

Serie de Publicaciones Periódicas

Número 8



**invemar**

Agosto de 2010

Santa Marta - Colombia

ISSN: 1692-5025

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés"

Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

# **INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA AÑO 2009**

**2010 Año Internacional de la Diversidad Biológica**



**INFORME DEL ESTADO DE LOS  
AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y  
COSTEROS EN COLOMBIA:  
AÑO 2009**



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)**

Carlos Augusto Pinilla González

**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)**

Georgina Guzmán Ospitia

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

Paula Cristina Sierra Correa

**Coordinador Programa Valoración y Aprovecha-  
miento de Recursos (VAR)**

Mario E. Rueda Hernández

**Coordinador Servicios Científicos (CSC)**

Oscar David Solano Plazas  
Santa Marta, 2010

**Coordinación General**

Jesús Garay Tinoco

Subdirector de Coordinación de Investigaciones

**Autores**

1. Blanca Oliva Posada, Daniel Mauricio Rozo, Jiner Bolaños y Anny Zamora
2. Programa Geociencias Marinas y Costeras
3. Lizbeth Janet Vivas Aguas, Silvia Narváez Flórez, Luisa F. Espinosa. (3.3.1) Ángela Inés Guzmán Alvis, John Josephraj Selvaraj y Natalia Serna. (3.3.2) Víctor Manuel López, Ángela Inés Guzmán Alvis, John Josephraj Selvaraj. (3.3.3) Mary Luz Cañón Páez, Diana María Quintana, Rosana López, Gustavo Tous y Hugo Javier Llamas
4. Raúl Navas Camacho, Kelly Gómez Campo, Johanna Vega Sequeda y Tomás López Londoño Diego Luis Duque (PNNCRSB). A. Abril, N. Bolaños CORALINA)
5. Alianis Orjuela, Ricardo Ricardo, Carlos Villamil y Laura Perdomo
6. Diana Isabel Gómez López, Johanna Carolina Vega y Raúl Navas Camacho
7. Angélica María Batista-Morales y Christian M. Díaz Sánchez
8. Erika Montoya-Cadavid
9. Angélica María Batista Morales y Diana Isabel Gómez L.
10. Martha Díaz Ruiz, Manuel Garrido, Natalia Rodríguez Salcedo, Luz Marina Mejía y Jaime Cantera
11. Mario Rueda, Efraín Vilorio Maestre, Farit Rico, Danetcy Mármol, Fabio Herrera, Javier Gómez León, Marisol Santos Acevedo, Carlos Andrés Puentes Acosta y Arnold de la Peña
12. Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera

**Compilación y producción editorial**

Luisa Fernanda Santiago Nieto

Coordinadora Oficina de Divulgación

**Foto portada**

Santuario de Fauna y Flora Malpelo. Fotografía de Diana Isabel Gómez (Invemar) y Octave Angelico

**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. 2010. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, XX Pág.

**Citar capítulos:**

Autores. 2010. Título capítulo. (intervalo de páginas ej: 10-25). En: INVEMAR. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, XX Pág.

ISSN: 1692-5025

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

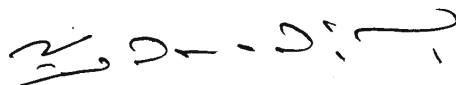
## PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR, desde la conformación del Sistema Nacional Ambiental –SINA, ha venido desarrollando el Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros a partir de sus investigaciones y los aportes de distintas instituciones con el fin de ofrecer nuevos conocimientos al país como soporte para la toma de decisiones.

Continuando con el esquema presentado el año pasado en el que se incluyó un compendio de referencias de los estudios relacionados en Informes anteriores desde 1998 hasta la actualidad en cada una de las ecorregiones naturales del país, para esta año se incluyen referencias nuevas de años anteriores y las correspondientes al año 2009.

Adicionalmente, INVEMAR se ha dado a la tarea de desarrollar una batería de indicadores simples y complejos que permitirán evidenciar los cambios registrados en el estado de conservación de las áreas coralinas, manglares y pastos marinos, a través del análisis integrado de la información que ha sido generada históricamente de los monitoreos de dichos ecosistemas. Estos indicadores son presentados en un nuevo capítulo “Indicadores de estado de conservación de ecosistemas marino costeros de Colombia”

De esta forma, se presenta una nueva estrategia de información y conocimiento del estado de los ecosistemas marinos y costeros que apoye el proceso de toma de decisiones en procura de conservar y aprovechar sosteniblemente los ambientes y los recursos marinos de Colombia.



**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 2009 del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros del país.

### **Calidad de las aguas marinas**

Ángela Inés Guzmán Alvis  
John Josephraj Selvaraj  
Natalia Serna  
Víctor Manuel López  
Mary Luz Cañón Páez  
Diana María Quintana  
Rosana López  
Gustavo Tous  
Hugo Javier Llamas

### **Arrecifes Coralinos**

Diego. L. Duque (PNNCRSB)  
Alfredo Abril (CORALINA)  
Nacor Bolaños (CORALINA)  
Pedro Andrés Castro-Bustamante

### **Manglares**

Ligia Estella Giraldo (U. Nacional sede Medellín)  
Jaime Polanía (U. Nacional sede Medellín)  
Ángela C. López Rodríguez (INVEMAR)

### **Diversidad de Especies**

Jaime Cantera Kintz (UniValle)  
Giovanni Ulloa Delgado y Clara Lucía Sierra

# CONTENIDO

## Capítulo I

### Marco geográfico

<b>1.</b>	<b>Marco geográfico .....</b>	<b>25</b>
1.1	Características Generales de la Región Caribe Continental .....	27
1.1.1	Fisiografía .....	27
1.1.2	Hidrografía .....	28
1.2	Características generales de la Región Caribe Insular .....	29
1.2.1	Fisiografía .....	29
1.2.2	Hidrografía .....	30
1.3	Características Generales de la Región Pacífico Continental e Insular .....	30
1.3.1	Fisiografía .....	31
1.3.2	Hidrografía .....	31
1.4	Literatura Citada .....	32

## Capítulo II

### Estado del conocimiento del medio ambiente abiótico marino y costero

<b>2.</b>	<b>Aspectos Físicos .....</b>	<b>35</b>
2.1	Investigaciones en la región Caribe continental.....	35
2.1.1	Estudio batimétrico y sedimentológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la plataforma somera al frente de la barra de Salamanca. Rasgos geológicos de la Ciénaga Grande de Santa Marta, la Barra de Salamanca y la Plataforma Continental Adyacente (Magdalena, Colombia) (Posada et al., 2009).....	35
2.1.2	Diagnóstico de la erosión costera en el departamento de Sucre, Caribe colombiano Posada et al., 2009).....	41
2.2.	Investigaciones en la región Caribe Insular.....	44
2.3.	Investigaciones en la región Pacífico Continental.....	48
2.4.	Literatura citada .....	54
<b>3.</b>	<b>La calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y pacífico colombianos.....</b>	<b>55</b>
3.1.	Fuentes terrestres de contaminación de las aguas marinas y costeras.....	56
3.2	Estado actual de la calidad de las aguas marino-costeras del Caribe y Pacífico colombianos .....	60
3.2.1	Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para preservación de flora y fauna, ICAM <sub>PIFF</sub> .....	61
3.2.2	Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para recreación, actividades náuticas y pesca, ICAMRAP.....	63
3.3	Otras Contribuciones Al Conocimiento De La Calidad De Las Aguas Costeras De Colombia.....	65
3.3.1	Evaluación del estado de la calidad ambiental de la Bahía de Buenaventura.....	66
3.3.2	Caracterización espacial de la Bahía de Buenaventura basada en variables fisicoquímicas y biológicas del agua.....	67

3.3.3	Levantamiento de línea base portuaria y caracterización del agua de lastre de buques de tráfico internacional en el puerto de Coveñas, durante el 2009.....	67
3.4	Conclusiones .....	69
3.5	Literatura citada .....	70

### Capítulo III

#### Estado del Conocimiento de los Ecosistemas Marinos y Costeros de Colombia

<b>4.</b>	<b>Estado de los arrecifes coralinos.....</b>	<b>75</b>
4.1.	Importancia, Distribución y Extensión de los Arrecifes de Coral.....	75
4.2.	Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia .....	78
4.3	Estado de los arrecifes de coral en las áreas de monitoreo SIMAC.....	79
4.3.1	Cobertura de los principales componentes del sustrato arrecifal .....	80
4.3.2	Ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales.....	83
4.3.3	Densidad de invertebrados vágiles.....	85
4.3.4	Peces Arrecifales.....	87
4.3.5	Nuevas estaciones SIMAC en el Caribe (PNNCRSB e isla Fuerte).....	92
4.4.	Conclusiones y recomendaciones .....	95
4.5.	Otras contribuciones al estado del conocimiento de los arrecifes de coral.....	97
4.6	Literatura citada .....	99
<b>5.</b>	<b>Estado de los manglares.....</b>	<b>101</b>
5.1	Definición e importancia.....	101
5.2	Normatividad vigente y manejo .....	105
5.3	Panorama Nacional .....	109
5.4	Adelantos y esfuerzos investigativos durante el 2009 .....	111
5.4.1	Departamento de San Andrés y Providencia .....	111
5.4.2	Departamento de La Guajira.....	112
5.4.3	Departamento del Magdalena.....	114
5.4.4	Departamento de Córdoba.....	115
5.4.5	Departamento del Cauca.....	116
5.4.6	Departamento de Antioquia .....	117
5.5	Conclusiones .....	117
5.6	Literatura citada .....	118
<b>6.</b>	<b>Estado de las praderas de pastos marinos .....</b>	<b>121</b>
6.1	Definición e importancia.....	121
6.2	Distribución de los pastos marinos en el Caribe Colombiano .....	122
6.3	Estado Actual.....	123
6.3.1	Monitoreo de <i>Thalassia testudinum</i> en la bahía de Chengue, PNN Tayrona: 1994-2009 .....	124
6.3.2	Implementación del protocolo NaGISA en las fanerógamas marinas de la bahía Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona): 2008-2009 .....	126
6.4	Conclusiones .....	131
6.5	Recomendaciones .....	131
6.6	Literatura citada .....	131



<b>7.</b>	<b>Estado de los litorales rocosos</b> .....	133
7.1	Generalidades.....	133
7.2	Distribución de litorales rocosos en Colombia.....	134
7.3	Estado del conocimiento en litorales rocosos .....	139
7.4	Estado del ecosistema de litoral rocoso.....	146
7.4.1	Implementación del protocolo NaGISA en el litoral rocoso de la bahía Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona):.....	147
7.4.2	Calidad de aguas marinas y costeras de los litorales rocosos de Colombia.....	148
7.4.2.1	Costa Caribe .....	150
7.4.2.2	Costa Pacífica .....	152
7.5	Conclusiones .....	154
7.6	Recomendaciones.....	155
7.7	Literatura citada .....	156
<b>8.</b>	<b>Estado de los fondos blandos</b> .....	159
8.1	Definición, localización e importancia.....	159
8.2	Estado del conocimiento.....	160
8.3	Compendio de estudios relativos al ecosistema de fondos blandos.....	165
8.3.1	Nuevos estudios.....	165
8.4	Listado complementario de estudios en años anteriores.....	167
8.5	Conclusiones .....	168
8.6	Literatura citada .....	169
<b>9.</b>	<b>Indicadores de estado de conservación de ecosistemas marino costeros de Colombia</b> .....	173
9.1	Generalidades.....	173
9.2	Marco ordenador y estructura planteada para la batería de indicadores de estado de ecosistemas marinos y costeros: arrecifes coralinos, manglares y pastos marinos .....	175
9.2.1	Criterios empleados para la selección de los indicadores simples y complejos .....	176
9.3	Limitaciones y Alcances .....	177
9.4	Métodos empleados para el cálculo de los indicadores basados en procesamiento de imágenes3.....	177
9.4.1	Cálculo del Indicador de Extensión .....	177
9.4.2	Cálculo del Indicador de Fragmentación de Bosques de Manglar.....	180
9.5	Métodos empleados para el cálculo de los indicadores de integridad biótica.....	186
9.5.1	Intervalos de calificación obtenidos .....	189
9.6	Reporte preliminar de los indicadores.....	195
9.6.1	Extensión Áreas coralinas.....	196
9.6.2	Extensión Bosques de Manglar.....	198
9.6.3	Extensión Praderas de Fanerógamas.....	199
9.6.4	Fragmentación .....	200
9.6.5	IBIc Áreas coralinas .....	200
9.6.6	IBIm Bosques de Manglar .....	202
9.6.7	BIf Praderas de fanerógamas .....	204
9.7	Conclusiones y comentarios generales.....	207
9.8	Literatura citada .....	208

## Capítulo IV

### Estado del conocimiento de la diversidad de especies

<b>10.</b>	<b>Diversidad de especies marinas</b> .....	213
10.1	Introducción .....	213
10.2	Estado del conocimiento de la biodiversidad de especies de los principales grupos marinos en el Caribe y el Pacífico colombiano.....	213
10.3	Consevación y diagnóstico de especies amenazadas.....	222
10.4	Especies invasoras .....	230
10.5	Diversidad de especies de la plataforma y talud superior en el Caribe colombiano.....	231
10.6	Conclusiones .....	233
10.7	Literatura citada .....	235

## Capítulo V

### Estado del conocimiento de los recursos sometidos a explotación

<b>11.</b>	<b>Estado de los recursos sometidos a explotación</b> .....	249
11.1	Introducción.....	249
11.2	Recursos sometidos a explotación por pesca .....	249
11.2.1	Pesca industrial y artesanal del Océano Pacífico .....	250
11.2.2	Pesca industrial y artesanal del Caribe colombiano.....	252
11.2.3	Pesquerías artesanales claves en Colombia.....	253
11.2.4	Efectos sobre la biodiversidad debidos a la pesca.....	267
11.3	Recursos sometidos a explotación por acuicultura y bioprospección.....	273
11.3.1	Acuicultura.....	274
11.3.2	Bioprospección .....	280
11.4	Estado de avance en la valoración económica de bienes y servicios ambientales .....	283
11.5	Literatura citada .....	286

## Capítulo VI

### Estado del manejo de los ambientes marinos y costeros en Colombia

<b>12.</b>	<b>Estado de la protección de los ecosistemas marinos y costeros en el escenario normativo</b> .....	291
12.1	Introducción.....	291
12.2	Metodología.....	291
12.3	Resultados.....	292
12.4	Vía control sobre actividades antrópicas .....	292
12.5	Vía asignación de recursos .....	297
12.6	Vía investigación.....	300
12.7	Vía preservación y conservación.....	303
12.8	Vía ordenamiento ambiental territorial y límite.....	310
12.9	Vía acción judicial, trámite gubernativo o función policiva .....	312
12.10	Retos normativos para la protección.....	316
12.11	Literatura consultada.....	318

## Índice de figuras

Figura 1.1	Localización zona terrestre-costera de Colombia (Modificado de IGAC 2002) .....	26
Figura 2.1	Localización del área de estudio. Las líneas negras muestran el levantamiento geofísico, mientras que las rocas corresponden al levantamiento batimétrico.....	36
Figura 2.2	Perfil sísmico mostrando la plataforma, zona de transición y talud continental frente a la barra de Salamanca (Invemar, 2009) .....	37
Figura 2.3	Batimetría de la CGSM levantada en el presente estudio (Invemar, 2009).....	38
Figura 2.4	Perfil topográfico 7 en donde se aprecia la geomorfología general de la barra de Salamanca .....	39
Figura 2.5	Perfil sísmico en la CGSM en donde se aprecian reflectores correspondientes a superficies de erosión o niveles de turba endurecida .....	40
Figura 2.6	Registro sísmico en la plataforma somera frente a la barra de Salamanca en donde se aprecia la sedimentación.....	40
Figura 2.7	Depósitos de arena en el sector de Punta Sur en donde se halló la mayor concentración de arenas .....	47
Figura 2.8	Cuenca del río Valle y localización del corregimiento de El Valle y la cabecera municipal de Bahía Solano .....	49
Figura 2.9	Análisis de evolución del cauce del río Valle desde el año 1943 a 2008. Puede observarse la gran cantidad de meandros abandonados, lo que reduce la longitud del cauce. ....	50
Figura 2.10	Área del canal del río con posibilidades de estrangulamiento de meandro y/o encauzamiento del río.....	51
Figura 2.11	Altura de la inundación en las planicies a lo largo del río Valle para el periodo de retorno de 75 años. a) sin el efecto de la marea; b) con 2.5 m de altura de marea. ....	52
Figura 3.1	Principales fuentes terrestres de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. Fuente: IGAC, 2002; Supertransporte, 2008; DANE, 2009a .....	56
Figura 3.2	Distribución de la cobertura de alcantarillado (en líneas) y la producción de aguas residuales domésticas (en barras) en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombiano. Fuente caudal: cálculo Invemar, metodología RAS-2000, MinDesarrollo, 2000 y 2002. Fuente población y cobertura alcantarillado: Censo General 2005 (DANE, 2009a) .....	57
Figura 3.3	Comportamiento de la descarga de los ríos y corrientes de agua, que tributan a la zona costera colombiana. Los valores atípicos (x) de cada variable coinciden con los afluentes de mayor aporte.....	59
Figura 3.4	Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para preservación de flora y fauna (ICAM <sup>PEF</sup> ) entre 2008 (a) y 2009 (b, época seca) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1).....	61
Figura 3.5	Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la REDCAM evaluados con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM <sup>PEF</sup> ) en el periodo 2008 -2009. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1) .....	62
Figura 3.6	Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM <sup>RAP</sup> ) entre 2008 (a) y 2009 (b, época seca) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría por cada departamento, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1).....	64

Figura 3.7	Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la REDCAM evaluados con el índice de calidad para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM <sup>RAP</sup> ) en el periodo 2008 – 2009. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa.....	65
Figura 4.1	Distribución de formaciones coralinas en el Caribe colombiano .....	76
Figura 4.2	Distribución de formaciones coralinas en el Pacífico colombiano.....	77
Figura 4.3	Estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del SIMAC en áreas coralinas del Caribe y Pacífico colombiano.....	78
Figura 4.4	Variación interanual de la cobertura de corales duros y de algas en las áreas de monitoreo SIMAC evaluadas en el año 2009. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo. CV corresponde al Coeficiente de Variación de los valores históricos de cada componente por área.....	82
Figura 4.5	Comportamiento de la ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales pétreos, para las áreas geográficas monitoreadas por el SIMAC en el Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	84
Figura 4.6	Abundancia de erizos (individuos/20 m2) en las áreas de monitoreo del SIMAC del Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	86
Figura 4.7	Abundancia de erizos (individuos/20 m2) en las áreas de monitoreo del SIMAC del Pacífico colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	87
Figura 4.8	Tendencias de la abundancia de la familia Pomacentridae en áreas de monitoreo SIMAC: Tayrona (TAY), Islas del Rosario (IROS), Islas de San Bernardo (ISB), San Andrés (SAI), Gorgona (GORG) y Malpelo (MAL). Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	88
Figura 4.9	Caribe: Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Scaridae (SCA), en las áreas de monitoreo Tayrona, Santa Marta, Islas del Rosario e Islas de San Bernardo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	89
Figura 4.10	Imagen de un cardumen de peces loro ( <i>Scarus iseri</i> ) en la estación Mangle, Islas de San Bernardo.....	90
Figura 4.11	Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Serranidae (SER), en las áreas de monitoreo Gorgona y Malpelo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	91
Figura 4.12	Abundancia de pargos (Familia Lutjanidae) en (A) PNN Gorgona ( <i>Lutjanus viridis</i> ) y (B) SFF Malpelo ( <i>Lutjanus jordanii</i> ), lugares donde es común observar escuelas compuestas de gran cantidad de individuos.....	91
Figura 4.13	Vista representativa de los ambientes arrecifales de las estaciones instaladas en las áreas de Isla Fuerte y el archipiélago de Islas del Rosario. (A) Imagen del transecto de La Coca nivel medio donde se observa el cabo y la cadena de eslabones extendidos para la evaluación de la cobertura del sustrato arrecifal. (B) Vista de la formación coralina de La Coca nivel somero. (C) Investigadores instalando un transecto en la estación de Los Boyones. (B). Fotos tomadas por Kelly Gómez-Campo (A, C) y Jaime Rojas (B).....	93
Figura 4.14	Abundancia de las familias de peces Acanthuridae (ACA), Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Lutjanidae (LUT), Pomacentridae (POM), Scaridae (SCA) y Serranidae (SER) en las estaciones SIMAC instaladas en las áreas de Isla Fuerte y el archipiélago Nuestra Señora del Rosario.....	93

Figura 5.1	Distribución espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano.....	102
Figura 5.2	Distribución espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano.....	103
Figura 6.1	Estrellas de mar ( <i>Oreaster reticulatus</i> ) sobre una pradera de <i>Syringodium filiforme</i> en el PNN Corales del Rosario y San Bernardo.....	121
Figura 6.2	Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Tomado de INVEMAR 2002.....	123
Figura 6.3	Abundancia promedio de la macrofauna presente en las muestras de sedimento colectadas en la pradera de <i>Thalassia testudinum</i> durante los años 2008 y 2009 en la bahía de Chengue (PNNNT).....	126
Figura 7.1	Mapa de distribución geográfica de litorales rocosos según la geomorfología de la línea de la costa Caribe: rocas cohesivas y no cohesivas. Elaborado en el LabSI del INVEMAR, a partir de la información registrada por Posada-Posada y Henao-Pineda (2007).....	136
Figura 7.2	Mapa de distribución geográfica de litorales rocosos en la línea de la costa Pacífica. Elaborado en el laboratorio LabSI del INVEMAR, a partir de la información registrada según mapa de distribución de acantilados (López-Victoria <i>et al.</i> , 2004). .....	138
Figura 7.3	Número de publicaciones anuales con información sobre diferentes temáticas que tratan los litorales rocosos de Colombia. n=141.....	139
Figura 7.4	Numero de referencias temáticas acerca de litorales rocosos presentes en las diferentes ecorregiones de Colombia :GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélago Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Oceánico), PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Oceánico). Sub ecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsn (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá). Las ecorregiones sin datos, no presentan evidencia de litorales rocosos consolidados. n=187.....	140
Figura 7.5	Numero de referencias por temática acerca de litorales rocosos de Colombia. n=187.....	141
Figura 7.6	Porcentaje de cobertura promedio de los componentes bentónicos presentes en el litoral rocoso de la bahía de Chengue (PNNNT) durante mayo del año 2009. Se presenta el Error Estándar.....	147
Figura 7.7	Mapa temático con la aproximación preliminar histórica de la calidad de aguas marinas y costeras en las inmediaciones de los ecosistemas de litorales rocosos del Caribe colombiano. Las variables empleadas siguen los referentes de la REDCAM: STT-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos (µg/l), OCTOrganoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos (µg/l). Mapa elaborado por el LabSI del INVEMAR. ....	148
Figura 7.8	Mapa temático con la aproximación preliminar histórica de la calidad de aguas marinas y costeras en las inmediaciones de los ecosistemas de litorales rocosos del Pacífico colombiano. Las variables empleadas siguen los referentes de la REDCAM: STT-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos (µg/l), OCTOrganoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos (µg/l). Mapa elaborado por el LabSI del INVEMAR. ....	149
Figura 8.1	Ubicación de los fondos blandos dentro de la jurisdicción del Caribe y Pacífico colombiano. La barra lateral indica la profundidad y la altitud medida en metros. ....	160
Figura 8.2	Recuento histórico del número de trabajos relacionados con fondos blandos realizados entre 1999 y 2009 en Colombia.....	161
Figura 9.1	Mapa de distribución geográfica de la prevalencia en alguna categoría del Índice de Integridad Biológica de Corales IBIC para 41 estaciones del total que han sido monitoreadas por el SIMAC hasta el año 2009. Mapa elaborado en el laboratorio LabSIS del INVEMAR. ....	201

Figura 9.2	Gráfico de barras para la serie histórica del Índice de Integridad Biológica de Manglares IBIm en los manglares de Chengue, área de recuperación natural dentro del Parque Nacional Natural Tayrona. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable. ....	202
Figura 9.3	Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Manglares en la serie histórica de la estación Rinconada, del proyecto de monitoreo de la rehabilitación de manglares. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable. ....	203
Figura 9.4	Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Manglares en la serie histórica de la estación Cocoplum Bay, que fue monitoreada por un periodo de 4 años por el curso de Ecología Marina de la Pontificia Universidad Javeriana. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable. ....	203
Figura 9.5	Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Fanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de la bahía de Chengue. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable. ....	204
Figura 9.6	Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Fanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de Cotton Cay de CORALINA de la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable. ....	205
Figura 9.7	Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Fanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de Camp de CORALINA de la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.....	205
Figura 9.8	Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Fanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de Fort de CORALINA en la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable. ....	206
Figura 9.9	Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Fanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de McBean de CORALINA en la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.....	206
Figura 10.1	Recuento histórico de los trabajos realizados por año en sistemática y taxonomía desde 1999 hasta la fecha en el Caribe. Los datos se basan en la información de los Informes del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia y otra información secundaria.....	220
Figura 10.2a	Distribución de la diversidad en cada una de las estaciones estudiadas a lo largo del Caribe colombiano. ....	232
Figura 10.2b	Distribución de la riqueza en cada una de las estaciones estudiadas a lo largo del Caribe colombiano. ....	233
Figura 11.1	Producción pesquera interanual industrial y artesanal para el Caribe y Pacífico colombiano (1990-2009). Datos tomados del liquidado INPA, del INCODER y del Convenio MADR - CCI 2010.....	250
Figura 11.2	Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para	

	2009. Fuente: Convenio MADR - CCI 2010.....	250
Figura 11.3	Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR - CCI 2010.....	251
Figura 11.4	Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR - CCI 2010.....	251
Figura 11.5	Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR-CCI-2010.....	252
Figura 11.6	Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR-CCI-2010.....	252
Figura 11.7	Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano en el 2009. Fuente: Convenio MADR-CCI-2010.....	253
Figura 11.8	Variación anual de las capturas comerciales en la CGSM por grupos de especies (2000-2009).....	254
Figura 11.9	Composición de las capturas comerciales de moluscos y crustáceos (2000-2009).....	254
Figura 11.10	Composición de las capturas comerciales de peces para la CGSM (2000-2009).....	255
Figura 11.11	Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio +EE) multiespecífica de peces para la atarraya y trasmallo en la CGSM (2000-2009).....	256
Figura 11.12	Variación anual de la captura promedio mensual (+EE) multiespecífica de peces y su ubicación respecto al PRL en la CGSM.....	257
Figura 11.13	Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies ícticas de la CGSM y su ubicación con respecto al PRL (talla media de madurez sexual).....	258
Figura 11.14	Variación anual de la renta económica promedio mensual ( $\pm$ EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral: SMLMV.....	259
Figura 11.15	Variación anual de las capturas comerciales en ZDERS. Entre paréntesis número de meses monitoreados por año. Fuente: SIPEIN®; proyecto Plan de seguimiento y monitoreo de ZDERS.....	260
Figura 11.16	Composición de las capturas comerciales de peces. Fuente: SIPEIN “ZDERS”.....	261
Figura 11.17	Composición de las capturas de moluscos (a) y crustáceos (b). Fuente: SIPEIN “ZDERS”.....	262
Figura 11.18	Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio +EE) de multiespecies de peces para la atarraya y trasmallo en la ZDERS (2001-2008). Fuente: SIPEIN “ZDERS”.....	263
Figura 11.19	Variación anual de la captura promedio (+EE) multiespecífica de peces y su ubicación respecto al PRL en la ZDERS. Fuente: SIPEIN “ZDERS”.....	263
Figura 11.20	Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies ícticas de la ZDERS y su ubicación con respecto al PRL. Fuente: SIPEIN “ZDERS”.....	264
Figura 11.21	Variación anual de la renta económica promedio mensual ( $\pm$ EE) por pescador para los principales artes de pesca en la ZDERS y su ubicación con respecto a una renta umbral: SMLMV. Fuente: SIPEIN “ZDERS”.....	265
Figura 11.22	Variación anual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) promedio ( $\pm$ DE) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b)	

	Camarón de aguas profundas.....	268
Figura 11.23	Variación anual de la captura en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas.....	269
Figura 11.24	Variación anual de la renta promedio ( $\pm$ DE) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas. CT = Costos Totales.....	270
Figura 11.25	Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano y su ubicación con respecto al PRL (Talla media de madurez sexual). Fuente: SIPEIN versión Pesca industrial de camarón.....	271
Figura 11.26	Composición porcentual por especies de la captura en peso discriminada por arte de pesca en la CGSM (a) y la ZDERS (b) para 2008. Fuente: SIPEIN ® V.3.0.....	272
Figura 11.27	Producción de camarón de cultivo en el Caribe y Pacífico colombiano (Com. Pers. ACUANAL -CENIACUA).....	274
Figura 11.28	Producción de camarón blanco en Colombia por departamento.....	275
Figura 11.29	Publicaciones por año relacionadas con la búsqueda de sustancias bioactivas y estructuras químicas obtenidas de extractos de organismos marinos.....	282
Figura 12.1	Protección normativa de ecosistemas marinos y costeros. Fuente: análisis de autor.....	315
Figura 12.2	Relación Vía de Protección de ecosistema marino costero y referencia específica en la norma. Fuente: revisión de autor.....	315
Figura 12.3	Índice de referencia específica de Ecosistemas marino costeros en las diferentes vías de protección. Fuente: revisión de autor.....	316

## Índice de Tablas

Tabla 1.1	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. Fuente: LabSI INVEMAR, año 2009.....	25
Tabla 1.2	Algunas cifras importantes de las costas colombianas. Fuente: Censo DANE año 2005.....	26
Tabla 3.1	Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y estuarinas - ICAM.....	60
Tabla 4.1	Registro histórico de las áreas coralinas visitadas en los monitoreos de arrecifes coralinos desarrollados por el SIMAC.....	80
Tabla 4.2	Media (error estándar) de los componentes evaluados por el SIMAC en las estaciones instaladas en Isla Fuerte (Fondo Loco y Los Boyones) y Nuestra Señora del Rosario (La Coca somero y medio). ELO = enfermedad de lunares oscuros; EPB = enfermedad de plaga blanca; EBA = enfermedad de banda amarilla.....	94
Tabla 4.3	Organización temática de las contribuciones de el IEARMC y el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, realizadas en arrecifes coralinos desde 1998. Se resalta la única contribución enviada sobre los estudios adelantados en 2009 (en gris).....	97
Tabla 4.4	Listado de registros de estudios desarrollados en arrecifes coralinos por temática y ecorregiones naturales según PNIBM (INVEMAR, 2000) en cuanto a registros del Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras y al IEARMC, haciendo especial énfasis en el único aporte para el año 2009	



	(en gris). Ecorregiones: TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), gal (Galerazamba), ARCO (Archipiélagos coralinos), DAR (Darién), cap (Capurganá), SAN (San Andrés y Providencia), MAL (Malpelo), GOR (Gorgona).....	98
Tabla 5.1	Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianos. 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 Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM Tumaco. Subecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsn (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá). .....	104
Tabla 5.2	Cobertura de manglar en Colombia. Datos tomados de 1CORPOURABÁ, 2002; 2MMA, 2002; 3Sánchez-Páez et al., 2004; 4INVEMAR, 2005; 5INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO, 2006; 6Restrepo, 2007; 7Cadavid et al., 2009; 8Gil-Torres et al., 2009; 9López-Rodríguez et al., 2009a, 10López-Rodríguez et al., 2009b, 11Rodríguez - Peláez et al., 2009, 12Sierra – Correa et al., 2009, 13Solano et al., 2009. En las casillas sombreadas se resaltan los cambios con respecto al 2008. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco.....	105
Tabla 5.3	Normatividad vigente para los ecosistemas de manglar.....	106
Tabla 5.4	Políticas, planes y programas relacionados con el ordenamiento y manejo de los manglares.....	106
Tabla 5.5	Avances del proceso de zonificación y ordenamiento de los manglares en Colombia, de acuerdo normatividad vigente. En las casillas sombreadas se muestran los avances realizados en el presente año.....	107
Tabla 5.6	Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo. 1Aprobadas mediante resolución 0721 de 2002. 2Aprobadas mediante resolución 0442 del 2008. 3Aprobadas mediante resolución 2168 del 2009, 4En proceso de aprobación por el MAVDT. ....	109
Tabla 5.7	Investigaciones realizadas entre el 2000 y 2009 en bosques de manglar colombianos en temáticas de interés nacional. En las casillas sombreadas se muestran cambios respecto al año 2008, debido a la actualización de la información. ....	109
Tabla 5.8	Esfuerzos locales y regionales de investigación en bosques de manglar conforme a temáticas de interés nacional en la última década. Caract: Caracterización, Rehabil: Rehabilitación. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco. En las casillas sombreadas se muestran cambios respecto al año 2008, debido a la actualización de la información. ....	111
Tabla 5.9	Cobertura de bosques de manglar (ha) en el antiguo y nuevo Delta del río Sinú, durante los años 2000, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 (Solano et al., 2009) .....	116
Tabla 5.10	Cobertura (ha) del bosque de manglar en los municipios costeros del departamento del Cauca.....	117
Tabla 6.1	Valores promedio (PROM) y error estándar (EE) de cada uno de los atributos estructurales evaluados en la pradera de <i>Thalassia testudinum</i> por fecha de monitoreo en bahía Chengue (PNNI). Se incluyen los promedios globales desde 1994 hasta la fecha (PROM 94-09). * = no hay dato.....	125
Tabla 6.2	Temáticas principales en las que se han agrupado los estudios sobre pastos marinos en Colombia registrados en el Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia (1999-2009) que corresponden a los años 1998 a 2008. Las X sobre algunas de las temáticas aquí expuestas indican que son temas secundarios que se trataron en algún otro documento y ya fueron registrados con otra temática principal.....	128

Tabla 6.3	Ecorregiones naturales (INVEVAR, 2000) y Departamentos en los que se han llevado a cabo estudios sobre pastos marinos en Colombia entre 1998 y 2009. Las X en las temáticas indicadas indican que es un tema secundario de algún otro documento ya mencionado como número en la tabla.....	129
Tabla 6.4	Instituciones que han apoyado las investigaciones realizadas sobre pastos marinos entre 1998 y 2009, de acuerdo con la filiación institucional de los autores que han reportado sus avances en el conocimiento de este ecosistema en el IEARMC.....	130
Tabla 7.1	Extensiones en kilómetros de los litorales rocosos según la composición de sus rocas, para cada una de las costas y en los departamentos que se presentan. Fuente 1. Posada-Posada y Henao-Pineda (2007); 2. Valor proporcionado por Blanca Posada2 calculado a partir de escala 1:50.000, (2009); 3. Posada-Posada et al., (2009); 4. Tomado de Flórez (1999) y modificado por el LabSI INVEVAR 2010.; 5. Tomado de López-Victoria et al., (2004) y modificado por el LabSI INVEVAR; 6. Tomado de Barrios y López-Victoria, (2001) y modificado por el LabSI INVEVAR 2010. ....	135
Tabla 7.2	Número de referencias temáticas sobre litorales rocosos, en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe colombiano entre 1949 y 2009.....	142
Tabla 7.3	Número de referencias temáticas desarrolladas en los diferentes departamentos y ecorregiones del Pacífico colombiano entre 1949 y 2009.....	143
Tabla 7.4	Resumen de las temáticas registradas en los últimos nueve años respecto al litoral rocoso, considerando que existen publicaciones que abarcan más de una temática. Las casillas en gris corresponden a publicaciones referenciadas únicamente en el presente informe. n=88. ....	144
Tabla 7.5	Estudios que contienen información relacionada con el ecosistema de litoral rocoso, publicados en el 2009.....	145
Tabla 7.6	Listado de referencias relacionadas con trabajos realizados en los litorales rocosos de Colombia.....	145
Tabla 7.7	Porcentaje de estaciones de la REDCAM en inmediaciones de los litorales rocosos del Caribe, con prevalencia histórica de contaminantes (C). STT-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos (µg/l), OCT-Organoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos (µg/l). Los rangos siguen la escala relativa de cada contaminante para Colombia. Sin reporte: Porcentaje de estaciones que no presentaron ninguno de los contaminantes de referencia evaluados. Ecorregiones: DAR-Darién, RCO-Áreas Coralinas del Parque Nacional Natural Islas del Rosario y San Bernardo y Punta Barú, MOR-Golfo de Morrosquillo, MAG-gal-Magdalena-galerazamba, G UA-Guajira, PAL-Palomino, SAN-Archipiélago de San Andrés y Providencia. n=94. ....	151
Tabla 7.8	Porcentaje de estaciones de la REDCAM en inmediaciones de los litorales rocosos del Pacífico, con prevalencia histórica de contaminantes (C). STT-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos (µg/l), OCT-Organoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos (µg/l). Los rangos siguen la escala relativa de cada contaminante para Colombia. Sin reporte: Porcentaje de estaciones que no presentaron ninguno de los contaminantes de referencia evaluados. Ecorregiones: GOR-Gorgona, PAN-Pacífico Norte, BUE-Buenaventura. n=46.....	153
Tabla 8.1	Recuento histórico del número de trabajos realizados en los fondos blandos de Colombia entre 1999 y 2009 para las diferentes temáticas. * Temáticas a las cuales se les adicionaron trabajos que no habían sido registrados en las recopilaciones anteriores y que son listados en la tabla 8.4.....	162
Tabla 8.2	Número de estudios por temáticas desarrollados en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe y Pacífico colombiano entre 1999 y 2009. Ecorregiones: GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Oceánico), PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Oceánico). Sub ecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsn (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá).....	164

Tabla 8.3	Listado de los trabajos relacionados con fondos blandos realizados durante el año 2009 en el Caribe y Pacífico colombiano.....	165
Tabla 8.4	Listado de diferentes trabajos relacionados con fondos blandos en Colombia que no fueron incluidos en las recopilaciones de 2008 y 2009.....	167
Tabla 9.1	Formato de Reporte del Indicador de Extensión para los diferentes ecosistemas (Tomado de INVEMAR, 2009a).....	180
Tabla 9.2	Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo con el parámetro Variación de fragmentos/parches en el paisaje en 4 rangos.....	182
Tabla 9.3	Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación de fragmentos/parches en el paisaje en 4 rangos.....	182
Tabla 9.4	Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación porcentual del área núcleo en el paisaje en 4 rangos.....	183
Tabla 9.5	Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación de la continuidad longitudinal en el paisaje en 4 rangos.....	184
Tabla 9.6	Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación de la Conectividad entre Fragmentos-Parches de Áreas Transformadas en 4 rangos.....	185
Tabla 9.7	Formato de reporte de la línea base de fragmentación de bosques de manglar para las ecorregiones costeras con presencia significativa de este ecosistema. VF: Variación de fragmentos/parches en el paisaje, Fr: Numero de fragmentos. TFG: Tamaño del fragmento más grande, LPIr: porcentaje del tamaño del fragmento o parche más grande dentro del paisaje. PAN: Variación porcentual área núcleo, TCAR: Área núcleo de la línea base de referencia. CL: continuidad longitudinal, Cohr: cohesión en el tiempo de referencia. CAT: Conectividad entre fragmentos transformados, hr: distancia media euclidiana entre áreas transformadas de la línea base.....	185
Tabla 9.8	Formato de Reporte del Indicador de Fragmentación para (Elaborado a partir de la información presente en INVEMAR, 2009d). VF: Variación de fragmentos/parches en el paisaje. TFG: Tamaño del fragmento más grande. PAN: Variación porcentual área núcleo. CL: continuidad longitudinal. CAT: Conectividad entre fragmentos transformados. L. Base: Línea Base. Calf: Calificación.....	186
Tabla 9.9	Escala de calificación del Indicador de Integridad mediante el uso del Índice de Integridad Biótica y su ecuación. IBI: Índice de Integridad Biótica, E: Estructura, S: Salud, F: Función.....	188
Tabla 9.10	Estadísticas descriptivas de los parámetros empleados para la obtención de intervalos del Indicador de Integridad Biótica de áreas coralinas IBIC. Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo, $\mu$ : Media, Var: Varianza, DE: Desviación típica, EE: Error Estándar de la media, CV: Coeficiente de Variación, 1º: primer cuartil, Md: Mediana, 3º: tercer cuartil. Bart: Bartlett prueba de homogeneidad de varianza. Cálculos realizados con el programa de acceso libre GSTAT7.....	190
Tabla 9.11	Intervalos calificados (1, 2, 3, 4, 5) establecidos para los indicadores simples que sirven de insumo para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Áreas coralinas.....	191
Tabla 9.12	Estadísticas descriptivas para las áreas, que sirven de insumo para el cálculo de las calificaciones de los indicadores simples Composición, Invertebrados y Peces para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Áreas coralinas. Mín: Valor mínimo, Máx: Valor Máximo, $\mu$ : Media, Var: Varianza, DE: Desviación típica, 1º: Primer cuartil, Md: Mediana, 3º: Tercer cuartil. IFU: Isla Fuerte, ISB: Islas de San Bernardo, ISR: Islas del Rosario, PRO: Providencia, SAN: San Andrés, SMR: Santa Marta, UCH: Urabá Chocoano.....	192

Tabla 9.13	Intervalos calificados establecidos para los indicadores simples que sirven de insumo para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Bosques de Manglar. ....	193
Tabla 9.14	Estadísticas descriptivas para las áreas, que sirven de insumo para el cálculo de la calificación del indicador ICH. ....	194
Tabla 9.15	Línea base para las áreas, que sirven de insumo para el cálculo de la calificación del indicador IBIF .....	195
Tabla 9.16	Intervalos calificados establecidos para los indicadores simples que sirven de insumo para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Praderas de Fanerógamas IBIF. ....	195
Tabla 9.17	Línea base de extensión en ha de áreas coralinas con presencia significativa para las ecorregiones marino-costeras. ET Extensión área coralina, EC*Representa la extensión de la Cobertura de Coral Vivo solo de fondos con cobertura coralina, no fue calculado con la misma metodología de la extensión total.....	197
Tabla 9.18	Línea base de extensión en ha para las ecorregiones marino-costeras con presencia significativa de bosques de manglares del país. MEC: Mapa de Ecosistemas de Colombia (IDEAM et al, 2007).....	198
Tabla 9.19	Indicador de Extensión calculado en ha para las ecorregiones marino-costeras con presencia significativa de bosques de manglares del país y un punto de referencia.....	199
Tabla 9.20	Línea base de extensión en ha para las ecorregiones marino-costeras con presencia significativa de praderas de fanerógamas del país. MEC: Mapa de Ecosistemas de Colombia.....	199
Tabla 9.21	Reporte de la línea base de fragmentación de bosques de manglar para Santuario de Flora y Fauna Los Flamencos y Ciénaga Grande de Santa Marta. VF: Variación de fragmentos/ parches en el paisaje, Fr: Número de fragmentos. TFG: Tamaño del fragmento más grande, LPIr: porcentaje del tamaño del fragmento o parche más grande dentro del paisaje. PAN: Variación porcentual área núcleo, TCAR: Área núcleo de la línea base de referencia en ha. CL: continuidad longitudinal, Cohr: cohesión en el tiempo de referencia. CAT: Conectividad entre fragmentos transformados, hr: distancia media euclidiana entre áreas transformadas de la línea base. ....	200
Tabla 10.1	Listados nacionales de fauna y flora marinas de Colombia .....	215
Tabla 10.2a	Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Caribe colombiano entre 1999 y 2009. GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Oceánico). Subecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsm (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá). (a) morfotipos, especies identificadas (-) no hay consolidado disponible. FAM: No. de familias, GEN: No. de géneros, SP: No. de especies.....	217
Tabla 10.2b	Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Pacífico colombiano entre 1999 y 2009. PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Oceánico).....	218
Tabla 10.3	Recuento histórico de los trabajos realizados en sistemática y taxonomía por grupo desde 1999 hasta la fecha en el Caribe (C) y Pacífico (P) colombiano. Los datos se basan en la información de los Informes del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia.....	221
Tabla 10.4	Trabajos realizados en sistemática y taxonomía en el 2009 en el Caribe colombiano .....	224
Tabla 10.5a	Número de especies marinas y costeras En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerables (VU), Casi Amenazadas (NC), En bajo Riesgo (LC) y Datos Insuficientes para cada uno de los grupos presentes en las eco-regiones definidas para el Caribe en el Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM (INVEMAR, 2000): SAN, archipiélago	

	de San Andrés y Providencia; GUA, Guajira; PAL, Palomino; TAY, Tayrona; MAG, Magdalena; ARCO, archipiélagos coralinos de San Bernardo e Islas del Rosario; MOR, golfo de Morrosquillo; DAR, Darién. IUCN, 2009.....	223
Tabla 10.5b	Número de especies marinas y costeras En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerables (VU), Casi Amenazadas (NC), En bajo Riesgo (LC) y Datos Insuficientes para cada uno de los grupos presentes en las eco-regiones definidas para el Pacífico en el Plan Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina PNIBM (INVEMAR, 2000): PAN, Pacífico Norte; BAU, Baudó; BUE, Buenaventura; NAY, Naya; SAQ, Sanquianga, TUM, Tumaco; PAO, Pacífico Oceánico; MAL, Malpelo; GORG, Gorgona .....	224
Tabla 10.6	Listado de especies marinas y costeras en Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerables (VU), Casi Amenazadas (NC), En bajo Riesgo (LC) para el Caribe y Pacífico colombiano. IUCN, 2009 .....	225
Tabla 11.1	Producción de camarón blanco <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> en Colombia (Fuente Com. Pers. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.....	275
Tabla 11.2	Proyectos de investigación en temas de maricultura en ejecución y aprobados durante el año 2009 (fuente. Com. Pers. SENA, Universidad del magdalena y ACUANALCENIACUA).....	278
Tabla 11.3	Listado de proyectos .....	281
Tabla 11.4	Listado de referencia bibliográficas .....	282
Tabla 11.5	Indicador del estado de avance de la valoración económica de ecosistemas de la zona marino costera para el 2009 .....	283
Tabla 12.1	Protección de ecosistemas Marinos y Costeros vía Regulación de Actividades Antrópicas. Fuente: revisión de autor .....	296
Tabla 12.2	Matriz resumen Protección de ecosistemas marino costeros vía asignación de recursos. Fuente: revisión de autor .....	299
Tabla 12.3	Matriz resumen Protección de ecosistemas marino costeros vía investigación.....	302
Tabla 12.4	Matriz resumen protección de ecosistemas marino costeros vía acciones de preservación y conservación. Fuente: revisión de autor.....	309
Tabla 12.5	Matriz resumen Protección de ecosistemas marino costeros vía ordenamiento ambiental territorial y Límitrofe. Fuente: revisión de autor .....	311
Tabla 12.6	Matriz protección de ecosistemas marino costeros vía gubernativa o función policiva.....	314



**CAPÍTULO I**

**MARCO GEOGRÁFICO**





# 1. MARCO GEOGRÁFICO

*Blanca Oliva Posada, Daniel Mauricio Rozo, Jiner Bolaños y Anny Zamora*

## 1.1. Características generales de la Región Caribe

El Caribe colombiano está localizado en el extremo noroccidental de Suramérica; limita al norte con Jamaica, Haití y República Dominicana; al noroeste con Nicaragua y Costa Rica, al este con Venezuela, en la zona de Castilletes (N 11°50' W 71°20') y al oeste con Panamá, en la zona de Cabo Tiburón (N 08°40' W 77°22')(IGAC 2002). Tiene una longitud de línea de costa de 1.937 km, un área terrestre<sup>1</sup> de 7.037 km<sup>2</sup> y un área de aguas jurisdiccionales de 532.162 km<sup>2</sup> (Tabla 1-1)

**Tabla 1.1.** Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia. Los vectores fueron reproyectados de “MAGNA Colombia Bogotá” a “Lambert Azimutal Colombia” para estimar las áreas. Fuente: LabSI INVEMAR, año 2009

CARACTERÍSTICA		REGIÓN		TOTAL
		CARIBE	PACÍFICO	
Línea costa Km	Continental	1.779	1.545	3.513
	Insular del margen continental	86	25	
	Insular Océánico	72	7	
	<b>Subtotal</b>	1.937	1.576	
Área emergida de zona costera Km2 (el 2 elevado)	Continental	6.958	8.181	15.232
	Insular del margen continental	30	13	
	Insular Océánico	49	1	
	<b>Subtotal</b>	7.037	8.195	
<b>Área aguas jurisdiccionales Km<sup>2</sup></b>		532.162	359.955	892.118

La Tabla 1.2 muestra en cifras algunos otros aspectos relevantes al marco geográfico como son la división política en cuanto a los departamentos y municipios costeros que la conforman, la población total y la población asentada en la zona costera, según información disponible a la fecha (Dane, 2005). La población total de los municipios costeros representa el 21% del total de población de los departamentos costeros y el 10% de la población total del país

<sup>1</sup> Según la política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia, corresponde a la subzona terrestre-costera ó franja de tierra adentro que se define como la banda comprendida desde la Línea de Marea Alta Promedio (LMAP), hasta una línea paralela localizada a 2 km de distancia tierra adentro, y a la subzona insular emergida que abarca todo el territorio isleño emergido (islas y cayos) utilizando como referente la Línea de Marea Alta Promedio.



