26 de 2008).
- Invemar - CI. 2011. Estrategia de manejo regional para la conservación de la biodiversidad in situ marina y costera del Pacífico colombiano (Amenazas de la biodiversidad). Representación cartográfica.
- Invemar - Coralina. 2011. Diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del Caribe colombiano. En: Proyecto Nacional Piloto de Adaptación (Donación TF 056350). Informe Final. The World Bank, GEF, INS, IDEAM, CI, Invemar y CORALINA. 69-87.
- Invemar – TNC – CI – UAESPNN. 2009. Informe Técnico: Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano. Alonso, D., Ramírez, L. F., Segura- Quintero, C., Castillo-Torres, P., Díaz, J.M., Walschburger, T. y N. Arango. Serie de Documentos Generales No. 41. Santa Marta. 106p + anexos
- Invemar - Univalle. 2011. El papel de la salinidad en las asociaciones de larvas en bahía Málaga: valoración de la importancia de esa área como sala-cuna y comparación con otros estuarios en hábitats tropicales. Informe final. Palmira, 91 p.
- Invemar, CARSUCRE, 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. 5 tomos.
- Invemar, MADS, Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias y CDKN, 2012. Lineamientos para la adaptación al cambio climático de Cartagena de Indias. Proyecto de la Adaptación al cambio climático en la Planificación Territorial y Gestión sectorial de Cartagena de Indias. Editores: Rojas, G.X., J. Blanco y F. Navarrete. Cartagena. Serie de documentos especiales del Invemar. No 55. 40 p.
- Invemar. 2000. Programa Nacional de Investigación en biodiversidad Marina y Costera. Díaz, J.M. y D. Gómez (Eds.). Invemar-FONADE-MMA. 83 p.

- Inveemar. 2002. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie Documentos Generales No. 3. Santa Marta. 292 p.
- Inveemar. 2003. Programa holandés de asistencia para estudios en cambio climático: Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. Programa para la Investigación Marina y Costera – GEZ. Inveemar. Vides, M.P., ed. Santa Marta, Colombia. p. VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD Atlas digital.
- Inveemar. 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros de Colombia: AÑO 2004. Series de publicaciones periódicas No. 8. Junio de 2005. 213 p.
- Inveemar. 2005a. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2004. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 210 p.
- Inveemar. 2005b. Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación, de los manglares de la zona costera del departamento Atlántico, Caribe colombiano. Informe final. Inveemar – CRA. Santa Marta. 191 p. + 5 anexos
- Inveemar. 2006a. Caracterización de la zona costera del departamento de La Guajira: Una aproximación para su manejo integrado. Componente físico. Informe preparado para Corpoguajira como parte del Convenio 01-2004. Santa Marta, 123 p.
- Inveemar. 2006b. Proyecto BPIN: Diseño e implementación de un programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia. Santa Marta, 35 p. + 7 anexos
- Inveemar. 2006c. Ordenamiento ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico. Informe final componente físico. Barranquilla, 108 p.
- Inveemar. 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 380 p.
- Inveemar. 2008b. Sea-level rise coastal adaptation. Technical Report NCAP Colombia Project. ETC Project Number 032135. Marine and Coastal Research Institute. Vides, M.P., ed. Santa Marta, Colombia. 290 p.
- Inveemar. 2009. Hoja metodológica indicador extensión de bosque de manglar. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Inveemar. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 9 p.
- Inveemar. 2011a. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia. Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No 8. Santa Marta, 322 p.
- Inveemar. 2011b. Plan institucional cuatrienal de investigación ambiental 2011-2014. Versión 00. Compilado por Otero, D y M. Zurbarán. 173 p.
- Inveemar. 2011c. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. <http://www.Inveemar.org.co/siam/redcam>. 22/10/2011.
- Inveemar. 2011d. Red de Información y Datos del Pacífico sudeste para el apoyo a la gestión integrada del Área Costera. Fase I; Informe Técnico de Avance UNESCO Fase I. Santa Marta, 30 p.
- Inveemar. 2012. Hoja metodológica indicador de integridad de bosques de manglar. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Inveemar. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 10 p.
- IUCN, 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 11 April 2012.