Figura 1.1. Localización zona terrestre-costera de Colombia (Modificado de IGAC 2002)

Tabla 1.2. Algunas cifras importantes de las costas colombianas. Fuente: Censo DANE año 2005

Característica	Caribe	Pacífico	Área Insular	Total
Departamentos costeros	8	4	1	13
Municipios costeros	35	16	2	53
Población total departamentos costeros	13.823.855	7.401.349	70.554	21.295.758
Población total municipios costeros	3.716.293	706.505	70.554	4.584.214

### 1.1.1. Región Caribe Continental

El Caribe continental comprende la zona costera del continente, las aguas neríticas asociadas y la extensión de la plataforma o zócalo continental hasta una profundidad de 200 metros (Steer *et al*, 1997). Incluyendo la zona insular del margen continental, tiene una línea de costa de 1.865 km y un área terrestre\*1 total de 6.988 km<sup>2</sup>

Administrativamente está conformada por los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó. Las capitales de estos departamentos están comunicadas por una red vial primaria pavimentada (a excepción de Quibdó, Chocó), y otras secundarias, en mal estado, que comunican con poblaciones menores. Existen aeropuertos en las poblaciones principales y transporte fluvial de carga en algunos tramos de los ríos Magdalena, Sinú, León, Atrato y el canal del Dique (INVEMAR, CARSUCRE y CVS, 2002; INGEOMINAS, 1998; Steer *et al*, 1997).

#### 1.1.1.1. Fisiografía

La mayor parte de la costa Caribe colombiana está conformada por la llanura Caribe, que se extiende hacia el norte de las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central (Serranías de Abibe, San Jerónimo). Su relieve es ondulado a plano, muy cercano al nivel del mar, con colinas que en general no superan los 500 m de altura, a excepción de la Sierra Nevada de Santa Marta, que se levanta como un macizo aislado con alturas de hasta 5.770 m y algunas serranías en La Guajira y en Atlántico. En La Guajira se observan paisajes desérticos, que hacia el sur paulatinamente van cambiando hacia tierras cálidas secas a semisecas, hasta llegar a la serranía del Darién, donde la humedad es alta y la vegetación muy espesa (INGEOMINAS, 1998).

Los accidentes geográficos más destacados en la zona costera son: La península de La Guajira, que se extiende en sentido suroeste – noreste, como el rasgo más prominente de las costas colombianas; dentro de ella se han desarrollado puntas y bahías, con alguna importancia comercial como bahía Portete o turística como el cabo de la Vela. A partir de punta de los Remedios en La Guajira y hasta la isla barrera de Salamanca, en los municipios de Pueblo Viejo y Sitio Nuevo, Magdalena, la costa tiene una orientación general este – oeste que coincide con las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, conformando principalmente acantilados y luego, pequeñas playas y bahías (INGEOMINAS, 1998).

Se resalta en la costa del departamento del Atlántico el delta del río Magdalena, a partir del cual la costa sigue una tendencia suroeste hasta punta Canoas, con rasgos geomorfológicos como el canal del Dique y la bahía de Cartagena. Desde punta Canoas hasta la de San Bernardo, la costa tiene una dirección general norte-noreste y de la plataforma sobresalen el archipiélago de islas del Rosario y el de San Bernardo, ambos originados por diapirismo de lodo, colonizado por formaciones arrecifales de gran importancia (Verette, 1985; INGEOMINAS, 1998).

Desde Punta San Bernardo hasta punta Caribana, la costa vuelve a tomar una orientación suroeste, con rasgos importantes como el golfo de Morrosquillo, el delta del río Sinú y la zona de acantilados al oeste del Sinú. El golfo de Urabá que se constituye como el segundo de los rasgos geográficos destacados en la costa Caribe, después de la península de La Guajira que se mencionó anteriormente; tiene una forma de U cerrada, con costas acantiladas y de pequeñas playas, bahías y el delta del río Atrato (INGEOMINAS, 1998; Correa y Restrepo, 2002).

### 1.1.1.2. Hidrografía

La vertiente del mar Caribe está constituida por el sistema del río Magdalena, las cuencas hidrográficas de la alta Guajira, Ranchería, norte y oeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, Sinú, Atrato y otras menores (INGEOMINAS, 1998).

El carácter desértico a semidesértico de La Guajira, determina que el drenaje se desarrolle en los periodos lluviosos, lo que produce corrientes intermitentes, que llegan a ser torrenciales y por ende altamente erosivas. Sólo la cuenca del río Ranchería y otros ríos menores tienen un caudal permanente ( $14 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en promedio) que puede llegar a duplicarse durante periodos invernales, inundando los terrenos bajos (INGEOMINAS, 1998).

En la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, las corrientes son permanentes y corren en dirección norte y noreste; se destacan los ríos Dibulla, Palomino, Don Diego, Buritaca y Guachaca. En la vertiente oeste, se destacan los ríos Gaira y Clarín (INGEOMINAS, 1998).

El sistema del Magdalena es el más importante del país puesto que atraviesa de sur a norte casi todo su territorio (1.543 km de longitud y  $257.000 \text{ km}^2$  de área); sus tributarios más significativos son los ríos Cauca y San Jorge. Forma un delta en Bocas de Ceniza dominado por la carga sedimentaria cercana a los 144 millones de ton/año (INGEOMINAS, 1998; Correa y Restrepo, 2002).

La vertiente del río Sinú es la principal del departamento de Córdoba y ocupa un área cercana a los  $15.000 \text{ km}^2$ ; su carga sedimentaria, de aproximadamente  $400 \text{ m}^3/\text{seg}$ , ha permitido la formación de un delta en Tinajones donde se han reportado velocidades de crecimiento del orden de  $0.5 \text{ km}^2/\text{año}$  (Robertson, 1989 y Ramírez, 1992 En: INVEMAR, 2003). El río Atrato tiene un curso de aproximadamente 700 km y un área de  $36.000 \text{ km}^2$ ; desemboca en el golfo de Urabá en donde forma un delta fluvial, favorecido por una descarga de sedimentos de aproximadamente 11 millones de ton/año (Restrepo y Kjerfve, 2000).

En cuanto a otros cuerpos de agua superficiales como lagos, ciénagas y otros, el Caribe colombiano tiene una riqueza extraordinaria, principalmente en los departamentos de Bolívar y

Magdalena. Dentro de las ciénagas, la de mayor extensión es la Ciénaga Grande de Santa Marta, que almacena un volumen de agua 2.232 millones de m<sup>3</sup>; le siguen, también en el departamento del Magdalena, las ciénagas de Pajarales con 284 millones de m<sup>3</sup> y Cuatro Bocas. En el departamento del Atlántico es importante la Ciénaga del Totumo, mientras que en Bolívar se destacan las ciénagas de Tesca y Zarzal, en Córdoba la ciénaga grande de Lorica con 192 millones de m<sup>3</sup>, en Sucre la ciénaga de la Caimanera y el complejo de Cispatá, en Antioquia la ciénaga de la Marimonda y en el Chocó la ciénaga Marriaga (INGEOMINAS, 1998, INVEMAR, 2003).

Las aguas subterráneas en la costa Caribe colombiana están limitadas al oeste por las serranías de Perijá y las estribaciones del sistema andino. Los departamentos costeros con mayor inventario de acuíferos son La Guajira con más de 1.000; Magdalena, Bolívar y Antioquia con 50 a 100 acuíferos. El caudal promedio reportado para los mismos varía entre 1 y 70 l/seg; se utilizan principalmente en Riohacha, Santa Marta y Tolu para el abastecimiento de la ciudad y la agricultura (INVEMAR, 2002).

En cuanto a aguas termales se tiene referencias de su existencia en Luruaco (Atlántico), Ciénaga (Magdalena) y Arboletes (Antioquia) (INVEMAR, 2002).

## **1.2. Características generales de la Región Caribe Insular Oceánica**

La costa Caribe insular está conformada por el archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina y sus cayos, declarada durante el año 2000 como Reserva Mundial de la Biósfera. Se ubica al noroeste del país en la llamada zona de elevación de Nicaragua, entre las coordenadas 10°50' - 16°10' Latitud Norte y 78° - 82°14' Longitud Oeste (Figura 1.1). Tiene una extensión de línea de costa de 72 km aproximadamente y un área terrestre de 49 km<sup>2</sup> (INVEMAR, 2009) (Tabla 1.1). Administrativamente está conformado por un solo departamento, que se comunica con el resto del país a través de su aeropuerto en San Andrés, desde el cual también se puede acceder a un aeropuerto en Providencia. Hay transporte de carga y de personas vía marítima (INGEOMINAS, 1998).

### **1.2.1. Fisiografía**

El archipiélago de San Andrés y Providencia presenta características particulares definidas por su posición geográfica, como son su origen volcánico y diferentes ambientes marinos y terrestres. La isla de San Andrés presenta una planicie litoral conformada por una plataforma emergida hasta los 10 m de altura y que rodea un relieve de colinas suaves que se levanta hacia la parte central. El ancho de esta plataforma varía de un sitio a otro; es así como al norte de la isla tiene hasta 600 m mientras que en la parte sur alcanza 1.5 km aproximadamente; el sector oriental es estrecho y cenagoso y el occidental es más quebrado y los terrenos planos se reducen al valle de Cove (INVEMAR, 2003).

La costa oriental de la isla de Providencia presenta un arrecife barrera de 32 km que va hasta la isla de Santa Catalina y limita una laguna costera somera (Prahl, 1983). En dirección sur – norte, se extiende una serranía desde Diamond Hill hasta Marshal Hill y tres ramales en sentido oeste-este. Al noroeste existen algunos sectores de playa (IGAC, 1992).

En cuanto a los cayos y bancos, poseen diferentes formas, e incluyen geoformas de terraza prearrecifal de barlovento, laguna, terraza lagunar y terraza prearrecifal de sotavento; algunos como el de Serrana tienen un arrecife periférico.

### 1.2.2. Hidrografía

En la isla de San Andrés no existen cursos permanentes de agua, sólo arroyos temporales asociados a la época de lluvias. En Providencia, en cambio, el relieve ha permitido la formación de un drenaje radial (Cove, 1982; IGAC, 1992 En: INVEMAR, 2003).

En sus pequeñas cuencas hidrográficas, la isla de Providencia presenta un desequilibrio hidrológico por el déficit prolongado de agua durante la estación seca, por lo que después de los aguaceros, la escorrentía es rápida, con presión lateral sobre las paredes por lo que se produce erosión y desbordamiento. Las tres microcuencas presentes en la isla son: Bottom House, Borden y Fresh Water, todas ellas con procesos de erosión (Contraloría General del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 1998).

### 1.3. Características Generales de la Región Pacífico Continental e Insular

La costa del Pacífico se ubica en la región occidental de Colombia; está limitada al norte por la frontera con Panamá (N 7°12' W 77°53') y al sur por la desembocadura del río Mataje en la frontera con Ecuador (N 1°26' W 78°49'). Tiene una longitud de línea de costa de 1.576 km, un área terrestre costera e insular de 8.195 km<sup>2</sup> y un área de aguas jurisdiccionales de 359.995 km<sup>2</sup>, correspondiente al 6,6% del territorio nacional (Figura 1.1; Tabla 1.1) (INVEMAR, 2002; Steer *et al*, 1997).

Administrativamente está conformada por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. El principal medio de comunicación entre los municipios costeros es el transporte fluvial y marítimo; 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, mientras que la red secundaria prácticamente no alcanza ninguna de las poblaciones de la zona costera. Existen aeropuertos que comunican el litoral Pacífico con el interior del país, en los municipios de Ciudad Mutis, Nuquí, Buenaventura, Guapi y Tumaco (INGEOMINAS, 1998; Steer *et al*, 1997).

La Costa Pacífica insular está conformada por la isla de Gorgona en el margen continental y la isla Malpelo en el sector oceánico, la primera de ellas localizada en las coordenadas 2°58' latitud Norte y 78°10' longitud Oeste, mientras que la segunda se localiza en N 4°00' W 81°36' (Figura 1.1). Están respectivamente en jurisdicción de los departamentos del Cauca y Valle del Cauca. La comunicación con el interior del continente se hace por vía marítima.

### 1.3.1. Fisiografía

La costa del Pacífico, puede decirse que se divide en dos regiones fisiográficamente diferentes: La zona norte, entre Panamá y cabo Corrientes, de aproximadamente 375 km de longitud, está constituida por costas acantiladas muy accidentadas, sobre rocas terciarias de la serranía del Baudó, que alcanzan hasta 100 m de altura a poca distancia de la costa. Hacia el sur de cabo Corrientes, hasta el límite con el Ecuador, la costa es baja, aluvial, con planos inundables cubiertos por manglares y sólo interrumpidos por pequeños tramos de acantilados en bahías Málaga, Buenaventura y Tumaco. En contraste, esta costa es poco accidentada y cruzada por una red de drenaje densa conformada por ríos y esteros (INGEOMINAS, 1998). La dirección general de la costa entre Panamá y cabo Corrientes es noroeste; los accidentes geográficos más destacados son: cabo Marzo, golfo de Cupica y golfo de Tribugá.

Desde cabo Corrientes hasta bahía Málaga, la costa se alinea en sentido preferencial norte – sur y en ella se destacan bahía Cuevitas, bajo Baudó y el delta constructivo del río San Juan. Hacia el suroeste entre Málaga y la frontera con Ecuador, los rasgos que se destacan son la bahía de Buenaventura, el delta del río Patía y la bahía de Tumaco. La Tabla 1.1 muestra algunas cifras relevantes en cuanto a extensión, división política y población.

### 1.3.2. Hidrografía

En la zona costera del Pacífico la hidrografía presenta una clara división a la altura de Cabo Corrientes; hacia el norte, la proximidad a la costa de la serranía del Baudó, no permite que se formen corrientes muy largas a pesar de que la precipitación tiene rangos altos. Hacia el sur, cuenta con ríos caudalosos alimentados por la alta precipitación, como el Baudó, Dotenedó, Ijuá, Orpúa, Pichimá y el San Juan, que cuenta con 7 bocas formando un delta lobular en el límite de los departamentos de Chocó y Valle (INGEOMINAS, 1998).

En la bahía de Buenaventura drenan sus aguas los ríos Anchicayá y Dagua que traen una importante carga sedimentaria; más al sur se encuentran los ríos Mallorquín, Cajambre, Yurumanguí, Naya, Míca, Saija, Timbiquí, Guapi, Guajuí, Iscuandé, Tapaje, Sanquianga, Patía y Mira. En los límites con Ecuador se encuentran el río Mira y el Mataje, que marca la frontera con dicho país (INGEOMINAS, 1998).

El delta del río San Juan tiene una superficie aproximada de 800 km<sup>2</sup>; recibe caudales entre 600 y 6.000 m<sup>3</sup>/seg y sedimentos en suspensión del orden de 16 millones ton/año (Restrepo *et al*, 1994; Restrepo y Kjerfve, 2.000). El delta del río Patía es el más extenso de la costa Pacífica, con una cuenca de drenaje de 23.000 km<sup>2</sup> y un caudal de 488 m<sup>3</sup>/seg (IGAC, 1992). La cuenca del río Micay tiene 2.511 km<sup>2</sup> y un caudal promedio del río de 289 m<sup>3</sup>/seg (INVEMAR, 2003).

#### 1.4. Literatura Citada

- Contraloría General del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 1998. Informe Ambiental 1998.
- Fernando Taylor Pomare, Contralor general del Departamento. San Andrés, isla, 233 p.
- Correa, I.D. y J.J. Restrepo. 2002. Geología y Oceanografía del Delta del río San Juan. Litoral Pacífico colombiano. Medellín, 221 p.
- IGAC. 1992. Mapa oficial de La República de Colombia. Mapa físico. Bogotá: escala: 1:2.000.000.
- IGAC. 2002. Mapa oficial de La República de Colombia. Fronteras Terrestres y Marinas. Bogotá.
- INGEOMINAS, 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial # 21. Bogotá, 111p.
- INVEMAR. 2001. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie documentos generales No.3. Santa Marta, 138 p.
- INVEMAR. 2002. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie documentos generales No.3. Santa Marta, 292p.
- 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, No páginas + anexos 5 tomos.
- INVEMAR. 2003. Programa holandés de asistencia para estudios de 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. VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD-Atlas Digital. Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera - GEZ, Santa Marta, Colombia. ISBN: 958-97264-2-9.
- INVEMAR. 2009. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia SIAM: 2009. [www.invemar.org.co/siam](http://www.invemar.org.co/siam). Laboratorio Sistemas de Información LabSI.
- Prahl, H. v. 1983. Notas sobre las formaciones de manglares y arrecifes coralinos en la isla de Providencia. Memorias Seminario Desarrollo de planificación Ambiental. San Andrés y Providencia, FIPMA, Cali: 57-67.
- Restrepo, J.D., O. Aristizábal y I.D. Correa. 1994. Aproximación al conocimiento de la circulación estuarina en las bocas San Juan y Chavica, Delta del río San Juan, Pacífico colombiano. En: Memorias IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Medellín, nov. 21 al 25.
- Restrepo, J. D. y B. Kjerfve. 2000. Magdalena river: interannual variability (1975-1995) and revised water discharge and sediment load estimates. *Journal of Hydrology*. 235 (1-2): 137-149.
- Steer, R., F. Arias, A. Ramos, P. Aguirre, P. Sierra y D. Alonso. 1997. Documento preliminar de políticas de ordenamiento ambiental de las zonas costeras colombianas. Documento de consultoría, Ministerio del Medio Ambiente. 413 p. Documento inédito.
- Vernett, G. 1985. La plate-forme continentale caraibe de Colombie. Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Bordeaux-1, 387 p.



## **CAPÍTULO II**

# **ESTADO DEL CONOCIMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE ABIÓTICO MARINO Y COSTERO**



## ASPECTOS FÍSICOS

*Programa Geociencias Marinas y Costeras - INVEMAR*

Se presenta a continuación la información de las investigaciones realizadas sobre los aspectos físicos de las zonas costeras colombianas, llevadas a cabo durante el año 2009 por el INVEMAR, con diferentes instituciones. El énfasis principal es en el tema de la erosión costera, programa de investigación que viene adelantando el Instituto desde hace cuatro años denominado “**Programa de evaluación y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia**” y que ya arroja resultados interesantes en cuanto al diagnóstico, tanto para la región Caribe como para el Pacífico.

### 2.1 Investigaciones en la región Caribe Continental

Las siguientes investigaciones tuvieron como escenario la zona costera del Caribe continental colombiano y en ellas se destaca el avance en el conocimiento geomorfológico y el detalle en los procesos costeros. Una de ellas se llevó a cabo en el departamento del Magdalena y la segunda en el de Sucre.

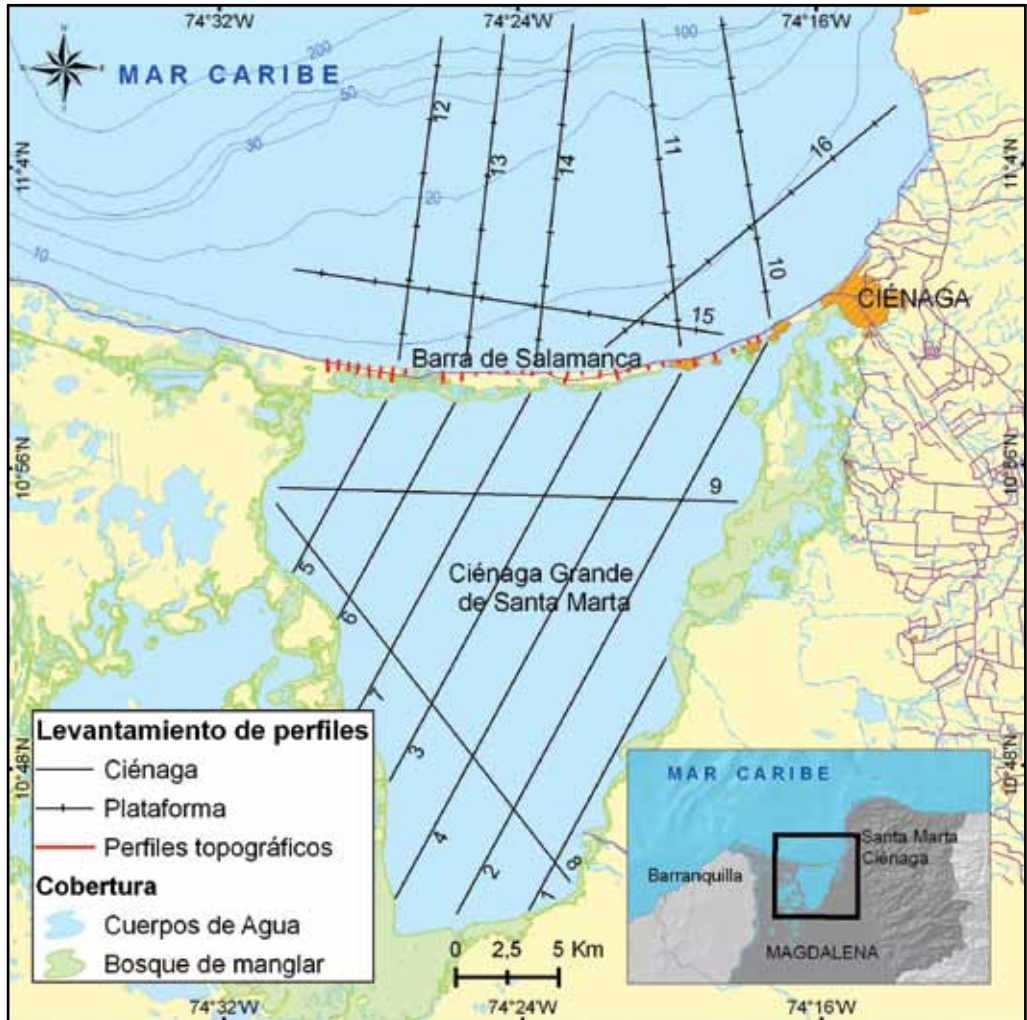
#### 2.1.1 Estudio batimétrico y sedimentológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la plataforma somera al frente de la barra de Salamanca. Rasgos geológicos de la Ciénaga Grande de Santa Marta, la Barra de Salamanca y la Plataforma Continental Adyacente (Magdalena, Colombia) (Posada *et al.*, 2009).

Este proyecto de investigación lo llevó a cabo el INVEMAR dentro del programa de “Evaluación y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia”; el área de estudio se aprecia en la Figura 2.1 y en ella se levantaron perfiles con perfilador del subsuelo con frecuencias entre 4 y 15 kHz y perfiles topográficos a lo ancho de la barra hasta donde las lagunas y pantanos de manglar permitieron su penetración.

Como resultado se detalló la morfología de la plataforma continental, mostrando que se extiende hasta los -20 ó -40 m de profundidad, a partir de los cuales comienza el talud continental (Figura 2.2.); en el costado oriental, hasta inmediaciones del río Córdoba, la plataforma es estrecha, con un ancho aproximado de 3,5 km y paulatinamente se va ampliando al frente del espejo de agua principal de la CGSM, para formar lo que correspondería al lóbulo I de Von Erffa (1973), con una amplitud entre 13 y 14,5 km y surcada por drenajes someros que confieren a la plataforma una ligera ondulación. Más al occidente, la plataforma se estrecha nuevamente, alcanzando entre 4 y 7 km en el sector conocido como el cañón de Salamanca; ahí la plataforma es muy suave mientras el cañón es irregular, con drenajes bien marcados y de vertientes altas. El lóbulo II permite que de nuevo la plataforma tenga una amplitud de 8 a 10 km, frente a las ciénagas del Torno, Piedras y Atascosa; de nuevo se observan suaves ondulaciones antes de alcanzar el talud, que se extiende con pendiente alta pero homogénea. La plataforma prácticamente desaparece 4 km antes de la desembocadura del río Magdalena, en donde hay otro cañón y complejidad en el talud.

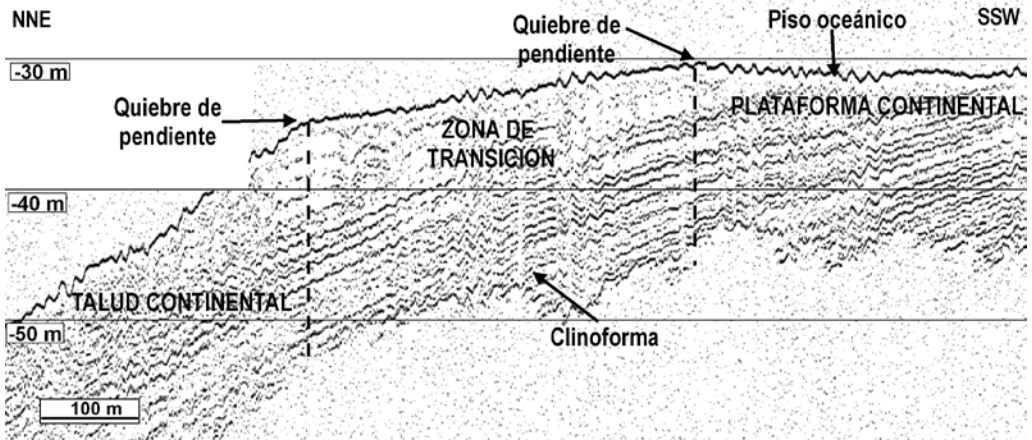
Se destacan en la plataforma la formación arrecifal del banco de las Ánimas y las Piedras de Barra Vieja, acumulación de rocas, en bloques y lajas, muy atractivo para la pesca.

La batimetría levantada en la CGSM tiene similitudes con la de Wiedemann (1973) o la de CIOH, Inveimar, Corpamag (2001), en cuanto a que muestra las zonas con mayor profundidad hacia



**Figura 2.1** Localización del área de estudio. Las líneas negras muestran el levantamiento geofísico, mientras que las rocas corresponden al levantamiento batimétrico

el noroeste y sureste y las zonas más someras hacia el noreste y suroeste, con islas muy someras en el centro sur de la Ciénaga. Sin embargo, contrario a lo que reporta el mapa de 2001, no parece haber un proceso de sedimentación de la Ciénaga, sino por el contrario un equilibrio o una profundización local de la misma. Así por ejemplo, el mapa del 2001 presenta en los extremos noreste y suroeste profundidades menores de 1 m, mientras que el del actual estudio encierra áreas con profundidades



**Figura 2.2** Perfil sísmico mostrando la plataforma, zona de transición y talud continental frente a la barra de Salamanca (Invemar, 2009)

menores de 1,5 m. De otro lado, el extremo noroeste se parece bastante en cuanto a las profundidades a lo reportado por Wiedemann, con isóbatas alrededor de -2m (Figura 2.3).

Como geoformas importantes en la Ciénaga se destacan los bancos de ostras formados por la acumulación de estos organismos durante eventos de gran mortandad.

La barra de Salamanca es una barra arenosa que se formó a partir de la unión de una cadena de pequeñas islas barrera, durante el divagar durante el Holoceno del río Magdalena, entre su desembocadura en el extremo oriental de la actual ciénaga hasta su curso actual. Para caracterizar detalladamente la barra de Salamanca, se nivelaron ocho kilómetros lineales, correspondientes a 29 perfiles de playa espaciados aproximadamente 500 m, desde la boca de La Barra en el municipio de Pueblo Viejo y hacia el occidente, hasta el km 34, a la altura del caño Caimán.

Como geoforma general, la barra de Salamanca se caracteriza por una forma semicircular suave o de bahía amplia en el lado hacia el mar, mientras que hacia la CGSM tiene forma de lóbulos, limitados por las antiguas bocas de la Ciénaga, muy evidentes como en el caso de el Rincón del Jagüey, el de Barra Vieja y el de Aguas Vivas, y menos evidentes en los sectores de caño Caimán y entre isla del Rosario y Tasajera. El perfil 07 (Figura 2.4), con una longitud de 620 m, muestra la morfología general de la barra de Salamanca donde se encuentran vestigios de lagunas costeras y playones salinos, montículos de dunas y cordones litorales, un sistema de dunas costeras de dunas y pantanos de manglar.

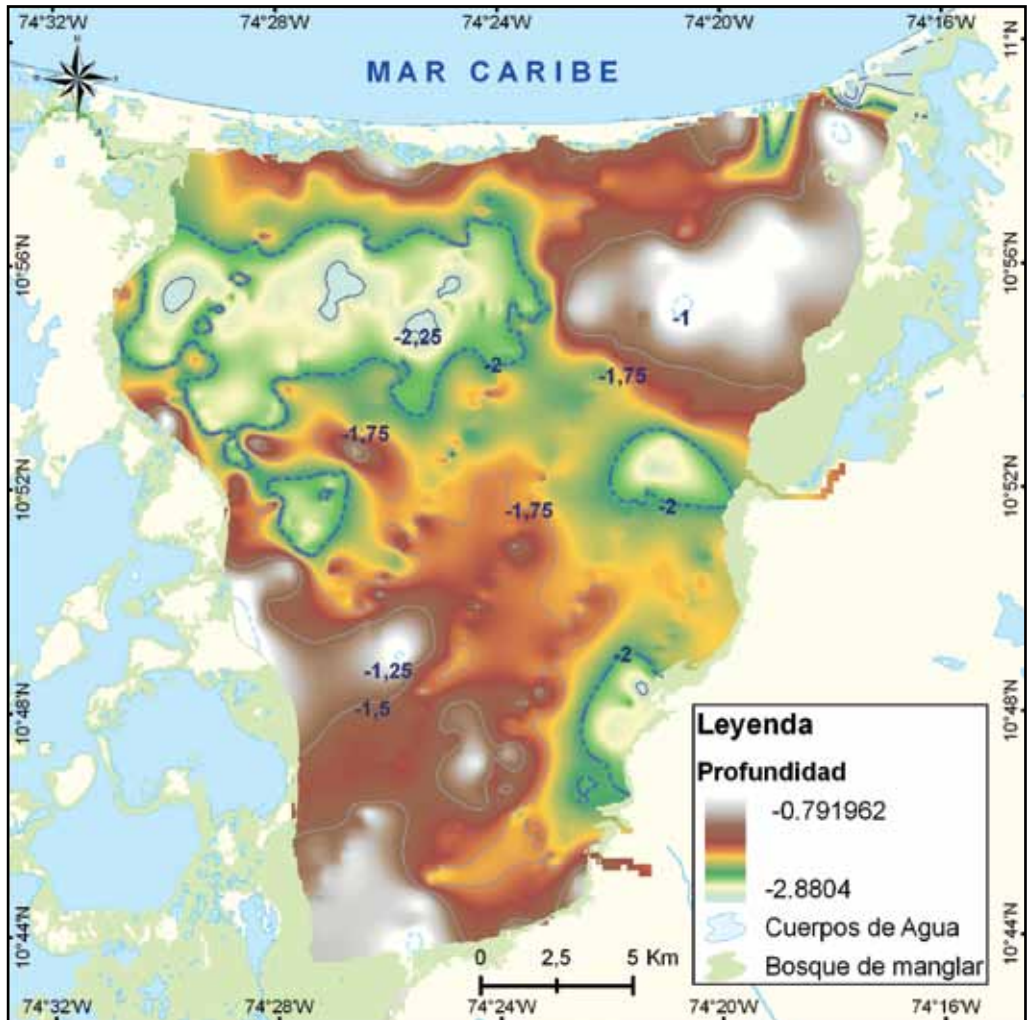


Figura 2.3. Batimetría de la CGSM levantada en el presente estudio (Invemar, 2009)

En cuanto a los procesos erosivos el CIOH (2003) en el estudio de la línea de costa entre Bocas de Ceniza y bocas del río Toribio resalta que para la parte oeste de la boca de Rincón de Barra Vieja, se han perdido cientos de metros para el periodo 1938 - 2002, mientras que hacia el este la pérdida ha sido de decenas de metros, alcanzando aproximadamente 40 m en Tasajera y algo similar en isla del Rosario, para el mismo lapso de tiempo. Aqua & Terra (2008) en el proyecto de diagnóstico de la erosión costera realizado para Corpamag, la Gobernación del Magdalena y el Invemar, presenta los cambios sufridos en la línea de costa para el sector entre la boca de La Barra y la población de isla del Rosario; de acuerdo con estos resultados, la erosión se considera baja, con una tasa promedio de  $1,3 \text{ m.año}^{-1}$ , para el periodo de 1953 al 2007, que representa un retroceso de 70

m en promedio. Particularmente desde el año 1995 a 2008, se ha mantenido el proceso erosivo a una tasa de  $2 \text{ m.año}^{-1}$  para el núcleo poblado, que cubre una franja de 600 m aproximadamente, mientras que el sector alrededor de la boca de La Barra ha experimentado un avance de hasta  $20 \text{ m.año}^{-1}$ .

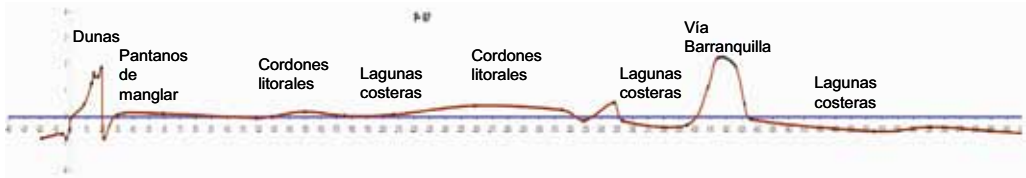
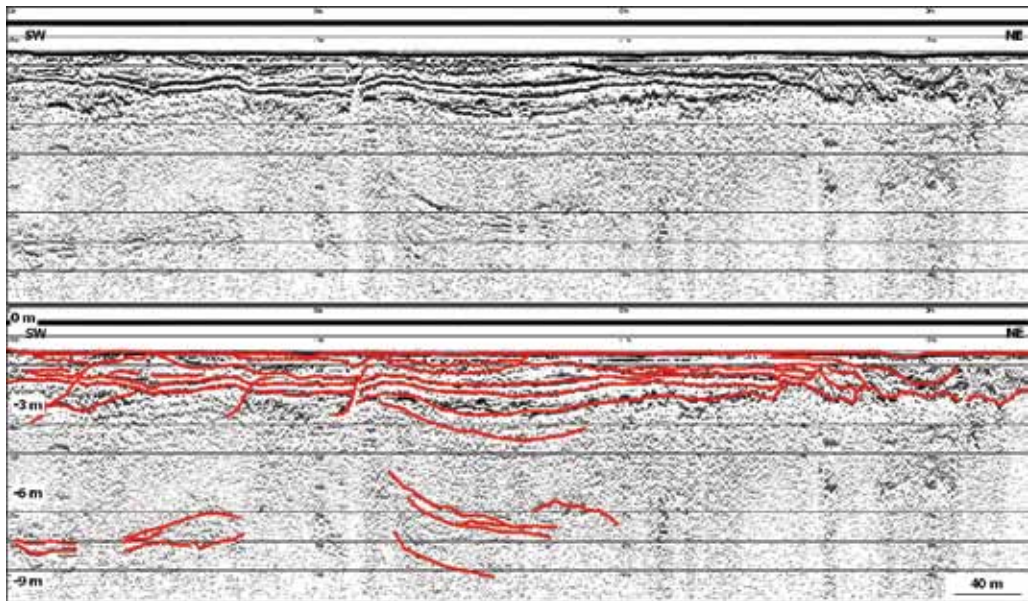


Figura 2.4. Perfil topográfico 7 en donde se aprecia la geomorfología general de la barra de Salamanca

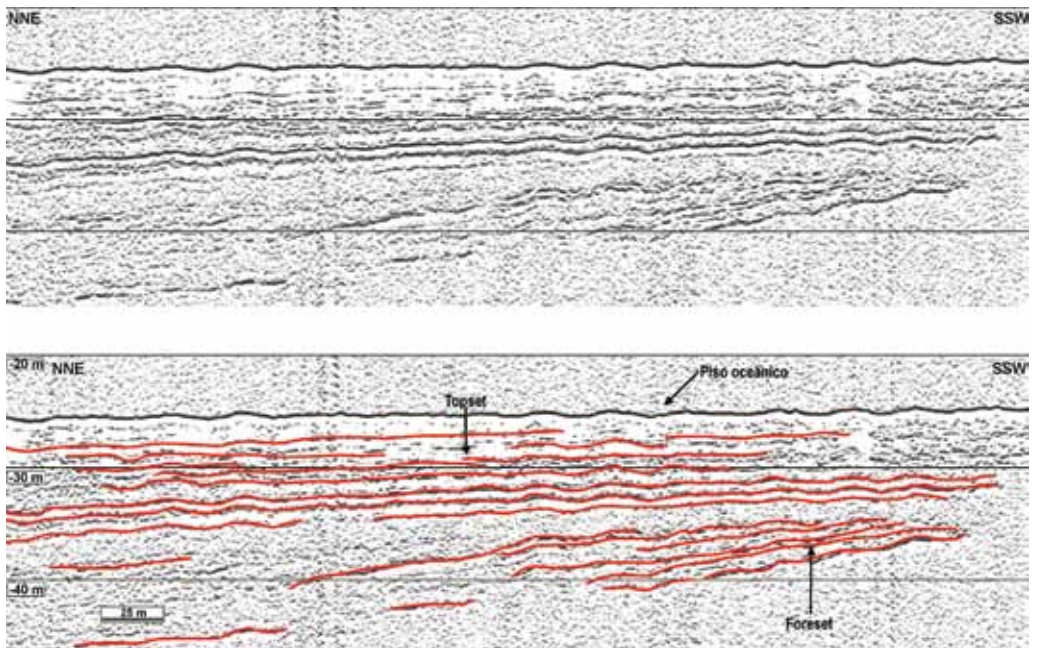
Los resultados de los levantamientos realizados con el perfilador del subsuelo muestran en las secciones sísmicas adquiridas en la CGSM, el registro de los pantanos que existían antes de que se formara la Ciénaga, con su red de canales y la sedimentación fina, con algunos niveles de sedimentos más gruesos. La presencia de un reflector muy fuerte a profundidades que oscilan entre 2-3 m hasta 4 m frente a la desembocadura de los ríos o en donde hay presencia de canales, parece corresponder al nivel de turba endurecido que se formó como consecuencia de la invasión del mar hace 2.400 años cuando se formó la Ciénaga. Por debajo o por encima de este reflector son muy esporádicas algunas reflexiones que indican otros niveles endurecidos o de textura más gruesa, interpretados como superficies de erosión (Figura 2.5).

Las secciones adquiridas en la plataforma somera adyacente complementan las observaciones anteriores de diversos autores, en las que se plantea la presencia del delta del Magdalena en el lóbulo frente a la Ciénaga Grande de Santa Marta; se observó en los registros la clinoforma que se extiende 15 km hacia el norte de la barra de Salamanca y que alcanza una profundidad mayor de 20 m en el punto de quiebre, donde la pendiente del fondo cambia de  $0,1^\circ$  a  $4 - 6^\circ$ . Las capas interpretadas como pertenecientes a cada uno de los mayores ambientes del delta: topset, foreset o bottomset tienen espesores que en conjunto alcanzan entre 10 y 18 m aproximadamente y que se ven truncadas por una superficie de erosión o abrasión, con un relieve irregular de altos y bajos, canales amplios o estrechos, asimétricos y rellenos con material no estratificado (Figura 2.6).

La sedimentación del foreset es la más espesa y mejor reconocible por su estratificación, levemente a moderadamente inclinada hacia el norte, y que se hace más evidente en el quiebre del talud. Se detectó la presencia de diapiros de lodo que no sobresalen en el fondo marino, pero que arquean toda la sedimentación en sus flancos. Pequeñas fallas también están presentes en los registros, sin que haya sido posible por ahora seguirlas a lo ancho de la plataforma.



**Figura 2.5** Perfil sísmico en la CGSM en donde se aprecian reflectores correspondientes a superficies de erosión o niveles de turba endurecida



**Figura 2.6** Registro sísmico en la plataforma somera frente a la barra de Salamanca en donde se aprecia la sedimentación



### 2.1.2 Diagnóstico de la erosión costera en el departamento de Sucre, Caribe colombiano (Posada *et al.*, 2009)

La zona costera del departamento del Sucre se enmarca dentro de la evolución de los cinturones del Sinú y San Jacinto ocurrida entre el Paleógeno - Neógeno (33.7-5.3 M.a.), y más recientemente del río Magdalena con su canal del Dique. Las geoformas presentes son por lo tanto un fiel reflejo de la actividad tectónica que llevó al levantamiento de estos sistemas de colinas y al cambio en el curso del río Magdalena, de los procesos de denudación y sedimentación que sucedieron como consecuencia de lo anterior y de las transgresiones y regresiones y la dinámica fluvial ocurridas desde entonces.

Las geoformas de origen denudacional asociadas al cinturón del Sinú (Formación San Onofre) ocurren en la costa norte del departamento, en una franja que puede llegar a tener hasta 10 km de ancho y que se extiende entre las poblaciones de Sabanetica y Berrugas. Consisten en colinas bajas suaves a moderadamente inclinadas y disectadas que limitan hacia la costa con superficies de abrasión planas a suavemente disectadas, producidas por la continua acción que el mar produjo sobre las rocas cuando éstas estaban al nivel del mar y/o el mar estaba más alto que actualmente. Bordeando los piedemontes se encuentran depósitos aluviales y coluvioaluviales que registran el continuo lavado de las corrientes de todos estos materiales. Como procesos erosivos actuales se registra erosión superficial, en surcos y localmente deslizamientos de pequeño tamaño.

En inmediaciones de la población de Coveñas también hay colinas con características similares a las descritas para el norte; pertenecen al cinturón de San Jacinto y se levantan suavemente a partir de la llanura costera.

Las geoformas de origen marino son las que predominan y se localizan en una franja a lo largo de todo el litoral y por lo tanto resultan muy afectadas por los procesos erosivos marinos; predominan los denominados pantanos de manglar o planos intermareales donde crecen no sólo el mangle sino otras especies halófitas. Con ellos están asociadas las lagunas costeras, los playones, salinos o no, resultado de la desecación de lagunas o la intervención sobre los manglares. Cordones litorales antiguos, que sirven como áreas aptas para cultivo, se aprecian en medio de los manglares del sector de la ciénaga de La Leche y se extienden hacia Tolú. Sectores de pantanos de manglar intervenido por la acción antrópica se diferenciaron por los cambios producidos sobre la geoforma natural y relacionados con deforestación, desecamiento de lagunas, relleno de tierras húmedas, urbanización y cultivos entre otros.

Barras arenosas de tipo playas, cordones litorales, dunas, espigas también se presentan en toda la zona. Se destacan las playas al norte de puntas Majagual y Chichimán, las de Balsillas, las que se encuentran alrededor de punta Seca y aquellas entre Tolú y Coveñas, aunque intervenidas con estructuras duras. Las dunas se forman principalmente asociadas a los pantanos de manglar,

pues crecen en el borde entre la vegetación y la playa formando franjas de varios metros de ancho y decenas de metros de largo, como ocurre entre punta Chichimán y punta Rincón y en Balsillas.

Parches de terrazas marinas coralinas o por acumulación se encuentran distribuidos a todo lo largo del litoral, remanentes de los procesos ocurridos en la plataforma marina durante la última transgresión. Están formando puntas duras en el Alto de Julio, Realón, Chichimán, Rincón, punta de Piedra, los Morros y Coveñas. Sufren erosión intensa por el ataque del oleaje, con desprendimiento de bloques y escombros que caen directamente al mar.

La llanura costera se extiende en todo el golfo de Morrosquillo, en un área de más de 3 km de ancho por casi 6 km de largo y es el producto de la sedimentación fluvio-marina ocurrida durante el Cuaternario. Son terrenos planos a suavemente ondulados dedicados principalmente al pastoreo.

Las geoformas de origen fluvial están relacionadas con el canal del Dique en la zona costera norte del departamento y a los drenajes que bajan de las colinas hacia el mar, cruzando las unidades anteriormente descritas y dejando depósitos sedimentarios finos durante las inundaciones. En la boca Doña Luisa se está formando un delta como consecuencia de la sedimentación del caño Correa, uno de los brazos del canal del Dique.

En cuanto a los procesos erosivos que actualmente están afectando la línea de costa, se encontró que en un porcentaje mínimo se relacionan con la unidad de pantanos de manglar y se localizan principalmente al sur de Portobelo, entre punta La Salina y Tigua, al norte de las puntas Realón y Chichimán, en las puntas Gorda y San Bernardo y norte de la boca Zaragocilla. Los procesos naturales de sedimentación han ocasionado el deterioro de los árboles más próximos a la línea de costa sobre los cuales se acumulan las arenas a manera de duna; la tala o intervención antrópica con rellenos, drenajes o uso acuícola han favorecido también la muerte local o deterioro de ecosistema, haciéndolo susceptible a los procesos marinos de erosión y sedimentación.

Otra unidad muy susceptible a la erosión son las puntas rocosas, en general conformadas por terrazas marinas coralinas, las cuales están expuestas al embate directo de las olas ocasionando la caída de bloques, escombros coralinos y árboles. Sobre ellas hay cultivos o infraestructura urbana por lo que han tratado de protegerlas con estructuras. Las playas al igual que las terrazas sufren procesos de erosión intensos en la mayor parte del litoral en donde se encuentran y es por ello que es común encontrar estructuras de protección asociadas a ellas. En un recorrido de norte a sur se detectaron procesos erosivos significativos entre punta Chichimán y punta Gorda, incluyendo todo el sector de Rincón del Mar donde se han construido muchas estructuras; las playas de Berrugas son casi inexistentes y sin embargo con múltiples obras de protección. Los sectores de Guainí y Tolú, así como las playas hasta el límite con el departamento de Córdoba se han sostenido a partir de espolones y otras estructuras. Frente a la ciénaga de la Caimanera no se cartografió erosión, a pesar de la existencia de espolones y rompeolas, debido a que hay una amplia playa en donde no se observaron signos de deterioro.

Comparando los procesos costeros actuales con el análisis de evolución de la línea de costa realizado para los últimos 20 años se pudo establecer que en el sector norte, entre el límite con el departamento de Bolívar y punta Comisario (Plancha 1), hay acreción alrededor de las bocas Cerrada - Portobelo y Doña Luisa, pero la barra sur del sector de boca Cerrada se está erosionando en su parte central. A la altura del caño Calambre se aprecia la conformación de una espiga que se extiende hacia el sur hasta boca Cerrada; de forma similar, desde boca Portobelo, una espiga larga y bien desarrollada se extiende hacia el norte, flexionándose hacia el este a la altura de Boca Cerrada. Ambas barras arenosas están cubiertas por manglar y en el caso de la espiga del sur, parece inminente la formación de una laguna por la unión de la espiga con tierra firme. Punta Comisario registra erosión intensa que atañe al manglar.

Entre punta Comisario y Balsillas (Plancha 2) hay acreción al sur de punta Comisario y en Sabanetica, mientras que la erosión parece haberse incrementado entre puntas Salinas y Tigua, donde antes había procesos combinados de erosión y acreción bajas. Entre las puntas Alto de Julio y Balsillas, el recorrido de campo registró procesos erosivos intensos que no aparecen reflejados en el análisis de evolución de la línea de costa en donde el retroceso de la línea de costa fue de pocos metros o inexistente, e inclusive en las playas de Balsillas se había cartografiado el avance del litoral, y ahora sólo permanece el cordón de dunas antecedido por una estrecha playa.

La evolución del litoral de la península de San Bernardo se presentó con acreción en su parte norte y erosión en la margen sur; sin embargo las observaciones de campo no muestran evidencia de que así sea y por el contrario se observó relativamente estable, con manglar seco y muerto localmente, playones y sedimentación de lagunas. Donde sí hay evidencias importantes de retroceso de la línea de costa es en los sectores de la Aguda – Los Morros, punta de los Muertos, Berrugas y el litoral sur hasta inmediaciones de boca Zaragocilla; múltiples estructuras de protección así lo atestiguan, así como el análisis multitemporal realizado. Particularmente, para el casco urbano de Berrugas se detectó un retroceso de la línea de costa de 110 m desde el año 1938 hasta 2006, con una gran pérdida de área con manglares.

El litoral de Tolú y sus alrededores mostró un retroceso de sólo unas decenas de metros en los últimos 20 años en el sector de Guainí y durante el trabajo de campo se notó una relativa estabilidad mantenida por las estructuras costeras, con algunas excepciones donde se encontró deterioro de parte de la infraestructura urbana y de servicios. Una evaluación minuciosa de nuevo material fotográfico y cartográfico mostró que el retroceso de la línea de costa para el área urbana de Tolú es en promedio de 40 m evaluados los años 1938 – 2006; es probable que puntualmente hubiera sido algo mayor o menor, pero a partir de la construcción de las estructuras se ha conservado relativamente estable.

El sur del casco urbano de Tolú y Coveñas sufrió cambios de línea de costa con retroceso de aproximadamente 20 m y acreción local asociada a estructuras, según se desprende el análisis de

las imágenes Spot de 1987 y 2006. Sin embargo, al evaluar la imagen de 2006 con las fotografías aéreas de 1961 se nota que el retroceso fue en promedio de 60 a 65 m, con grandes pérdidas de área de manglar. El trabajo de verificación de campo mostró una alta densidad de obras de protección que han controlado parcialmente el avance en algunos sectores, han estabilizado el retroceso o han inducido a procesos mayores corriente abajo.

En total se contabilizaron 268 estructuras de protección en la zona costera del departamento de Sucre, de las cuales 224 son espolones construidos en roca coralina o la que se extrae de la cantera de Tolú viejo, colocados allí sin los estudios técnicos necesarios. En la zona costera de Rincón existen 17 espolones, en Berrugas hay 33 obras, desde el Francés hasta Tolcemento hay 66 obras de protección y desde Tolcemento hasta punta de Piedra hay 44. Coveñas tiene 81 estructuras, la mayoría de ellas son espolones. La separación las obras es de 90 a 100 m aproximadamente; gran parte de ellas están en buen estado y han acumulado parcialmente material en su costado norte u oriental según el caso, favorecido por la dirección preferencial de la corriente de deriva litoral, mientras el costado contrario ha sufrido un retroceso. Más de 5.000 toneladas de rocas y de 178 millones de pesos se deben invertir anualmente en la reconstrucción de los espolones.

El análisis de los sedimentos de las playas mostró que son arenas de dos tipos: litoclásticas con predominio de cuarzo, líticos y otros minerales oscuros y biolitoclásticas en donde el contenido del carbonato de calcio está entre el 15 y 50%. Son arenas finas a medias con moderada a buena selección.

Se estima que los pocos sectores que aún permanecen sin estructuras las tendrán en un tiempo relativamente corto debido a que los procesos de erosión avanzan por los efectos de las obras existentes, el uso urbano denso que se le está dando a la zona costera y los efectos naturales propios del cambio climático, que no tendrían por qué afectar grandemente a la población si se dejara el espacio suficiente para que los agentes marinos modelaran el paisaje bajo los nuevos parámetros del nivel del mar.

## 2.2 Investigaciones en la región Caribe Insular

Se llevó a cabo para la Universidad del norte un estudio geológico y geofísico encaminado a la recuperación de las playas del sureste de la isla de San Andrés, dentro del proyecto denominado: Diagnóstico geológico, geofísico, biótico y de caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del proyecto de definición del diseño de las playas entre el Hoyo Soplador y San Luis en San Andrés isla (Sáenz *et al.*, 2009).

Los estudios geológicos y geomorfológicos llevados a cabo en la zona costera sureste de la isla de San Andrés, muestran claramente las unidades presentes como herramienta base sobre la cual se fundamenta las obras de mitigación o recuperación del litoral ante los procesos erosivos

que lo afectan. Los aspectos tectónicos adquieren importancia a la luz de la evolución relativamente reciente del archipiélago, si se considera por ejemplo, que la plataforma arrecifal emergida es de edad Sangamoniano y que al menos en los últimos 120 mil años la tectónica ha producido un basculamiento continuo, con subsidencia del lado oriental, y que los movimientos extensionales han ocasionado múltiples fracturas sobre las roca, algunas rellenas con material calcáreo y otras, más recientes, aún abiertas, causando una mayor fragilidad de la roca.

La plataforma arrecifal emerge en el costado sur, formando un borde acantilado, con múltiples fracturas y procesos erosivos. Donde el acantilado se hace más bajo o desaparece, se forman playas de arena coralina, tamaño grueso, con algunos rasgos erosivos, pero que en general se conservan, protegidas por la roca. A ambos lados de la vía y coincidiendo con la berma de la playa, parcialmente ocupada por la vía, se encuentran depósitos de tormenta, registro del avance del mar hacia tierra durante eventos de mal tiempo y que han dejado una importante acumulación de arenas, fragmentos gruesos, tamaño gravas y gránulos de roca coralina.

La zona entre Elsie Bar y Tom Hooker aún conserva algunos vestigios de esta plataforma emergida, formando acantilados bajos; sin embargo, son más representativas las playas y en ellas los procesos erosivos han actuado en forma agresiva. La extracción incontrolada de arenas que se dio hasta los años 90 para la construcción de edificaciones y carreteras, fue el evento que disparó la erosión; ya la carretera había causado un impacto por la remoción de la vegetación, las dunas, y la reducción del espacio en el que se suceden los procesos costeros. El oleaje avanzó y alcanzó la vía, por lo que hubo necesidad de hacer las primeras intervenciones con obras, que actualmente se han visto reforzadas por otras nuevas, en vista del daño grande que ha sufrido la estructura vial.

El sector norte de Tom Hooker (Decamerón) y Sound Bay no presentan afloramientos de la plataforma arrecifal; es aquí donde se desarrollan las playas más continuas del área de estudio, favorecidas por la presencia del depósito de tormenta y dunas incipientes que las alimenta de arena, a medida que el mar se lleva la existente. Aunque el registro de erosión no parece muy alto y ha causado pocos daños sobre la infraestructura vial o urbana, el costado oriental de la vía frente al cementerio casi desaparece, precisamente en donde existía un enrocado. Se conoce por la presencia de la beach rock, que las playas localmente han retrocedido entre 6 y 15 m en los últimos 20 años; en el extremo norte de este sector, eventos temporales de mal tiempo han afectado viviendas localizadas en la parte trasera de la playa.

El costado oeste de la vía es una superficie plana conformada por la plataforma arrecifal emergida. Tiene leves ondulaciones heredadas de la roca, o producidas por acumulaciones de escombros o, más común aún, por extracción de arenas, lo que ha dejado depresiones, ahora inundables, cubiertas o no con vegetación. Una franja de manglar paralela a la vía y al borde de la misma, o detrás de las construcciones, constituye un relicto de la antigua línea de costa.

La presencia de un arrecife franjeante localizado a menos de 200 m en promedio de la playa, y de cordones continuos de beach rock, no han logrado proteger las playas de la erosión; la extracción incontrolada de las arenas para la construcción, incluso dentro de los predios de la playa, dejó desprovisto el sistema de material suficiente para construir playas, y actualmente no recibe mayores suministros debido al fuerte deterioro del arrecife. Al mismo tiempo, parece haber bajado la altura de la cresta por la misma razón, permitiendo la entrada del oleaje, que se ha intensificado por los eventos de mal tiempo que suceden en el Caribe.

En cuanto a los resultados del estudio de geofísica, se pudo constatar la presencia de arenas en los cinco sectores muestreados, aunque su espesor fue muy variable y en general relativamente bajo (1 a 2 m), a excepción de una cuenca definida en Punta Sur, donde se alcanzaron hasta 7 m de espesor. Las cuencas fueron de dos tipos, una de ellas en forma de cubeta, definida por la aproximación a la costa y un alto en la plataforma, que permitía su confinamiento y una mejor definición del volumen de las arenas; en este caso el espesor y extensión del depósito fue restringido, pero claramente identificable, por ejemplo en Punta Sur. El segundo tipo de cuenca estuvo confinado hacia la costa o hacia un alto en la plataforma, y abierto hacia el quiebre de la misma, por donde muy posiblemente se pierden los sedimentos.

En el sector del Barco Hundido, el espesor de arenas es en promedio de 1 a 2 m y el volumen total parece no superar en general los 51 mil m<sup>3</sup>. Sin embargo, un volumen mayor podría verse enmascarado por: la falta de definición de los reflectores, como consecuencia de la alta dispersión de la energía por el carácter grueso de los sedimentos, un espesor de arenas muy alto que no permite iluminar el reflector de la plataforma o, por el contrario, bajos espesores de arenas intercalados con corales.

En West View los espesores promedio de arenas fueron altamente variables, al igual que el relieve de la plataforma; la definición de los reflectores fue buena, lo que permitió hacer un cálculo del volumen de arena más confiable en 134 mil m<sup>3</sup>. Punta Sur parece tener dos cuencas claramente definidas, que aunque estrechas, presentan los mayores volúmenes de la zona (Figura 2.7). La cuenca más norte tiene alrededor de 5 mil m<sup>3</sup> de arena, con cubetas bien definidas y espesores de 3 m, en tanto que la cuenca al sur es más amplia y tiene espesores de hasta 7 m, para un volumen total calculado en 900 mil m<sup>3</sup> aproximadamente.

El fuerte oleaje y la presencia de abundantes bloques y fragmentos coralinos no permitió obtener reflectores confiables para interpretar el volumen de arenas en la laguna interna del arrecife franjeante; sin embargo, el espesor no parece superar el metro. El canal de acceso al puerto, de otro lado, parece tener localmente espesores importantes (5 m), que no obstante deben ser mejor definidos con un monitoreo sistemático en la dirección adecuada, lo cual no estuvo al alcance de este estudio; preliminarmente se estima un volumen, para el área registrada, de 112 mil m<sup>3</sup>.

En cuanto a las facies del fondo marino, las imágenes sugieren que los depósitos de arena identificados con el perfilador del subsuelo, están en general asociadas con fanerógamas, algas y corales. En el sector del Barco Hundido y West View, hay algunos parches de arena desnudos, pero en general están las arenas cubiertas por fanerógamas o asociadas con corales. En Punta Sur, por el contrario, parece que predominan las arenas de diversos tamaños, desnudas, y con menor frecuencia, cubiertas por fanerógamas o asociadas con corales.

La laguna interna del arrecife franjeante en el sector sureste de la isla de San Andrés, tiene un fondo muy complejo, con parches de arenas, pastos y corales en cabezas o fragmentos, todos ellos asociados y distribuidos irregularmente, por lo que no fue posible hacer un mapa del fondo. A medida que se acerca a la cresta de la barrera coralina, aumenta la frecuencia de corales y fragmentos y disminuyen las arenas, pero en estos sectores, la señal del sonar fue difusa y sólo el registro de la exploración submarina permitió aproximarse a la identificación de su cobertura.

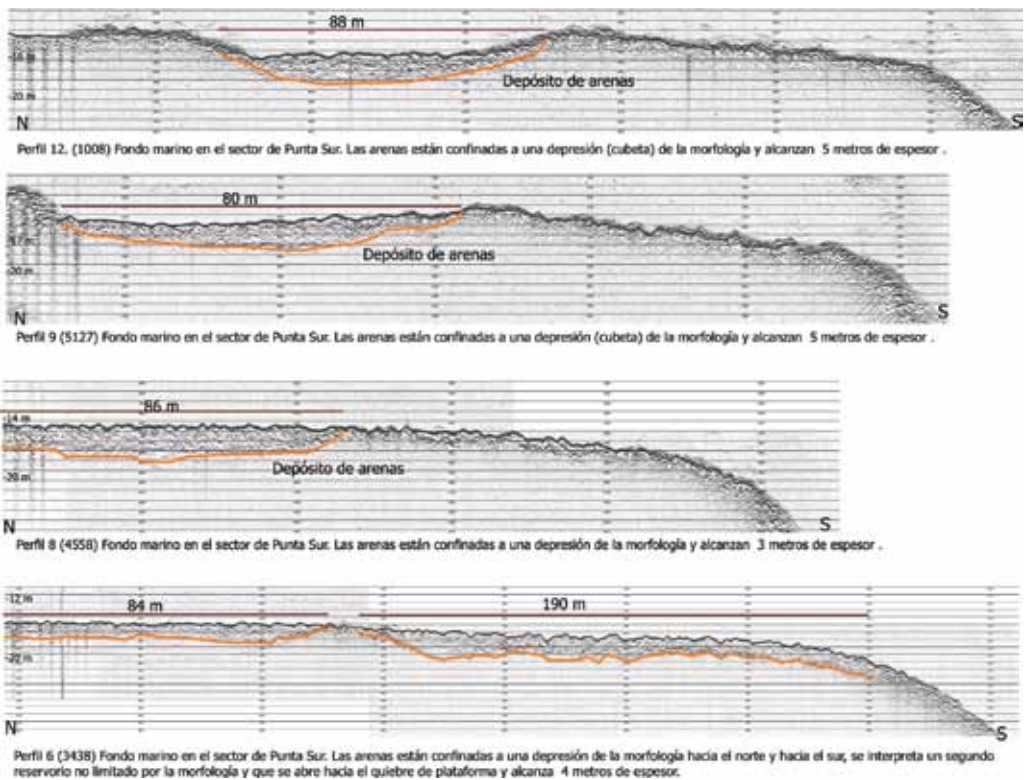


Figura 2.7 Depósitos de arena en el sector de Punta Sur en donde se halló la mayor concentración de arenas.

En cuanto a los sedimentos de la isla de San Andrés, todos son de carácter biogénico; la distribución de su tamaño es variable, y responde a la hidrodinámica presente en su ambiente de depósito. En el canal de acceso, por ejemplo, el tamaño de grano varía de arenas finas lodosas de selección pobre, asociadas a las pares más profundas en donde se mezclan con sedimentos muy gruesos o a la salida de las aguas del ecosistema de manglar cercano. Las arenas gruesas, fragmentos y gravas, predominan en las partes más profundas, donde se produce degradación mecánica de los fondos rocosos; también están subordinados a los sedimentos finos cerca de la costa. En la laguna interna del arrecife franjeante, los sedimentos son de tamaño grueso a medio, con una disminución de sur a norte, que responde a la presencia del borde costero arrecifal.

En el costado occidental, sector del Barco Hundido y Punta Sur, las arenas son de tamaño grueso y selección moderada, mientras que en West View, predominan las arenas finas, también con selección moderada.

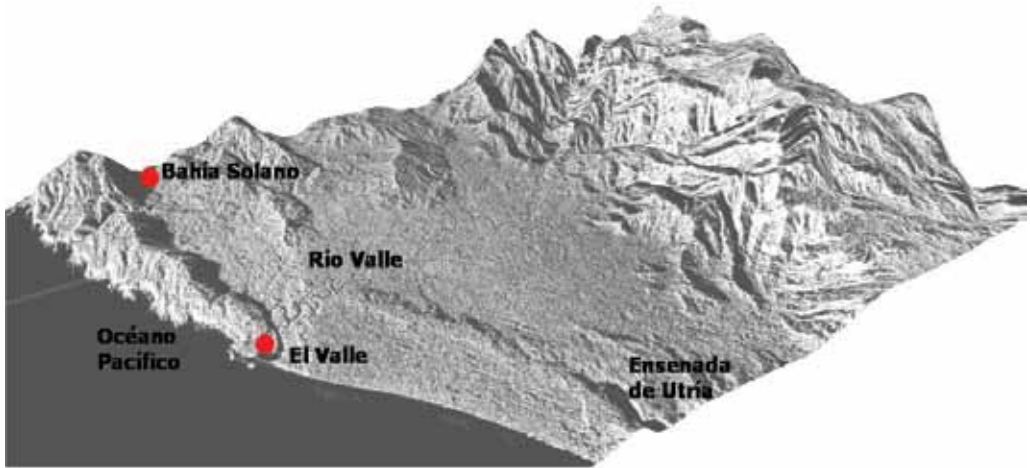
### **2.3 Investigaciones en la región Pacífico continental**

En la costa del Pacífico se llevó a cabo un estudio para evaluar la “Amenaza hidráulica sobre la población de El Valle” (Posada y Henao, 2009), en respuesta a la solicitud realizada por un representante de la comunidad en un taller llevado a cabo en la zona y que una vez evaluado, se consideró pertinente y de la mayor urgencia e importancia.

En el año 2008 se dio inicio a la investigación sobre la afectación que podría llegar a sufrir el corregimiento El Valle de Bahía Solano, por su localización en la parte final de la cuenca del río Valle, considerando de un lado que éste es un río de montaña y por tanto puede presentar crecientes grandes y rápidas que inundan el pueblo, y de otro lado que la dinámica del canal del río en la parte baja ha cambiado drásticamente, de ser un río meándrico ha pasado a ser un río bastante recto y por ende con una mayor velocidad de la corriente.

La cuenca del río Valle es la más grande de la zona, con más de 420 km<sup>2</sup>; se encuentra ubicada en el flanco occidental de la serranía de Baudó y se caracteriza por su caudal promedio de 100 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> y cauce relativamente corto, con tan sólo 35 km. En su parte alta el río transcurre encañonado entre las montañas, en tramos rectos controlados estructuralmente, mientras que la parte baja, desde la confluencia con el río Nimiquía es suavemente inclinado a plano, con un canal de 2 m de alto en promedio en dirección general E-W; el ancho es de aproximadamente 200 m a la altura de la desembocadura, algo más de 300 en el puente y hacia aguas arriba no alcanza a tener 100 m, razón por la cual cuando hay caudales altos el río se desborda hacia arriba y sólo combinado con altas mareas alcanza a inundar la población. (Figura 2).



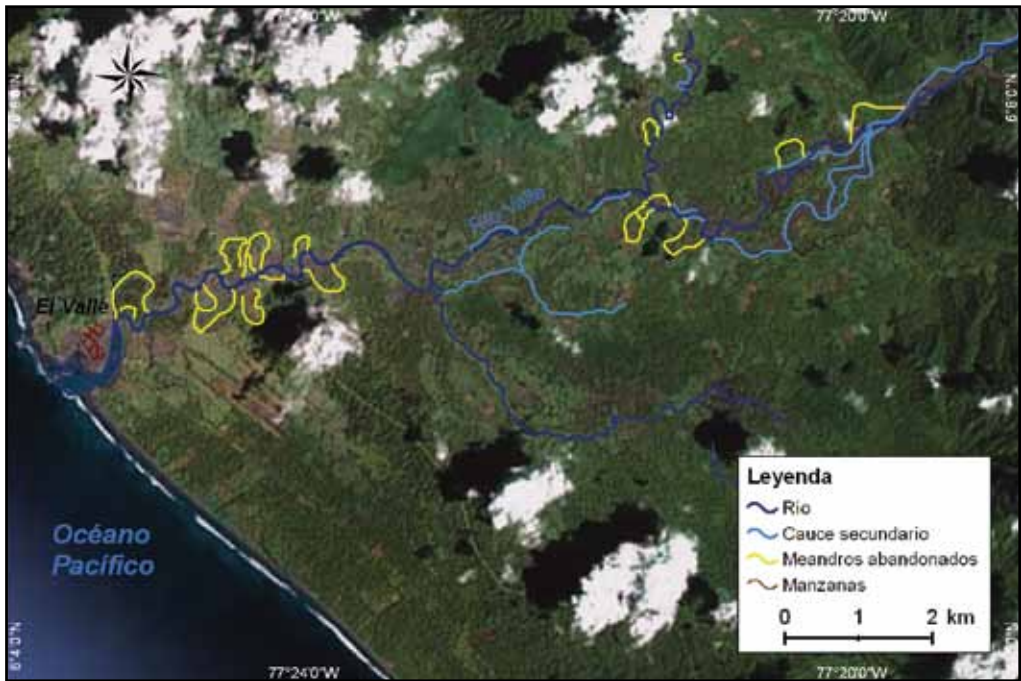


**Figura 2.8** Cuenca del río Valle y localización del corregimiento de El Valle y la cabecera municipal de Bahía Solano

La población de El Valle se localiza en la parte baja de esta cuenca, sobre la margen derecha del río, sobre depósitos aluviales y de pantanos de manglar del Cuaternario, rellenados antrópicamente y rodeados de colinas saprolitizadas del Cretácico, con laderas inestables, controladas estructuralmente y alto contenido de humedad. El colegio y el cementerio se asientan sobre la margen izquierda del río, sobre una barra litoral alta que separa el río del mar. Geológicamente se asienta en una zona de alta actividad sísmica.

A la altura de la población, el canal del río tiene entre 200 y 300 m de ancho y en él se aprecian bajos formados por la acumulación del material; a la altura del barrio Miraflores se observan rocas duras a nivel del río y en las orillas, lo que ha protegido el barrio de la inundación en temporadas de fuertes lluvias, crecidas fluviales y mareas altas; éstas a su vez protegen este sector de la socavación.

Se destaca dentro de este proceso el fenómeno de estrangulamiento de meandros, común a lo largo del cauce del río Valle y que ha significado una disminución notable de su cauce y con ello ha ocasionado que el río lleve una mayor velocidad y capacidad de socavación. Según datos de los pobladores, el abandono de meandros ha sido provocado en buena parte por los habitantes para acortar las distancias de recorrido entre un sitio y otro para favorecer los cultivos en algunos terrenos. Naturalmente se ha dado este proceso ha revertido en ocasiones, pero en otras ha permanecido. La Figura 2 muestra la evolución del cauce del río desde 1943 hasta el año 2008.



**Figura 2.9** Análisis de evolución del cauce del río Valle desde el año 1943 a 2008. Puede observarse la gran cantidad de meandros abandonados, lo que reduce la longitud del cauce.

En el sitio donde se bifurcó el río hace como 15 años se formó una gran isla por el corte del meandro; la curva que hace el río en este punto cada vez se hace más pronunciada por la acumulación de material en el lado convexo y la socavación en el lado cóncavo. Allí la topografía mostró la presencia de un terreno bajo, anegado, con manglares, que paulatinamente va conformando un drenaje, lo cual favorece que el río se encauce por allí durante las crecidas. Se ha identificado que durante una creciente fuerte el río podría encauzarse por este sitio, poniendo en grave peligro a la población (Figura 2).

La cuenca del río Valle tiene una densidad de drenaje moderado ( $2.719 \text{ km/Km}^2$ ) reflejando un moderado escurrimiento que es consecuencia directa del tipo de roca presente en las partes media y alta de la cuenca, que a su vez influye decisivamente en la capacidad de infiltración y erodabilidad del suelo. En cuanto a su forma, los valores de razón de bifurcación (2.2) y razón de circularidad indican una cuenca redondeada con alto riesgo de inundación por concentración rápida de esorrentías. Por otra parte, la razón de relieve ( $41.21 \text{ m/km}$ ) es un valor bajo que implica una capacidad de transporte mediana de la corriente de agua que fluye por el cauce.

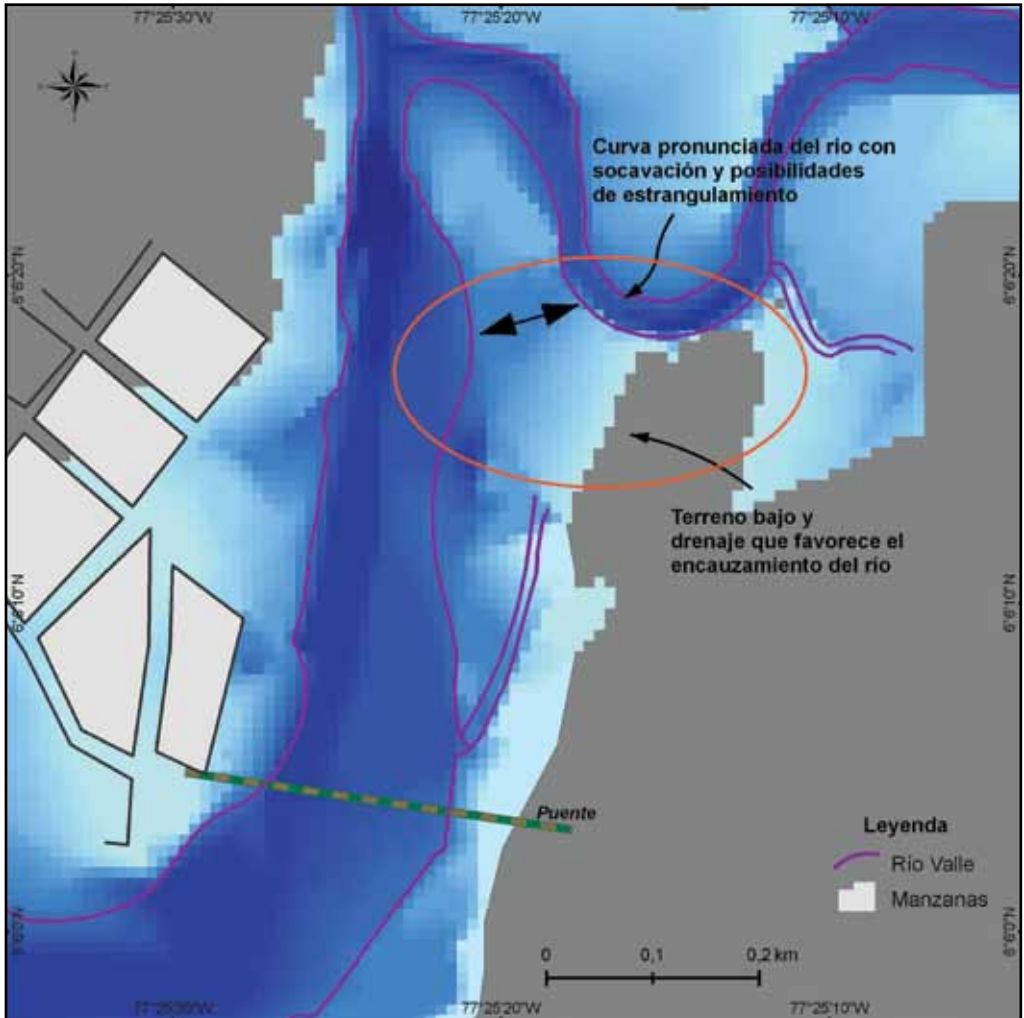
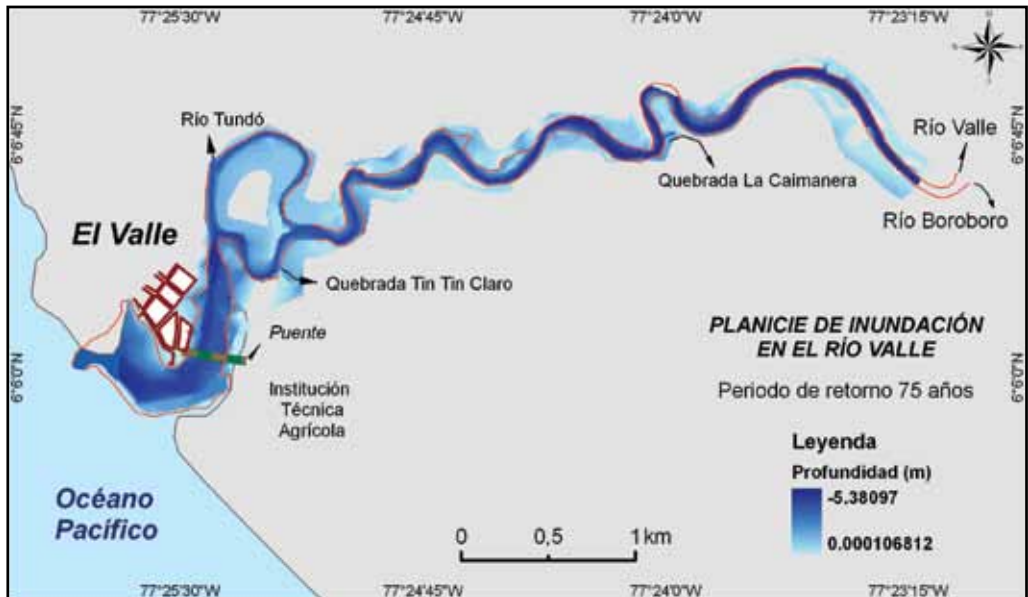
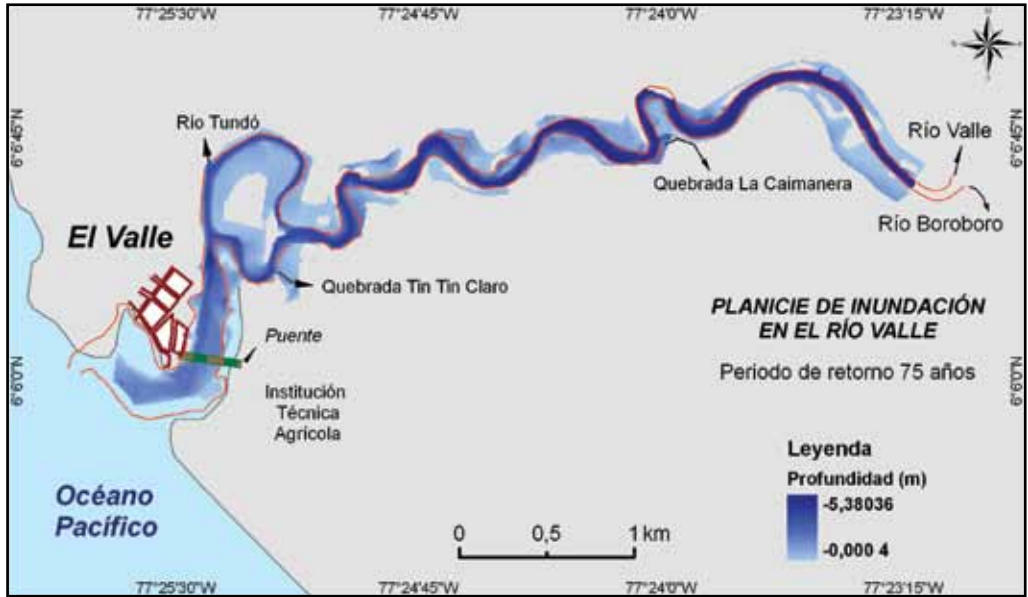


Figura 2.10 Área del canal del río con posibilidades de estrangulamiento de meandro y/o encauzamiento del río.

La modelación hidráulica de la topografía de la llanura, realizada mediante 60 secciones transversales permitió el cálculo la altura de la inundación en ellas y la delimitación de la extensión de las zonas inundables, para los periodos de retorno de 2, 5,15, 25, 50 y 75 años usando las profundidades críticas para cada perfil y la altura de la superficie conocida del agua, en el cual se incluyó un valor de cota perteneciente a un nivel de marea de 2.5 metros.

En el primer caso, es decir, utilizando la condición de profundidad crítica sin tener en cuenta la influencia de la marea, se obtuvieron mapas con planicies de inundación localizadas principalmente en los segmentos superior, intermedio y meandro del río Valle, donde a medida que aumenta el periodo de retorno aumenta el área afectada (principalmente zonas de uso para cultivos

de caña y plátano, frutales y zonas de pastos para la ganadería), mientras para el segmento inferior no se presentaron desbordes con las condiciones mencionadas hacia la margen derecha donde se localiza la población de El Valle (Figura 2.11).



**Figura 2.11** Altura de la inundación en las planicies a lo largo del río Valle para el periodo de retorno de 75 años. a) sin el efecto de la marea; b) con 2.5 m de altura de marea.

Utilizando la condición de altura de la superficie de agua conocida, con un valor de altura del agua de 2.5 metros correspondiente a nivel de marea, las planicies de inundación afectan todos los segmentos del río, en donde a medida que aumenta el periodo de retorno aumenta el área afectada (zonas de uso para cultivos de caña y plátano, frutales, zonas de pastos para la ganadería y área urbana), donde el nivel de inundación para la población de El Valle sería en promedio de 0.4 a 1.5 metros dependiendo del sector y de la topografía.