- James Cruz, J.L. 2003. Estimación de la tarifa de acceso al Parque Regional Johnny Cay. Tesis Maestría. Universidad de los Andes. Bogotá. 43 p.
- Karr, J.R. 1991. Biology Integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological application*, 1(1): 66-84.
- Kellog, J.N., V.M. Godley, C. Ropain, A. Bermudez. 1983. Gravity anomalies and tectonic evolution of northwestern South America. 10th. Caribbean Geological Conference. Transactions, Cartagena de Indias, Colombia. 18-31.
- Leal-Flórez, J., M. Rueda y M. Wolff. 2008. Role of the non-native fish *Oreochromis niloticus* in the long-term variations of abundance and species composition of the native ichthyofauna in a Caribbean estuary. *Bulletin of Marine Science*, 82(3): 365-380.
- León, L. C. Hernán y G. Duque-Nivia. 2011. Caracterización de las principales especies ícticas del sistema hidrográfico río Tapias. Informe final. Palmira, 97 p.
- Lindig-Cisneros, R. y J.B. Zedler. 2000. Restoring Urban Habitats, a Comparative Study. *Ecological Restoration*, 18: 185-194.
- Longhurst, A. y D. Pauly. 1987. *Ecology of tropical oceans*. San Diego: Academic Press, 407 p.
- López, R. y A. Baldrich. 2010. Hidromedusas del océano Pacífico colombiano: Catálogo básico de identificación rápida I. Panamericana. Universidad Militar Nueva Granada. Formas e impresos S.A. 79 p.
- López-Rodríguez, A., M. García, P.C. Sierra-Correa, M. Hernández-Ortiz, I. Machacón, J. Lasso, O. Bent, A. Mitchel, C. Segura, S. Nieto, J. Espriella. 2009a. Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Serie de documentos generales No 30. 117 p. + 2 anexos.
- López-Rodríguez, A., P.C. Sierra-Correa, J.C. Rodríguez Peláez, M. Hernández-Ortiz, C. Muñoz, C. Satizabal, J. Zamudio, G. Almario, J. Bolaños, y L.M. Prieto. 2009b. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de López de Micay, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). Serie de Documentos Generales Invemar No 34. 197 p. + 2 anexos
- López-Victoria, M., J.R. Cantera, J.M. Díaz, D. Rozo, B.O. Posada-Posada, y A. Osorno. 2004. Estado de los litorales rocosos en Colombia, acantilados y playas rocosas. 171-181. En: Informe del estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2003. Invemar. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 329 p.
- Lozano-Duque, Y., L.A. Vidal y G. Navas. 2011. Lista de Especies de Dinoflagelados Registrados en el Mar Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(2): 361-380.
- Machado, F. y S. Mourato. 2002. Evaluating the multiple benefits of marine water quality improvements: how important are health risk reductions?. *Journal of Environmental Management*, 65: 239-250.
- Manjarrés, A. 2011. Análisis de la abundancia y madurez sexual del molusco bivalvo *Anadara similis* (Adams, 1852) Familia: Arcidae, en el manglar de Luisico, archipiélago de la Plata, bahía de Málaga, Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biología), Universidad del Magdalena. Santa Marta. 78 p.
- Manjarrés, L., L. Duarte, J. Altamar, F. Escobar, C. García y F. Cuello. 2008. Efectos del uso de dispositivos reductores de pesca acompañante en la pesquería de camarón del Mar Caribe de Colombia. *Ciencias Marinas*, 34(2): 223-238.

- Marín, B. 2001. Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Informe Técnico Final de Proyecto. Inveemar/COLCIENCIAS. Santa Marta. 45 p.
- Marín, B. 2004. Lagunas Costeras y Estuarios. Pp. 199-222. En: Inveemar (Eds.) Informe del estado del ambiente marino y costero en Colombia: año 2003. Santa Marta. 329 p.
- Márquez, G. 1996. Biodiversidad Marina: Aproximación con Referencia al Caribe. En: Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia. Bogotá. 67-102.
- Martelo-Martelo, T.M. 1999. Valoración económica de los servicios recreativos del Parque Natural Gorgona. Tesis Maestría. Universidad de los Andes. Bogotá. 52 p.
- Martínez, N.J. 2001. La dinámica fluvial y litoral del delta del Magdalena. Bases para un manejo sostenible frente a un aumento del nivel del mar. Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 129 p.
- Martínez-Viloria, H., A. Rosado y A. Cero. 2011. Presencia del pez león, *Pterois volitans* (Actinopterygii: Scorpaenidae), en el departamento de La Guajira, mar Caribe de Colombia. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 40(1):445-447.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial). 2007a. Resolución 026 del 2007.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial). 2007b. Resolución 051 del 2007.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial). 2009. Resolución 2168 del 2009.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial). 2010. Resolución 0619 del 2010.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) y Inveemar (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”). 2002. Áreas de anidación y de alimentación de las tortugas marinas en el Caribe colombiano. Dirección general de ecosistemas. Bogotá. 63 p.
- Mazorra, J. 2004. Geomorfología y dinámica de la franja costera entre punta Arboletes y Cristo Rey, departamento de Córdoba. Trabajo de grado (Geología). Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta, 143 p. + 11 anexos
- Medellín-Mora, J. y G. Navas. 2010. Listado taxonómico de copépodos (Arthropoda: Crustacea) del Mar Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 39(2): 249-291.
- Mejía, L.S. y A. Acero. (Eds.). 2002. Libro rojo de peces marinos de Colombia. Inveemar, Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. La serie de Libros Rojo de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. 180 p.
- Mejía-Ladino, L. (Ed.). 2011. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”-Inveemar y Universidad del Valle-Univalle. 2011. El papel de la salinidad en las asociaciones de larvas en Bahía Málaga: valoración de la importancia de esa área como sala-cuna y comparación con otros estuarios en hábitats tropicales. CD Multimedia.
- Millar, R.B y R.J Freyr. 1999. Estimating the size-selection curves of tossed gears, traps, net and hooks. Reviews in fish biology and fisheries, 9: 89-116.
- Miloslavich, P, E. Klein, J.M. Díaz, C.E. Hernández y G. Bigatti et al. 2011. Marine biodiversity 6(1): e14631. doi:10.1371/journal.pone.0014631