Para proteger a la población de la amenaza por estrangulamiento del meandro cercano al área urbana y de las inundaciones podría considerarse la protección de la banca del río ya sea en la curva cóncava donde se está dando el proceso erosivo y/o en la margen derecha del río a la altura del área urbana. Podrían contemplarse obras que involucren por ejemplo muros de suelo reforzado, con intercalaciones de material sintético como geotextiles o geomallas y fundaciones en enrocado sobre geotextiles, estructuras modulares en el lado expuesto, colocación de mallas no metálicas y elementos de hormigón prefabricado. Todo ello obedeciendo a una estricta modelación matemática que involucre la caracterización y zonificación de los suelos, su estratificación y estado de compactación, las precipitaciones y caudales máximos del río, las cotas de inundación, la distribución de la velocidad de las mareas, la variación en los niveles de llenado del canal del río y las estadísticas del oleaje.

Otra posibilidad que se plantea es la reubicación de la población a la barra litoral que se extiende sobre la margen izquierda del río y que separa el río del mar. Existen las condiciones topográficas, de suministro de agua, de área de cultivos, de comunicación vía mar, río y terrestre, para que pueda considerarse esta solución. Sin embargo, deberán realizarse estudios costo beneficio de un traslado de la población frente a la de hacer las obras sugeridas en el capítulo anterior, si fuera posible hacerlas.

Dentro de las consideraciones iniciales necesarias estaría la clarificación sobre la propiedad de los terrenos o la posibilidad de disponer de ellos para la reubicación. Habría tres grandes niveles a evaluar: aspectos netamente monetarios, aspectos ambientales y aspectos intangibles; se considerarían criterios cualitativos como la seguridad de las personas y sus bienes, principalmente la vivienda; el mejoramiento del acceso a la población; el acceso a fuentes de agua dulce que garanticen el servicio de acueducto; la rehabilitación de áreas naturales y biodiversidad asociada como son los manglares en el sector a abandonar; la provisión de embarcaderos para botes de pescadores, entre otros (Adaptado de European Commission, 2004).

## Literatura citada

- Henao, W. y B.O. Posada. 2009. Estudio del impacto hidráulico de la parte baja del río Valle y sus efectos sobre la población de “El Valle” (Bahía Solano – Chocó). Informe Final preparado por el Invepar para el MAVDT. 139 p.
- Posada, B., D. Morales, N. Neiza, J. Idárraga-García, W. Henao. 2009. Estudio Batimétrico y Sedimentológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la Plataforma Somera al frente de la Barra de Salamanca (Magdalena, Colombia). Informe final. BPIN Erosión Costera. Programa Geociencias Marinas. INVEMAR. 109 p. 5 Anexos.
- Posada, B., N. Neiza, D. Morales, W. Henao. 2009. Diagnóstico de la erosión costera en el departamento de Sucre, Caribe colombiano. Informe final fase II, preparado para CARSUCRE. Programa de Geociencias Marinas de Invepar.
- Sáenz, H.F., J.M. Betancourt, B.O. Posada, D.F. Morales, I. Restrepo, M.P. Bolaño, D. Vega, L.A. Mejía, A. Merchán, L.A. Gómez y L.C. Gámez. 2009. Diagnóstico geológico, geofísico, biótico y de caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del proyecto de definición del diseño de las playas entre el hoyo soplador y San Luis en San Andrés Isla. INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Técnico Final (ITF), para la Universidad del Norte. Santa Marta

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

*Lizbeth Janet Vivas-Aguas, Silvia Narváez-Flórez, Luisa F. Espinosa*

*(3.3.1) Ángela Inés Guzmán-Alvis, John Josephraj Selvaraj y Natalia Serna*

*(3.3.2) López Víctor Manuel, Ángela Inés Guzmán-Alvis, John Josephraj Selvaraj*

*(3.3.3) Mary Luz Cañón Páez, Diana María Quintana, Rosana López, Gustavo Tous y Hugo Javier Llamas*

La calidad del agua depende de las características químicas, físicas y biológicas que son adquiridas a través de diferentes procesos naturales y antropogénicos. Para evaluar la calidad, se tienen en cuenta diferentes parámetros según el uso al cual esté destinado el cuerpo de agua (Beamonte *et al.*, 2004). Una dificultad que se presenta alrededor de los cuerpos de agua es que son considerados como espacios para paisajismo, recepción de efluentes o como materia prima en procesos industriales, pero no se consideran sus características naturales, ni que son la base de un recurso biológico de flora y fauna, y que por lo tanto, la valoración de su estado debe estar ligada a sus múltiples características y funciones (Bianucci *et al.*, 2005).

A nivel mundial se han planteado diferentes estrategias para evaluar la calidad de las aguas marino-costeras, partiendo del análisis de indicadores específicos como las variables físico-químicas oxígeno y sólidos totales, ó los indicadores biológicos como grupos bacterianos y de macroinvertebrados. Estos esfuerzos han conducido al desarrollo de aproximaciones más complejas como los índices de calidad, que se basan en ponderaciones de múltiples variables seleccionadas de acuerdo al uso del agua (Miravet *et al.*, 2009). El desarrollo de estos índices conlleva a una categorización de las áreas y constituye una herramienta útil en la toma de decisiones.

En Colombia, las aguas marino-costeras son empleadas para múltiples fines como el transporte marítimo, la acuicultura, agricultura, recreación y los deportes náuticos, entre otros. El desarrollo de estas actividades ha generado históricamente aportes de contaminantes en los ecosistemas, que han llevado al deterioro en la calidad de este recurso hídrico. Para evaluar la calidad de las aguas, el país ha desarrollado actividades de monitoreos de gran escala como la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM, estudios de diagnóstico de las fuentes de contaminación y evaluaciones puntuales en zonas donde se han identificado procesos de deterioro, entre otros. Adicionalmente, se desarrolló el Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAM), que pretende servir como una herramienta de gestión para las entidades de control.

A continuación se presenta el estado de las aguas marino-costeras en el Pacífico y Caribe colombiano, a partir del diagnóstico de las fuentes de contaminación que impactan ambas regiones, la evaluación del ICAM y la aplicación de indicadores biológicos. De igual forma se incluye la información suministrada por la Universidad Nacional de Colombia y la Dirección de Investigaciones de Palmira – DIPAL y por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH.

### 3.1 Fuentes terrestres de contaminación de las aguas marinas y costeras

El agua es necesaria para los seres vivos, pero los humanos la usan además en actividades como los procesos industriales, como vertedero y mecanismo de transporte de residuos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales producen contaminación y reducción de la calidad, a lo largo de las cuencas hidrográficas y en las zonas costeras, amenazando la salud humana y el funcionamiento natural de los sistemas acuáticos (Burton, 2003).

En las franjas costeras de Colombia existen diversas actividades de desarrollo social y económico que generan residuos líquidos y sólidos producto de actividades municipales, industriales, agrícolas y portuarias, entre otras. Éstos residuos son fuente importante de materia orgánica, detergentes, sólidos, nutrientes inorgánicos y microorganismos de origen fecal, que disminuyen la disponibilidad de oxígeno, afectando la calidad del agua en las áreas costeras del Caribe y Pacífico (Figura 3.1).

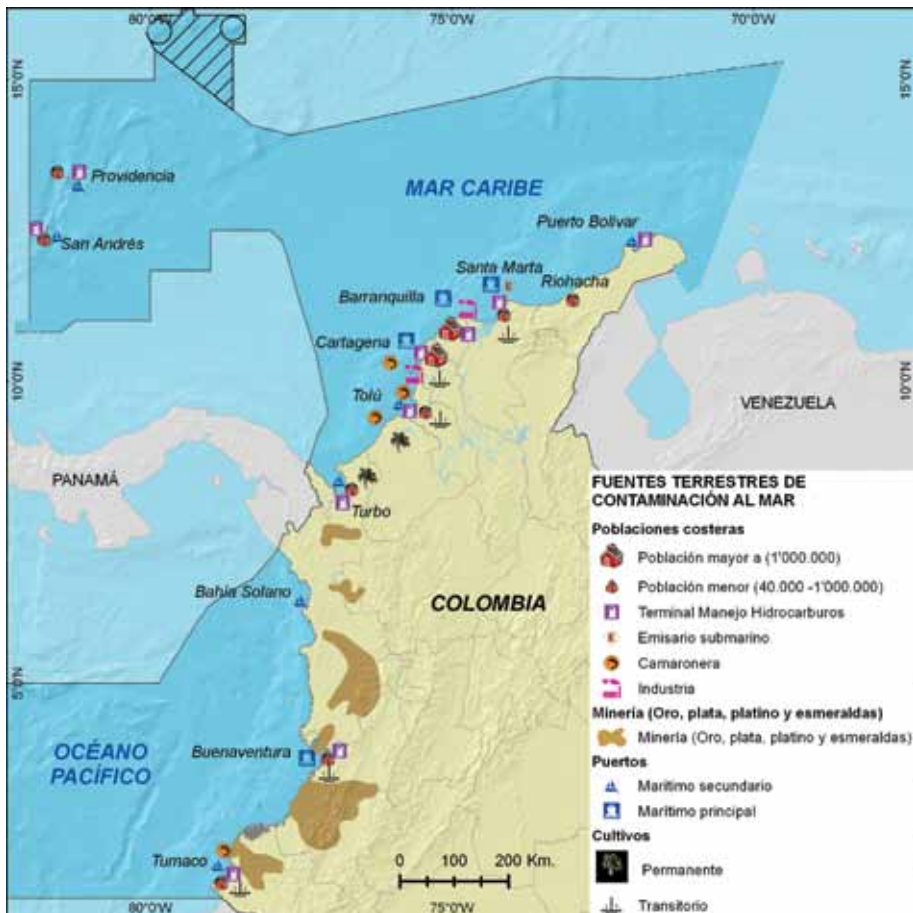
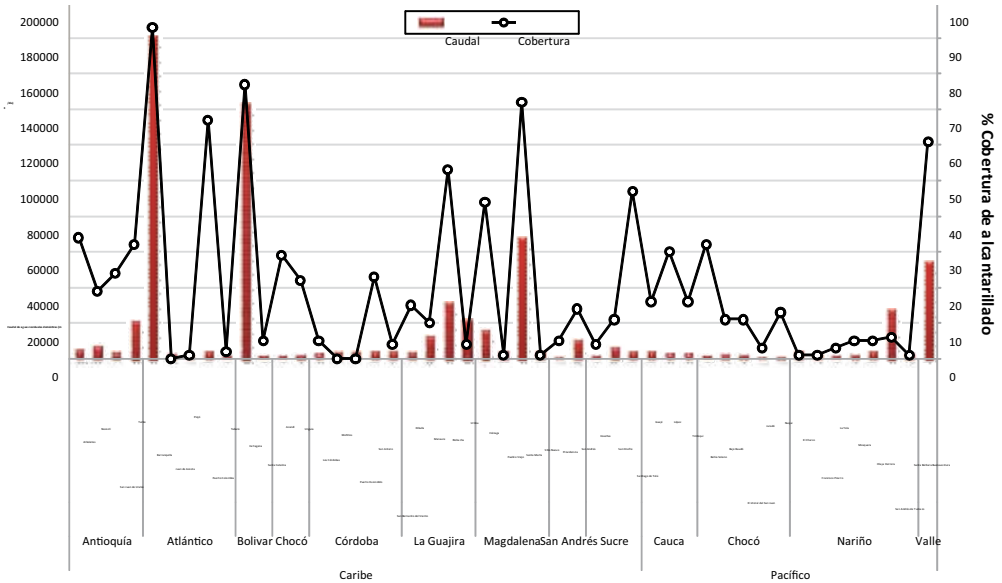


Figura 3.1. Principales fuentes terrestres de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. Fuente: IGAC, 2002; Supertransporte, 2008; DANE, 2009a.



Quizás el mayor impacto en la zona costera se debe a la disposición de las aguas residuales domésticas (ARD) de las ciudades costeras, ya que la mayor parte de los municipios descargan las aguas servidas directamente sobre cuerpos de agua superficiales, con escaso o nulo tratamiento (SSPD, 2009), solamente, Santa Marta y San Andrés, cuentan con emisarios submarinos, y Cartagena y Buenaventura con emisarios emergentes. Según los datos del DANE (2009a), los asentamientos del Caribe colombiano no alcanzan al 30% en cobertura de alcantarillado. Aunque Barranquilla, Cartagena y Santa Marta, municipios de mayor desarrollo socioeconómico superen el 70%, en muchas otras poblaciones escasamente se llega a cubrir el 1%. En el Pacífico el panorama es menos alentador, sólo Buenaventura alcanza el 61% y el resto de poblaciones no superan el 32% de la cobertura en saneamiento (DANE, 2009a; Figura 3.2).



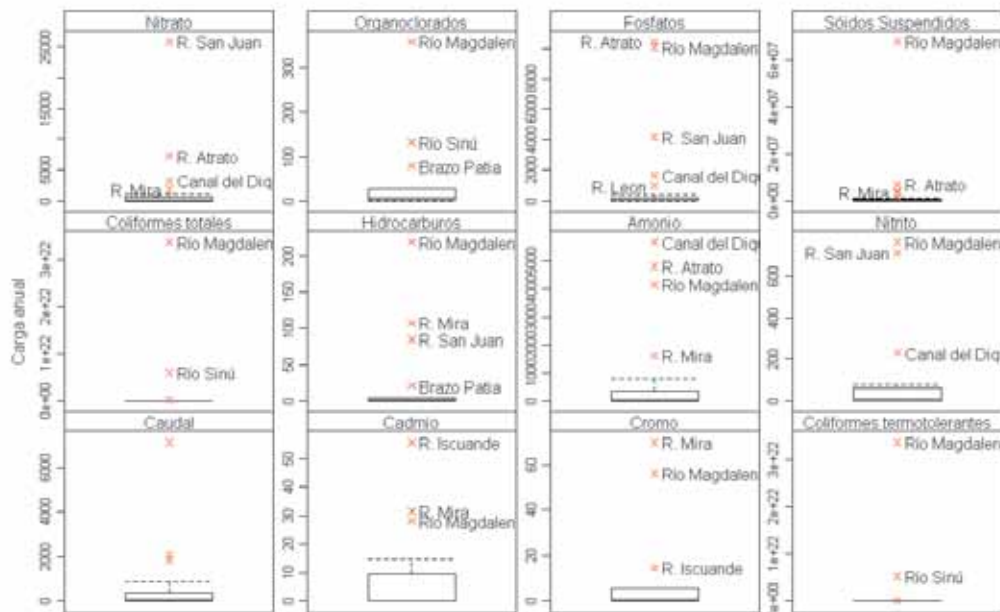
**Figura 3.2.** Distribución de la cobertura de alcantarillado (en líneas) y la producción de aguas residuales domésticas (en barras) en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombiano. Fuente caudal: cálculo Invemar, metodología RAS-2000, MinDesarrollo, 2000 y 2002. Fuente población y cobertura alcantarillado: Censo General 2005 (DANE, 2009a).

Los más de 4.5 millones de habitantes de la franja costera colombiana proyectados para el 2009 (DANE, 2009b) producen aproximadamente 681.019 m<sup>3</sup>/día de ARD, de las cuales el 84% lo aporta la población del Caribe y el 16% la del Pacífico (MinDesarrollo, 2002; Troncoso *et al*, 2009). En el 2009, estas aguas demandaron 83.199 ton/año de oxígeno para la descomposición de materia oxidable a nivel biológico (DBO<sub>5</sub>) y 166.398 ton/año para la oxidación química (DQO), transportaron 83.200 ton/año de sólidos suspendidos, 19.968 ton/año de nitrógeno inorgánico, 1.331 ton/año de fósforo inorgánico y aportaron 3.3 x 10<sup>20</sup> NMP/año de contaminación fecal.

Por otra parte, los ríos son la principal fuente terrestre de contaminación a la zona costera, debido a la magnitud del caudal que transportan con respecto a los efluentes industriales y domésticos, así como a la diversidad de sustancias que pueden llegar a recoger desde su nacimiento hasta la desembocadura (Escobar, 2002; Restrepo *et al.*, 2005).

Según los resultados de 2008, los ríos Magdalena, Atrato y Sinú en el Mar Caribe y el San Juan, Mira y Patía en el Océano Pacífico, son los tributarios más importantes por las amplias áreas de drenaje de sus cuencas, su caudal y las descargas de contaminantes a las aguas costeras. En término de carga, los mayores aportes de nitrógeno inorgánico, se presentaron en los ríos San Juan, Atrato, Magdalena, Mira y el Canal del Dique. El río San Juan descargó 25.913 ton/año de nitratos y el Canal del Dique 5.653 ton/año de amonio superando al río Atrato y al Magdalena (Figura 3.3), posiblemente por la cantidad de sedimentos que arrastra y por la alta oxidación anaeróbica de la materia orgánica (Restrepo *et al.*, 2005). La carga de fósforo inorgánico fue más alta en los ríos Atrato y Magdalena, con 10.440 ton/año y 10.073 ton/año, respectivamente; así como los sólidos suspendidos más elevados se presentaron en el río Magdalena con 67,5 millones de ton/año por el arrastre de sedimento y los aportes que recibe de los tributarios que desembocan en su cuenca a lo largo del territorio nacional; seguido por los ríos Atrato, Patía y Mira. Los mayores aportes de contaminación fecal se obtuvieron en el río Magdalena ( $3 \times 10^{22}$  NMP/año) seguido del río Sinú ( $5 \times 10^{21}$  NMP/año), probablemente asociados al vertido no controlado de aguas residuales domésticas con altas cargas de coliformes termotolerantes y totales. Así mismo, fueron los tributarios con mayor carga de plaguicidas organoclorados (Figura 3.3), debido a las características y la vocación de sus cuencas que atraviesan zonas agrícolas y pecuarias como las sabanas de Córdoba, donde usan agroquímicos de forma intensiva. Las mayores descargas de hidrocarburos se registraron en los ríos Magdalena, Mira, Patía y San Juan, estos compuestos provienen de actividades como el transporte marítimo, muelles artesanales, el expendio de gasolina y el mantenimiento de embarcaciones. Los valores registrados en el río Magdalena pueden estar vinculados al transporte diario de hidrocarburos a través del río, desde la refinería de Barrancabermeja hasta el Canal del Dique (CORMAGDALENA, 2009). En cuanto a los metales pesados, los ríos Iscuandé y Mira registraron los niveles más elevados de cromo y cadmio respectivamente, quizás por la extracción y remoción de sedimentos de la actividad minera de estas zonas, combinado con el arrastre de sólidos en su cuenca baja.

Los residuos sólidos en varios municipios se disponen en rellenos sanitarios, basureros a cielo abierto, enterramiento y quema, pero aún existen un porcentaje de la población que los arroja directamente a los ríos, ciénagas o al mar (SSPD, 2008), convirtiéndose en otra fuente de contaminación de la zona costera.



**Figura 3.3.** Comportamiento de la descarga de los ríos y corrientes de agua, que tributan a la zona costera colombiana. Los valores atípicos (x) de cada variable coinciden con los afluentes de mayor aporte.

Por otra parte, los seis puertos en el Caribe (San Andrés, Santa Marta, Cartagena, Barranquilla, Puerto Bolívar y Tolú) y los dos en el Pacífico (Buenaventura y Tumaco) que realizan actividades portuarias y de tráfico marítimo, donde se movilizan principalmente: carga general, hidrocarburos, carbón, pasajeros y pesca (Supertransporte, 2008), son considerados fuentes importantes de contaminación, por la probabilidad de ocurrencia de derrames de hidrocarburos, residuos oleosos, derivados de petróleo, aguas de sentinas y de lastre; los cuales pueden generar impactos, tal como lo demuestran algunos estudios que presentan concentraciones que sobrepasan los niveles de referencia en compuestos orgánicos persistentes, nutrientes e indicadores de contaminación biológica y microbiológica (Troncoso *et al*, 2009; Cañon *et al*, 2009)

El impacto de la actividad agrícola se debe al escurrimiento de fertilizantes y agroquímicos a los cuerpos de agua. En las zonas costeras del país, la mayor actividad agrícola se concentra en Córdoba, Urabá y Magdalena, donde hay grandes extensiones de cultivo de banano, arroz y palma aceitera. En el resto de departamentos costeros la agricultura es de subsistencia, con cultivos perennes y de “pancoger” (DNP, 2007).

### 3.2 Estado actual de la calidad de las aguas marino-costeras del Caribe y Pacífico colombiano

El índice de calidad (ICAM) permite cuantificar el estado de conservación o deterioro del agua marino-costera, de acuerdo a sus características y en función de su destinación en un lugar y tiempo específico. Debido a que la calidad es un atributo que depende de múltiples variables (ecuación 1) y condiciones tanto naturales como antrópicas, para el cálculo del ICAM, se utilizan de manera integral las variables oxígeno disuelto, pH, salinidad, nitritos + nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, organoclorados totales, metales pesados (Cd, Cr y Pb), y coliformes totales y termotolerantes (Marín *et al*, 2003; Vivas-Aguas, 2007).

$$ICAM = \sum_{i=1}^n (Q_{fj} \times F_i) - \sum_{i=1}^n (Q_{ct} \times F_i) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$Q$  = es la calidad del agua en función de la concentración de cada una de las variables del ICAM.  $Q_{fj}$  es la calificación de fisicoquímicos; mientras que  $Q_{ct}$  es la calificación de los contaminantes.

$F_i$  = es el factor asignado a cada una de las variables, según su importancia en la ecuación la cual se pondera entre cero y uno.

Cada variable dentro de la ecuación se califica por la concentración medida y se ajusta a las curvas de funcionamiento con valores entre 0 y 100 de acuerdo a la escala de valoración descriptiva de calidad del ICAM (Tabla 3.1), según el tipo de agua y el uso, para preservación de flora y fauna ( $ICAM_{PFI}$ ), o para recreación, actividades náuticas y pesqueras ( $ICAM_{RAP}$ ).

Para calcular el ICAM, del período 2008 - 2009, se seleccionaron las estaciones de la REDCAM que tuvieron mayor representatividad, de acuerdo al número de datos colectados en el conjunto de variables indicadoras mínimas (entre 7 y 11 variables), asumiendo las alternativas de cálculo propuestas por Vivas-Aguas en el 2007.

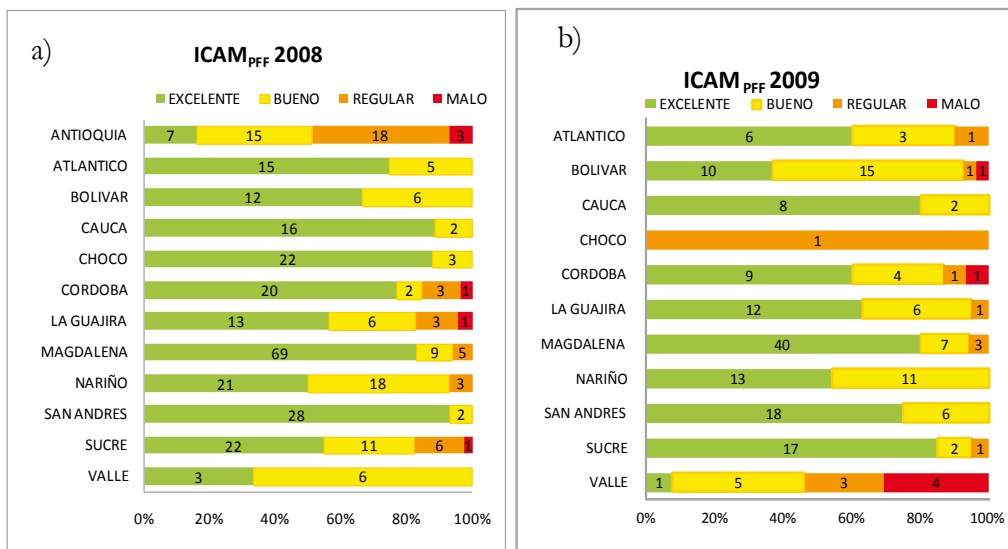
Tabla 3.1. Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y estuarinas - ICAM

(Ecuación 1)	Calificación	Nivel de riesgo	Rango numérico ICAM (%)
Verde	Excelente- Adecuado	No hay	75 – 100
Amarillo	Bueno - Satisfactorio	Bajo	50 – 75
Naranja	Regular - Deficiente	Medio	25 – 50
Rojo	Malo - Inadecuado	Alto	0 – 25

### 3.2.1 Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para preservación de flora y fauna, ICAM<sub>PFF</sub>

El ICAM<sub>PFF</sub> se analiza en función del conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico requeridas para proteger el hábitat de una especie o una comunidad de flora o fauna, los ecosistemas marino-costeros, así como las formaciones naturales de interés paisajístico (Marín *et al*, 2003).

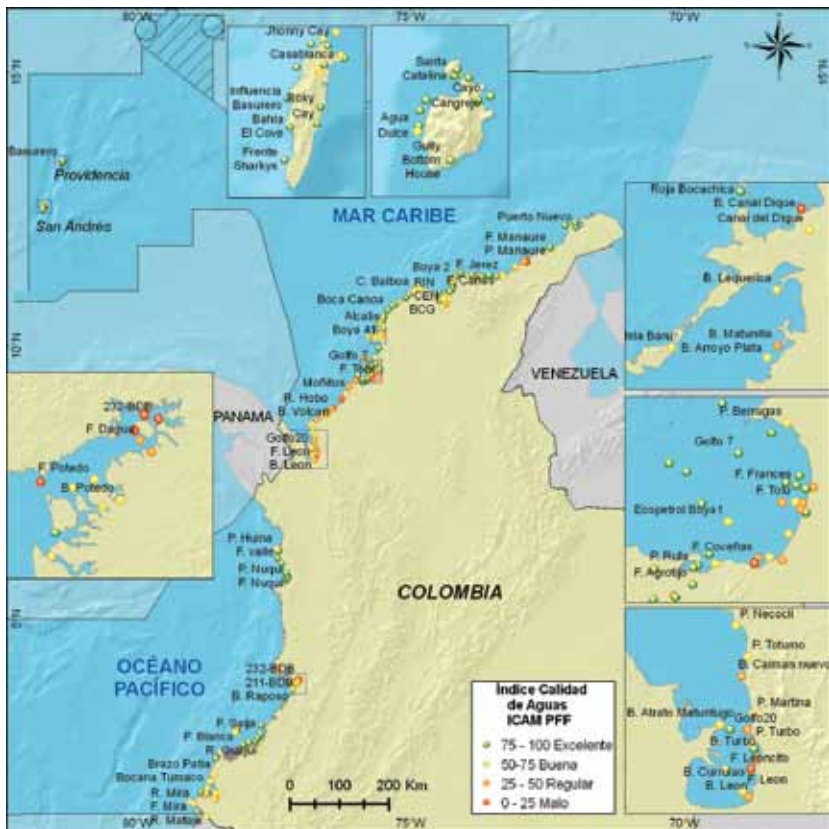
Durante los dos muestreos de 2008 (épocas seca y lluviosa), el 66% de los ICAM<sub>PFF</sub> (248 de los 377 índices en las estaciones de monitoreo seleccionadas) estuvieron dentro de la calificación *Excelente* (Figura 3.4(a), con el mayor número de casos en las aguas marinas de los departamentos de Magdalena, San Andrés, Sucre y Chocó, debido a las bajas concentraciones de nutrientes (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub>), sólidos en suspensión, microorganismos, o contaminantes (hidrocarburos, plaguicidas o metales) que pudieran causar riesgos de contaminación. El 22% (85 ICAM<sub>PFF</sub>) se mantuvo en la categoría *Buena* y el 10% (38 ICAM<sub>PFF</sub>) en la categoría *Regular*. Solamente el 2% (6 ICAM<sub>PFF</sub>) estuvo en la categoría *Mala o Inadecuada*, indicando riesgo de contaminación. Las estaciones en esta última categoría estuvieron en los departamentos de Antioquia (en las bocas de los ríos Currulao y Volcán), Sucre (Coveñas Coquerita), Córdoba (Puerto Escondido) y La Guajira (río Ranchería), donde los altos contenidos de sólidos suspendidos y Coliformes medidos fueron los responsables de este resultado (INVEMAR, 2010).



**Figura 3.4.** Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para preservación de flora y fauna (ICAM<sub>PFF</sub>) entre 2008 (a) y 2009 (b, época seca), en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1).

En el 2009 (época seca), 63% de las estaciones (134 ICAM<sub>PFV</sub>) estuvo en el rango de calidad *Excelente* (Figura 3.4 (b)), con la mayor representación nacional y local en las aguas marinas de los departamentos de Magdalena (40), Sucre (17), San Andrés (18) y Cauca (8). El 29% (61 ICAM<sub>PFV</sub>) en el rango de *Buena* calidad; el 5% (12 ICAM<sub>PFV</sub>) en el de *Regular o Deficiente* y el 3% (6 ICAM<sub>PFV</sub>) en el rango de *Mala* calidad. Las estaciones en esta última categoría se encontraron en los departamentos de Valle del Cauca, Córdoba y Bolívar, con valores del índice por debajo de 25 (Tabla 3.1). Este resultado se debió a las concentraciones altas de sólidos suspendidos, Coliformes de origen fecal, hidrocarburos y plaguicidas, lo que sugiere que en estas áreas se debe hacer una evaluación con un monitoreo más frecuente y riguroso.

A pesar de las variaciones climáticas ocurridas entre el 2008 y 2009 que generan cambios en las condiciones del agua, en la mayoría de las estaciones de muestreo se conservaron las condiciones de calidad en el rango de *Excelentes* y *Buenas*. Sin embargo, hay sitios que siguen presentando índices menores a 50, que muestran una inadecuada calidad del agua para preservación en los ecosistemas costeros (Figura 3.5).



**Figura 3.5.** Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la REDCAM evaluados con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM<sub>PFV</sub>) en el periodo 2008 -2009. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1).

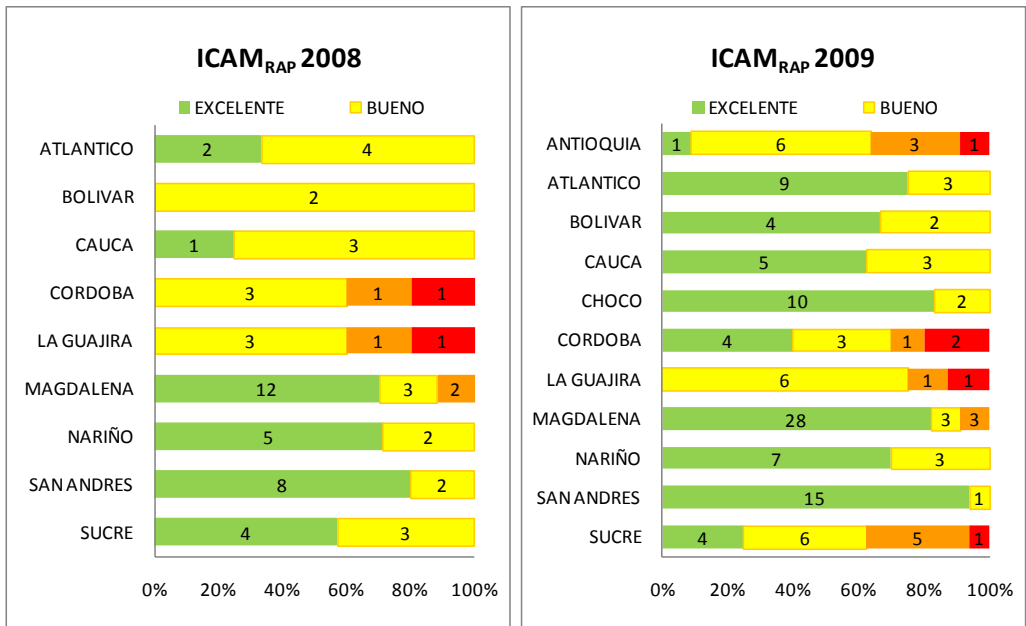
En el litoral Caribe, el mayor número de casos de calidad *Regular a Mala*, se encontró en el Golfo de Urabá principalmente en la desembocadura de los ríos Volcán, Currulao, León, Guadualito, San Juan en Arboletes, Mulatos y Turbo, y en las playas de Arboletes y Uveros; seguido del Golfo de Morrosquillo, en las estaciones de Puerto Escondido, San Bernardo del Viento, Moñitos, Ciénaga La Soledad y playa de los Venados en el departamento de Córdoba, y frente a Coveñas, Coveñas Coquerita, Golfo frente a Pechelín, caño Francés, Ciénaga La Caimanera, islote Santa Cruz de los Pescadores y las playas de Tolú frente a los hoteles Montecarlo y Playa Mar en el departamento de Sucre. En Bolívar en las desembocaduras del Canal del Dique y del Caño Matunilla; en Atlántico en Punta Roca; en el Magdalena, en las estaciones Emisario submarino, muelle de cabotaje, playa Mendihuaca y en los ríos Gaira y Aracataca (zona de influencia de la Ciénaga Grande de Santa Marta). En la Guajira, el río Ranchería, el vertimiento de Riohacha y las playas de Riohacha y Camarones.

Para el Pacífico colombiano los sitios que mostraron *baja* calidad del agua, fueron las estaciones ubicadas en las desembocaduras y frentes de los ríos Dagua y San Juan, y los puntos 3, 200, 211 y 232 de la Bahía de Buenaventura en el Valle del Cauca; así como la estación del Puente el Pindo y el río Mejicano en el departamento de Nariño (Figura 4.5). Las principales variables comprometidas en este resultado, fueron las altas concentraciones de sólidos suspendidos, Coliformes, plaguicidas organoclorados, hidrocarburos, ortofosfatos y la insuficiente disponibilidad de oxígeno disuelto en sitios muy puntuales (INVEMAR, 2010).

### 3.2.2 Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para recreación, actividades náuticas y pesca, ICAM<sub>RAP</sub>

La calidad de las aguas marino-costeras para actividades recreativas tiene un papel fundamental en el desarrollo de las poblaciones, ya que estas cumplen con diferentes propósitos en el ámbito social, económico y ambiental (Noble *et al.*, 2004; James, 2000; Yepes, 1999). Además de albergar diversas especies, los sistemas de aguas marino-costeras son la base de la actividad turística, contribuyen con el desarrollo de la economía local y constituyen, en algunos casos, el único lugar de esparcimiento para los pobladores locales (Vergaray *et al.*, 2007). En este sentido, conocer la calidad de las aguas para recreación, garantiza el desarrollo de estas actividades y la protección de los usuarios. Durante el año 2008 (época seca y lluviosa), el 87 % de los ICAM<sub>RAP</sub> calculados estuvo en el rango de calidad *Adecuada y Satisfactoria*, mientras que las condiciones deficientes e inadecuadas se presentaron sólo en el 13 % de los 143 ICAM<sub>RAP</sub> calculados (Figura 3.7(a)). El departamento que presentó mayor número de estaciones en condiciones de calidad *Regular y Mala* fue Sucre, a la altura de las playas de Coveñas Coquerita, Berrugas, Frente al hotel Montecarlo, Frente al hotel Playa Mar y Punta Rincón, seguido del departamento de Antioquia en las playas de Arboletes y Uveros; y en Córdoba, en las playas de Puerto Escondido, San Bernardo del viento y Moñitos. En Guajira sólo se presentaron condiciones no adecuadas en las playas Riohacha y Camarones, mientras que en el departamento de Magdalena las estaciones con calidad *Regular* fueron Muelle Cabotaje y Playa Mendihuaca.

En la época seca del año 2009, el 91 % de los  $ICAM_{RAP}$  calculados estuvo en las categorías de calidad *Adecuada* y *Satisfactoria* y solamente el 9 % de los 63  $ICAM_{RAP}$  estuvieron en el rango de calidad *Deficiente* o *Inadecuada* (Figura 3.6(b)). Se destacan por sus condiciones de riesgo los departamentos de Córdoba, en las playas de los Venados y Puerto Escondido, Guajira, en las playas de Riohacha y Manaure y Magdalena, en las playas del Muelle Cabotaje y del Batallón. Cabe destacar que en las playas de Puerto Escondido, Riohacha y Cabotaje durante los dos años de estudio, cayeron en la categoría de calidad *deficiente* (Figura 3.7).



**Figura 3.6** Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para recreación, actividades náuticas y pesca ( $ICAM_{RAP}$ ) entre 2008 (a) y 2009 (b, época seca) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría por cada departamento, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1).

En general, se observó que las variables responsables de las condiciones *Deficiente e Inadecuada* del agua, que se presentaron en el periodo 2008-2009 fueron principalmente los sólidos suspendidos totales y los Coniformes, bacterias que están relacionadas con la ocurrencia de enfermedades gastrointestinales en los bañistas, y en algunos casos la influencia de la salinidad. Como ha sido documentado por otros autores, el incremento en el material suspendido además de estar asociado con el aumento de la turbidez y la reducción del efecto bactericida de la luz, probablemente aumenta la longevidad de las bacterias, como las del grupo coliformes, al poder adherirse a estas partículas (Mallin *et al.*, 2000; Davies *et al.*, 1995). La salinidad también afecta la presencia de microorganismos en aguas marino costeras, ya que su descenso contribuye con el tiempo de supervivencia de los Coliformes en el mar (Gabutti *et al.*, 2000).



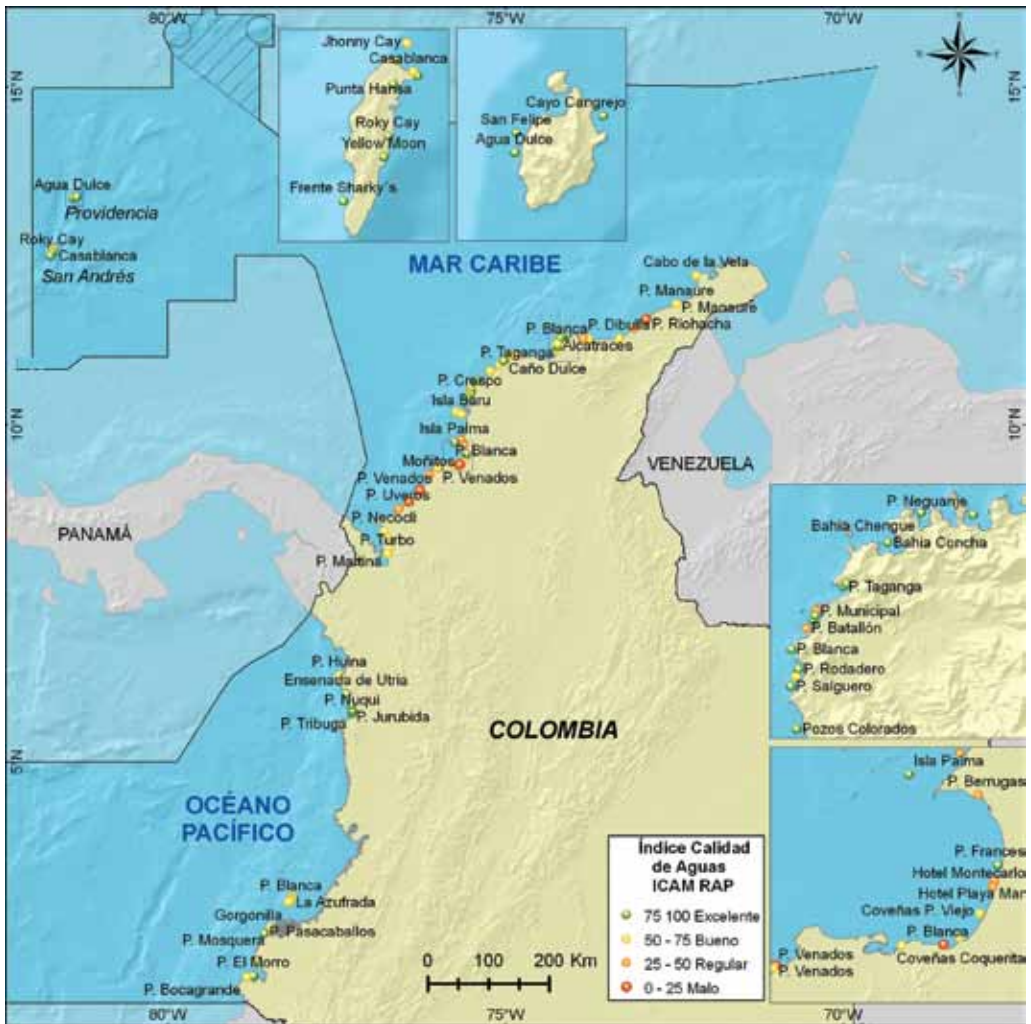


Figura 3.7 Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la REDCAM evaluados con el índice de calidad para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM<sub>RAP</sub>) en el periodo 2008 – 2009. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa.

### 3.3 Otras contribuciones al conocimiento de la calidad de las aguas costeras de Colombia.

Con el objetivo de avanzar en el conocimiento de la calidad ambiental de los ecosistemas marinos y costeros del país, se presentan a continuación varios esfuerzos de investigación que están realizando otras instituciones, los cuales contribuyen a la actualización y comprensión del estado de las aguas marino-costeras en algunas áreas puntuales de la geografía nacional.

### 3.3.1 Evaluación del estado de la calidad ambiental de la Bahía de Buenaventura.

Por: Guzmán-Alvis Ángela Inés, John Josephraj Seharaj y Natalia Serna

Para evaluar el estado y condición de los ecosistemas en los ambientes marinos de la Bahía de Buenaventura, se emplearon índices ecológicos. Se evaluó espacialmente la condición de las asociaciones de anélidos, gracias a que ellas describen las presiones acumuladas que afectan al ecosistema. La distribución de la abundancia de cada una de las especies encontradas se clasificó en cinco categorías ecológicas (sensibles a contaminación, indiferente, tolerante y especies oportunistas de primer y segundo orden) de acuerdo con el índice ecológico 'Azti Marine Biotic Index –AMBI-. Estos resultados se compararon con los obtenidos de la relación del componente biológico con el ambiental usando métodos de ordenación multivariada para analizar cuan robusto es el AMBI para regiones tropicales. De acuerdo con el AMBI, la Bahía presenta una amplia calidad ecológica, de áreas fuertemente perturbadas a no perturbadas; la calidad ecológica se incrementa gradualmente del interior hacia el exterior de la Bahía. En el primero se presenta una fuerte perturbación, que va cambiando a moderada en la desembocadura del río Potedó (parte intermedia de la Bahía), luego a ligera en la Bocana del Anchicayá y finalmente a no perturbada en la desembocadura del Anchicayá hacia Punta Soldado (parte externa de la Bahía).

Los resultados del AMBI se compararon con los análisis multivariados que relacionan el componente biológico con el ambiental; encontrándose que, las especies sensibles a contaminación como *Scoloplos ameceps*, *Parandalia sp.*, *Maldane sp1*, *Prionospio minuspio*, *Paraprionospio pinnata* y *Autolytus sp.* se presentaron en la bocana del Anchicayá y en Punta Soldado donde la calidad del agua y sedimento es mejor (menores concentraciones de  $\text{NO}_2$  en aguas y sedimentos, de  $\text{NO}_3$  en sedimentos; de fósforo total en aguas y mayor salinidad. Mientras que *Mediomastus californiensis* y *Limnolidroides monotheucus* se encontraron en el interior de la bahía, diferenciándose de los anteriores por presentar las mayores concentraciones de  $\text{NO}_2$  en aguas y sedimentos, de  $\text{NO}_3$  en sedimentos; de fósforo total en aguas; menores concentraciones de oxígeno disuelto y salinidad. La dinámica de las masas de agua y el uso que tienen las cuencas de los ríos que desembocan en la bahía constituyen otros factores importantes en su condición ecológica, por ejemplo la pluma del río Dagua, cuya cuenca está más intervenida que la del río Anchicayá, mostró una influencia hacia el interior y parte media de la bahía donde la calidad ecológica fue mala a moderada; la pluma del Anchicayá registró mejores condiciones fisicoquímicas e influye un área de ligera a no perturbación ecológica. El AMBI, ha sido ampliamente aceptado y utilizado en zonas templadas para evaluar la salud de los ecosistemas costeros, para este estuario tropical muestra una buena concordancia con los resultados de los análisis multivariados, por tanto puede convertirse en una herramienta útil para la evaluación de la salud de nuestros ecosistemas.

### 3.3.2 Caracterización espacial de la Bahía de Buenaventura basada en variables fisicoquímicas y biológicas del agua.

*Por: López Víctor Manuel, Guzmán-Alvis Ángela Inés, John Josephraj Selvaraj*

Se analizó la dinámica espacial de parámetros fisicoquímicos y biológicos en la columna de agua de la Bahía de Buenaventura en 48 estaciones ubicadas en una cuadrícula de 1 km x 1 km y muestreadas el 23 de septiembre de 2009. En cada una se determinó profundidad, oxígeno disuelto, temperatura superficial, salinidad, clorofila y algas verdeazules. La distribución de las variables se evaluó usando métodos geoestadísticos y un análisis de componentes principales. Espacialmente la temperatura superficial, la densidad de algas cianófitas, la salinidad y la clorofila mostraron un claro patrón de distribución. La mayor variación se encontró con la densidad de algas y presentaron una relación directa con la temperatura; las mayores densidades y temperaturas se registraron en la parte media e interna del lado noroeste de la bahía mientras que, las menores densidades y temperaturas se encontraron el lado suroeste donde desembocan los ríos. Los mayores valores de salinidad encontrados en la Bocana de Anchicayá y boca de la bahía indican que por este sector estaba entrando agua marina a la Bahía en el momento del muestreo. La desembocadura del Anchicayá forma una pluma en dirección noreste, que hace que las aguas marinas del Pacífico entren por el lado noreste de la Bahía y se mezclen en la parte media cuando se encuentran con la pluma del río Dagua.

Las concentraciones más altas de clorofila se presentaron en la desembocadura del río Dagua, en la bocana del Anchicayá y en la boca de la Bahía, sitios diferentes a los de las cianófitas, lo que muestra, dos comunidades diferentes de plancton en la Bahía, las comunidades dominadas por cianófitas en la parte media de la Bahía asociada con las mayores temperaturas y otra comunidad que estaba en la entrada de la Bahía y una tercera en la desembocadura del río Dagua. En el momento del muestreo la pluma del Anchicayá parece constituir una barrera física para la entrada y salida de las comunidades planctónicas en la bahía. En la desembocadura del río Dagua se forma una comunidad planctónica distinta que puede desarrollarse de los nutrientes que salen por el río; la cuenca del Dagua tiene una mayor intervención humana en comparación con la del Anchicayá, esto podría originar tipos distintos de comunidades planctónicas.

### 3.3.3 Levantamiento de línea base portuaria y caracterización del agua de lastre de buques de tráfico internacional en el puerto de Coveñas, durante el 2009.

*Por: Mary Luz Cañón Páez, Diana María Quintana Saavedra, Rossana López Osorio, Gustavo Tous Herazo y Hugo Javier Llamas Contreras.*

Con el objetivo de establecer el riesgo de bioinvasiones en el área del Golfo de Morrosquillo, por ser considerado un puerto importador de agua de lastre; se tomó información fisicoquímica, biológica y microbiológica, así como de tanques de lastre entre marzo a noviembre de 2009. Los resultados evidenciaron que el área responde a la estacionalidad descrita para el Mar Caribe,

observándose asociaciones fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas de acuerdo con el período climático evaluado. En cuanto a los criterios de calidad, el oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad estuvieron dentro de los niveles establecidos por las normas para la preservación de flora y fauna.

Es así como se observaron concentraciones entre 4.7 y 10.5 mg/L de oxígeno, valores de pH entre 8.08 y 8.52, temperaturas entre 26.8 y 31.5°C y salinidad entre de 15.6 y 35.4 en el agua. Por otro lado, las concentraciones de nutrientes variaron entre 0,0006 y 1,1243 mg/L de nitratos, 0.0007 y 0.0139 de nitritos, 0.0093 y 0.4330 mg/L ortofosfatos y entre 0.0009 y 0.2148 mg/l de amonio. Estos valores reflejan la influencia de fuentes terrestres y marinas en la contribución de este tipo de elementos en el área. En cuanto a los sólidos suspendidos totales (SST) las concentraciones fluctuaron entre 0.5 y 55 mg/L, estos valores se ubicaron dentro del promedio reportado por la REDCAM durante el 2008 en los ecosistemas marinos y costeros del Caribe colombiano. También se encontraron concentraciones de clorofila-a entre 0,0001 y 2,8569 mg/m<sup>3</sup>.

De igual forma, se observaron diferencias en la concentración de los grupos microbianos evaluados a lo largo del Golfo, las cuales están relacionadas con la ubicación de las estaciones e influencia de diferentes fuentes de contaminación. Por ejemplo, las concentraciones de Coliformes totales fluctuaron entre 300 y 2800 UFC/100mL, de *Escherichia coli* entre 110 y 970 UFC/100mL, encontrándose que las mayores concentraciones se presentaron en Tolú y Frente a Sociedad Portuaria. Además se obtuvieron concentraciones de Enterococos intestinales, entre 70 y 480 UFC/100mL, observándose las mayores concentraciones en Sociedad Portuaria, Tolú, Punta Bolívar y la desembocadura del Arroyo Alegría. La tendencia durante el año fue continua y superan los valores establecidos por la Organización Mundial para la Salud (OMS).

En cuanto al componente biológico se encontró que las especies identificadas, han sido referidas tanto para el área como para el Mar Caribe. En el zooplancton se identificaron 34 taxas, distribuidos en 22 grupos de Artrópodos (12 de Copépodos, 6 de Decápodos, 1 de Anfípodos, 1 de Ostrácodo y 2 de Cladóceros), 1 taxa de Quetognatos, 3 de Anélidos, 1 de Nemertidos, 1 de Cnidarios, 1 de Moluscos y 5 de Urocordados. Así como 51 especies de fitoplancton, distribuidas en 29 de Diatomeas, 20 de Dinoflagelados y 2 de Clorofíceas. En marzo y septiembre se encontraron 27 taxas de zooplancton mientras que en julio y noviembre 25 y 23 respectivamente. Por el Contrario, en julio se encontró la mayor cantidad de especies de fitoplancton (40), en tanto que en septiembre y noviembre se mantuvo el número de especies en 28, siendo marzo el mes con menor cantidad de especies (20).

Por otro lado, se evidenció que el agua de lastre de algunos de los buques evaluados pese a reportar el intercambio del agua en mar abierto, se constituyen en fuentes adicionales de contaminación al Golfo, debido a que sobrepasan los indicadores de gestión biológicos (10 organismos viables/m<sup>3</sup>) y

microbiológicos (250 UFC/100 mL de *E. coli*, 100 UFC/100 mL de Enterococos intestinales) referidos en la regla D2 del Convenio para la Gestión del Agua y los Sedimentos de Lastre de 2004; incluso algunos buques también sobrepasan los límites de nutrientes, específicamente de nitratos, amonio y ortofosfatos, referidos por normas ambientales para la preservación de la flora y la fauna.

De este modo, en los tanques se encontraron temperaturas entre 25.8 y 31.3 °C, valores de salinidad entre 28.2 y 36.8, de pH entre 7.8 y 8.4, de nitratos entre 0.065 y 0.6816 mg/L, de Amonio entre 0.0008 y 0.7690 mg/L, de ortofosfatos entre 0.005 y 0.1367 mg/L, de sólidos suspendidos totales entre 0.3 y 15.7 mg/L y de clorofila-a entre 0 y 0.534 mg/m<sup>3</sup>. En estos también se identificó la presencia de 13 especies de diatomeas, 8 de Dinoflagelados, 9 de Artrópodos, 1 de Quetognatos, 1 de Anélidos, 1 de Nemértidos y 1 de Urocordado. Adicionalmente se encontraron concentraciones de Enterococos intestinales entre 120 y 1540 UFC/100mL y de *E. coli* entre 600 y 800 UFC/100 mL.

### 3.4 Conclusiones

Las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano están afectadas por diversas fuentes de contaminación, entre las que se encuentran el tráfico marítimo, la actividad portuaria, la actividad agrícola, la disposición de residuos sólidos, las aguas residuales domésticas y las descargas de ríos. Sin embargo, el mayor efecto se debe a las aguas residuales, teniendo en cuenta la baja cobertura de alcantarillado que se presenta en el país, y las descargas de los ríos, debido a su caudal y a la diversidad de contaminantes que pueden transportar al mar.

Usando los Indicadores de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM<sub>PTF</sub>) y para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM<sub>RAP</sub>) se puede concluir que en general la calidad de las aguas marinas y costeras del país durante el año 2008 y durante la época seca del 2009, fue buena, solamente unas pocas zonas (~12%) mostraron una calidad entre regular y mala.

De acuerdo con el índice ecológico AMBI, la bahía de Buenaventura presenta una amplia calidad ecológica, de áreas fuertemente perturbadas a no perturbadas, en un gradiente desde el interior con una fuerte perturbación, que va cambiando a moderada en la desembocadura del río Potedó (parte intermedia de la bahía), luego a ligera en la Bocana del Anchicayá y finalmente a no perturbada en la desembocadura del Anchicayá hacia Punta Soldado (parte externa de la bahía). Las variaciones ecológicas observadas en la bahía de Buenaventura responden a las condiciones de las aguas de mezcla y las descargas de los ríos que allí desembocan.

El estudio de aguas de lastre realizado en buques del golfo de Morrosquillo, mostró que éstos son fuentes adicionales de contaminación, debido a que sobrepasaron los indicadores de gestión biológicos y microbiológicos referidos en la regla D2 del Convenio para la Gestión del Agua y los Sedimentos de Lastre de 2004, y en algunos casos, los límites de nitratos, amonio y ortofosfatos, referidos por normas ambientales para la preservación de la flora y la fauna.

### 3.5 Literatura citada

- 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
- 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)
- Burton, J. 2003. *Integrated Water Resources Management on a Basin Level: A training manual*. UNESCO. 240 p.
- CORMAGDALENA - Corporación Autónoma Regional del Río Grande de La Magdalena . 2009. Boletín de prensa N° 32. <http://www.cormagdalenacom.co>. 30/10/2009.
- Davies, C., J. Long, M. Donald y N. Ashbolt. 1995. Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Applied and Environmental Microbiology*. 61 (5): 1888 – 1896.
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2009a. Censo general 2005. Información básica DANE Colombia. Procesado con Redatam+SP, CEPAL/CELADE 2007. <http://www.dane.gov.co/> 19/10/2009.
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2009b. Proyecciones municipales de población 2005- 2011 sexos y grupo de edad. <http://www.dane.gov.co/> Con acceso el 19/10/2008.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación -. 2007. 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Excelsior Impresores. Bogotá. 101 p.
- 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.
- Gabutti, G., A. De Donno, F. Bagordo y M.T. Montagna. 2000. Comparative survival of fecal and human contaminants and use of *Staphylococcus aureus* as an effective indicator of human pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 40: 697–700.
- IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2002. Atlas de Colombia. 5 ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 320 p.
- INVEMAR. 2010. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>. 17/2/2010.
- James, R. J. 2000. From beaches to beach environments: linking the ecology, human-use and management of beaches in Australia. *Ocean & Coastal Management*. 43: 495-514
- Mallin, M.K.W., C. Esham y P. Lowe. 2000. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological applications*. 10 (4): 1047 – 1056.
- Marín B., L. Martín, J.L. Garay, W. Troncoso, J. Betancourt, M. Gómez, J. Acosta, J. Vivas y A. Vélez. 2003. Sistema de Indicadores de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - SISCAM. Programa Calidad Ambiental Marina, Informe Técnico Final, INVEMAR. 184 p.
- MinDesarrollo - Ministerio de desarrollo económico. 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS. Tratamiento de aguas residuales. 140 p.
- MinDesarrollo - Ministerio de desarrollo económico. 2002. Sistemas de Acueducto. En: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS-2000. Sección II, Título B. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Santa Fe de Bogotá D. C., 206 p.
- Miravet, M.E., O. Ramírez, J. Montalvo, Y. Delgado y E. Perigó. 2009. Índice numérico cualitativo para medir la calidad de las aguas costeras cubanas de uso recreativo. Serie Oceanológica: <http://oceanologia.redciencia.cu/articulos/articulo53.pdf>
- Noble, R., M. Leecaster, C. Mcgee, S. Weisberg y K. Ritter. 2004. Comparison of bacterial indicator analysis methods in stormwater-affected coastal waters. *Water Research*. 38: 1183 – 1188.
- 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.
- SSPD - Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2009. Reportes del Sistema Único de Información de Servicios Públicos. <https://www.sui.gov.co/SUIWeb/logon.jsp> 19/10/2009.
- Supertransporte - Superintendencia de puertos y servicios. 2008. Anuario estadístico 2007. [www.supertransporte.gov.co](http://www.supertransporte.gov.co). 30/11/2008.
- Troncoso, W., L.J. Vivas-Aguas, S. Narváez y, J. Sánchez (Eds). 2009. 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. INVEMAR. Santa Marta. 185 p.
- Vergaray, G., C.R. Méndez, H.Y. Morante, V.I. Heredia y V.R. Béjar. 2007. *Enterococcus* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. 10 (20): 82-86
- Vivas-Aguas, L.J. 2007. Calibración, validación e implementación de la batería de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. Informe Técnico de consultoría No. 0550-06. Convenio No. 001/04 OEI- MAVDT-IDEAM-INVEMAR. 41 p
- Yepes, V. 1999. Las playas en la gestión sostenible del litoral. Cuadernos de turismo.4: 89-110.





**CAPÍTULO III**

**ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE  
LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y  
COSTEROS**



## 4. ESTADO DE LOS ARRECIFES CORALINOS

R. Navas Camacho, K. Gómez Campo, J.C. Vega Sequeda y T. López Londoño (INVEMAR). D. L. Duque (PNNCRSB). A. Abril, N. Bolaños (CORALINA)

### 4.1. Importancia, distribución y extensión de los arrecifes de coral

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más importantes y apreciados del planeta, considerados como una de las mayores fuentes de bienestar para la humanidad (Wells y Hanna, 1992). La importancia de este ecosistema radica en la alta biodiversidad que alberga y los bienes y servicios que ofrece para la humanidad; protección costera y producción de recursos de gran valor económico para la pesca tradicional. Pero su mayor uso potencial se halla en el desarrollo del turismo, pues el valor paisajístico que proporcionan hace de las áreas con formaciones coralinas destinos turísticos por excelencia a nivel mundial (Achituv y Dubinsky, 1990). Por su belleza, importancia económica y valor ecológico, los arrecifes coralinos se constituyen como el ecosistema marino emblemático de la humanidad, por lo que su protección, conservación y monitoreo debe ser asegurado.

A pesar de su valor ecológico y económico, los arrecifes coralinos han sufrido una extensa degradación en las últimas décadas como resultado de perturbaciones de tipo antropogénicas y naturales (Hughes, 1994; Grigg y Dollar, 1998; Díaz *et al.*, 2000), con las consecuentes implicaciones que eso tiene para millones de seres humanos que utilizan sus recursos. Algunas de las principales causas de deterioro existentes en la actualidad son: (1) aparición y severidad de enfermedades en corales, (2) los eventos climáticos extremos, (3) la sobreexplotación de recursos marinos y pesca con artes destructivos, (4) eventos masivos de blanqueamiento coralino asociados al incremento de la temperatura del agua y al cambio climático global, (5) disminución del potencial de calcificación de los corales por el efecto del cambio climático en la acidificación de los océanos, (6) las altas tasas de sedimentación, eutroficación y contaminación en zonas costeras (Birkeland, 1997; Díaz *et al.*, 2000; Buddameier *et al.*, 2004; Sutherland *et al.*, 2004; Wilkinson, 2008).

Colombia es el único país suramericano con arrecifes coralinos en las costas de los Océanos Pacífico y Atlántico, donde abarcan una extensión total de 1091 km<sup>2</sup> (Díaz *et al.*, 2000) representada en menos del 0.4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001). Solo una pequeña fracción se encuentra en la costa Pacífica, entre la Isla Gorgona, la Ensenada de Utría, Punta Tebada e Isla Malpelo (Figura 4.2). En contraste, las 21 áreas coralinas del Caribe están ampliamente distribuidas, siendo a su vez más heterogéneas y diversas. Cerca del 80% de la extensión

de las áreas coralinas del Caribe se concentra en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados. Otros arrecifes se encuentran distribuidos en numerosas localidades a lo largo de la costa continental, encontrando las formaciones más importantes en torno a los archipiélagos de San Bernardo y Nuestra Señora del Rosario (Díaz *et al.*, 2000)(Figura 4.1).

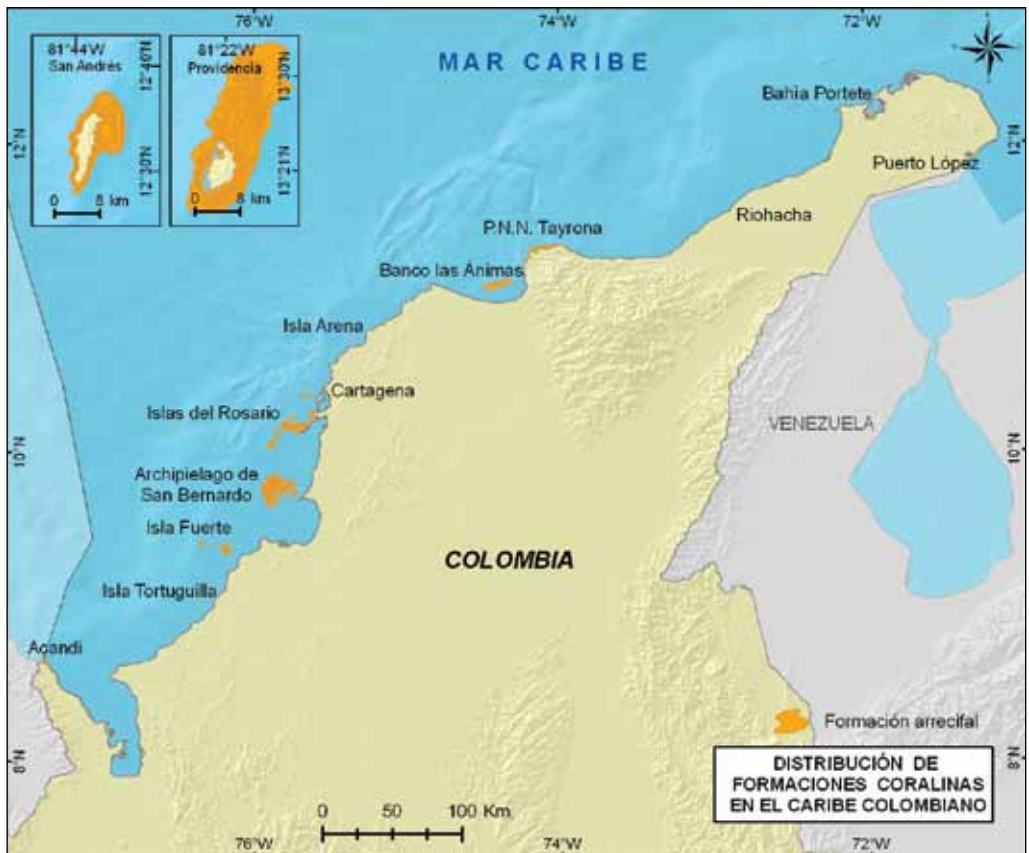


Figura 4.1. Distribución de formaciones coralinas en el Caribe colombiano



Figura 4.2. Distribución de formaciones coralinas en el Pacífico colombiano

#### 4.2. Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia

Ante los alarmantes síntomas de deterioro observados en los arrecifes del mundo y ante la carencia de datos apropiados para caracterizar y analizar la evolución del fenómeno a nivel nacional, se da inicio en el año 1998 al Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia SIMAC con el propósito de generar información acerca de la dinámica y la salud de los arrecifes coralinos en Colombia (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a). Con cuatro estaciones iniciales de monitoreo (Isla de San Andrés, Bahía Chengue (PNN Tayrona), Islas del Rosario e Isla Gorgona) (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a), luego de diez años de actividad continua, el SIMAC ha expandido su cobertura y actualmente posee estaciones en los principales ambientes arrecifales de los mares colombianos (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2010), con siete áreas geográficas en el mar Caribe y tres en el Pacífico (Figura 4.3).

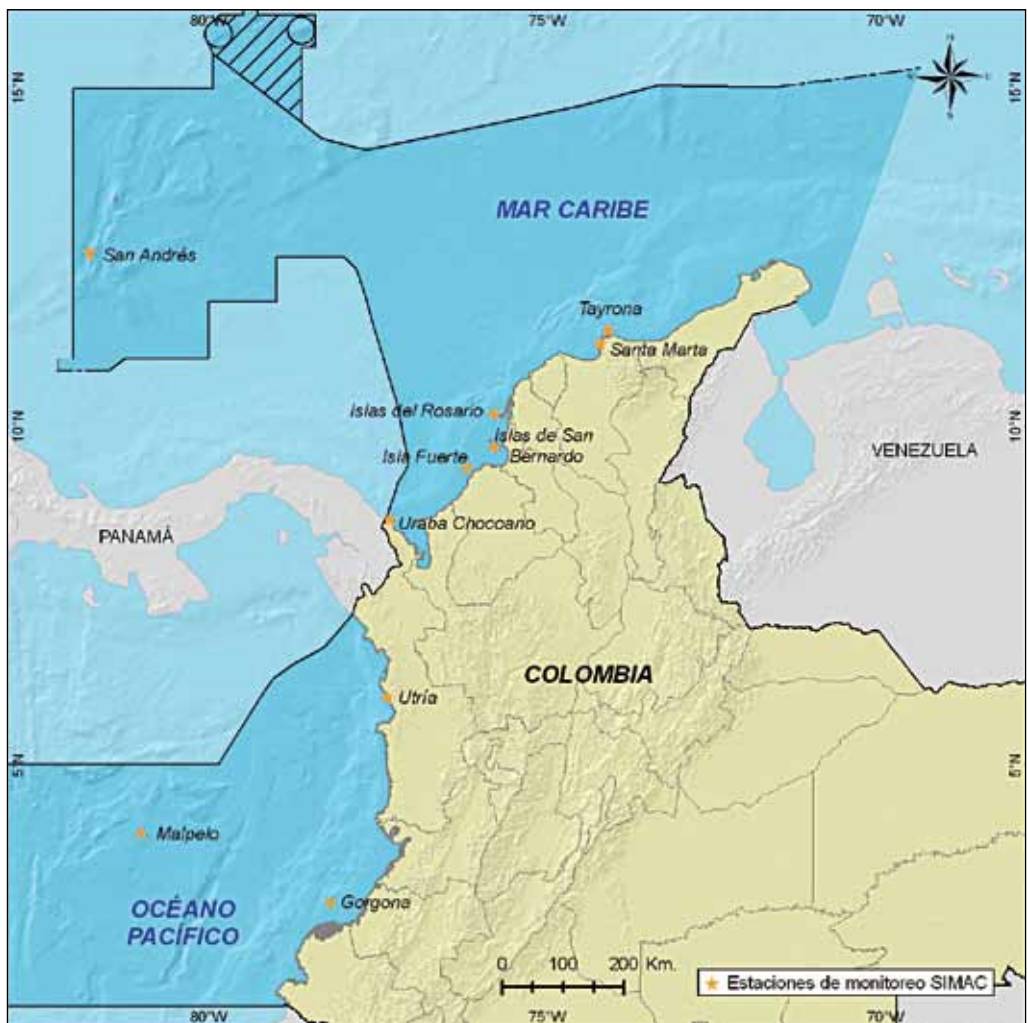


Figura 4.3. Estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del SIMAC en áreas coralinas del Caribe y Pacífico colombiano

El SIMAC ha operado bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras -INVEMAR-, contando con el apoyo del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación -COLCIENCIAS-BID-, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MINAMBIENTE-FONAM-, el Programa Ambiental de las Naciones Unidas -UNEP-UCR/CAR-, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-, la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales -UAESPNN-, el Centro de Investigación, Educación y Recreación -OCEANARIO-CEINER-, la Universidad del Valle, la Universidad de Antioquia, la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la Fundación Malpelo.

Las actividades en el último año de monitoreo se realizaron con el apoyo del Banco de Programas y Proyectos de Inversión -BPIN-PNIBM así como del Proyecto Piloto Nacional Integrado de Adaptación al Cambio Climático -INAP- financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente del Banco Mundial -GEF-WB.

#### **4.3. Estado de los arrecifes de coral en las áreas de monitoreo SIMAC**

El presente diagnóstico recopila los datos históricos obtenidos por el SIMAC en todas las áreas que han sido monitoreadas por el programa. Con el fin de dar un diagnóstico básico, sólo se muestran en el presente informe los valores obtenidos en las evaluaciones de las variables biológicas del nivel medio de profundidad (9-12 m). Para el área Tayrona se presentan los resultados de la localidad Chengue.

Las variables evaluadas, así como los procedimientos metodológicos y la ubicación precisa de los transectos y estaciones de monitoreo, se encuentran descritos detalladamente en el manual de métodos del programa (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a). Así mismo, la información complementaria de datos históricos del SIMAC se describen en informes de años anteriores (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002b, 2003 y 2004; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2005 y 2006; Navas-Camacho *et al.*, 2007; Navas-Camacho y Rodríguez-Ramírez, 2008). Todos los datos obtenidos se encuentran almacenados en una base de datos sistematizada (base SISMAL) dentro del Sistema Nacional de Información Ambiental Marina de Colombia -SIAM-, la cual puede ser consultada a través de Internet (<http://www.invemar.org.co/siam/sismac/>).

Es preciso señalar que el monitoreo de arrecifes coralinos se realiza en zonas o "estaciones" representativas del ambiente local, en las que a partir del análisis de algunas variables se buscan posibles cambios estructurales y funcionales en el tiempo. Sin embargo, la extensión evaluada dista de ser significativa con respecto a la extensión total de cada área coralina. Adicionalmente, han existido diversos limitantes logísticos (como presupuesto, personal, situación de orden público en algunas áreas, entre otras) que no han permitido abarcar todas los ambientes coralinos en Colombia o realizar el protocolo de monitoreo completo con la debida periodicidad anual (Tabla 4.1), obteniendo

series de datos con diferente número de estimaciones y afectando la precisión de análisis históricos comparativos. Por ésta razón, la información suministrada a continuación debe interpretarse con precaución al momento de hacer extrapolaciones o generalizaciones sobre lo que sucede en todas y cada una de las áreas coralinas de Colombia.

**Tabla 4.1.** Registro histórico de las áreas coralinas visitadas en los monitoreos de arrecifes coralinos desarrollados por el SIMAC.

Área De Monitoreo		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Caribe	Santa Marta	X	X				X	X	X				
	Tayrona	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Islas del Rosario	X	X		X	X	X	X		X		X	X
	Islas de San Bernardo					X	X	X		X		X	X
	Urabá chocoano					X	X	X		X			
	San Andrés	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Isla Fuerte											X	X
Pacífico	Utría					X							
	Gorgona	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Malpelo						X			X	X	X	X

### 4.3.1 Cobertura de los principales componentes del sustrato arrecifal

La cobertura de corales duros y de algas bentónicas sobre la superficie del arrecife es un buen indicador para evaluar el estado de salud de los arrecifes coralinos (Birkeland, 1997; Garzón-Ferreira *et al.*, 2004). Los cambios en dichos componentes pueden indicar estabilidad o procesos de “cambios de fase” (*phase-shifts*) en los que el predominio de corales en el arrecife se transforma gradualmente a un predominio algal (Hughes, 1994; Díaz-Pulido y Garzón-Ferreira, 2002). Partiendo de estas bases, sólo se reportaron en este informe los datos de cobertura de estas dos categorías teniendo en cuenta únicamente las áreas coralinas evaluadas en el año 2009. Con el fin de identificar y comparar la variabilidad de los datos históricos entre las áreas de monitoreo, se tuvo en cuenta el coeficiente de variación siguiendo las recomendaciones de Guisande-González (2006).



A continuación se describen algunos comportamientos de relevancia ecológica que se hicieron evidentes a partir de las salidas gráficas y de la medida de variabilidad de los datos históricos (coeficiente de variación -CV) (Figura 4.4).

Chengue (Tayrona) y las islas de San Bernardo fueron las áreas geográficas en las que los datos históricos tanto de cobertura de tejido coralino vivo como algal evidenciaron menor variabilidad, indicando una aparente estabilidad de estos dos componentes durante los años de monitoreo en dichas áreas. Respecto al año inmediatamente anterior, en el año 2009 la cobertura de corales duros (~20%) y algas (~38%) permaneció prácticamente constante en San Bernardo, mientras que en Chengue se presentó un incremento de la cobertura de corales (de ~30% a ~34%) así como una leve disminución de algas (de ~49% a ~47%).

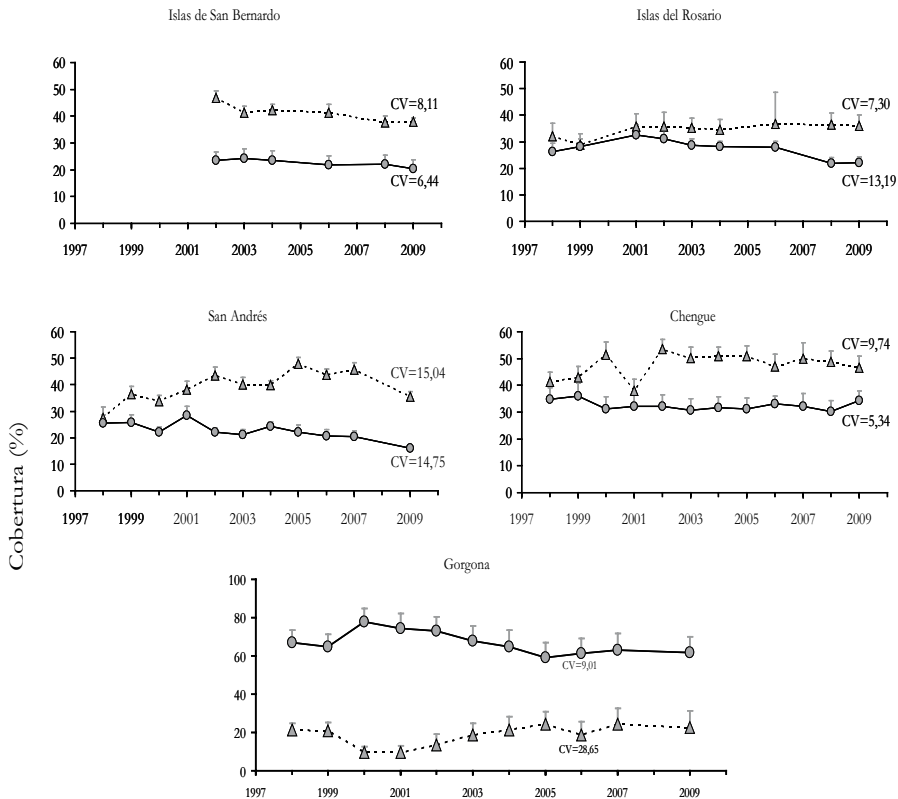
Por el contrario, en la isla de San Andrés se evidenció la mayor variabilidad de los datos históricos de cobertura coralina y algal, indicando mayor dinamismo de estos componentes en el andamiaje arrecifal. El valor de cobertura de tejido coralino vivo obtenido en el último año de monitoreo fue el más bajo históricamente (~15%), encontrando además que dicho valor presenta una disminución mantenida en los últimos cuatro años de monitoreo. Estas condiciones pueden ser indicadores de una mayor perturbación en el sistema y de una degradación progresiva en las formaciones coralinas monitoreadas en el área de San Andrés.

En islas del Rosario el valor de cobertura de algas se ha mostrado relativamente estable a lo largo de los años de monitoreo (cerca al 35%). Por el contrario, la cobertura de tejido coralino vivo ha sido variable y aparentemente existe una tendencia de disminución mantenida desde el año 2001; cerca del 10% del tejido coralino vivo se ha perdido durante estos años y en la actualidad cubre aproximadamente el 22% del sustrato monitoreado.

En Gorgona (estaciones Azufrada 1 y 2) es destacable la supremacía de la cobertura de tejido coralino vivo respecto a la cobertura algal, siendo la única área geográfica monitoreada por el SIMAC en la que históricamente se ha evidenciado ésta condición (ver: Garzón-Ferreira *et al.*, 2004; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2006; Navas-Camacho *et al.*, 2009). La elevada cobertura coralina obedece al predominio de colonias del género *Pocillopora sp.*, una especie ramificada que forma densos tapetes, en los arrecifes de isla Gorgona. Estas especies son muy resistentes y tras haberse recuperado de la devastación producida por el Fenómeno del Niño en 1983 y 1998, aquellos sectores que no se ven expuestos por las mareas bajas extremas, mantiene una buena cobertura. Desde el año 2005, tanto la cobertura coralina como de algas muestran cierta estabilidad con valores de cobertura cercanos a 60% para corales y 20% para algas; no obstante, se resalta el comportamiento inversamente proporcional de la cobertura algal ante la disminución constante de tejido coralino mantenida entre el año 2000 y el 2005.

La fluctuación interanual de los principales componentes del sustrato (cobertura de algas y corales duros) en las áreas coralinas monitoreadas por el SIMAC, refleja la dinámica del sistema en respuesta a la presión de condiciones ambientales. A pesar que el protocolo de monitoreo no permite identificar causas puntuales de variación, si es posible inferir que la presión de tensores naturales (*e.g.* eventos de blanqueamiento, enfermedades) y antrópicos (*e.g.* desarrollo costero, explotación de recursos) es más acentuada en algunas áreas y han contribuido a la mayor degradación de las formaciones coralinas incluidas en ellas.

Especialmente llamativo y preocupante es el caso de San Andrés, que siendo el área geográfica en la que se encuentran las formaciones coralinas más extensas y desarrolladas de Colombia (Díaz *et al.*, 2000), presenta en la actualidad uno de los menores porcentajes de cobertura coralina reportados en las estaciones intermedias del SIMAC (sólo comparable al área de Santa Marta, ver: Navas-Camacho *et al.*, 2009). Adicionalmente, un análisis retrospectivo sugiere que el proceso de degradación evidente en San Andrés fue percibido hace cerca de dos décadas cuando fueron identificadas disminuciones importantes de la cobertura de tejido coralino vivo (Díaz *et al.*, 1995).



**Figura 4.4.** Variación interanual de la cobertura de corales duros y de algas en las áreas de monitoreo SIMAC evaluadas en el año 2009. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo. CV corresponde al Coeficiente de Variación de los valores históricos de cada componente por área.

### 4.3.2 Ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales

Las enfermedades (Sutherland *et al.*, 2004, Gil-Agudelo *et al.*, 2009) y los eventos de blanqueamiento (Gil-Agudelo *et al.*, 2006) en corales pétreos han sido más comunes en los arrecifes durante las últimas décadas y vinculados directamente con mortandades masivas y reducciones drásticas en la cobertura coralina en muchos lugares del mundo. Tales afecciones, ampliamente documentadas y estudiadas, están relacionadas principalmente con la calidad de las condiciones ambientales que generan alteraciones de las funciones vitales. Ejemplos claros de ello son las grandes mortandades de corales producto de eventos masivos de blanqueamiento ocurridos repetidamente en arrecifes del Caribe y Pacífico colombianos (Prahl, 1985; Zea y Duque, 1990; Solano *et al.*, 1993; Vargas-Ángel *et al.*, 2001; Gil-Agudelo *et al.*, 2006) y la casi extinción en el Caribe de los corales del género *Acropora* durante los años ochenta a consecuencia de la enfermedad de la Banda Blanca (Gladfelter, 1982; Aronson y Precht, 2001). En el presente informe se incluyeron los datos históricos sobre ocurrencia de enfermedades e intensidad de blanqueamientos (Navas-Camacho *et al.*, 2010a, 2010b) en el nivel medio de las áreas de monitoreo en el Caribe colombiano.

La afección por enfermedades ha sido generalmente baja en todos los años y áreas de monitoreo, con fluctuaciones históricas que no indican algún patrón especial o temporal claro (Figura 4.3). Aunque con valores muy bajos, el área de San Andrés había presentado la mayor ocurrencia de enfermedades, conservando los mayores valores relativos a lo largo del tiempo y en comparación a otras áreas monitoreadas. Sin embargo debe resaltarse el notable incremento en la ocurrencia de enfermedades en Islas del Rosario durante el último año, más exactamente en la estación de Pavitos. En esta estación la ocurrencia pasó de 10.1% ( $\pm 2,0$ ) en el 2008 a 34.5% ( $\pm 6.4$ ) en el 2009. Este es el mayor valor de ocurrencia registrado para las estaciones SIMAC desde 1998 y se debió principalmente a la enfermedad de la Plaga Blanca, afectando 11 especies (*Agaricia agaricites*, *A. humilis*, *A. lamarki*, *A. tenuifolia*, *Colpophyllia natans*, *Montastraea annularis*, *M. cavernosa*, *M. faveolata*, *Porites astreoides*, *Porites porites* y *Siderastrea siderea*) y extendida por todo el arrecife, pero también a la aparición de las enfermedades de los lunares oscuros y la banda amarilla que se vieron afectando colonias de *Agaricia tenuifolia*, *Porites astreoides* y *Montastraea cavernosa*. Estos resultados contrastan con el brote de plaga blanca en San Andrés en el año 1999 (19.7%  $\pm 0.4$ ), en el que si bien no fue tan fuerte si afectó un mayor número de especies de coral (21 sp), y en otros años como 2003 (Sánchez J.A. *et al.*, 2010). Para el resto de las parcelas medias monitoreadas durante el 2009, la fluctuación en la ocurrencia de enfermedades fue leve, manteniéndose estable en la gran mayoría de ellas.

En lo referente al fenómeno fisiológico de Blanqueamiento hubo un incremento importante en Isla Pavitos (6.4%  $\pm 5.3$ ) e Isla Tesoro (5.3%  $\pm 3.9$ ), aún cuando no sobrepasó el promedio histórico. Igualmente en Isla Ceycen se presentó también un incremento notable (5.5%  $\pm 1.8$ ). En el resto de las estaciones los promedios de ocurrencia de este fenómeno no fluctuaron mayormente.

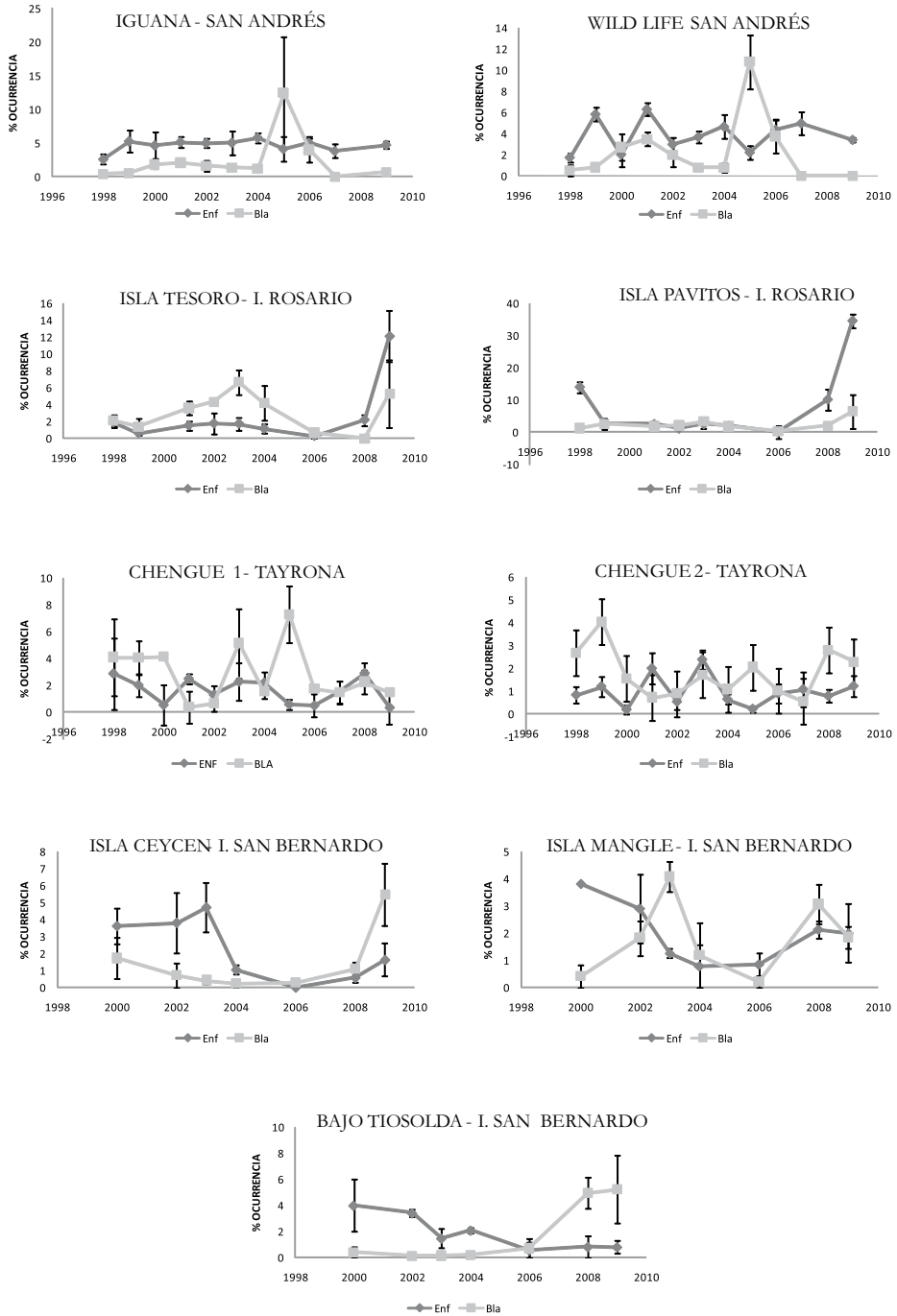


Figura 4.5. Comportamiento de la ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales pétreos, para las áreas geográficas monitoreadas por el SIMAC en el Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

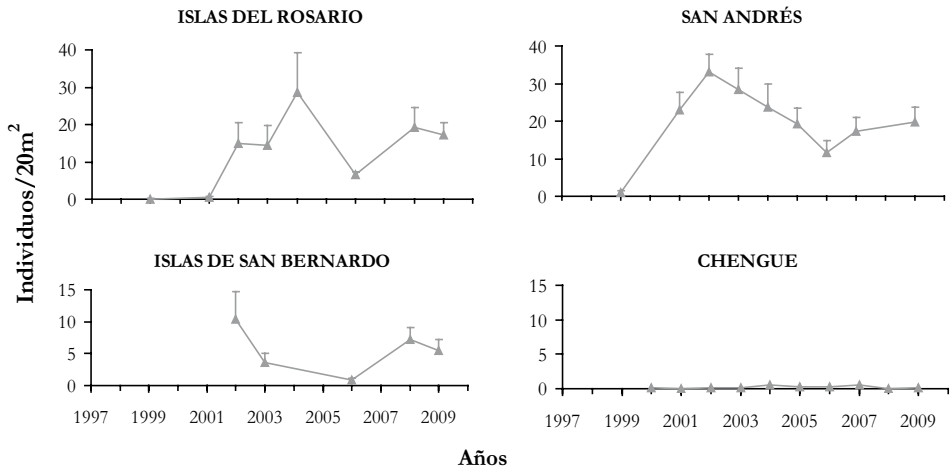
### 4.3.3 Densidad de invertebrados vágiles

Los arrecifes coralinos albergan diferentes grupos de invertebrados de alto valor comercial y/o ecológico, como langostas, cangrejos, caracoles, pulpos y erizos. Factores como la sobreexplotación de recursos, la mortalidad masiva y extensiva de algunas especies clave como la del erizo herbívoro *Diadema antillarum*, han ocasionado la desaparición de muchos invertebrados arrecifales, generando cambios funcionales y estructurales en el ecosistema coralino (Lessios *et al.*, 1984; Brown, 1997; Díaz *et al.*, 2000). Por estas razones, la evaluación de este grupo de organismos es incluida dentro del protocolo de monitoreo SIMAC. En este informe sólo se presentan la información histórica de la abundancia de los erizos, considerando que la abundancia de otros invertebrados importantes fue casi nula en todas las áreas y años (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2005 y Navas-Camacho *et al.*, 2007).