- Miloslavich, P, J.M. Díaz, E. Klein, J.J. Alvarado y C. Díaz. 2010. Marine biodiversity in the Caribbean: Regional estimates and distribution patterns. *PloS ONE*, 5(8): e11916. doi:10.1371/journal.pone.0011916.
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2001. Política Nacional Ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Santa Fé de Bogotá, D.C. 81 p.
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2002a. Resolución 0721 del 2002.
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2002b. Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Dirección General de Ecosistemas. 59 p.
- Mogollón-Duffó, A.A. 2008. Valoración económica del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Colombia. Tesis Maestría. Universidad de los Andes. Bogotá. 69 p.
- Molina, G. y G. Duque-Nivia. 2011a. Variabilidad temporal y espacial de los macro invertebrados bentónicos en el ecosistema estuarino El Ríto, Riohacha (Guajira). Memorias. Evento: XLVI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. 5 p.
- Molina, G. y G. Duque-Nivia. 2011b. Macro invertebrados bentónicos: Caso ecosistema estuario El Ríto (Riohacha). Ed. Universidad Nacional de Colombia (Sede Palmira). Palmira, 85 p.
- Molina, L. M., F. Pérez, J. Martínez, J.V. Franco, L. Marín, J. González y J. Carvajal. 1998. Geomorfología y Aspectos Erosivos del Litoral Caribe. *Pub. Geol. Esp. INGEOMINAS* No. 21. 114 p.
- Montagut, E.A. 1998. Caracterización y Evaluación Litoral Zona Costera del Pacífico Colombiano Fase III Revisión Nariño Fase IV - Litoral Valle del Cauca. Anexo 3 Atlas de Poblaciones Censadas en el Litoral ZC de Nariño. Centro Control Contaminación del Pacífico Colombiano. Ed. CCCP. Informe de investigación. 237 p.
- Montoya-Cadavid, E. 2011. Estado del conocimiento de los fondos blandos. pp. 175-191. En: Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia año 2010. Invemar, Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 322 p.
- Montoya-Cadavid, E. y P. Flórez. 2010. Briozoos: una aproximación a su conocimiento en los fondos del Caribe colombiano (20-800 m). p. 283-315. En: Invemar (eds.). Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar. No. 20. Santa Marta. 458 p.
- Morales-Alarcón, D. 1998. Valoración económica de áreas naturales. Estudio de caso las islas de Providencia y Santa Catalina. Tesis Maestría. Universidad Javeriana. Bogotá.
- Murcia, A. y H. González. 1982. Una contribución al conocimiento de los esquistos de glaucofana en Colombia, Resumen IV Congreso colombiano de geología, Cali.
- Nagelkerken, I., S. Blaber, S. Bouillon, P. Green, M. Haywood, L. Kirton, J. Meynecke, J. Pawlick, H. Penrose, A. Sasekumar, P. Somerfield. 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A Review. *Aquatic Botany*, 89: 155-185.
- Navarrete-Le Bas, F. 2011. Propuesta sobre estructura y contenidos del IEARMC. Informe Final. 50 p.
- Navas, G.R. 2011. Taxonomía, distribución y posibles eventos de especiación y dispersión de los crustáceos Galatéideos (Decapoda: Anomura) presentes en aguas colombianas. Tesis Ph.D. (Ciencias), Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta. 275 p.

- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. 4 ed. New Jersey, 601 p.
- Newball, R. 2001. Valoración económica del diseño e implementación de un AMP en un archipiélago del Caribe: Un caso de estudio en los arrecifes coralinos de la isla de San Andrés– Colombia. Monografía de especialización. Universidad de los Andes. Bogotá.
- Newmark, F., C. Valverde, J.M., Díaz, G. Parra, S.P. Bonilla y M. Salazar, 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de camarón de cultivo en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 224 p.
- NRC (National Research Council). 2001. Compensating for wetland losses under the Clean Water Act. National Academy Press, Washington, D.C., EE.UU
- Núñez, S.G., N. Núñez., C. García., G. Navas. 1999. Caracterización y comportamiento bimensual de la comunidad sésil asociada con el litoral rocoso de Bocachica, isla de tierra Bomba, Caribe colombiano. Ciencias Marinas, 25(4): 629-646.
- Nygren, W.E., 1950. Bolivar Geosiclyne of Northwestern South America. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 34(10): 1998-2006.
- OCHA. 2011. SITREP: Seguimiento de río Purri. Informe final. Quibdó, 63 p.
- Ordóñez, C. 2002. Dinámica de la línea de costa, por erosión y sedimentación, del tramo entre playa de los Holandeses y punta Chuchupa, departamento de La Guajira. Trabajo de grado (Geología). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 101 p.
- Ortiz, S. 2011. Composición, abundancia y distribución de la comunidad de zooplancton marino en la bahía de Taganga – Caribe colombiano, entre agosto de 2009 a abril de 2010. Trabajo de grado (Biología), Universidad del Magdalena. Santa Marta.
- Osorno-Arango, A. 2008. VII-Estado de los litorales rocosos en Colombia. p. 111-146. En: Invemar 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No.8. Santa Marta, Colombia. 380 p.
- Pabón, L. 2011. Composición y distribución de las larvas de peces en las aguas oceánicas del Mar Caribe colombiano y su relación con algunas variables oceanográficas. Trabajo de grado (Biología Marina), Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta.
- Page, W.D. 1986. Seismic Geology and Seismicity of Northwestern Colombia, ISA-Integral. Woodward & Clyde consultants, typescript, 156 p. San Francisco y Medellín.
- Palacio, H. y A. Restrepo. 1999. Influencia de la evolución del delta del río Sinú en los procesos morfodinámicos del litoral Caribe antioqueño. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Medellín. 111 p.
- Palacio-Barros C.M., L.M Grijalba-Bendeck, M.C. Gomez, C. Posada, D. Bustos y A. Santafe. 2011. Primer registro para el Caribe colombiano de *Evoxymetopon taeniatus* (Gill, 1863) (Pisces: Trichiuridae) en: Colombia. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 40(1): 213–217.
- Paramo, J. 2011. Pesquerías de aguas profundas en el Caribe colombiano. Tesis Doctoral (Ecología acuática tropical). Universidad de Bremen (Alemania).
- Parámo, J. y U. Saint-Paul. 2010. Morphological differentiation of southern pinkshrimp *Farfantepenaeus notialis* in Colombian Caribbean Sea. Aquatic Living Resources, 23: 95–101.