Siete especies de erizos han estado presentes en las áreas monitoreadas del Caribe: *Diadema antillarum*, *Echinometra viridis*, *E. lucunter*, *Eucidaris tribuloides*, *Lyttechinus variegatus*, *L. williamsi* y *Triptonestus ventricosus* y otras seis en el Pacífico: *Diadema mexicanum*, *Centrostephanus coronatus*, *Echinometra vanbrunti*, *Hesperocidaris asteriscos*, *Toxopneustes roseus* y *Astropyga pulvinata*. Teniendo en cuenta que se han registrado abundancias menores a 1 erizo/20m<sup>2</sup>, se empleó como medida de variabilidad la desviación estándar (D.E.). De acuerdo con lo anterior, la abundancia promedio de erizos para las estaciones de monitoreo SIMAC en el Caribe continua siendo muy variable. En las áreas de las Islas del Rosario y San Andrés se evidencia una alta variabilidad anual (D.E = 9.8, 9.3, respectivamente), especialmente en los primeros años de evaluación, sin mostrar un patrón claro en su abundancia considerando que existen vacíos de información. Por otro lado, se resalta la posible recuperación de los erizos en San Andrés después de un descenso progresivo entre 2002 y 2006. El área de las Islas de San Bernardo, por el contrario, registra una menor variación a lo largo del monitoreo (D.E = 3.6), donde además, se observa una posible disminución de estos organismos en el tiempo. En Chengue la abundancia de erizos continúa siendo muy baja y sin cambios evidentes a través de los años (D.E = 0.2), lo que podría ser un patrón habitual en esta formación arrecifal (Figura 4.6).

En general los cambios en la abundancia de erizos en las áreas de monitoreo está determinada por las especies del género *Echinometra*, especialmente *E. viridis* –erizo de arrecife–, excepto en Chengue donde *Eucidaris tribuloides* –erizo lápiz– fue el organismo más abundante especialmente durante el 2004. A pesar que no se pueden definir con certeza las causas en la variación anual de la densidad de erizos registrada, se sugiere que puede ser resultado de un conjunto de factores tales como desplazamientos localizados, depredación, reclutamiento, interacciones inter-específicas, cambios medioambientales y climáticos, desconociendo su importancia relativa. Aunque no hay información en Colombia sobre la abundancia de la especie clave *D. antillarum* previo a la mortandad masiva a mediados de la década de los 80, los cambios observados podrían indicar una lenta e irregular recuperación de la especie herbívora en al menos algunas áreas de monitoreo. Sin embargo, se destaca la reducción que este erizo registró en el último año para el área de San Andrés,

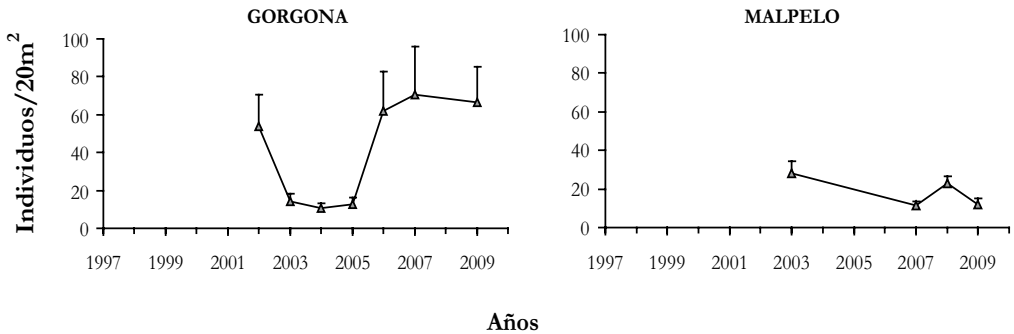
evidenciando un incremento en la población del erizo *E. viridis*. A excepción de Urabá, esta área había registrado las mayores abundancias de *D. antillarum* en el tiempo (cf. Navas-Camacho *et al.*, 2009). Aunque esta información proviene de los valores obtenidos en las evaluaciones en el nivel medio de profundidad, es importante la realización del monitoreo anual de estas especies en todas las estaciones evaluadas por el SIMAC.



**Figura 4.6.** Abundancia de erizos (individuos/20 m<sup>2</sup>) en las áreas de monitoreo del SIMAC del Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo

En las áreas de monitoreo del Pacífico colombiano, la abundancia de erizos es superior a la registrada en el Caribe. Gorgona presenta grandes variaciones (D.E. = 27.6), evidenciando un incremento de estos organismos en los últimos años. Estas variaciones corresponden a los cambios en el número de individuos de *D. mexicanum* observados. Malpelo, por su parte, cuenta con poca información para inferir sobre el comportamiento de la variabilidad temporal, especialmente por el vacío de datos entre el 2004 al 2006, pero hasta el momento ha evidenciado cierta estabilidad en su abundancia anual (D.E = 8.2; Figura 4.7).

Teniendo en cuenta la escasa abundancia (<1 individuo/20 m<sup>2</sup>) y aparición esporádica de invertebrados de importancia comercial en las estaciones de monitoreo y el valor económico que varios de estos organismos han representado para la población humana, se podría pensar en una posible sobre-explotación u agotamiento del recurso en el Caribe, aún cuando se desconocen las poblaciones originales. Es de aclarar que el protocolo SIMAC, no está diseñado para evaluar poblaciones específicas de invertebrados vágiles, por lo tanto, es necesario realizar estudios complementarios para conocer el estado de estos organismos.

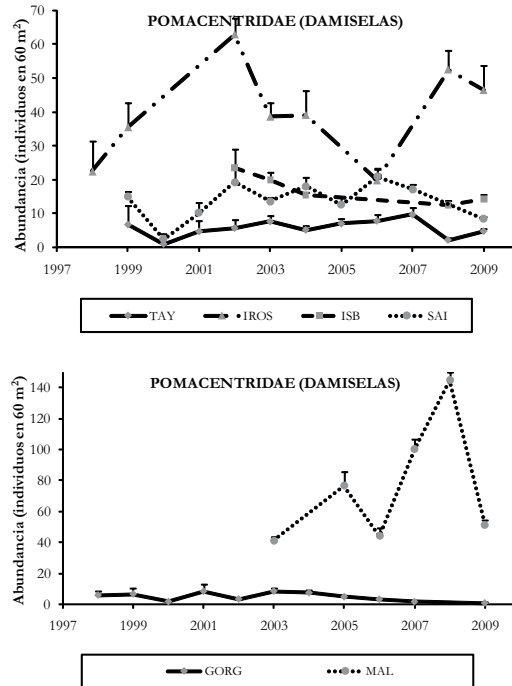


**Figura 4.7.** Abundancia de erizos (individuos/20 m<sup>2</sup>) en las áreas de monitoreo del SIMAC del Pacífico colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

#### 4.3.4 Peces Arrecifales

Los peces constituyen uno de los componentes bióticos más notorios de los arrecifes coralinos, modifican la estructura del sustrato bentónico y se convierten en el principal conducto del flujo de materia y energía (Wainwright y Bellwood, 2002); además, presentan una gran diversidad y un alto valor ecológico y comercial. En este informe, se trabajaron las familias de peces escogidas de acuerdo a: el grado de importancia económica (pargos, meros, roncós, etc) o ecológica (loros, damiselas, mariposas, etc.) y en las cuales se han observado mayores-menores abundancias o tendencia a través del tiempo. Para algunos casos se estimó el coeficiente de variación (desviación estándar como porcentaje de la media aritmética:  $CV = \sigma/\mu * 100$ ) para comparar la dispersión de los datos de abundancia entre áreas de monitoreo.

A nivel general, la familia más abundante en las áreas monitoreadas fue Pomacentridae (damiselas), con valores que han multiplicado en la mayoría de los casos las abundancias de otras familias. Por esta razón, se analizaron los datos de esta familia aparte para cada área y año. En el Caribe, la familia Pomacentridae (dominada por la especie *Stegastes planifrons*) ha sido particularmente abundante en las Islas del Rosario (<40 ind./60m<sup>2</sup>). Como caso particular, en las islas de San Andrés se observó una alta variabilidad en los valores de abundancia de damiselas durante los primeros años de monitoreo, incluso con una tendencia al aumento; sin embargo, durante los últimos años se ha observado una disminución gradual de estos organismos. En contraste, en San Bernardo si se ha observado una tendencia a la disminución desde el año 2002 cuando se inicio el monitoreo. El área Tayrona ha presentado los valores de abundancia históricamente más bajos (media <5 ind./60m<sup>2</sup>) y no se evidenció una tendencia o cambios en el tiempo (Figura 4-8).



**Figura 4.8.** Tendencias de la abundancia de la familia Pomacentridae en áreas de monitoreo SIMAC: Tayrona (TAY), Islas del Rosario (IROS), Islas de San Bernardo (ISB), San Andrés (SAI), Gorgona (GORG) y Malpelo (MAL). Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo

Las damiselas son bien conocidas por sus efectos en organismos bentónicos, modificando e influenciando comunidades de algas y corales, así como la estructura social de otros peces herbívoros (Knowlton *et al.*, 1990). Por otra parte, a causa de las diferentes perturbaciones en los arrecifes coralinos durante las últimas décadas, han ocurrido cambios en la estructura de las comunidades de peces. Reflejo de esto es la aparente proliferación de esta familia manifestada en la dominancia del pez *S. planifrons* (Díaz *et al.*, 2000) en el Caribe colombiano, condición que se ha observado en las estaciones de monitoreo SIMAC, principalmente en las Islas del Rosario. Este pez mordisquea la superficie viva de las colonias coralinas masivas para favorecer el crecimiento de ciertas algas de las cuales se alimenta, posiblemente causando un daño cada vez mayor al arrecife (Díaz *et al.*, 2000).

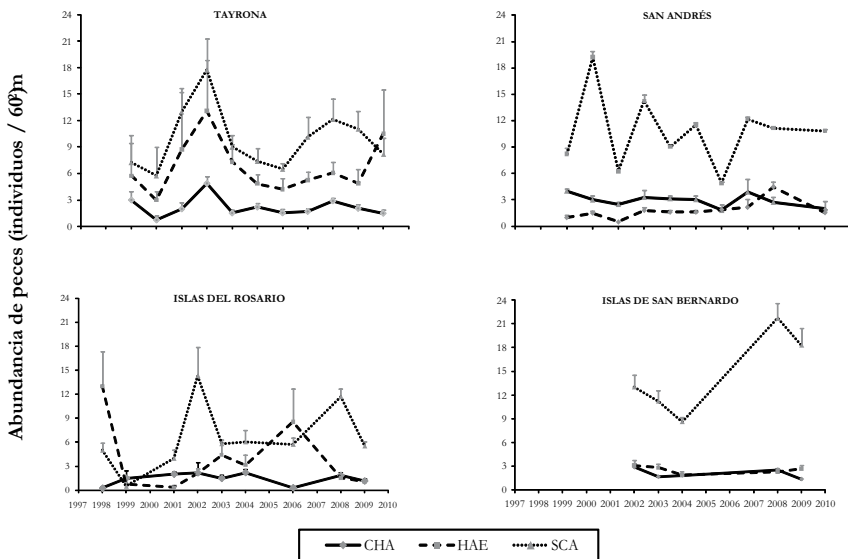
En el Pacífico colombiano, Malpelo ha presentado una variabilidad interanual muy marcada, con una tendencia general al aumento en la abundancia de damiselas; sin embargo, a diferencia del Caribe, la dominancia de la familia Pomacentridae está determinada por la especie *S. arcifrons* caracterizada igualmente por hacer territorios de algas en colonias coralinas vivas. En Gorgona no se evidenció una tendencia o cambios en el tiempo y se han observado históricamente abundancias muy bajas (media <math>< 5 \text{ ind./60m}^2</math>) (Figura 4.8). En las estaciones de monitoreo SIMAC-Caribe, la



abundancia de las familias selectas por su importancia económica como recurso pesquero Serranidae (meros y chernas) y Lutjanidae (pargos) se han caracterizado por presentar valores muy bajos, y en algunas áreas una tendencia a la disminución (Navas-Camacho *et al.*, 2009). Es probable que la escasez de este importante recursos íctico arrecifal sea un indicador de la falta de regulación en las actividades de pesca extractiva. Además, algunos autores han demostrado que dicha condición es característica de zonas con elevada intensidad pesquera (Chiappone *et al.*, 2000). Para las dos familias, las abundancias generales no superan los 2 ind./60m<sup>2</sup>.

En las áreas de monitoreo del Caribe, los peces loro han registrado altas abundancia con respecto a otras familias (Figura 4.8), principalmente en San Andrés y San Bernardo, donde las abundancias alcanzan un promedio general > 10 ind./60m<sup>2</sup>. Dentro de los principales depredadores de los peces loro, se encuentran algunas poblaciones de importancia comercial que han sufrido un declive por sobre-explotación de recursos pesqueros (pargos y carangidos).

Consecuentemente, se ha generado una proliferación de la familia Scaridae en muchos arrecifes del Caribe, lo que evidencia la susceptibilidad del ecosistema cuando se altera la estructura de comunidades asociadas (Mumby, 2007). Las tendencias temporales reflejan un aumento en las áreas Islas de Rosario y San Bernardo (Figura 4.9). Sin embargo, se ha observado una alta variabilidad interanual de la abundancia de la familia Scaridae en las áreas de monitoreo (Figura 4.10): Islas del Rosario (CV=62.98%), San Andrés (CV= 38.06%), San Bernardo (CV= 36.63%) y Tayrona (CV= 35.71%).



**Figura 4.9.** Caribe: Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Scaridae (SCA), en las áreas de monitoreo Tayrona, Santa Marta, Islas del Rosario e Islas de San Bernardo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo

En la familia Haemulidae (roncos) se ha observado una estabilidad en la abundancia de individuos en San Andrés y San Bernardo (Figura 4.9). En contraste, en Islas del Rosario, se ha observado una tendencia a la disminución en los últimos tres años.

Entre los grupos ecológicamente más reconocidos se encuentran los peces mariposa de la Familia Chaetodontidae y los peces loro de la Familia Scaridae. En la mayoría de estaciones monitoreadas por el SIMAC que se encuentran en el Caribe, los peces mariposa se han destacado por presentar abundancias bajas que Las áreas de monitoreo del Pacífico, han presentado históricamente mayores abundancias y el mismo patrón; aunque en Gorgona se observa una alta variabilidad interanual (Figura 4.10).

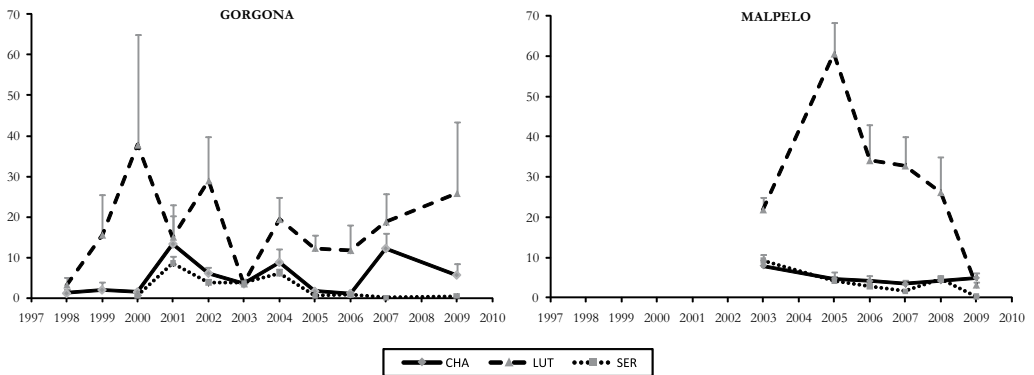


**Figura 4-10.** Imagen de un cardumen de peces loro (*Scarus iseri*) en la estación Mangle, Islas de San Bernardo.

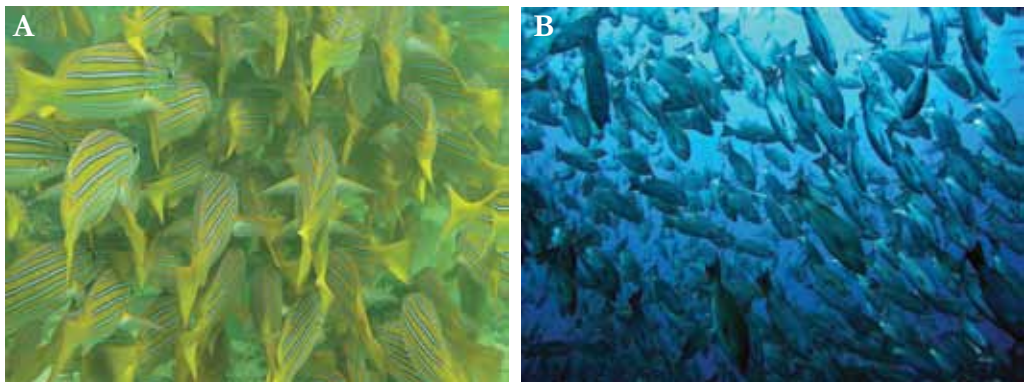
Los peces mariposa son habitantes conspicuos de los arrecifes coralinos en el mundo. Muchas de estas especies son coralívoras obligadas y dependen del tejido vivo de los corales para su alimentación; por lo tanto, cambios en su abundancia indicarían cambios en las condiciones del arrecife (Hourigan *et al.*, 1988; Crosby y Reese, 1996). Es posible que la estabilidad en la abundancia de este grupo sugiera que los arrecifes monitoreados por el SIMAC no han presentado cambios importantes en las condiciones del arrecife.

En referencia a la familia Scaridae (peces loro); estos juegan un papel muy importante en la ecología y conservación de los arrecifes coralinos en la actualidad. Desde la mortalidad masiva del erizo *Diadema antillarum*, la mayor parte del consumo de algas en el arrecife se centró en los peces loro. Por esta razón, los arrecifes coralinos del Caribe se han vuelto más susceptibles a cambios en su estructura, siendo altamente sensibles a la abundancia de estos peces (Mumby, 2007).

En el Pacífico colombiano, se tuvieron en cuenta las familias Chaetodontidae, Lutjanidae y Serranidae (Figura 4.11).



**Figura 4-11.** Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Serranidae (SER), en las áreas de monitoreo Gorgona y Malpelo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo



**Figura 4-12.** Abundancia de pargos (Familia Lutjanidae) en (A) PNN Gorgona (*Lutjanus viridis*) y (B) SFF Malpelo (*Lutjanus jordani*), lugares donde es común observar escuelas compuestas de gran cantidad de individuos.

Los pargos han sido históricamente más abundantes en estas áreas (Figura 4.12); sin embargo, con una variabilidad muy alta, se observa una tendencia al aumento en Gorgona y al descenso en Malpelo. Con abundancias muy bajas, la familia Serranidae presentó una tendencia a la disminución en los valores de abundancia a través del tiempo.

#### 4.3.5. Nuevas estaciones SIMAC en el Caribe (PNNCRSB e Isla Fuerte)

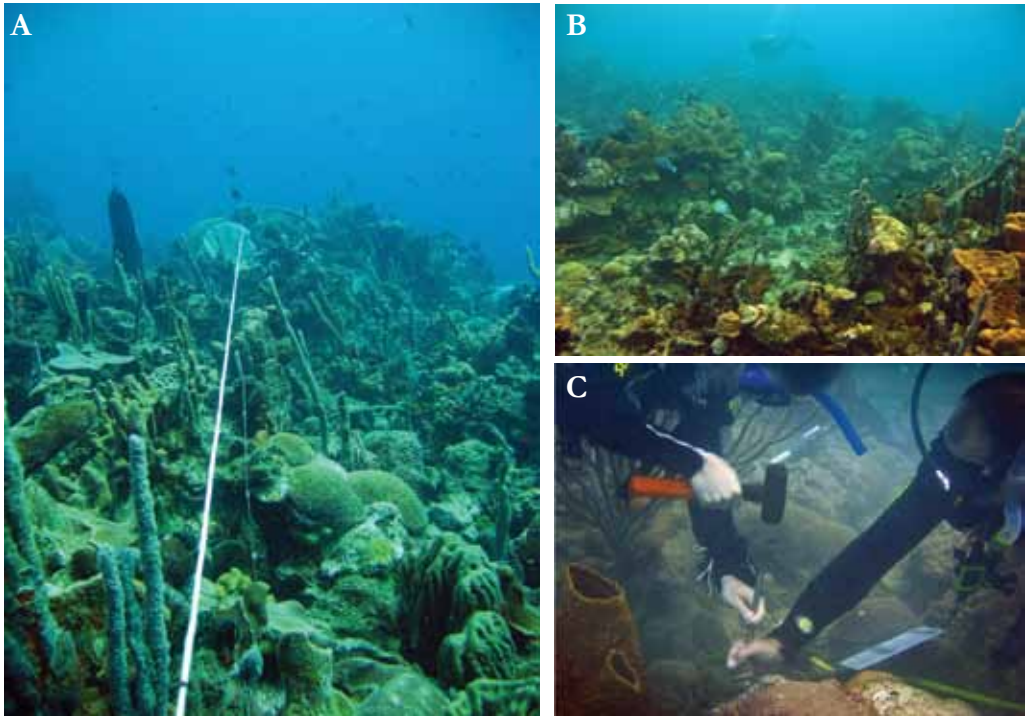
Cumpliendo con los objetivos del proyecto INAP para la valoración de los efectos del cambio climático en el Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte, el grupo SIMAC instaló en el 2009 una parcela de monitoreo en Isla Fuerte y dos más en el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario. Adicionalmente, realizó la segunda evaluación de la parcela de Fondo Loco instalada en Isla Fuerte en el año 2008.

En Isla Fuerte se instaló la parcela en el lugar conocido como Los Boyones (9° 22' 17.2" N - 76° 12' 08.2" O) ubicado en un bajo entre los 7-9 m de profundidad con una buena cobertura coralina (31.3± 4.3%) y colonias en buen estado donde sobresalieron *Diploria strigosa*, *D. labyrinthiformis* y *Montastraea cavernosa* (Figura 4.13). Así mismo, la parcela de Fondo Loco mantiene su cobertura coralina alrededor del 40% (Tabla 4.2), con un mayor predominio de las especies coralinas *Montastraea faveolata*, *M. cavernosa* y *Colpophyllia natans*.

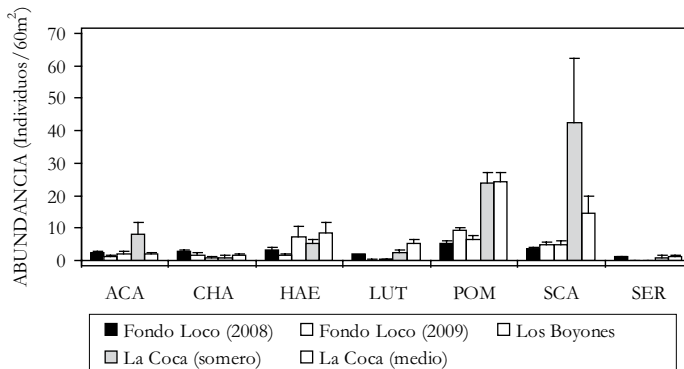
En el Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario se instaló una estación al norte de isla Rosario, zona intangible, en lugar conocido como La Coca (10° 10' 15.2" N - 75° 47' 19.9" O). La nueva estación comprende dos parcelas, una somera entre los 5-9 m y una media entre los 9-12 m. La cobertura coralina es cercana al 25%, siendo frecuentes los corales del complejo *Montastraea* spp (Figura 4.13).

La abundancia de peces arrecifales fue baja con respecto a otras áreas monitoreadas. La familia Pomacentridae (damiselas) fue la más abundante en Fondo Loco y en estación media de La Coca, la familia Haemulidae (roncos) fue la más observada en Los Boyones y la familia Scaridae (loros) fue predominante en la estación somera de La Coca (Figura 4.14). En esta última estación, se destaca la abundancia de algunas familias de peces de importancia económica y ecológica, algunas consideradas bajo algún grado de amenaza, como Serranidae (chernas y meros), Lutjanidae (pargos) y Haemulidae, lo cual puede estar influenciado con el estado de “zona intangible” de isla Rosario (Vega-Sequeda *et al.*, En prep.)

La ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en las nuevas estaciones fue baja (<3%), a excepción de La Coca cuyos porcentajes fueron superiores (hasta 18%; Tabla 4.2) a los valores históricos registrados para otras estaciones del SIMAC en el Caribe colombiano (Navas-Camacho *et al.*, 2009).



**Figura 4-13.** Vista representativa de los ambientes arrecifales de las estaciones instaladas en las áreas de Isla Fuerte y el archipiélago de Islas del Rosario. (A) Imagen del transecto de La Coca nivel medio donde se observa el cabo y la cadena de eslabones extendidos para la evaluación de la cobertura del sustrato arrecifal. (B) Vista de la formación coralina de La Coca nivel somero. (C) Investigadores instalando un transecto en la estación de Los Boyones. (B). Fotos tomadas por Kelly Gómez-Campo (A, C) y Jaime Rojas (B)



**Figura 4-14.** Abundancia de las familias de peces Acanthuridae (ACA), Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Lutjanidae (LUT), Pomacentridae (POM), Scaridae (SCA) y Serranidae (SER) en las estaciones SIMAC instaladas en las áreas de Isla Fuerte y el archipiélago Nuestra Señora del Rosario.

**Tabla 4.2.** Media (error estándar) de los componentes evaluados por el SIMAC, en las estaciones instaladas en Isla Fuerte (Fondo Loco y Los Boyones) y Nuestra Señora del Rosario (La Coca somero y medio). ELO = enfermedad de lunares oscuros; EPB = enfermedad de plaga blanca; EBA = enfermedad de banda amarilla.

Componente	Isla Fuerte				Islas del Rosario		
	Fondo Loco (2008)	Fondo Loco (2009)	Los Boyones	La Coca (somero)	La Coca (medio)		
Cobertura del sustrato arrecifal (%)	Algas	36.50 (3.40)	38.65 (2.5)	38.82 (1.80)	22.67 (2.64)	23.00 (1.88)	
	Corales duros	39.80 (3.30)	36.22 (2.40)	31.31 (4.25)	23.41 (3.08)	24.81 (0.41)	
Salud coralina (% de ocurrencia)	ELO		1.70 (0.70)	1.49 (0.48)	0.91 (0.91)	-	
		EPB	0.80 (0.00)	0.42 (0.25)	0.08 (0.08)	14.57 (3.81)	17.04 (2.07)
	EBA		-	-	-	-	0.55 (0.38)
		SAC	0.20 (0.00)	0.09 (0.09)	-	-	-
Blanqueamiento		5.70 (0.00)	3.13 (1.22)	0.25 (0.17)	6.76 (1.62)	1.83 (0.97)	
	Cangrejos	-	0.60 (0.40)	0.20 (0.20)	-	-	
Densidad de invertebrados vágiles (individuos / 20 m <sup>2</sup> )	Caracol pala	0.20 (0.20)	0.10 (0.10)	-	-	-	
	Erizos	4.60 (0.60)	2.90 (0.74)	1.60 (0.93)	1.40 (0.98)	0.20 (0.20)	
	Langosta	0.80 (0.50)	1.40 (0.43)	0.60 (0.40)	-	-	
	Pulpo	-	-	0.20 (0.20)	-	-	
Densidad de gorgonáceos (individuos / 10 m <sup>2</sup> )		18.40 (4.30)	49.10 (13.79)	6.61 (2.96)	1.41 (0.63)	8.99 (4.02)	

#### 4.4. Conclusiones y recomendaciones

En Colombia, así como en el resto del mundo, ha crecido notablemente el interés por el cuidado de los arrecifes coralinos, convirtiéndolos en el ecosistema emblemático para la conservación y preservación de los mares tropicales del planeta; numerosas medidas y campañas se han implementado buscando generar conciencia sobre la importancia del ecosistema y lograr la conservación y uso sostenible de sus recursos. Sin embargo, debido a las presiones de tipo antropogénico y al constante incremento de la problemática del Calentamiento Global, no se ha logrado aún alcanzar el grado de conciencia respecto a ellos y el estado de conservación deseado de los arrecifes coralinos.

La serie de datos del programa de monitoreo SIMAC obtenida a partir de evaluaciones anuales en estaciones ubicadas en las principales áreas coralinas de Colombia, evidenciaron:

1. La cobertura de corales y algas, principales componentes del sustrato indicadores del estado de salud del arrecife, ha fluctuado de forma diferente en las estaciones intermedias de las áreas geográficas monitoreadas por el SIMAC acá reportadas. La poca variabilidad en Chengue y las islas de San Bernardo indican una aparente estabilidad de los arrecifes monitoreados. Por el contrario, la alta variabilidad y la continua disminución de la cobertura de coral en San Andrés y las islas del Rosario, reflejan un mayor dinamismo y degradación del sistema arrecifal. Gorgona, a pesar de la alta variabilidad de la cobertura algal y la continua disminución de coral vivo hasta el 2005, parece mantener cierta estabilidad en la actualidad.
2. La ocurrencia general de enfermedades en las áreas coralinas del Caribe colombiano ha sido generalmente baja, encontrando que en el área de San Andrés continúan presentándose los mayores valores generales de ocurrencia y en Islas del Rosario las mayores variaciones. Asimismo, se observaron picos de alta ocurrencia de blanqueamiento coralino que coinciden con eventos de blanqueamiento masivo en el Caribe. Sin embargo, durante el 2009 la ocurrencia de enfermedades continuó siendo especialmente alta para las estaciones de Islas del Rosario, presentando un incremento aún más intenso que el de 2008. Nuevamente la responsabilidad de este aumento en la pérdida de cobertura viva fue debida a la presencia de la enfermedad de la plaga blanca.
3. El comportamiento en la densidad de los erizos en el transcurso del monitoreo al parecer es independiente y particular de cada área evaluada, resaltando la reducción en la abundancia de erizos en el 2009 en todas las áreas de monitoreo, excepto en Chengue y San Andrés, además de la primera observación de la especie amenazada *Strombus gigas* -caracol pala- para esta última área.

4. La abundancia de peces arrecifales de importancia comercial (pargos, meros y chernas) ha presentado históricamente valores cercanos a cero. Es posible que este patrón de comportamiento refleje la falta de regulación en las actividades de pesca extractiva, teniendo en cuenta que algunos autores han demostrado que dicha condición es característica de zonas con elevada intensidad pesquera.

La abundancia de peces arrecifales de importancia ecológica, especialmente los peces loro, han cobrado especial importancia en la conservación de arrecifes coralinos, teniendo en cuenta que son los principales herbívoros después de la mortandad masiva del erizo *D. antillarum*. Así, con una variabilidad muy alta, la familia Scaridae se ha mantenido en el tiempo en las áreas de monitoreo, o ha aumentado su abundancia como es el caso de San Bernardo.

5. Es necesario implementar eficientemente medidas de mitigación y control o reajustar las existentes en lo referente al manejo de los arrecifes coralinos, especialmente en áreas con mayor influencia de tensesores de origen humano (como fuerte exposición a aguas continentales contaminadas, alta actividad turística y sobre-pesca) y donde los datos manifiestan tendencias que indican una mayor degradación del ecosistema. La continuidad del monitoreo SIMAC con la debida periodicidad permitirá obtener series de datos más amplias y precisas que ayudarán a comprender la dinámica y evolución de los arrecifes coralinos. La información obtenida por el programa de monitoreo seguirá siendo útil para apoyar y evaluar la implementación de medidas de manejo y mitigación orientadas a la conservación de los arrecifes coralinos y recursos asociados.
6. Es fundamental continuar con el monitoreo de invertebrados de importancia comercial y ecológica para definir con certeza un patrón temporal y posibles implicaciones ecológicas en el equilibrio y salud de los arrecifes colombianos. Asimismo, es necesaria la realización de estudios complementarios en el área de conectividad y resiliencia para desarrollar avances en el conocimiento funcional de los arrecifes coralinos.
7. Ante el dramático deterioro de los ecosistemas coralinos a nivel mundial y teniendo en cuenta que los agentes de degradación y las amenazas sobre los arrecifes coralinos son cada vez son mayores, es necesario mantener y expandir los estudios y programas de monitoreo de arrecifes coralinos para obtener series de datos extensas que permitan caracterizar la evolución del ecosistema y proveer recomendaciones para su manejo.
8. Considerando que los principales componentes del sustrato (algas y corales) están actualmente involucrados en procesos de cambio o *phase-shifts* de los arrecifes coralinos, es necesario continuar con el monitoreo detallado de estos componentes con el propósito de documentar su evolución y la estructuración de los arrecifes coralinos ante la presión de las condiciones ambientales



Agradecemos a todas las entidades y personal que históricamente han colaborado con el desarrollo de las actividades de monitoreo SIMAC. Durante el 2009 se contó nuevamente con el apoyo del PNNCRSB y los funcionarios Diego Duque, Catalina Casas, Dorismel Bravo y Ameth Vargas; El biólogo Jaime Rojas del CEINER; Juan Carlos Tobón, Pedro Pérez y Luis Llorente de Isla Fuerte Ecolodge and Dive Center; la administración, personal y centro de buceo del Hotel Punta Faro; la Fundación Malpelo; y el Dr. Fernando Zapata y el grupo de Ecología de Arrecifes Coralinos de la Universidad del Valle.

#### 4.5. Contribuciones estado del conocimiento de los arrecifes de coral

Siguiendo con la política del INVEMAR de dar a conocer al público en general los avances y logros en el estudio de nuestros recursos naturales, específicamente de nuestros arrecifes coralinos, se entrega la contribución hecha para el año de 2009 en el estudio de las zooxantelas asociadas a arrecifes rocosos en la isla de Gorgona.

El estudio está enmarcado dentro de la temática de Biología de Organismos y fue realizada en los arrecifes rocosos de la isla Gorgona, Pacífico Colombiano (Tabla 4-3). Esta temática es la segunda en cuanto a número de estudios hechos en los arrecifes del país, superada tan solo por los estudios de Caracterización de organismos y ecosistemas. Mayor información de la búsqueda de contribuciones antiguas y análisis histórico de las mismas se encuentra en INVEMAR (2009).

**Tabla 4.3.** Organización temática de las contribuciones del IEARMC y el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, realizadas en arrecifes coralinos desde 1998. Se resalta la única contribución enviada sobre los estudios adelantados en 2009 (en gris)

Temática	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Caracterización	1	1	2	2	1			2	3		3	
Distribución			1			1						
Función						2		4	3	2		
Filogenia												
Taxonomía												
Biología de Organismos					2			1	5	2	3	1
Rehabilitación/ restauración / mitigación												
Impactos								1			1	

Por otro lado y como puede observarse en la Tabla 4.4, Gorgona, la Ecorregión en la que se enmarca el estudio reportado para este año (en gris) no ha sido especialmente prodiga en contribuciones al Boletín y el IEARMC, sobre los estudios desarrollados en aguas del Parque Nacional. Si bien la Universidad del Valle ha generado un sin fin de investigaciones científicas en aguas y los arrecifes coralinos de la isla, sus publicaciones se han realizado mayormente en otras revistas nacionales y del exterior.

**Tabla 4.4.** Listado de registros de estudios desarrollados en arrecifes coralinos por temática y ecorregiones naturales según PNIBM (INVEMAR, 2000) en cuanto a registros del Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras y al IEARMC, haciendo especial énfasis en el único aporte para el año 2009 (en gris). Ecorregiones: TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), gal (Galerazamba), ARCO (Archipiélagos coralinos), DAR (Darién), cap (Capurganá), SAN (San Andrés y Providencia), MAL (Malpelo), GOR (Gorgona).

DEPARTAMENTOS	Magdalena	Atlántico y Bolívar	Bolívar Sucre Córdoba	Choco	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	CARIBE	Valle	Cauca	NACIONAL
TEMÁTICA/ECOREGIONES	TAY	MAG / gal	ARCO	DAR / cap	SAN		MAL	GOR	
Caracterización	2	1	2	1				2	1
Distribución		1		1					1
Función	3		9	2	4	1	1		
Filogenia									
Taxonomía									
Biología de Organismos	7		2		1			1	
Rehabilitación/restauración/ mitigación									
Impactos					1				
Entidades									

El estudio reportado, Castro – Bustamante, P.A., denominado “Caracterización de las Zooxantelas *Symbiodinium spp.* de vida libre en el arrecife rocoso del Parque Nacional Natural Gorgona en el Pacífico colombiano” menciona que las zooxantelas *Symbiodinium spp.* son la base estructural de los arrecifes coralinos del mundo gracias a la simbiosis que presentan con los corales escleractinios. Menciona que los arrecifes del Pacífico Occidental y del Mar Caribe han sido bien caracterizados, pero que por el contrario esto no ocurre en el Pacífico colombiano, donde se tienen pocos reportes, haciendo que la información sobre este simbiote y su relación con sus hospederos sea limitada. Castro-Bustamante presenta a los corales escleractinios del género *Pavona sp.* (uno de los pocos desovadores del Pacífico) como simbiotes de estos dinoflagelados y que se encuentran bien representados en el arrecife rocoso del parque natural Gorgona, por lo que el tamaño de su población, potencia la posible existencia de zooxantelas de vida libre en la columna de agua y por lo tanto transferencia horizontal de simbiotes. El autor pudo, a través de la estandarización de la técnica de cultivo en F/2, demostrar la existencia de zooxantelas de vida libre en los arrecifes rocoso del Parque Nacional Natural Gorgona.

## 4.6 Literatura citada

- Achituv, Y. y Dubinsky, Z. 1990. Evolution and zoogeography of coral reefs. 1-9. En Dubinsky, Z. (Ed). Ecosystems of the world 25. Coral Reefs. Elsevier Science B.V. Amsterdam, The Netherlands. 550 p.
- Aronson, R.B. y W.F. Precht. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. *Hydrobiologia*. 460: 25-38 pp.
- Birkeland, C. (Ed). 1997. Life and death of corals reefs. Chapman & Hall, Nueva York. 536 p.
- Buddemeier, R.W., J.A. Kleypas y R.B. Aronson. 2004. Coral reefs & global climate change: potential contributions of climate change to stress on coral reefs ecosystems. 44p.
- Chiappone, M., R. Sluka y K. Sullivan-Sealey. 2000. Groupers (Pisces: Serranidae) in fished and protected areas of the Florida Keys, Bahamas and northern Caribbean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 198: 261-272.
- Crosby, M.P. y E.S. Reese. 1996. A manual for monitoring coral reefs with indicator species: butterflyfishes as indicators of change on Indo Pacific reefs. Office of Ocean and Coastal Resource Management, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD. 45 pp.
- Díaz, J.M., J. Garzón-Ferreira y S. Zea. 1995. Los arrecifes coralinos de la Isla de San Andrés. Colombia: estado actual y perspectivas para su conservación. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras, No. 7, Santa Fe de Bogotá, 150 p.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR. Serie publicaciones especiales No. 5. Santa Marta. 176 pp.
- Díaz-Pulido, G. y J. Garzón-Ferreira. 2002. Seasonality in algal assemblages on upwelling-influenced coral reefs in the Colombian Caribbean. *Botánica Marina* 45: 284-292.
- Garzón-Ferreira, J., M.C. Reyes-Nivia y A. Rodríguez-Ramírez. 2002a. Manual de métodos del SIMAC-Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. INVEMAR, Santa Marta. 102p.
- Garzón-Ferreira, J.; A. Rodríguez-Ramírez, S. Bejarano-Chavarro, R. Navas-Camacho y C. Reyes-Nivia. 2002b. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 29-40. En INVEMAR Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2001. Serie de publicaciones periódicas, INVEMAR; No. 8. Santa Marta. 178 pp.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez, S. Bejarano-Chavarro, R. Navas-Camacho y C. Reyes-Nivia. 2003. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 84-113. En INVEMAR Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2002. Serie de publicaciones periódicas, INVEMAR; No. 8. Santa Marta. 148 pp.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez, S. Bejarano-Chavarro, R. Navas-Camacho, C. Reyes-Nivia, P. Herrón, F. Zapata, J. Rojas y O. Caucafé. 2004. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 79-135. En INVEMAR Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2003. Serie de publicaciones periódicas, INVEMAR; No. 8. Santa Marta. 329 pp.
- Gil-Agudelo, D.L., J. Garzón-Ferreira, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia, R. Navas-Camacho, D.E. Venera-Pontón, G. Díaz-Pulido y J.A. Sánchez. 2006. Blanqueamiento coralino en Colombia durante el año 2005. 83-87. En INVEMAR Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros de Colombia: año 2005. Serie de publicaciones periódicas/INVEMAR; No. 8. Santa Marta. 360 p.
- Gil-Agudelo D.L., R. Navas-Camacho, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia, S. Bejarano-Chaparro, J. Garzón-Ferreira y G. W. Smith. 2009. Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 38 (2): 189-224
- Guisande-González, C. 2006. Tratamiento de datos. Ediciones Díaz de Santos. España. 356 p.
- Gladfelter, W. 1982. White-band disease in *Acropora palmata*: implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bulletin of Marine Science* 32(2): 639-643.
- Grigg R.W. y S.J. Dollar. 1990. Natural and anthropogenic disturbance on coral reefs. 439-452 En Dubinsky, Z. (Ed) Coral Reefs. Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam.
- Hourigan, T. F., T. C. Tricas y E. S. Reese. 1988. Coral reef fishes as indicators of environmental stress in coral reefs. 107-135. En Soule, D. F. y G. S. Kleppel (Eds) Marine Organisms as Indicators. Springer Verlag, New York.
- Hughes TP. 1994. Catastrophes, phase shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551.