- 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. Informe Final Proyecto Valoración biológico-pesquera y ecológica de la pesca industrial de arrastre camaronero e impacto de la introducción de dispositivos reductores de fauna acompañante, en el Mar Caribe colombiano. Universidad del Magdalena. Santa Marta, 20 p.
- Pennigton, W.D. 1981. Subduction of the Eastern Panama Basin and Seismotectonics of Northwestern South America. *American Journal of Geophysical Research* 86: 10753- 10770.
- Pérez, Y. 2011. Proyecto Expedición Pedagógica Piloto. Ministerio del Medio Ambiente. Informe final. Bogotá, 112 p.
- Pérez-Fedrich H.V. 2011. Evaluación de incubadoras y densidades de siembra para el levante de crías recién nacidas de caballitos de mar *Hippocampus reidi* (Ginsburg, 1933). Trabajo de grado. Universidad del Magdalena. Santa Marta. 87 p.
- Pérez-Ferro, D. 2011. Incidencia de la pesca industrial del camarón sobre los macroinvertebrados en el Caribe colombiano. Tesis Maestría (Biología Marina), Universidad Nacional de Colombia, Centro de Estudios de Ciencias del Mar (CECIMAR) - Invemar. Bogotá. 55 p.
- Perrin, W. 2002. Pantropical spotted dolphins *Stenella attenuata*. En: Perrin, W., B. Wursig y J. Thewissen (Eds), *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, California. 865-867.
- Planeación Municipal, 2011. Formulación Plan de Ordenamiento y manejo de la cuenca del río San Juan de Micay, Municipio de Argelia, Departamento del Cauca. Informe final, Argelia. 28 p.
- Polanco, A., A. Acero y M. Garrido-Linares. 2010. Aportes a la biodiversidad íctica del Caribe colombiano. 317-342. En Invemar (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 20. 458 p.
- Polanco, A., A. Acero., M. Santos-Acevedo, J.C. Narváez, G.R. Navas y P. Flórez. 2011. Evaluación preliminar de especies de peces arrecifales marinos con potencial ornamental en el área de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona, *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1): 131 p.
- Polanco, A., J.A. Qunitero-Gil, F. Cortés y G. Duque. 2009. Contribución al conocimiento de la fauna íctica en dos isóbatas (10 y 50m) e la región de La Guajira, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38(2): 145-163.
- Polanco, A., L.M. Mejía-Ladino y A. Acero. 2008. Peces (Chordata). Pp. 230. En: Invemar 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Invemar. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 380 p.
- 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. 112 p.
- 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, 200 p.
- 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, 148 p.
- Posada, L. 2002. Erosión costera en el litoral Caribe colombiano, departamentos de Antioquia y Córdoba. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas, Medellín. 17 p.