- Knowlton, N., J.C. Lang y B.D. Keller. 1990. Case study of natural population collapse: post-hurricane predation on Jamaican staghorn corals. *Smithsonian Contributions Mar Sci* 31. SI 1. 41: 31.
- Mumby, P.J., A. Hastings y H.J. Edwards. 2007. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature* 450: 98101.
- Navas-Camacho R., A. Rodríguez Ramírez, C. Reyes-Nivia, N. Santodomingo, K. Gómez-Campo, K. Bernal, J. Vega-Sequeda, J. Olaya-Restrepo, D. L. Gil-Agudelo, J. Garzón-Ferreira, F. Zapata Rivera, N. Bolaños, A. Abril, G. Duque-Nivia, D. L. Duque, A. Taborda. 2007. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 48-58. En Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2006. INVEMAR, Serie de Publicaciones Periódicas No. 8, Santa Marta, 329pp.
- Navas-Camacho R. y A. Rodríguez-Ramírez. 2008. Estado de los arrecifes coralinos: 53-73. En INVEMAR. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. 2007. (Serie de publicaciones periódicas, INVEMAR; No. 8. Santa Marta. 380 pp.
- Navas-Camacho, R., K. Gómez-Campo, J. Vega-Sequeda y T. López-Londoño. 2009. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 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.
- Navas-Camacho R., D.L. Gil-Agudelo, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia y J. Garzón-Ferreira. 2010. Coral diseases and bleaching on Colombian Caribbean coral reefs. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (suplem 1): 95-106
- Navas-Camacho R., A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia. 2010. Agents of coral mortality on reef formations of the Colombian Pacific. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (suplem 1): 133-138
- Prahl, H.v. 1985. Blanqueo y muerte de corales hermatípicos en el Pacífico colombiano atribuidos al fenómeno de El Niño 1982-1983. *Boletín ERFEN.* 12: 22-24.
- Rodríguez-Ramírez, A., J. Garzón-Ferreira, S. Bejarano-Chavarro, R. Navas-Camacho, C. Reyes-Nivia, G. Duque, C. Orozco, F. Zapata y O. Herrera. 2005. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia: 77-144. En Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2004. INVEMAR Serie Publicaciones Periódicas 8. Santa Marta, Colombia. 213 pp.
- Rodríguez-Ramírez, A., M.C. Reyes-Nivia, R. Navas-Camacho, J. Vega-Sequeda, J. Olaya, G. Duque, J. Garzón-Ferreira, F. Zapata y C. Orozco. 2006. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia: 71-87. En INVEMAR. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. (Serie de publicaciones periódicas, INVEMAR; No. 8. Santa Marta. 360 pp.
- Rodríguez-Ramírez A., M.C. Reyes-Nivia, S. Zea, R. Navas-Camacho, J. Garzón-Ferreira, S. Bejarano, P. Herron & C. Orozco. 2010. Recent dynamics and condition of coral reefs in the Colombian Caribbean. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (suplem 1): 107-131
- Sánchez, J.A., S. Herrera, R. Navas-Camacho, A. Rodríguez-Ramírez, P. Herron, V. Pizarro, A. R. Acosta, P.A. Castillo, J. C. Martínez, P. Montoya & C. Orozco. 2010. White plague-like coral disease in remote reefs of the Western Caribbean. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (suplem 1): 145-154
- Solano, O.D.; G. Navas y S.K. Moreno-Forero. 1993. Blanqueamiento coralino de 1990 en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario (Caribe colombiano). *An. Inst. Invest Mar Punta Betón.* 22: 97-111 pp.
- Sutherland, K.P., J.W. Porter, y C. Torres C. 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar Ecol Prog Ser* 266: 273-302.
- Spalding, M.D., C. Ravilious y E.P.Green. 2001. World atlas of coral reefs. Univ. California Press, Berkeley, USA. 424p.
- Vargas-Angel B., F.A. Zapata, H. Hernández y J.M. Jiménez. 2001. Coral and coral reef responses to the 1997-98 El Niño event on the Pacific coast of Colombia. *Bull. Mar. Scien.*69(1): 111-132.
- Vega-Sequeda, J., R. Navas-Camacho, K. Gómez-Campo y T. López-Londoño. En prep. Instalación y evaluación de nuevas estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos en el Caribe colombiano.
- Wainwright, P.C. y D.R Bellwood. 2002. Ecomorphology of feeding in coral reef fishes. 33-55. En: Sale, P.F. (Ed). *Coral reef fish: dynamics and diversity in a complex ecosystem.* Academic Press, Elsevier Science, San Diego.
- Wells, S. y N. Hanna. 1992. *The greenpeace book of coral reefs.* Cameron books and greenpeace communications. London, United Kingdom, 160 p
- Wilkinson, C. 2008. Status of Coral Reefs of the World: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia. 296 p.
- Zea, S. y F. Duque. 1990. Bleaching of reef organisms in the Santa Marta region, Colombia: 1987 Caribbean-wide event. *Trianea.* 3: 37-51

## 5. ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LOS MANGLARES

*Alanis Orjuela, Ricardo Ricardo, Carlos Villamil y Laura Perdomo*

A partir de la necesidad de hacer seguimiento a los ecosistemas marinos y costeros, este capítulo actualiza el estado del conocimiento de los manglares a nivel nacional, en aspectos como: legislación, zonificación, manejo, caracterización, función, rehabilitación, impactos e investigación. Para su elaboración, se contó con información suministrada por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), INVEMAR, las Corporaciones Autónomas Regionales, la Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia y consultores externos vinculados a estas instituciones. Adicionalmente, este capítulo pretende poner en evidencia el esfuerzo en investigación, conservación y uso de los manglares en Colombia.

### 5.1. Definición e importancia

Los manglares son ecosistemas dominados por asociaciones vegetales costeras tropicales y subtropicales que tienen características morfológicas, fisiológicas y reproductivas comunes, que les permite habitar en ambientes con influencia salina, anóxicos, 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 sustratos inestables, la marcada tolerancia al agua salada o salobre sin ser plantas halófitas obligadas, estructuras como lenticelas y neumatóforos en algunas especies para intercambiar gases en sustratos con bajas concentraciones de oxígeno y reproducción por embriones capaces de flotar que se dispersan transportados por el agua (Field, 1997).

Como ha sido documentado por varios autores, la importancia de los manglares obedece a la función que cumple cada uno de sus componentes bióticos dentro del ecosistema y a la contribución de éstos en el bienestar humano. Su importancia y función se puede dimensionar desde el punto de vista científico, ecológico, estético, recreacional, social y económico (Day y Yáñez – Arancibia, 1982; Guevara – Mancera *et al.*, 1998 y Ulloa – Delgado *et al.*, 1998). Entre sus funciones se pueden mencionar, el aporte de materia y energía a otros sistemas, su valor como evapotranspiradores y sumideros naturales de CO<sub>2</sub>, como agentes detoxificadores (trampas naturales de contaminantes), amortiguadores de inundaciones y protectores de la erosión del viento y las olas en la línea de costa. Adicionalmente, sirven de refugio, sitios de alimentación y anidación de diversas especies de mamíferos, aves reptiles y anfibios (Field, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 1997, 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. En los dos litorales colombianos existen poblaciones locales que habitan dentro o en cercanías de bosques de manglar, siendo éstos su fuente principal de subsistencia (Guevara – Mancera *et al.*, 1998; Ulloa –Delgado *et al.*, 1998).

En términos generales en el Caribe existen cinco de las nueve especies de mangle reportadas para Colombia (Figura 5.1 y Tabla 5.1), de las cuales, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, son las más abundantes y de mayor uso, seguidas por *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelliciera rhizophorae*. De esta última especie, sólo se tienen registros puntuales en la Bahía de Cispatá en Córdoba, sector occidental de la Bahía de Barbaças 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, 2002). En el Pacífico colombiano, además de las especies mencionadas para el Caribe, se hallan *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia bicolor* y *Mora oleifera*.



Figura 5.1. Distribución espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano.

Actualmente en el país, los manglares ocupan una extensión aproximada de 294.636,3 ha, de las cuales 62.245,3 ha se distribuyen en el Caribe y 232.391 ha en el Pacífico (Tabla 5.2). Debido a la poca penetración de la marea en el litoral Caribe, en esta costa 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 encuentran 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 5.1). Por el contrario los manglares del litoral Pacífico se distribuyen en una franja casi continua, desde el río Mataje (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 Prahll, 1989) (Figura 5.2)



Figura 5.2. Distribución espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano.

**Tabla 5.1.** Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianos. 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 Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUJE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM Tumaco. Subcorrecciones: sal (Golfo de Salamanca), cgs (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá).

Departamento	La Guajira		TAY	MAG			MOR	DAR				SAN	Chocó		Valle del Cauca	Cauca		Nariño				
	GUA	PAL		sal	cgs	gal		arb	atr	cap	PAN		BAU	BUJE		NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM		
Subcorrecciones																						
<i>Rhizophora mangle</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Rhizophora harrisoni</i>																					x	
<i>Rhizophora racemosa</i>																					x	
<i>Laguncularia racemosa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Conocarpus erectus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Avicennia germinans</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Avicennia bicolor</i>																						x
<i>Pelticera rhizophorae</i>																						x
<i>Mora oleifera</i>																						x



**Tabla 5-2.** Cobertura de manglar en Colombia. Datos tomados de <sup>1</sup>CORPOURABÁ, 2002; <sup>2</sup>MMA, 2002; <sup>3</sup>Sánchez-Páez *et al.*, 2004; <sup>4</sup>INVEMAR, 2005; <sup>5</sup>INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO, 2006; <sup>6</sup>Restrepo, 2007; <sup>7</sup>Cadavid *et al.*, 2009; <sup>8</sup>Gil-Torres *et al.*, 2009; <sup>9</sup>López-Rodríguez *et al.*, 2009a, <sup>10</sup>López-Rodríguez *et al.*, 2009b, <sup>11</sup>Rodríguez - Peláez *et al.*, 2009, <sup>12</sup>Sierra – Correa *et al.*, 2009, <sup>13</sup>Solano *et al.*, 2009. En las casillas sombreadas se resaltan los cambios con respecto al 2008. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco.

Departamento	Ecorregión natural	Área (ha)
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina <sup>9</sup>	SAN	209,7
La Guajira <sup>8</sup>	GUA y PAL	2.514,0
Magdalena <sup>7</sup>	MAG y TAY	33.900
Atlántico <sup>4</sup>	MAG	613,6
Bolívar <sup>2,3</sup>	MAG y ARCO	7,001
Sucre <sup>3</sup>	MOR y ARCO	9.303
Córdoba <sup>13</sup>	MOR y ARCO	9.180
Antioquia <sup>1</sup>	DAR	6.518
Total Caribe		62.245,3
Chocó <sup>3</sup>	PAN	64.750
Valle del Cauca <sup>6</sup>	BUE y NAYA	31.374
Cauca <sup>10,11,12</sup>	NAYA	18.691
Nariño <sup>5</sup>	TUM	117.576
Total Pacífico		232.391
Total Colombia		294.636,3

## 5.2 Normatividad vigente y manejo

En Colombia, el MAVDT ha generado desde 1995 una serie de herramientas tendientes al ordenamiento y protección de sus recursos. Dichas normas de carácter legal tienen por objeto, garantizar la conservación de los manglares en el marco del concepto de Desarrollo Sostenible, permitiendo así, equilibrar el desarrollo de las actividades socioeconómicas, sin comprometer la oferta de bienes y servicios y su conservación. En la Tabla 5.3 y Tabla 5.4 se describen las principales políticas y resoluciones adoptadas por el MAVDT, para la conservación de los ecosistemas de manglar.

**Tabla 5.3.** Normatividad vigente para los ecosistemas de manglar.

Resolución	Contenido
1602 de 1995 y 020 de 1996	Dictan las medias para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia, previo a estudios de diagnóstico y estado de los ecosistemas de manglar por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs). Establecen y aclaran las prohibiciones extractivas y de aprovechamiento en ecosistemas de manglar del país.
0257 de 1997	Establece controles mínimos para contribuir a garantizar las condiciones básicas de sostenibilidad de los ecosistemas de manglar y sus zonas circunvecinas.
0924 de 1997	Fija los términos de referencia y plazos para elaborar los estudios conducentes a conocer el estado actual de los manglares y los diferentes tipos de usos, incluyendo las actividades tradicionales de aprovechamiento.
0233 de 1999	Extiende el plazo para entregar los estudios ordenados por la resolución 924 de 1997.
0694 y 1082 de 2000 y 0721 de 2002	Se pronuncian sobre los estudios y propuestas de la zonificación en áreas de manglar, presentados por las CARs. Proponen medidas relacionadas con orientaciones y pautas para elaborar planes de manejo integral en áreas de manglar

**Tabla 5.4.** Políticas, planes y programas relacionados con el ordenamiento y manejo de los manglares.

Título	Contenido
Política de Humedales Interiores.	Propende por la conservación y el uso racional de los humedales interiores de Colombia con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del País.
Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia.	Propende por el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras, que permita mediante su manejo integrado, contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población colombiana, al desarrollo armónico de las actividades productivas y a la conservación y preservación de los ecosistemas y recursos marinos y costeros.
Plan Nacional de desarrollo forestal.	Establece un marco estratégico que incorpore activamente el sector forestal al desarrollo nacional, optimizando las ventajas comparativas y promoviendo la competitividad de productos forestales maderables y no maderables en el mercado nacional e internacional, a partir del manejo sostenible de los bosques naturales y plantados.
Programa Nacional “Uso sostenible, manejo y conservación de los Ecosistemas de Manglar”	Establece la necesidad de llevar a cabo por parte de las CAR con injerencia en las zonas costeras del país, estudios tendientes a la zonificación de las áreas de manglar en Colombia y la definición de los lineamientos para su manejo.

Desde el año 2002 hasta la actualidad, el Ministerio ha aprobado mediante resolución la zonificación de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquía y Valle del Cauca. Las zonificaciones de los departamentos de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, La Guajira, y Cauca están en proceso de aprobación, formulándose para cada uno de ellos planes de ordenamiento. Las CAR de los restantes departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombiano, se encuentran adelantando las acciones necesarias para realizar los estudios de zonificación y la ordenación de las áreas de manglar de su jurisdicción (Tabla 5.5).

**Tabla 5.5.** Avances del proceso de zonificación y ordenamiento de los manglares en Colombia, de acuerdo a la normatividad vigente. En las casillas sombreadas se muestran los avances realizados en el presente año.

Corporación	Estado	Avance
CODECHOCÓ	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se está trabajando en la Zonificación y formulación del plan de manejo del ecosistema de manglar del departamento del Chocó.</li> <li>■ Ordenamiento de 1.500 ha de mangle del Golfo de Tribugá en el municipio de Nuquí.</li> <li>■ Formulación del plan de manejo del sitio Ramsar “Delta del río Baudó”</li> </ul>
CORPOURABÁ	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se expidió la resolución 2168 de 2009 por la cual se aprueba la zonificación de los manglares del departamento del departamento de Antioquia.</li> <li>■ Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares del Golfo de Urabá, departamento de Antioquia.</li> <li>■ Desde el 2006 hasta la fecha, se ha ejecutado el proyecto: “Implementación del Plan de Manejo de los Manglares del Golfo de Urabá y Mar Caribe Antioqueños”.</li> <li>■ Se ha implementado en un 20 % el Plan de Manejo de Manglares en el departamento.</li> </ul>
CORPOGUAJIRA	Zonificación y plan de manejo pendiente por aprobación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Formulación de la Unidad de Manejo Integrado UMI, Bahía Portete, Costa Caribe colombiana.</li> <li>■ Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares de La Alta, Media y Baja Guajira.</li> <li>■ Con el fin de ampliar la cobertura vegetal en el sector de Musichi (Manauare), se realizó el repoblamiento de 20 ha, por medio de la producción y siembra de 30.000 plántulas de mangle germinadas en viveros</li> </ul>
CRC	Zonificación y plan de manejo pendientes por aprobación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares de Guapi, López de Micay y Timbiquí, en el departamento de Cauca</li> </ul>
CORPONARIÑO	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se celebró en julio del 2009 un contrato de asociación entre CORPONARIÑO y el Consejo Comunitario Esfuerzo Pescador del municipio de Santa Barbara de Iscuandé, para fortalecer las capacidades y actitudes de las comunidades asentadas en las áreas de manglar y que hacen uso de los diferentes recursos que brinda el ecosistema.</li> <li>■ En el proyecto “Formulación del plan de ordenamiento y manejo ambiental del ecosistema de manglar segunda fase” se incluyeron actividades prioritarias como el establecimiento de viveros, jornadas de reforestación comunitaria y fortalecer los procesos de organización y capacitación comunitaria orientadas a la conservación, restauración y uso sostenible del ecosistema de manglar.</li> </ul>
CARSUCRE	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se expidió la resolución 0721 de 2002 por la cual se aprueba la zonificación de los manglares del departamento de Sucre.</li> <li>■ Implementación del plan de manejo integral de la zona de uso sostenible Ciénaga de la Caimanera, enmarcado en el proyecto “Recuperación y manejo de los manglares de la zona costera de Sucre”.</li> </ul>
CORALINA	Zonificación y plan de manejo pendientes por aprobación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.</li> </ul>

Continuación **Tabla 5.5.**

Corporación	Estado	Avance
CORPAMAG	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mediante el decreto número 3888 de 2009, se ajusta y actualiza formalmente la ficha técnica del área Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta ante la Convención de los humedales Ramsar.</li> <li>■ En el 2009 se culminó la reforestación de 2,7 ha de mangle en la Madre Vieja del río Buritaca y 6,5 ha en la zona de Sevillano, en convenio con la fundación FUNDAMBIEN y con la participación de 22 familias.</li> </ul>
CRA	Zonificación aprobada mediante resolución, pendiente el plan de manejo formulado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se expidió la resolución 0442 del 14 de marzo de 2008, por la cual se aprueba la zonificación de los manglares del departamento del Atlántico</li> </ul>
CVS	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se expidió la resolución 0721 de 2002 por la cual se aprueba la zonificación de los manglares del departamento de Córdoba.</li> <li>■ Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá.</li> <li>■ Se ejecutó el proyecto: “Formulación del plan integral de manejo para el distrito de la Bahía de Cispatá, la Balsa, Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú”.</li> <li>■ INVEMAR ha realizado estudios de sensoramiento remoto y análisis multitemporales de los cambios en la cobertura de manglar en la Zona deltaica estuarina del río Sinú.</li> </ul>
CVC	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se expidió la resolución 0857 del 2008, por la cual se modifica la zonificación establecida en la resolución 0721 del 2002.</li> </ul>
CARDIQUE	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Se expidió la resolución 0721 de 2002 por la cual se aprueba la zonificación de los manglares del departamento de Bolívar.</li> <li>■ Se llevó a cabo el proyecto “Establecimiento y mantenimiento de la especie R. mangle en el sector denominado el Trupillo, zona de recuperación y vegetalización de los sectores Bahía Barbaocoas y caños Matunilla y Lequerica”</li> </ul>

Hasta la fecha, se ha aprobado la zonificación de 96.186 ha de bosques de manglar, de las cuales 45.421,7 ha, se encuentran en el Caribe y 50.764 ha en el Pacífico. Del total de áreas de manglar zonificadas el 24,1 % corresponden a Zonas de Preservación, el 34,9 % a Zonas de Recuperación y el 40,8 % son Zonas de Uso Sostenible (Tabla 5.6). Las áreas zonificadas en los departamentos de Sucre, Córdoba y Cauca contemplan otras formaciones vegetales asociadas.

**Tabla 5.6.** Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo. <sup>1</sup>Aprobadas mediante resolución 0721 de 2002. <sup>2</sup>Aprobadas mediante resolución 0442 del 2008. <sup>3</sup>Aprobadas mediante resolución 2168 del 2009, <sup>4</sup>En proceso de aprobación por el MAVDT.

Entidad	Departamento	Zonas			Total
		Uso sostenible	Recuperación	Preservación	
CORALINA <sup>4</sup>	San Andrés, Providencia y Santa Catalina	3,3	19,4	187,1	209,7
CORPOGUAJIRA <sup>4</sup>	La Guajira	-	1.598,1	916	2.514,0
CRA <sup>2</sup>	Atlántico	-	55	558	613
CARDIQUE <sup>1</sup>	Bolívar	2.100	3.820	1.081	7.001
CARSUCRE <sup>1</sup>	Sucre	5.223	3.425	4.035	12.683
CVS <sup>1</sup>	Córdoba	9.933	4.315	1.635	15.883
CORPOURABÁ <sup>3</sup>	Antioquia	2.285	2.087	2.146	6.518
CVC <sup>1</sup>	Valle del Cauca	11.079	14.787	6.207	32.073
CRC <sup>4</sup>	Cauca	8.705	3.495	6.491	18.691
<b>Total</b>		<b>39.328</b>	<b>33.601</b>	<b>23.256</b>	<b>96.186</b>

### 5.3 Panorama Nacional

De los estudios desarrollados en manglares en el país durante la última década, se encontraron disponibles un total de 166 estudios (Tabla 5-7), enfocados principalmente en aspectos relacionados con función ecosistémica, manejo de los recursos y caracterización.

**Tabla 5.7.** Investigaciones realizadas entre el 2000 y 2009 en bosques de manglar colombianos en temáticas de interés nacional. En las casillas sombreadas se muestran cambios respecto al año 2008, debido a la actualización de la información.

TEMATICA	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Caracterización	3	6	1	5	3	3	1	2	4	2	<b>30</b>
Función	6	10	5	8	8	4	1	5	3	7	<b>57</b>
Genética	-	3	-	3	-	-	-	1	1	-	<b>8</b>
Rehabilitación	1	2	-	2	-	-	-	-	-	-	<b>5</b>
Manejo	5	10	6	5	4	3	7	4	3	8	<b>55</b>
Impactos	-	-	1	2	3	-	-	1	2	2	<b>11</b>
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>166</b>

Estás temáticas han sido en muchos casos la línea base que ha permitido evaluar y monitorear impactos naturales o antrópicos en ecosistemas de manglar. El mayor número de trabajos se realizó en el 2001 (Tabla 5.7), como consecuencia de lo establecido en las resoluciones 924 y 233, en las que se fijaron los plazos a las CAR para entregar los resultados de los estudios de diagnóstico y zonificación. Para el 2009 se incrementaron los trabajos especialmente en temáticas relacionadas con manejo y función, dado que las CAR en convenio con diferentes entidades se encuentran adelantado estudios para cumplir con los requerimientos expedidos por el MAVDT.

El mayor esfuerzo en investigación se evidencia en los manglares del Caribe colombiano, con el 68,7 % de los estudios, especialmente en los departamentos de San Andrés y Providencia, Magdalena, La Guajira y Córdoba. En el Pacífico, a pesar de poseer mayor cobertura de mangle, se han desarrollado tan solo el 20,5 % del total de los estudios (Tabla 5.8).

En cuanto a las investigaciones efectuadas en el área total de cada litoral, en el Pacífico se presentan mayor número de estudios que en el Caribe (7 y 3 respectivamente), sin embargo, solamente corresponden a una temática. Las investigaciones realizadas en ambas costas (Caribe y Pacífico) son de gran importancia, no obstante solo el 10,8 % de estudios abarcan la totalidad de los litorales colombianos en temas como manejo, caracterización y función (Tabla 5.8).

Es necesario intensificar esfuerzos de investigación en los manglares del país, principalmente en temas como contaminación, cambio climático y rehabilitación. El litoral Pacífico debe ser el primer escenario de este tipo de estudios, no solo porque contiene el 78.9 % de la cobertura de mangle del país, sino también porque puede ser más vulnerable ante eventos de ascenso en el nivel del mar, extracción excesiva de recursos forestales, no forestales e hidrobiológicos, desarrollo y expansión de la frontera urbana y agrícola, entre otros.

En adición, debe ser de interés nacional ejecutar estudios conducentes a la formulación de proyectos que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de manglar y al mismo tiempo se puedan generar actividades productivas de beneficio social.

**Tabla 5.8.** Esfuerzos locales y regionales de investigación en bosques de manglar conforme a temáticas de interés nacional en la última década. Caract: Caracterización, Rehabil: Rehabilitación. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco. En las casillas sombreadas se muestran cambios respecto al año 2008, debido a la actualización de la información.

Departamentos	Ecorregiones	Caract.	Función	Genética	Rehabil.	Manejo	Impactos	Total
San Andrés y Providencia	SAN	6	15	-	-	11	-	32
La Guajira	GUA y PAL	7	4	-	1	3	-	15
Magdalena	MAG y TAY	3	24	-	1	1	5	34
Atlántico	MAG	-	-	-	-	1	-	1
Bolívar	MAG y ARCO	4	-	-	1	3	-	8
Sucre	MOR y ARCO	-	-	-	-	1	-	1
Córdoba	MOR y ARCO	-	7	-	-	7	1	15
Antioquia	DAR	-	-	-	-	3	1	4
Caribe colombiano		-	1	-	1	2	-	4
<b>Total Caribe</b>		<b>20</b>	<b>51</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>7</b>	<b>114</b>
Chocó	PAN	-	-	-	-	2	-	2
Valle del Cauca	BUE y NAY	3	1	-	-	3	-	7
Cauca	NAY	1	-	-	-	5	-	6
Nariño	TUM	-	2	-	-	3	-	5
Cauca y Nariño	NAY y TUM	2	-	-	-	2	2	6
Pacífico colombiano		-	-	7	-	-	1	8
<b>Total Pacífico</b>		<b>6</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>34</b>
<b>Ambas costas</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>18</b>
<b>Total Colombia</b>		<b>30</b>	<b>57</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>55</b>	<b>11</b>	<b>166</b>

#### 5.4 Adelantos y esfuerzos investigativos durante el 2009

Durante el 2009 se dieron a conocer 19 trabajos relacionados con ecosistemas de manglar, 14 de ellos realizados en el Caribe, cinco en el Pacífico. A continuación se presenta la síntesis de algunos de ellos.

##### 5.4.1 Departamento de San Andrés y Providencia

Los manglares del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, además de ser objeto de conservación prioritaria según las políticas nacionales, están identificados en el plan de manejo de la Reserva de la Biosfera Seaflower, como zonas núcleo, otorgándoles mayor importancia dentro de los procesos que se llevan a cabo para su conservación. Conforme a esto, el INVEMAR, MAVDT y CORALINA realizaron el diagnóstico integral del ecosistema, la definición de áreas de manejo a través de la zonificación ambiental y la formulación de los lineamientos de manejo

mediante el proyecto “*Ordenamiento ambiental de los manglares del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Caribe colombiano)*”. A partir de dicho estudio se determinó, que los manglares de este departamento cubren una superficie de 209,72 ha, de las cuales el 71 % (150,01 ha) se encuentran en la Isla de San Andrés y el 28,5 % (59,71 ha) en Providencia y Santa Catalina.

En San Andrés debido a las condiciones hidrológicas, sedimentológicas, geomorfológicas y la intensidad del oleaje la mayoría de los bosques de manglar se encuentran sobre el costado oriental. Se caracterizan por un buen desarrollo estructural y una zonación típica de borde en la que prevalece *R. mangle* en la franja inicial, seguida por *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus* hacia el interior del bosque. Las mayores extensiones se presentan en dos localidades: Cocoplum Bay (58,71 ha), un bosque maduro dominado por *R. mangle* y *L. racemosa*, con altura y DAP promedio de 14,9 m y 17,2 cm respectivamente y área basal de 31,4 m<sup>2</sup>/ha, y en Bahía Hooker - Bahía Honda (49,82 ha), donde se presenta un bosque mixto con altura y DAP promedio de 5,0 m y 6,3 cm, respectivamente y un área basal de 20,3 m<sup>2</sup>/ha. Aunque en este último se observó un alto grado de deterioro, presentó el único rodal monoespecífico de *C. erectus* en buenas condiciones. Al costado occidental de la isla de San Andrés en los sectores de Hotel Aquarium Decamerón, Km 4 y Cabecera occidental del aeropuerto se presentan bosques de mangle de bajo desarrollo estructural dominados por *C. erectus* y en el sector de Cove, se encontró un bosque monoespecífico de *R. mangle* con problemas de sedimentación y basuras.

En Santa Catalina y Old Providence la mayor cobertura de manglar se encuentra al costado este, donde predominan bosques mixtos de bajo desarrollo estructural dominados por *R. mangle*, *L. racemosa* y en menor medida, *A. germinans* y *C. erectus*. La mayor extensión se presenta en Mc Bean Lagoon con 34 ha. En el costado occidental y al norte de la isla, se presentan bosques con una composición similar, aunque con menor desarrollo estructural.

Por otro lado Urrego *et al.* (2009 a), mediante el estudio “*Distribution of mangroves along environmental gradients on San Andrés Island (Colombian Caribbean)*” describieron un patrón de zonación de los manglares del Archipiélago de San Andrés y Providencia, en el que se presenta una franja inicial dominada por *R. mangle* (89,5%), seguida de una zona constituida por *L. racemosa* (45,8%), *R. mangle* (38,0%), y *A. germinans* (16,2%) y posteriormente una zona, dominada por *A. germinans* (96,6%). La especie *C. erectus* generalmente se presenta en bosques monoespecíficos de poca área.

#### 5.4.2 Departamento de La Guajira

Con la intención de garantizar la conservación de los ecosistemas de manglar en el departamento de La Guajira, la Corporación Autónoma Regional de la Guajira CORPOGUAJIRA, priorizó en su plan de acción las actividades tendientes a generar la zonificación ambiental de los manglares en el departamento y con el apoyo técnico del INVEMAR, generó en el 2009 el documento “*Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira (Caribe colombiano)*”.



De acuerdo a este estudio realizado por Gil –Torres *et al.* (2009) los manglares del departamento de La Guajira, ocupan una extensión de 2.514.01 ha, divididas en tres zonas definidas como Alta, Media y Baja Guajira.

Los manglares de la Alta Guajira ocupan un área de 1.985,61 ha, se encuentran en Puerto López (Tukakas), bahía Hondita, bahía Portete y hay un relicto de manglar en el corregimiento de Carrizal. Estos manglares en su mayoría presentan una franja inicial de *R. mangle* con alturas entre 4 a 8 m. Posteriormente y hacia el interior del bosque se establecen individuos de *A. germinans*, con alturas entre 6 y 8 m, siendo ésta la especie dominante, debido a las condiciones extremas (vientos, altas temperaturas y déficit hídrico). *L. racemosa* es una especie poco frecuente, sin embargo en bahía Portete hacia la parte interna del bosque se presentan franjas de 20 m de ancho, con individuos hasta 7 m de altura y diámetros hasta de 12 cm.

En la Media Guajira los manglares ocupan una extensión de 350,44 ha y se localizan en el municipio de Manaure (Musichi y Laguna Buenavista), en el delta del río Ranchería “El Riito y el Valle de los Cangrejos”, Laguna Salada, Navio Quebrado, Laguna Grande, Arroyo Guerrero, Manzanillo, Sabaletes y Trupía. Los manglares de este sector se caracterizan por la presencia de individuos poco desarrollados, ramificados y achaparrados. El manglar está conformado generalmente por *A. germinans*, seguida de *R. mangle*, *Conocarpus erectus* y *L. racemosa*.

Por último los manglares de la Baja Guajira ocupan una extensión de 177.66 ha, ubicados en La Enea, Michiragua, Mamavita; el sector río Jerez –Lagarto, Sector río Cañas – Ancho (desembocadura del río Cañas, pantano y Caño Sucio), sector San Salvador – negro (Andorra I y II y Taguara), Madre de río Palomino. El bosque de manglar es heterogéneo, constituido por *A. germinans*, *L. racemosa*, *R. mangle* y *C. erectus* presenta un desarrollo estructural destacable debido al aporte de agua provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta que permiten un lavado de suelos de manglar, no obstante existen algunos sectores cuyo lavado no es eficiente, algunas veces como consecuencia de la acción antrópica, por lo cual se registra hipersalinidad con el consecuente efecto sobre la floresta.

La situación de los manglares de La Guajira, es crítica pues prácticamente todas las áreas han sido y están siendo intervenidas, dando como resultado diferentes grados de alteración que va desde la presencia de basuras, el pastoreo de ganado caprino y ovino, pasando por la tala selectiva, hasta la destrucción de los ecosistemas, que en muchos lugares es irreversible (Gil –Torres *et al.* 2009). La mayoría de intervenciones están relacionadas con acciones humanas directas como la tala o relleno de las áreas de manglar o por las acciones indirectas, como el desarrollo de obras de infraestructura con deficientes estudios de impacto, o el mismo desarrollo socio – económico mal planificado; el resultado final es el mismo, el cual se sintetiza como el cambio de uso de los ecosistemas de manglar que conduce a la pérdida de hábitat y de biodiversidad.

### 5.4.3 Departamento del Magdalena.

Durante el 2009, INVEMAR con el apoyo del MAVDT y CORPAMAG dio continuidad al 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*”, cuyo propósito ha sido evaluar de manera integral el impacto del régimen hidrológico durante el proceso de recuperación ecológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), incluyendo entre otros aspectos la influencia del hidropериodo, la salinidad y la concentración de nutrientes sobre el establecimiento y desarrollo de los bosques en áreas con diferentes niveles de perturbación (Cadavid *et al.*, 2009).

A lo largo del monitoreo en el sistema lagunar CGSM, se ha evidenciado que la salinidad ha sido uno de los factores que más contribuyó a la degradación del bosque de manglar, afectando el desarrollo de los árboles, la producción y establecimiento de propágulos y el desarrollo y supervivencia de las plántulas. A partir de 1999 como consecuencia de la entrada de agua dulce proveniente del río Magdalena a través de los canales recientemente abiertos (1996 -1998) y las fuertes precipitaciones en años La Niña, se ha presentado un rápido recambio de agua y lavado de suelos, lo cual ha contribuido a la disminución significativa de la salinidad en el sistema (< 50) en la mayoría de sectores de la CGSM, con valores por debajo del límite de tolerancia de los árboles de mangle (<60).

Con el mejoramiento de las condiciones imperantes (salinidad y nivel de agua, principalmente), a partir del 2001 se han activado los procesos de recuperación del bosque, incrementándose en años de altas precipitaciones la oferta de propágulos que pueden establecerse en las áreas con mayor deterioro. Para el 2009 en todas las estaciones de muestreo se encontraron propágulos y plántulas de *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa* lo que sugiere la continuación de la recuperación del bosque, dadas las condiciones ambientales favorables.

A través del procesamiento y análisis de imágenes satelitales se determinó que durante el periodo 2001 – 2009, la cobertura del bosque de mangle en la CGSM incrementó 6.050 ha, como resultado del mejoramiento en las condiciones ambientales a partir de la apertura de los canales y los eventos climáticos La Niña. En este proceso de rehabilitación *L. racemosa* al ser una especie con alta producción de propágulos, gran capacidad de colonización y altas tasa de crecimiento, desempeñó un papel fundamental en la colonización de zonas degradadas especialmente en áreas con influencia de los canales reabiertos.

El proyecto Manglares de Colombia en el año 2000 realizó esfuerzos exitosos de reforestación con *R. mangle* en sectores de las CGSM, dichos individuos han contribuido al incremento en área basal, la cobertura del bosque de mangle y también a la reactivación natural de la recuperación del bosque actuando como núcleos de dispersión de propágulos y hábitat de organismos acuáticos y terrestres. No obstante, durante el 2009 estos esfuerzos se han visto afectados por la tala de mangle, registrándose una reducción de  $1,6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en área basal respecto al año anterior.

En otro sector del departamento del Magdalena, INVEMAR en el marco del monitoreo CARICOMP, desde 1995 evalúa algunas características estructurales y funcionales del bosque de *R. mangle* de la laguna sur de la bahía de Chengue. Durante el 2009 no se presentaron cambios estructurales en el bosque de mangle y las condiciones ambientales permitieron su normal desarrollo (Navas y Vega, 2009).

#### 5.4.4 Departamento de Córdoba

El proyecto de consultoría titulado "*Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltaico estuarina del río Sinú*" ejecutado por el INVEMAR para la empresa URRÁ S.A, ha realizado la caracterización de la vegetación y el análisis multitemporal de las coberturas de la tierra con énfasis en la dinámica de los bosques de mangle durante el periodo 2000 a 2009, mediante el establecimiento y seguimiento de parcelas permanentes y el procesamiento e interpretación de imágenes satelitales respectivamente (Solano *et al.*, 2009).

Desde el 2000 se han evidenciado variaciones importantes en la cobertura de manglar establecido en el antiguo y nuevo delta del río Sinú, principalmente representados como pérdida de mangle, como consecuencia del cambio en el uso de la tierra por expansión de la frontera agrícola (cultivos de arroz, pastizales y cultivos mixtos) y por procesos erosivos. No obstante, se ha registrado también ganancia por recuperación del bosque de mangle en algunos sectores. Esta dinámica en la cobertura de mangle se concentra principalmente en cinco áreas: La Balsa, línea costera de las Ciénagas Icotea y Mestizos, Ciénaga Soledad y en los salitrales cercanos a Caño Salado.

En la Tabla 5.9 se resumen las áreas totales de las coberturas que involucran bosques de mangle, se observa que a pesar de la dinámica del bosque en términos de ganancia y pérdida, la cobertura actual de manglar es superior a la del año 2000, revelando estabilidad en el recurso, no obstante, es importante el incremento actual en el bosque mixto, mas de tres veces la estimada en los años 2000 al 2007, lo que puede indicar un posible cambio en el tipo de vegetación con especies arbóreo-arbustivas diferentes al mangle, que soportan inundación de agua dulce. La disminución en las áreas de manglar alternado con otros sistemas aportó en el aumento de la cobertura bosque de manglar. A partir de 2009 se evidenció un proceso de recuperación de los bosques de manglar en el antiguo y nuevo delta del río Sinú.

Tabla 5-9. Cobertura de bosques de manglar (ha) en el antiguo y nuevo Delta del río Sinú, durante los años 2000, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 (Solano *et al.*, 2009)

Unidades de cobertura	Año 2000	Año 2003	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009
Bosque de Manglar	8134	8033,7	8089,9	8022,3	7827,3	8153,7	8413
Bosque de Manglar alternado con otros sistemas	474,4	470,3	451,5	453,6	450,6	306,2	259,1
Bosque Mixto	253,3	270,7	249,2	244,8	250,4	720,3	831,9
<b>Total</b>	<b>8861,7</b>	<b>8774,7</b>	<b>8790,6</b>	<b>8720,7</b>	<b>8528,3</b>	<b>9180,2</b>	<b>9504</b>

#### 5.4.5 Departamento de Cauca

En el presente año el INVEMAR, el MADVT y la Corporación Autónoma Regional del Cauca, realizaron el plan de ordenamiento y manejo para los manglares de los municipios de Guapi, López de Micay y Timbiquí. Para ello se revisó información secundaria de estudios previos, se recopiló y analizó información primaria en campo, se caracterizó la línea base socioeconómica, física y biótica y se definieron las áreas de manejo para recuperación, preservación y uso sostenible en la zona costera del departamento.

Como se observa en la Tabla 5.10, los manglares del municipio de Guapi ocupan un área de 5.214 ha y pertenecen a los Consejos Comunitarios de Guajú, Bajo Guapi y Chanzará. Los bosques de manglar se encuentran dominados por tres especies: *L. racemosa* la especie más abundante, seguida de *R. mangle* y *M. oleifera*, aunque en ocasiones se encuentra *P. rhizophorae* como especie asociada. Estos manglares se encuentran perturbados principalmente por cambios en el uso del suelo debido al establecimiento de cultivos agrícolas como Palma de coco y Caña de azúcar, por lo cual la cobertura de bosque se está desplazando hacia la línea de costa, donde predominan franjas de *R. mangle* de porte alto.

El municipio de López de Micay posee 4.355 ha de manglar, de las cuales 140 ha corresponden a mezclas con cultivos agrícolas. *R. mangle* es la más abundante y se encuentra en franjas cortas cercanas a la línea de costa, con una altura y DAP promedio de 11,3 m y 17,9 cm, respectivamente. *L. racemosa* la segunda en abundancia, se presenta en zonas perturbadas como especie colonizadora y tiene una altura y DAP promedio de 6,5 m y 13,6 cm, respectivamente; mientras que *M. oleifera* se distribuye a lo largo de las formaciones del bosque con altura promedio de 7,4 m y DAP promedio de 11,6 cm. Igual que en el municipio de Guapi, se presenta una alta presión antrópica, en su mayoría por los cultivos agrícolas asociados al bosque, razón por la cual se observa un desplazamiento de las especies y su distribución en el bosque.

El municipio de Timbiquí presenta la mayor área de bosque de manglar con 8.917 ha, de las cuales 1.439 ha corresponden a mezclas entre estos y cultivos agrícolas. El área se divide en tres zonas o consejos comunitarios. El primero corresponde a la parte baja del río Saija, el cual cuenta

con la menor intervención, representada por rodales dominados por *R. mangle* y *A. germinans* con alturas de hasta 25 m, aunque en algunos sitios se observan individuos de *M. oleífera* con alturas entre los 15 y 25 m. Posteriormente el concejo comunitario de Negros en Acción, con bosques dominados por *R. mangle* bien desarrollados y leve intervención antrópica y finalmente, el consejo comunitario Negros Unidos presenta bosques en buen estado de desarrollo con alturas máximas promedio de 25 m, en los cuales domina la especie *R. mangle* con una marcada presencia de *M. oleífera*. Aunque se realiza intervención por actividades domésticas, estas no son representativas y su efecto es mínimo.