- Posada, L. y M. Quinceno. 2011. Estimación de niveles en la Zona Estuarina del Río Guapi. Informe final, Guapi. 18 p.
- Ramírez-Chaves, H., F. Ayerbe-Quiñones y O. Mejía-Egas. 2011. Mamíferos de la cuenca del río Patía en el departamento del Cauca, Colombia. ISSN 0123-3068. Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural, 14(1): 92-113.
- Ramos, A y D.S. Guerrero. 2010. El Suelo Costero, Propuesta para su reconocimiento. Ed. Instituto de Estudios del Ministerio Público, Procuraduría General de la Nación, Fundación MarViva. Vol. 1, 120 p.
- Rangel, N. y Posada B. 2005. Geomorfología y procesos erosivos en la costa norte del departamento de Córdoba, Caribe colombiano, sector Paso Nuevo-Cristo Rey. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 34:87-103.
- Renjifo, L.M., A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.H. Kattan y B. López-Lanús (Eds.). 2002. Libro rojo de Aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 512 p.
- Restrepo, J. (Ed.). 2007. Monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y la fauna asociada con énfasis en las aves y especies de importancia económica como la piangua y el cangrejo azul. Informe Técnico. 152 p.
- Restrepo, J.C. 2001. Geomorfología y análisis de las variaciones de la línea de costa de la zona norte del golfo de Morrosquillo y el archipiélago de islas de San Bernardo, Caribe colombiano. Una contribución a la formulación del Plan de Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera Río Sinú-Golfo de Morrosquillo. Trabajo de grado (Geología), Universidad de Caldas. Manizales, 122 p. + 8 anexos
- Restrepo, J.D. (Ed.). 2005. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín. 267 p.
- Restrepo, J.D. & B. Kjerfve. 2004. The Pacific and Caribbean Rivers of Columbia: water discharge, sediment transport, and dissolved loads. In: Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments. L. D. de Lacerda, R. E. Santelli, E. K. Duursma and J. J. Abrao (Eds.). Environmental Science. Springer Verlag, Berlin. 169-187.
- Restrepo, J.D., Cantera, J.R. 2011. Discharge diversion in the Patía River delta, Pacific of Colombia: Geomorphic and ecological consequences for mangrove ecosystems. Journal of South American Earth Sciences. Online 30 April 2011.
- Restrepo, J.D., P. Zapata, J.M. Díaz, J. Garzón-Ferreira, C. García y J.C. Restrepo. 2005. Aportes fluviales al mar Caribe y evaluación preliminar del impacto sobre los ecosistemas costeros. 189-215. En: Restrepo J.D. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Universidad EAFIT. Medellín. 189-215.
- Restrepo-Villegas, J.C. 2001. Geomorfología y análisis de las variaciones de la línea de costa de la zona norte del golfo de Morrosquillo y el archipiélago de las islas de San Bernardo, Caribe Colombiano. Trabajo de grado (Geología), Universidad de Caldas. Manizales.
- Reyes, J., N. Santodomingo y P. Flórez. 2010. Corales escleractinios de Colombia. Serie de publicaciones especiales de Invemar No. 14, Santa Marta. 260 p.

- Reyes, J., N. Santodomingo, A. Gracia, G. Borrero-Pérez, G. Navas, L.M. Mejía-Ladino, A. Bermúdez y M. Benavides. 2005. Southern Caribbean azooxanthellate coral communities of Colombia. 309-330. En: Freiwald, A. y J.M. Roberts (Eds.). Cold-water Corals and Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 1242 p.
- Rivas-Lara, T. 2011a. *Potamotrygon magdalenae*, raya de río. Diagnóstico de las Pesquerías Continentales de Colombia: Cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y Vertiente del Pacífico. Universidad Tecnológica del Chocó. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, 136 – 137.
- Rivas-Lara, T. 2011b. Adaptación del índice de integridad biótica en la cuenca alta del río San Juan (Colombia), usando comunidades de peces. Memorias. Evento: IX Congreso Colombiano de de ictiología y II encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué, 16 p.
- Rivas-Lara, T. 2011c. Ecología trófica y factor de condición de tres especies de bagres con importancia comercial en la cuenca del río Quito, Chocó-Colombia. Memorias. Evento: IX Congreso Colombiano de de ictiología y II Encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué, 17 p.
- Rivas-Lara, T. 2011d. Aporte al conocimiento de la raya de río *Potamotrygon magdalenae* en la cuenca media del río Atrato. Memorias. Evento: IX Congreso Colombiano de de ictiología y II encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué, 65 p.
- Rivas-Lara, T. 2011e. Aspectos biológicos de las tres principales especies en las pesquerías de la cuenca media del río Atrato, Colombia. Memorias. Evento: IX Congreso Colombiano de de ictiología y II encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué, 38 p.
- Rivas-Lara, T. 2011f. Diversidad íctica en medianos cauces de la cuenca del río San Juan, Chocó-Colombia. Memorias. Evento: IX Congreso Colombiano de de ictiología y II encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué, 46 p.
- Rivas-Lara, T. 2011g. Ecología trófica de especies ícticas de consumo en la cuenca baja del río Atrato. Memorias. Evento: IX Congreso Colombiano de de ictiología y II encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué, 69 p.
- Rivas-Lara, T. 2011h. Relación longitud-peso y factor de condición de especies ícticas de consumo en la cuenca baja del río Atrato. Memorias. Evento: IX Congreso Colombiano de de ictiología y II encuentro Suramericano de Ictiólogos. Ibagué, 125 p.
- Rivas-Lara, T. 2011i. Evaluación de la integridad ambiental de los ecosistemas de aprovechamiento pesquero en la cuenca media, mediante parámetros ambientales y la complejidad de la red trófica. Universidad Tecnológica del Chocó. Informe final. Quibdó, 93 p.
- Rivas-Lara, T. 2011j. Monitoreo del estado actual de los principales stocks pesqueros en la cuenca media del Atrato. Universidad Tecnológica del Chocó. Informe final. Quibdó, 109 p.
- Rivas-Lara, T. 2011k. Caracterización de la Microcuenca del Caraño, Quibdó, Chocó- Colombia. Universidad Tecnológica del Chocó. Informe final. Quibdó, 215 p.
- Rivera-Monroy, V., R. Twilley, J. Mancera-Pineda, C. Madden, A. Alcántara-Eguren, B. Moser, B. Jonsson, E. Castañeda-Moya, O. Casas-Monroy, P. Reyes-Forero y J. Restrepo. 2011. Salinity and chlorophyll a as performance measures to rehabilitate a mangrove-dominated deltaic coastal region: the Ciénaga Grande de Santa Marta-Pajarales Lagoon Complex, Colombia. *Estuaries and Coasts*, 34: 1-19.

- Robertson, K. y J. Chaparro. 1998. Evolución histórica del delta del río Sinú. En: Cuadernos de Geografía, Vol. VII, No. 1-2, Bogotá, 70-86.
- Rodríguez, J., J. Alberico, M. Trujillo y J. Jorgensen (Eds.). 2006. Libro rojo de los Mamíferos de Colombia. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. Colombia. 430 p.
- Rodríguez-Peláez, J.C., A. López-Rodríguez, P.C. Sierra-Correa, M. Hernández-Ortiz, G. Almario, L.M. Prieto, J. Bolaños y H. Martínez. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Guapi, departamento del Cauca (Pacífico colombiano. Serie de documentos generales Invermar No 33. 149 p. + 2 anexos
- Rueda, M., E. Vilorio-Maestre, F. Rico-Mejía, D. Marmol, J. Viaña, J. Gómez-León. 2011a. Estado de los recursos sometidos a explotación. (253-299). En: Invermar. Informe del Estado de Los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 322 p.
- Rueda, M., F. Rico-Mejía y W. Angulo. 2010. Evaluación y manejo de la pesquería industrial de camarón de aguas someras. En: Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano. MARVIVA. Bogotá, 20 p.
- Rueda, M., F. Rico-Mejía, E.A. Vilorio, D. Mármol, J. Viaña, A. Girón, O. Doncel, L. García, S. Espinoza. 2011b. Evaluación de recursos pesqueros clave y medidas de manejo sugeridas para Comité Ejecutivo de la Pesca. Concepto Técnico (CPT-VAR 016-11), solicitado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Santa Marta. 30 p.
- Rueda, M., J.A. Angulo, N. Madrid, F. Rico y A. Girón. 2006. La pesca industrial de arrastre de camarón en aguas someras del Pacífico colombiano: su evolución, problemática y perspectivas hacia una pesca responsable. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - Invermar. Santa Marta. 60 p. (Contribución del Invermar No. 952). ISBN: 958- 97349-7-9.
- Sánchez, R.M., Castro-González M., y S. Zea. 2011. Efecto del enriquecimiento por nitrógeno y fósforo en los cambios netos de nutrientes y producción fitoplanctónica en la desembocadura del río Sevilla, Ciénaga Grande de Santa Marta. Revista Academia Colombiana de Ciencias, 35(134): 35-43.
- Sánchez-Cardozo, L.M. 2011. Evaluación del efecto del alimento vivo enriquecido en el crecimiento y supervivencia de crías de caballito de mar *Hippocampus reidi* Ginsburg (1933) (Teleostei: Syngnathidae) en condiciones de cautiverio. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta. 87 p.
- Sánchez-Páez, H., G. Ulloa-Delgado, R. Álvarez-León., W. Gil-Torres, A. Sánchez-Alfárez, O. Guevara-Mancera, L. Patiño-Callejas y F. Páez-Parra. 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe colombiano. Proyecto PD/171/91 Rev. 2 (F) fase II. Etapa II. MinAmbiente, Acofore, OIMT. Santa Fe de Bogotá, 294 p.
- Sánchez-Páez, H., G.A., Ulloa-Delgado y H.A. Tavera-Escobar. 2004. Manejo integral de los manglares por comunidades locales, Caribe de Colombia. Proyecto PD 60/01 REV.1 (F): Manejo sostenible y restauración de los manglares por comunidades locales del Caribe de Colombia. MAVDT/ CONIF/ OIMT, Bogotá. 335 p.

- Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A.S. Sánchez-Alfárez, J.C. Pino-Renjifo, I. García-Hansen y M.T. Acosta-Peñaloza. 1997. Diagnostico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. Proy. PD 171/91 Rev.2 (F) Fase I. Conservación y Manejo Para el Uso Múltiple de los Manglares de Colombia, MinAmbiente/OIMT. Santafé de Bogotá D. C. (Colombia), 511 p.
- Sánchez-Ramírez, C, J.P. Parra, D. Vega y M.P. Bolaño. 2011a. Calidad de aguas, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en el Golfo de Morrosquillo. Invemar, Coordinación de Servicios Científicos. Informe técnico final para Araújo Ibarra S.A. Agosto. Santa Marta. 241 p. + anexos
- Sánchez-Ramírez, C, P.A. Bautista, D. Vega y L.C. Gámez. 2011b. Calidad de aguas, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en la bahía de Cartagena. Invemar Coordinación de Servicios Científicos. Informe técnico final, para Araújo Ibarra S.A. Julio. Santa Marta. 211 p. + anexos
- Sánchez-Valderrama, L. 2011. Composición y distribución de la Familia Tetraodontidae en el Caribe colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina), Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 96 p.
- Sanjuán-Muñoz, A., A. Jáuregui, A. Franco-Herrera, M. Grijalba-Bendeck, J. Vega-Sequeda, A. Merchán-Cepeda, D. M. Bustos-Montes, L. Barrios, C. L. Noriega-Hoyos y A. Santafé Muñoz. 2009. Aspectos biológicos y ecológicos del cangrejo azul, chipi chipi y mugílidos en la Bahía de Cispatá, departamento de Córdoba (Colombia). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Resultados de investigación. ISSN 2027-0291. 2(2). 30 p.
- Santodomingo, N., J. Reyes, A. Gracia, A. Martínez, G. Ojeda y C. García. 2007. Azooxanthellate Madracis coral communities of San Bernardo and Rosario Islands (Colombian Caribbean). *Bulletin of Marine Science*, 82(3): 273-287.
- Schuchert, C. 1935. Historical geology of the Antillean-Caribbean region: John Wiley & Sons, Inc., New York, 811 p.
- Seijo, J.C., O. Defeo y S. Salas. 1998. Fisheries bioeconomics. Theory, modelling and management. FAO Fish. Tech. Pap. 368, Rome, 176 p.
- Serrano, B. 2004. The Sinú River Delta on the Northwestern Caribbean Coast of Colombia: Bay Infilling Associated with Delta Development. *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 623–631.
- Sheridan, P. y C. Hays. 2003. Are mangroves nursery habitat for transient fishes and decapods? *Wetlands*, 23(2): 449-458.
- Sierra-Correa, P.C., A. Sánchez, A. López-Rodríguez, J.C. Rodríguez-Peláez, C. Muñoz, C. Satizabal, A. Moreno, G. Almario, F. Bedoya, M. Hernández-Ortiz, J. Bolaños, y L.M. Prieto. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Timbiquí, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). Serie de documentos generales Invemar No 32. 198 p. + 2 anexos
- SMF (Subdirección Marítima y Fluvial). 2011. Construcción de obras de protección en Juradó. Chocó. Informe final. Quibdó. 116 p.
- Solano, O.D., C. Ruiz, C. Villamil, C. García, D. Vega, F. Cortés, F. Herrera y H.F. Sáenz. 2009. Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltaico estuarina del río Sinú (Noviembre 2000 a Diciembre de 2009). Invemar. Informe Final, Fase XII, Noveno año, para la empresa Urrá S.A. E.S.P., Santa Marta.
- Spalding, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. 2001. World Atlas of Coral Reefs. WCMC-UNEP. University of California Press. Berkeley. USA.

- SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios). 2009. Publicación de coberturas de acueducto y alcantarillado 2009. [http://www.superservicios.gov.co/home/c/document\\_library/get\\_file?uuid=677a85f2-4604-4bfe-b163-6cacbbe9c0d9&groupId=10122](http://www.superservicios.gov.co/home/c/document_library/get_file?uuid=677a85f2-4604-4bfe-b163-6cacbbe9c0d9&groupId=10122). 06/09/2010.
- Steer, R., F. Arias, A. Ramos, P. Aguirre, P. Sierra & D. Alonso. 1997. Documento preliminary de políticas de ordenamiento ambiental de las zonas costeras colombianas. Documento de consultoría, Ministerio del Medio Ambiente. 413 p. Documento inédito.
- Tavera, J. J., A. A. Pizarro., J. De la Cruz-Agüero and E. F. Balart. 2011. Phylogeny and reclassification of the species of two neotropical grunt genera, *Anisotremus* and *Genyatremus* (Perciformes: Haemulidae), based on morphological evidence. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 49: 315–323.
- Tejada, C., L. García, I. Málikov, N. Villegas. 2003. Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Centro Control Contaminación del Pacífico Colombiano. Ed. DIMAR. Serie Publicaciones Especiales Vol. 1, San Andrés de Tumaco. 124 p.
- Troncoso, W., B. Marín y L. Martín. 2003. Indicador numérico y cualitativo de la calidad de las aguas marinas y estuarinas de Colombia. VI Congreso de Ciencias del Mar MarCuba'2003. La Habana. ISBN 959-7164-53-1.
- Troncoso, W., L.J. Vivas-Aguas, S. Narváez Flórez y L.F. Espinosa. 2009. La calidad ambiental marina y costera. 45-56. En: Invemar. 2009. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 244 p.
- Tunnickliffe, V., S.K. Juniper y M. Sibuet. 2003. Reducing environments of the deep-sea floor. En: Tyler P.A. (ed.) *Ecosystems of the deep oceans*. Amsterdam: Elsevier. 81-110.
- Ulloa-Delgado, G.A., H. Sánchez-Páez, W.O. Gil-Torres, J.C. Pino-Rengifo, H. Rodríguez-Cruz y R. Álvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. En: Ulloa-Delgado, G.A., H. Sánchez-Páez y R. Álvarez-León (Eds.). 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, MMA / ACOFORE / OIMT, Santafé de Bogotá D. C. (Colombia). 224 p.
- UN (United Nations). 2009. Statistics Division. Descargado en Abril de 2012 de: <http://data.un.org/Data.aspx?q=purchasing+power+parities&d=MDG&f=seriesRowID%3a699>.
- UNEP (United Nations Environment Programme) y CPPS (Comisión Permanente del Pacífico Sur). 2011. Diagnóstico integral sobre el impacto biofísico y socio-económico relativo al impacto de las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos para un plan de manejo. Informe final, Bogotá. 112 p.
- UNEP-RCU/CEP. 2010. Actualización del informe técnico del PAC No. 33 fuentes y actividades terrestres en la región del Gran Caribe. Cargas contaminantes domésticas e industriales y el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias. Informe técnico del programa ambiental del Caribe. UNEP-PAC-CIMAB. 84 p.
- Valencia, B. y A. Giraldo. 2008. Caracterización ecológica de los arrecifes coralinos y bosques de manglar en cabo Marzo, zona norte del litoral Pacífico colombiano: estructura, composición, diversidad y fauna asociada. Informe Técnico Final. Convenio de Cooperación Conservation International Foundation y Universidad del Valle. 179 p.

- Valencia, B. y A. Giraldo. 2011. Structure of hyperiid amphipod assemblages on Isla Gorgona, eastern tropical Pacific of Colombia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1-11.
- Vargas, M.E. 2011. Foraminíferos del Golfo de Urabá y su potencial como paleoindicadores y bioindicadores de cambios ecológicos. Tesis (Maestría), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Medellín. 106 p.
- Vargas-Morales, M.E. 2011. Evolución y factores determinantes de la huella ecológica de la pesca de camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*) en el Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Economía) Universidad de los Andes. Bogotá. 51 p.
- Velandia, F. 2011. Speciation scenarios of sessile organisms in the Caribbean sea: the genus *Agelas* (Porifera: Demospongiae), a case of high diversity in the area. Tesis Doctoral (Ciencias), Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta.
- Vermette, G. 1985. La plateforme continentale Caraïbe de Colombie (du débouche du Magdalena au golfe de Morrosquillo). Importance du diapirisme arigileux sur la morphologie et la sédimentation. Tesis Doctoral (Ciencias), Universidad de Bordeaux –I. 378 p.
- Vidal, L.A. y Y. Lozano-Duque. 2011. Revisión de los taxones del género *Neoceratium* F. Gómez, D. Moreira et P. López-García F. Gómez, D. Moreira et P. López García (Dinophyceae) y primer registro de *N. dens* en el mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1): 143-184.
- Villa, A. 2011. Caracterización preliminar de la pesca artesanal en las comunidades del golfo de Tribugá – Chocó – Pacífico colombiano. Consejo Comunitario Los Riscuales y MARVIVA. 155 p.
- Vivas-Aguas, L.J. 2011. Formulación del índice de calidad de aguas costeras (ICAM) para los países del Pacífico Sudeste. Documento Metodológico. Proyecto - SPINCAM. Invemar. Santa Marta. 40 p.
- Vivas-Aguas, L.J., M. Tosic, J. Sánchez, S. Narváez, B. Cadavid, P. Bautista, J. Betancourt, J. Parra, M. Carvajalino y L.F. Espinosa. 2012. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia - REDCAM. Informe técnico 2011. Invemar. Santa Marta. 229 p.
- Vivas-Aguas, L.J., S. Narváez y L. Espinosa. 2010. Calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y pacífico colombiano. 55-71. En: Invemar. 2010. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta. 244 p.
- Von Prah, H. 1989. Manglares. Villegas Editores. Bogotá Colombia. 207 p.
- Wiebe, P., A. Bucklin, L. Madin, M. Angel, T. Sutton, F. Pagés, R. Hopcroft & D. Lindsay. 2010. Deep-sea sampling on CMarZ cruises in the Atlantic Ocean-an Introduction. *Deep-Sea Research II*, 57: 2157-2166.
- Wood, A.C., P.K. Probert, A.A. Rowden & A.M. Smith. 2012. Complex habitat generated by marine bryozoans: a review of its distribution, structure, diversity, threats and conservation. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater Ecosystems*. Publicado online.
- Yidi, E. & V. Sarmiento. 2011. Colombian seashells from the Caribbean Sea. *L'Informatore Piceno, Italia*. 384 p.
- Zedler, J.B. y J.C. Callaway. 2000. Evaluating the progress of engineered tidal wetlands. *Ecological Engineering* 5: 211-225.







**invemar**

COLOMBIA  
50% MAR

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras  
"José Benito Vives de Andrés" INVEMAR  
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Cerro Punta Betín  
Santa Marta D.T.C.H.  
PBX: (+57)(+5) 432 8600  
Telefax: (+5) 432 8694  
A.A. 1016  
[www.invemar.org.co](http://www.invemar.org.co)