**Tabla 5.10.** Cobertura (ha) del bosque de manglar en los municipios costeros del departamento del Cauca

Municipio	Cobertura (ha)		Total
	Bosque de Manglar	Bosque de Manglar y Cultivos	
Guapi	5.214	206	5.420
López de Micay	4.216	140	4.356
Timbiquí	7.478	1.439	8.917
<b>Total</b>	<b>16.908</b>	<b>1.785</b>	<b>18.693</b>

#### 5.4.6 Departamento de Antioquia

En el marco de la elaboración del proyecto “*Diagnóstico de los Manglares del Caribe*”, se identificaron diferentes problemas fitosanitarios en los bosques ubicados en el Golfo de Urabá. De acuerdo con esto, la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (CORPOURABA), en asocio con diferentes universidades, desarrolló una investigación sobre los aspectos fitosanitarios de los manglares del Urabá Antioqueño. En la cual se observó que los árboles de *R. mangle* y en menor proporción, de *L. racemosa*, son afectados por el molusco teredínido *Neoteredo reynei*, el cual es barrenador de madera y ataca tanto las raíces como el fuste de los árboles. Se encontró que los rodales con mayor deterioro son aquellos que están más cercanos a la línea de costa, aunque a 80 m de ésta, también se presentó un gran número de raíces afectadas. El área más afectada correspondió a la bahía de Marirrio, los autores recomendaron realizar estudios más específicos sobre este molusco para poder tomar las medidas adecuadas en la conservación de los bosques de esta zona del departamento.

#### 5.5 Conclusiones

Del total de las CAR costeras del país, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CRA y CVC cuentan con estudios de zonificación o planes de manejo aprobados y en ejecución. Otras corporaciones como CORPOGUAJIRA, CORALINA y CRC ya realizaron los estudios de ordenamiento ambiental para los manglares de su jurisdicción y se encuentran en trámite para

ser aprobados por el MAVDT. Con los estudios realizados por estas CAR, de las 294.636,3 ha de bosques de manglar que aproximadamente tiene el país a lo largo de las dos costas, solamente 96.186 ha se encuentran zonificadas, lo cual significa que el 67 % de la cobertura de manglares del país no ha sido zonificada ni cuenta con planes de manejo. Por esta razón, es importante que las corporaciones restantes adelanten las acciones necesarias para el cumplimiento de esta normativa y así fomentar las acciones para la conservación y el uso sostenible del recurso.

Es necesario intensificar esfuerzos de investigación en los manglares impactados del país, principalmente en temas como contaminación, cambio climático y rehabilitación. Dado que el 68% de los estudios se concentran en el Caribe, es necesario que los esfuerzos de investigación también se extiendan al litoral Pacífico ya que contiene el 78.9 % de la cobertura de mangle del país y su vulnerabilidad ante eventos de ascenso en el nivel del mar, extracción excesiva de recursos forestales, no forestales e hidrobiológicos, desarrollo y expansión de la frontera urbana y agrícola, entre otros. Además se deben ejecutar estudios a nivel nacional conducentes a la formulación de proyectos que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de manglar y al mismo tiempo puedan generar actividades productivas de beneficio social, como por ejemplo mecanismos de desarrollo limpio, MDL.

Los ecosistemas de manglar presentes en las costas del Caribe, Pacífico y territorio insular de Colombia se encuentran con un alto grado de perturbación, al estar sometidos a una creciente presión por el desarrollo de la infraestructura vial, turística, urbana e industrial, aprovechamiento intensivo de los recursos hidrobiológicos y maderables y cambio de uso de la tierra por la expansión de la frontera agrícola. El panorama en cuanto a la recuperación de las áreas de manglar en el país no es del todo alentador, si bien en los departamentos de San Andrés y Providencia, La Guajira, Magdalena, Córdoba y Cauca, se presentan bosque desarrollados y en buen estado, algunos sectores de éstos y en el resto del país, todavía siguen siendo intervenidos dando como resultado diferentes grados de alteración que va desde la presencia de basuras hasta la destrucción del ecosistema.

## 5.6 Literatura Citada

- Cadavid, B.C., P. Bautista, J.M. Betancourt, L.E. Castro, C.A. Villamil, A.M. Orjuela, S. Rifaterra, L.V. Perdomo, E. Viloria, D. Mármol y M. Rueda. 2009. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta. 118 p.
- Cintrón-Molero, G y Y. Schaeffer-Novelli. 1983 Introducción a la Ecología del manglar. ROSTLAC/UNESCO. Montevideo. 109 p.
- CORPOURABÁ (Corporación Para el Desarrollo Sostenible de Urabá). 2002. Zonificación y Ordenamiento de los Manglares del Golfo de Urabá, departamento de Antioquia.
- Day, J. y A. Yáñez - Arancibia. 1982. Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach. OEA-Sría. Gral. Ciencia Interamericana (Mar. Sci.), 22 (1-2): 11-26.

- 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.
- Gil-Torres W., Fonseca, G., J. Restrepo, P. Figueroa, L. Gutiérrez, G. Gómez, M., Sierra-Correa, P.C., Hernández- Ortiz, M., A. López. y C. Segura-Quintero. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira. 283 páginas + 2 anexos.
- Guevara – Mancera, O. A., H. Sánchez - Páez, G. O. Murcia-Orjuela, H. E. Bravo-Pazmiño, F. Pinto-Nolla y R. Alvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico colombiano, In : Sánchez-Páez, H., O. A. Guevara-Mancera & R. Alvarez-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).
- INVEMAR. 2005. Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación, de los manglares de la zona costera del departamento Atlántico, Caribe colombiano. Informe final. Editado por: A. López y P.C. Sierra-Correa. INVEMAR –CRA. Santa Marta. 191 p + 5 anexos.
- INVEMAR; CRC; CORPONARIÑO, 2006. Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial del Sur (UAC – LLAS) – Pacífico colombiano: Caracterización, diagnóstico integrado y zonificación ambiental. INVEMAR- CRC- CORPONARIÑO. Santa Marta. 383 p.
- López Rodríguez, A.; Sierra-Correa, P.C.; Rodríguez Peláez J.C.; Hernández Ortiz M.; Muñoz, C.; Satizabal, C.; Zamudio, J.; Almario, G.; Bolaños, J.; y L.M. Prieto. 2009a. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de López de Micay, departamento del Cauca (Pacífico colombiano).197 pág. + 2 Anexos. Serie de Documentos Generales INVEMAR No 34.
- López Rodríguez, A., García, M., Sierra-Correa, P.C., Hernández-Ortiz, M., Machacón, I., Lasso, J., Bent, O., Mitchel A., Segura, C., Nieto, S., Espriella, J., 2009b. Ordenamiento Ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 117 pág. + 2 anexos. Serie de documentos generales No 30.
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2002. Uso sostenible, manejo y conservación de los Ecosistemas de Manglar. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Dirección General de Ecosistemas. 59 p.
- MAVDT (Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial). 2008. Resolución 0442 del 2008.
- Urrego, L.E, J. Polanía, L.F, Cuartas y Lema A. 2009 a. Distribution of mangrove along environmental gradients on San Andrés Island (Colombian Caribbean). Bulletin of Marine Science 85(1):27 – 43 p
- Urrego, L.E., G. Bernal, J. Polanía. 2009b. Comparison of pollen distribution patterns in surface sediments of a Colombian Caribbean mangrove with geomorphology and vegetation. Review of Palaeobotany and Palynology 156:358–375.
- Navas, R. y J. Vega-Sequeda. 2009. Programa *CARICOMP Caribbean Coastal Marine Productivity*. Informe técnico año 2008. INVEMAR, Santa Marta.
- 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.
- Rodríguez Peláez J.C; López Rodríguez, A.; Sierra-Correa, P.C.; Hernández Ortiz M.; Almario, G.; Prieto L.M.; Bolaños, J.; y H. Martínez. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Guapi, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). 149 pág. + 2 Anexos. Serie de documentos generales INVEMAR No 33.
- Sánchez-Páez H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A.S. Sánchez-Alfárez, J.C. Pino-Renjifo, I. García-Hansen y M.T. Acosta-Peñaloza. 1997. Diagnóstico y Zonificación Preliminar de los Manglar 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-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 Fé 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.

- Ulloa-Delgado, G. A., H. Sánchez-Páez, W. O. Gil-Torres, J. C. Pino-Rengifo, H. Rodríguez-Cruz & R. Alvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. In: Ulloa-Delgado, G. A., H. Sánchez-Páez & R. Alvarez-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.
- Von Prah, H. 1989. Manglares. Villegas Editores. Bogotá Colombia. 207 p.
- Sánchez – Páez H., Ulloa–Delgado G.A., & Tavera–Escobar H.A, 2004. Manejo Integral de los Manglares por comunidades locales del 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, Dirección de Ecosistemas. CONIF. OIMT. Bogotá 335p.
- Sierra-Correa, P.C. Sánchez, A.; López Rodríguez, A.; Rodríguez Peláez, J.C.; Muñoz, C.; Satizabal, C.; Moreno, A.; Almario, G.; Bedoya, F.Hernández-Ortiz, M.; Bolaños, J.; y L.M. Prieto. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Timbiquí, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). 198 p + 2 Anexos. Serie de documentos generales INVEMAR No 32
- 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.



## 6. ESTADO DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS

*Diana Isabel Gómez López, Johanna Carolina Vega y Raúl Navas Camacho*



**Figura 6.1.** Estrellas de mar (*Oreaster reticulatus*) sobre una pradera de *Syringodium filiforme* en el PNN Corales del Rosario y San Bernardo

### 6.1 Definición e importancia

Los pastos marinos conforman el único grupo representante de las angiospermas marinas que ha evolucionado de tierra firme al mar y su adaptación al medio marino. Se trata de unas 57 especies (de las aproximadamente 250000 existentes en toda la biosfera), agrupadas en doce géneros y cuatro familias (Kuo y Hartog, 2001), más una especie, género y familia adicional (*Ruppia maritima*, Ruppiales) de hábitos eurihalinos que oscilan desde aguas dulces a marinas (Short et al., 2001). Su clasificación es estrictamente ecológica y la mayor parte de las especies pertenece a las familias Hydrocharitaceae y Cymodoceaceae.

Como ecosistema, las praderas de pastos marinos cumplen un sinnúmero de funciones ecológicas entre las que se destacan la producción de fuentes directas e indirectas de alimento, el suministro de sustrato para la fijación de epífitos y su contribución en la recirculación de nutrientes y estabilización de sedimentos (Zieman, 1975; Young y Young, 1982; Dawes, 1986), alta producción primaria y secundaria comparable con ecosistemas terrestres aportando grandes cantidades de detrito al ecosistema (Zieman, 1982). Además actúan como refugio y sala cuna de vertebrados e invertebrados de importancia ecológica y comercial. Añadido a esto, las praderas sirven como un amortiguador de la energía proveniente de las olas y la marea, permitiendo la suspensión y estabilización de los sedimentos, creando ambientes de baja energía y protegiendo la línea de costa.

En el Gran Caribe, existen nueve especies de las cuales seis se encuentran representadas en el Caribe colombiano constituyendo uno de los ecosistemas más característicos e importantes de las zonas costeras, siendo consideradas como uno de los seis ecosistemas marino-costeros estratégicos, junto con los arrecifes de coral, los manglares, los litorales rocosos y los fondos sedimentarios (playas y ambientes de fondos blandos) y estuarios.

## 6.2 Distribución de los pastos marinos en el Caribe Colombiano

La composición de las praderas de pastos marinos esta dada principalmente por *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* y en menor proporción de *Halodule wrightii* y *Halophila decipiens*. Existen dos especies más que no son tan frecuentes y tampoco forman grandes praderas y están supeditadas a ciertas áreas con características particulares de salinidad y sustrato fino, como son *Halophila baillonis* y *Ruppia maritima*.

Díaz *et al.*, (2003) registraron que la extensión de los pastos marinos en el Caribe colombiano es de alrededor de 43.223 ha (Figura 6.2), distribuidas discontinuamente debido a la combinación de salinidades bajas, elevada turbidez y alta turbulencia de las aguas, entre otros factores, a lo largo de la costa continental y del archipiélago de San Andrés y Providencia (SAI) donde se registran sólo 2.006 ha. (4,6%) restringidos alrededor de las dos islas y a pequeños rodales en los cayos Albuquerque y Bolívar. Las otras 41.218 ha. (95,4%) se distribuyen en aguas someras (0 – 14m de profundidad) a lo largo de la costa continental y alrededor de las islas situadas a cierta distancia de la costa sobre la plataforma continental. Aunque el reporte anterior, indica que en La Guajira, las praderas ocupan 34.674 ha., constituyendo el 80,3% del total de praderas existentes en el Caribe colombiano, con la información obtenida en el 2005 por Gómez-López *et al.*, se calcula que estas áreas han sido subestimadas, incrementándose su proporción en al menos 2%.

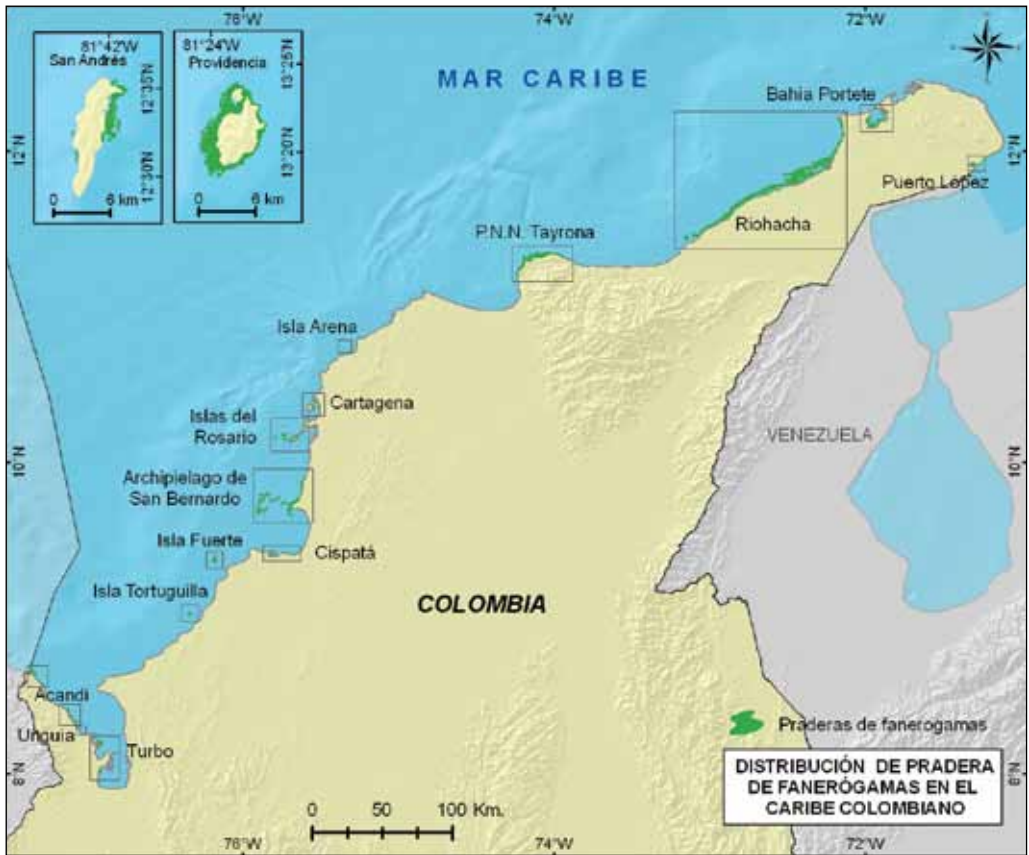


Figura 6.2. Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Tomado de INVEMAR 2002

### 6.3 Estado Actual

Durante el año 2009 no fueron reportadas por otras instituciones académicas, actividades relacionadas con los pastos marinos. Sin embargo es de resaltar el esfuerzo que la UAESPNN, la Universidad del Magdalena y el INVEMAR realizan actualmente en la instalación y colecta de los primeros datos en estaciones fijas de monitoreo de este ecosistema mediante el protocolo SEAGRASSNET ([www.seagrassnet.org](http://www.seagrassnet.org)) en los PNN Tayrona (bahía Chengue, Nequaje y Cinto) y Los Corales de Rosario y San Bernardo (Islas Rosario y Mangle), los cuales por encontrarse en fase de implementación y primeras colectas de información, aún no se cuenta con suficientes datos para conocer sobre el estado de salud de este ecosistema en estas áreas específicas del Caribe colombiano.

A futuro, se tiene contemplada la implementación de al menos una estación de muestreo en el PNN Old Providence Mac Bean Lagoon y en el departamento de La Guajira con el apoyo de CORPOGUAJIRA y la ONG Ecosfera.

### 6.3.1 Monitoreo de *Thalassia testudinum* en la bahía de Chengue, PNN Tayrona: 1994-2009

Dentro del programa de monitoreo Caribbean Coastal Marine Productivity Programme (CARICOMP), el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (SIMAC) ha venido evaluando sin interrupción desde 1994 los atributos estructurales de la pradera de *Thalassia testudinum* de la bahía de Chengue. Durante 16 años de evaluación no han mostrado un patrón particular de cambio, donde cada variable ha presentado un comportamiento particular en el que se han registrado incrementos y descensos en diferentes años. Estos cambios pueden ser considerados normales con excepción de un incremento en la productividad y la tasa de renovación en los últimos años de monitoreo (Tabla 6.1). Según lo anterior y las fluctuaciones temporales de los parámetros evaluados sugieren que la pradera podría presentar una tendencia de renovación cíclica, en la cual se podrían encontrar brotes nuevos con un mayor potencial de crecimiento en comparación con los de una comunidad madura (Rodríguez-Ramírez *et al.*, en prep.). Al comparar los resultados obtenidos de las praderas de la bahía de Chengue con otras localidades de la red CARICOMP del Gran Caribe, los valores promedio tienden a ubicarse en los límites superiores (ver CARICOMP, 1997; Linton y Fisher, 2004; Fonseca *et al.*, 2007) sugiriendo que esta pradera se ha caracterizado a lo largo del monitoreo por su vitalidad y normal desarrollo (Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, 2003) y así mismo, su ubicación dentro de un Área Marina Protegida y de poca intervención antrópica ha contribuido a su buen estado de conservación.

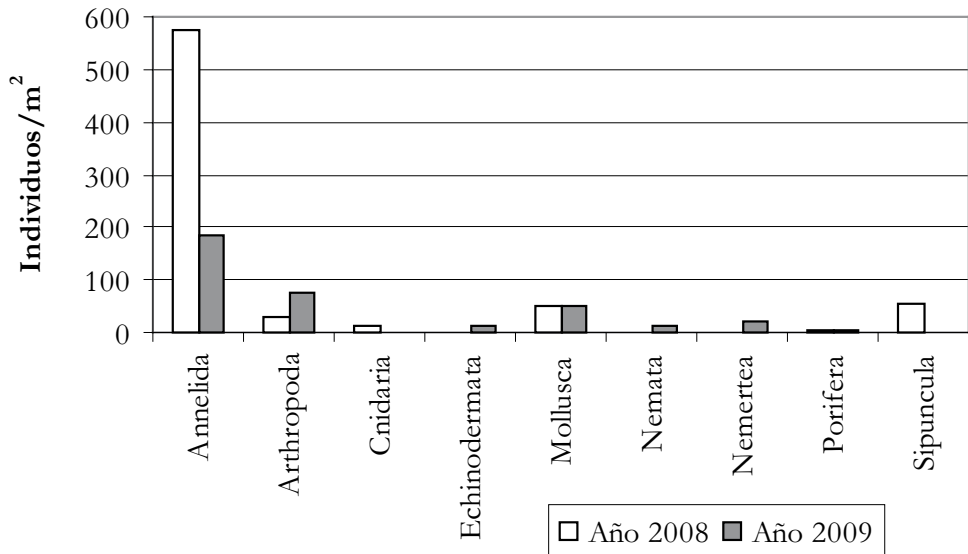
**Tabla 6.1.** Valores promedio (PROM) y error estándar (EE) de cada uno de los atributos estructurales evaluados en la pradera de *Thalassia testudinum* por fecha de monitoreo en bahía Chengué (PNNT). Se incluyen los promedios globales desde 1994 hasta la fecha (PROM 94-09). \* = no hay dato.

FECHA	BIOMASA		ÍNDICE ÁREA FOLIAR		LONGITUD		ANCHO		N° VÁSTAGOS		TASA DE RENOVACIÓN		PRODUCTIVIDAD		BIOMASA ALGAS	
	TOTAL g/m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup> hojas /m <sup>2</sup> superficie		HOJA cm		HOJA mm		en 200 cm <sup>2</sup>		%/día		HOJAS g/m <sup>2</sup> /día		CALCÁREAS g/m <sup>2</sup>	
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
MAR-94	1214,5	141,5	6,5	0,03	16,8	1,0	14,9	0,1	11,0	0,2	4,0	0,8	3,6	0,8	62,5	0,3
NOV-94	1123,3	138,8	6,6	1,4	18,1	2,0	15,7	0,5	14,1	3,3	3,2	0,5	3,1	0,05	67,0	17,1
MAR-95	937,4	33,5	8,9	1,9	21,4	0,9	15,2	0,2	15,1	2,6	3,5	0,2	3,7	0,1	65,7	13,7
SEP-96	1147,6	5,4	5,0	0,3	13,4	0,7	14,7	0,0	15,8	0,9	4,0	0,04	2,8	0,2	4,6	0,4
SEP-97	933,7	33,5	3,8	0,8	15,7	1,7	13,8	0,5	11,5	0,8	3,8	0,01	2,1	0,2	0,4	0,4
SEP-98	1154,0	175,7	3,5	0,8	13,9	0,6	12,6	0,3	12,1	0,8	2,7	0,5	2,3	0,7	0,8	0,8
SEP-99	1479,9	480,1	5,1	1,4	13,9	1,9	13,5	0,4	14,8	3,6	5,7	0,4	5,1	0,5	2,7	2,7
SEP-00	740,8	142,8	3,8	0,4	15,6	1,5	14,3	0,3	11,3	0,5	3,6	0,2	2,4	0,2	0,0	0,0
SEP-01	966,0	62,9	3,1	0,3	16,4	2,1	12,6	0,4	12,6	0,8	2,8	0,4	2,0	0,2	0,0	0,0
SEP-02	*		2,4	0,3	11,8	1,7	11,8	0,4	12,0	0,6	*		*		*	
SEP-03	1045,3	288,5	6,7	0,5	16,2	1,2	15,1	0,4	16,1	1,1	3,2	0,1	2,5	0,3	3,5	2,5
SEP-04	1163,8	140,2	3,4	0,4	12,4	1,1	12,4	0,4	15,8	0,9	3,1	0,1	2,2	0,2	24,3	13,8
SEP-05	747,0	111,4	3,4	0,5	13,6	1,3	13,6	0,8	14,5	1,1	4,4	0,2	2,9	0,2	3,6	2,1
SEP-06	1383,6	240,4	3,0	0,3	12,5	1,0	14,1	0,9	12,1	0,9	4,7	0,2	3,6	0,5	21,7	11,1
SEP-07	951,6	84,0	5,9	0,8	17,6	1,3	14,5	0,7	14,0	0,6	5,7	0,3	4,6	0,4	0,0	0,0
SEP-08	864,4	59,9	5,0	0,8	13,8	1,3	14,1	0,4	13,1	0,8	5,4	0,2	6,4	0,5	605,6	220,4
SEP-09	1292,4	258,8	4,0	0,4	13,7	1,8	13,0	0,9	15,6	1,4	5,8	0,1	8,3	0,7	45,6	27,6
PROM 94-09	1056,9	54,9	4,8	0,4	15,2	0,6	13,9	0,3	13,5	0,4	4,0	0,3	3,3	0,5	57,5	38,4



### 6.3.2 Implementación del protocolo NaGISA en las fanerógamas marinas de la bahía Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona): 2008-2009

La pradera de fanerógama marina de la bahía de Chengue fue evaluada durante los años 2008 (noviembre, época lluviosa) y 2009 (mayo, época seca), en el marco del programa Natural Geography in Shore Areas (NaGISA). La especie *Thalassia testudinum* o pasto tortuga, fue la fanerógama predominante en la pradera de la bahía, encontrando asociadas a éstas, algunas algas calcáreas de las especies *Halimeda gracilis* y *Halimeda opuntia f. trilobata*. A lo largo del monitoreo se registró una mayor densidad de *T. testudinum* durante la época seca ( $516,8 \pm 35,6$  vástagos/m<sup>2</sup>) que en la de época de lluvias ( $456,8 \pm 30,3$  vástagos/m<sup>2</sup>) como consecuencia del fenómeno local de surgencia, confirmando la estacionalidad temporal de la pradera mencionada por Franke (2001) para esta zona. La macrofauna presente en el sedimento estuvo representada principalmente por anélidos (gusanos) y moluscos (Figura 6.3), organismos asociados que según Liñero y Díaz (2006) y Prieto *et al.* (2003), son frecuentemente observados en este ecosistema. Según lo anterior y acorde con lo descrito por Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira (2003), la pradera de pastos marinos de la bahía de Chengue presenta indicios de encontrarse en buen estado de conservación.



**Figura 6.3.** Abundancia promedio de la macrofauna presente en las muestras de sedimento colectadas en la pradera de *Thalassia testudinum* durante los años 2008 y 2009 en la bahía de Chengue (PNNI).

A manera de resumen se presentará a continuación el estado de conocimiento de este ecosistema, publicado en la versión del año anterior del IEARMC 2008.

De acuerdo con la tabla 6.2, de los 34 estudios registrados en el centro de documentación del INVEMAR se puede observar que en la última década las investigaciones sobre este ecosistema se han realizado con una regularidad relativamente alta, enfocándose en las áreas de caracterización, distribución, ecología y monitoreo del ecosistema, siendo las instituciones académicas las que desarrollaron un papel importante en este auge de investigaciones como son la Jorge Tadeo Lozano, Javeriana, Nacional, del Magdalena y de Antioquia. Prácticamente entre los años 2001 y 2003 se desarrolló el mayor número de estudios en cuanto a la variedad de temáticas (5) y autores (10) para este ecosistema y entre los temas más representativos se encontraron los de Ecología y Monitoreo que fueron realizados en áreas específicas de Santa Marta (Jauregui *et al.*, 2003 y 2008 en la bahía del Rodadero por 8 años consecutivos) y San Andrés (Acosta *et al.* 2005, en San Luis frente al Hotel Sea Horse por 4 años) y la del Monitoreo SIMAC (Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecife coralinos) en la bahía de Chengue, PNN Tayrona desde 1994. Temas como filogenia y función de ecosistemas (conectividad genética, materia y flujo de energía entre otros), no han sido desarrollados en su totalidad, y afortunadamente en los últimos años se han habilitado y capacitado profesionales e instituciones de tipo nacional y académico del país en el área de genética, lo que podrá abrirle una ventana de oportunidad a estas áreas de estudio.

En la tabla 6.3 se observa que las áreas más estudiadas han sido San Andrés y Providencia, La Guajira y Tayrona, situación que refleja la relevancia que las CAR, la UAESPNN y Universidades como la Javeriana, Tadeo Lozano y Nacional le han otorgado al conocimiento de los ecosistemas marinos en su jurisdicción. Sin embargo, se resalta que no son muchos los estudios que abarcan varias temáticas en profundidad, como por ejemplo las de caracterización y fauna asociada, siendo hoy día tan importantes para determinar el verdadero estado integral del ecosistema que incluyan además otros aspectos estructurales y fisiológicos, con el fin de resolver las preguntas básicas de conocimiento de este ecosistema en el Caribe colombiano.

**Tabla 6.2.** Temáticas principales en las que se han agrupado los estudios sobre pastos marinos en Colombia registrados en el Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia (1999-2009) que corresponden a los años 1998 a 2008. Las X sobre algunas de las temáticas aquí expuestas indican que son temas secundarios que se trataron en algún otro documento y ya fueron registrados con otra temática principal.

TEMÁTICAS	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Caracterización (comprende Qué, Cómo y Dónde)	1		1	1	1			1	1	1	x
Distribución (Únicamente Dónde y Cuánto)			x		x			x			x
Función (Comprende Conectividad, flujos de energía, Indicadores, Ecología, Monitoreo etc...)	1	1	2	2	2	3	2	1	1	2	1
Filogenia (Relaciones genéticas)											
Taxonomía (Identificación de especies) <sup>1</sup>					x						x
Biología de organismos (Esto incluye ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología, etc.) <sup>2</sup>			2	2	x						
Conservación										2	
Rehabilitación/Restauración/Mitigación											
IMPACTOS: Contaminación					x						
Explotación											
Cambio climático											
Pérdida/Extracción					1						

\*1 En este caso, se refiere a la determinación de las especies dominantes de pastos para cada uno de los sitios muestreados de acuerdo con Díaz *et al.*, 2003.

\*2 Biología de organismos para este caso en especial se refiere principalmente a los estudios de fauna asociada al ecosistema



**Tabla 6-3.** Ecorregiones naturales (INVEMAR, 2000) y Departamentos en los que se han llevado a cabo estudios sobre pastos marinos en Colombia entre 1998 y 2009. Las X en las temáticas indicadas indican que es un tema secundario de algún otro documento ya mencionado como número en la tabla

DEPARTAMENTO	Guajira		Magdalena	Atlántico y Bolívar	Sucre y Córdoba	Bolívar, Sucre y Córdoba	Córdoba y Sucre	Antioquia y Chocó	Choco	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	COC	
	Guajira GUA	Palomino PAL										
Temáticas	Subecorregiones											
	Caracterización (comprende que, como y donde)											
Distribución (Únicamente donde y cuanto)	2	1										
Función (Comprende Conectividad, flujos de energía, Indicadores, Ecología, Monitoreo, etc.)	x											2x
Filogenia (Relaciones genéticas)												
Taxonomía (Identificación de especies)*	x											x
Biología de organismos asociados (Esto incluye ciclos de vida, alimentación, reproducción, ecología, etc.)	1x											x
Conservación	2											2
Rehabilitación/Restauración/Mitigación												
<b>IMPACTOS:</b> Contaminación	x											1
Explotación												
Cambio climático												
Pérdida/Extracción												

A pesar de los esfuerzos no se han desarrollado mayores investigaciones que sean de tipo función del ecosistema a nivel general, probablemente por que estos estudios requieren de una presencia total en las zonas, recursos y tecnologías que timidamente se han venido dando en los últimos años y la falta de suficientes entidades y profesionales con intereses en este grupo vegetal dentro del contexto de los ecosistemas marinos productivos como si lo han sido los de arrecifes coralinos y manglares.

Por otra parte, si nos remitimos a los años anteriores a esta compilación (1998), de los 23 estudios registrados en las bases de datos de INVEMAR que se remontan hasta 1974 se involucraron temáticas de caracterización (27), distribución (13%), Función (17%) y fauna asociada a este ecosistema(43%) (referencias bibliográficas en la literatura citada), siendo la mayoría de ellos tesis para optar al título de biología marina de la Universidad Tadeo Lozano.

Por último, en la Tabla 6.4 se presentan las instituciones que apoyaron desde el punto de vista financiero, recursos humanos, técnicos o ejecutaron directamente los estudios sobre este ecosistema en los últimos 11 años.

**Tabla 6.4.** Instituciones que han apoyado las investigaciones realizadas sobre pastos marinos entre 1998 y 2009, de acuerdo a la filiación institucional de los autores que han reportado sus avances en el conocimiento de este ecosistema en el IEARMC

Guajira	Magdalena	Atlántico y Bolívar	Bolívar, Sucre y Córdoba	Chocó	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR
CORPO-GUAJIRA	UNIMAG	UTADEO	UTADEO	INVEMAR UAESPNN y TNC	CORALINA
INVEMAR UAESPNN y TNC	UTADEO	INVEMAR UAESPNN y TNC	UAESPNN		UNAL
	UNAL		UNAL		UAESPNN
	INVEMAR UAESPNN y TNC		INVEMAR UAESPNN y TNC		INVEMAR UAESPNN y TNC
	UAESPNN		UDEA		UJAVERIANA

## 6.4 Conclusiones

El único monitoreo con una frecuencia permanente sobre este ecosistema ha sido el realizado a través del SIMAC con la metodología CARICOMP, aumentando a 16 años de información de los pastos marinos de la bahía de Chengue.

Las áreas de San Andrés, Santa Marta y Guajira han sido las que mayor representatividad de estudios han tenido en los últimos años, liderados por las autoridades ambientales (UAESPNN y CAR's) y el trabajo en conjunto de los Institutos de investigación y entidades académicas.

Es necesario incrementar los estudios y capacitar a un mayor número de profesionales en el área de función del ecosistema, con el fin de obtener una mejor comprensión del ecosistema y otorgarle una mejor protección especialmente en el departamento de La Guajira.

## 6.5 Recomendaciones

Se hace necesario implementar otro tipo de investigaciones relacionadas con la función del ecosistema para monitorear su estado general, como en aspectos fisiológicos, conectividad, vulnerabilidad al cambio climático y dinámica de poblaciones (entre las más importantes), con el fin de ahondar en su conocimiento y así mismo, otorgar las mejores herramientas científico-técnicas a los tomadores de decisiones y otros entes decisorios a todo nivel para su conservación y protección.

Por ser el departamento de La Guajira el que posee en su jurisdicción marino costera más del 82% de los pastos marinos del país, se hace imprescindible que se realicen actividades de monitoreo y función de este ecosistema con el fin de tener un mejor conocimiento de este ecosistema con la colaboración de CORPOGUAJIRA, ONG, entidades académicas y la comunidad en general.

Si el lector, conoce de otros estudios que se hallan realizado sobre este ecosistema y su fauna asociada, que no hallan sido incluidos en esta recopilación (ver documento completo IEARMC año 2008 (2009) favor enviar un mail a digomez@invemar.org.co con la información que proponen, con el fin de actualizar esta información e incluirla en el informes posteriores para fines de gestión y conocimiento del estado actual.

## 6.6 Literatura citada

- CARICOMP. 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the CARICOMP network. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., 1: 663-668.
- Dawes, C. 1986. Botánica marina. Editorial Limusa. México. 563p.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, D.I. Gómez-López (Eds). 2003. Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10. Santa Marta, 160 p.

- Fonseca, A., V. Nielsen y J. Cortés. 2007. Monitoreo de pastos marinos en Perezoso, Cahuita, Costa Rica (sitio CARICOMP). *Rev. Biol. Trop.* 55 (1): 55-66.
- Franke, R. 2003. Evaluación de las comunidades epifaunales de las praderas de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Natural Tayrona. Pp. 76-79. En: Díaz, J., L. Barrios, D. Gómez-López (Eds.). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR. Serie de publicaciones especiales No. 10, Santa Marta.
- Gómez-López, D.I. A. Rodríguez-Ramírez y A. Jáuregui. 2005. Estado de las praderas de pastos marinos en Colombia: 111-123. En: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2004. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones Periódicas No. 8: 213p.
- Gómez-López, D. I. y P. Garzón-Urbina. 2006. Estructura vegetal y productividad foliar de praderas de *T. testudinum* en el departamento de la Guajira, Caribe colombiano. Pp 147-156. En: Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: año 2005. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones Periódicas No. 8: 360p.
- Kuo, J. y C. den Hartog. 2001. Seagrass taxonomy and identification key. Cap. 2 (pp.31-58) en F.T. Short y R.G. Coles (Eds.): *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Liñero, I. y O. Díaz. 2006. Polychaeta (Annelida) associated with *Thalassia testudinum* in the northeastern coastal waters of Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 54 (3): 971-978.
- Lynton, D. y T. Fisher (Eds.). 2004. CARICOMP. Caribbean Coastal Marine Productivity Program. 1993-2003. CARICOMP, 91p.
- Prieto, A., S. Sant, E. Méndez y C. Lodeiros. 2003. Diversidad y abundancia de moluscos en las praderas de *Thalassia testudinum* de la Bahía de Mochima, Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 51 (2): 413-426.
- Rodríguez-Ramírez, A. y J. Garzón-Ferreira. 2003. Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la Bahía de Chengue (Caribe colombiano). INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 8, Santa Marta, 170p.
- Rodríguez-Ramírez, A., J. Garzón-Ferreira, A. Batista-Morales, D.L. Gil, D.I. Gómez-López, K. Gómez-Campo, T. López-Londoño, R. Navas-Camacho, M.C. Reyes-Nivia y J. Vega-Sequeda. En preparación. Temporal patterns in coral reef, seagrass and mangrove communities from Chengue bay CARICOMP site (Colombia): 1993-2008.
- Short, F.T., R.G. Coles y C. Pergent-Martini. 2001. Global seagrass distribution. p. 5-30. En: Short, F. y R. Coles (Eds.). *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier, Amsterdam. 473 p
- Young, D. y M. Young. 1982. Macrobenthic invertebrates in bare sand and seagrass (*Thalassia testudinum*) at Carrie Bow Cay, Belize. En : Rutzler, K. e I. E. MacIntyre (Ed.). *The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize. I. Structure and communities*. Smithsonian Contribution for Marine Science. 12: 115-126.
- Zieman, J.C. 1982. The ecology of the seagrasses of south Florida: A community profile. U.S. Fish and Wildlife Services. Office of Biological Services: Washington, D.C. FWD/OBI-82/25. 158 p.
- Zieman, J. C. 1975. Tropical seagrass ecosystems and pollution. En: Ferguson, E. J. y E. J. Johannes (Ed.). *Tropical Marine Pollution*. Amsterdam: Elsevier Publication Co.: 63-74.

## 7. ESTADO DE LOS LITORALES ROCOSOS

*Angélica María Batista-Morales y Christian M. Díaz Sánchez*

### 7.1 Generalidades

En la transición entre el mar y la tierra, las unidades ecológicas constituidas por comunidades biológicas desarrolladas sobre sustratos rocosos, que periódicamente quedan cubiertas o expuestas por los cambios de las mareas, son denominadas como litoral rocoso (Steer *et al.*, 1997; Rigby *et al.*, 2007). Este ambiente es considerado dentro de los ecosistemas marinos estratégicos (IDEA-UN, 1994; Márquez y Acosta, 1995; COLCIENCIAS, 1999), por ser fuente de bienes y servicios con un alto potencial económico para el país, por lo tanto requiere de estrategias de conservación y aprovechamiento para el manejo sostenible de los diferentes recursos naturales que contiene.

Este ambiente marino costero se caracteriza por contener unidades ecológicas que se desarrollan sobre sustratos rocosos, en superficies irregulares y abruptas, cuya pendiente dispone diferentes grados de inclinación al caer en el mar. Lo cual favorece el intercambio de altos niveles de materia y energía, como también disponibilidad de alimento, refugio y crianza para gran diversidad de especies; algunas con diferentes magnitudes de interés comercial para el hombre.

Las adaptaciones fisiológicas y morfológicas de los seres vivos para vivir en este ambiente de alta energía, propician comunidades biológicamente productivas, que son reguladas por factores biológicos como competencia, predación y reclutamiento (Conway-Cranos *et al.*, 2006). Al mismo tiempo, los organismos logran sobrevivir regulados por factores físico-químicos naturales, como los procesos de erosión, prolongados periodos de desecación, alto impacto de oleaje, continua interacción de mareas, además de fuertes cambios de salinidad, temperatura, luz y oxígeno (Little y Kitching, 1996; Díaz-Pulido, 1997).

Los patrones de zonificación de organismos que residen en los litorales rocosos, siguen patrones muy similares a lo largo de diferentes latitudes del mundo (Osorno, 2008). De acuerdo con las similitudes taxonómicas de los grupos dominantes y las adaptaciones de las especies, la mayoría de estudios coinciden al dividir la franja rocosa por “zonas de biodiversidad”, a lo largo de un gradiente vertical que generalmente es la profundidad (Stephenson y Stephenson, 1949; Ellis, 2003; Fernandez y Jimenez, 2006). Independiente de las posibles variaciones en la configuración biótica y abiótica de un área con litoral rocoso, en este ecosistema se pueden identificar claramente tres zonas o franjas (Little y Kitching, 1996; Díaz-Pulido, 1997):

1. Supralitoral es la zona de transición entre la tierra y el mar que recibe humedad por aspersión del oleaje, limita en su parte superior con la aparición de vegetación terrestre y en la inferior con la siguiente zona (Steer *et al.*, 1997).

2. Mesolitoral es la zona donde las mareas son claramente activas produciendo inmersiones y emersiones continuas; su amplitud en Colombia varía significativamente entre el Pacífico (5 metros; IDEAM, 2000) y el Caribe (0,50 metros) por la diferencia de los rangos intermareales (Glynn, 1972).

3. Infralitoral, comprende desde el nivel de inmersión continua hacia abajo, por lo tanto sus poblaciones no resisten emersiones prolongadas, el límite inferior se define como aquel compatible con la vida de las fanerógamas marinas (Guillot y Márquez, 1978).

De acuerdo a la inclinación y tipo de sustrato, los litorales rocosos pueden presentarse: (1) como acantilados cuando corresponden a escarpes con una fuerte pendiente, de altura variable, (2) como terrazas cuando corresponden a superficies planas de roca expuestas por retroceso de la línea costera y (3) como playas rocosas, correspondientes a zonas del litoral con poca pendiente, algunas compuestas principalmente por gravas (el diámetro varía entre 2.0 y 30mm), cantos rodados (rocas con diámetro superior a 30mm e inferior a 10cm), por rocas de mayor tamaño (si tienen un diámetro mayor a 10cm), por bloques que se han acumulado por erosión de los acantilados o laderas (McLachlam y Hesp, 1984; López-Victoria *et al.*, 2004). Sugerimos una cuarta configuración de litorales rocosos, que tenga en cuenta a las comunidades que se desarrollan en los bajos rocosos así como roca desnuda expuesta a cambios intermareales, que han sido desligadas de la línea costera por procesos erosivos o tectónicos.

A su vez las comunidades que habitan los litorales rocosos guardan una estrecha relación con el origen geológico del sustrato, por lo que pueden clasificarse en dos grupos (López-Victoria *et al.*, 2004). El primer grupo corresponde a comunidades halladas en litorales estables, es decir que sufren procesos de abrasión y remoción de sustrato a tasas muy bajas, el sustrato en el que se desarrollan esta conformado por rocas cohesivas o consolidadas, caracterizadas por ser duras, entre las que se encuentran rocas metamórficas, ígneas intrusivas, sedimentarias terrígenas y bioclásticas/calcáreas (Posada-Posada y Henao-Pineda, 2007), por ende este sustrato resulta profusamente colonizado por una alta variedad de organismos que, con el tiempo, alcanzan estadios avanzados de sucesión (López-Victoria *et al.*, 2004). De forma contraria ocurre con el segundo grupo, correspondiente a las comunidades que habitan en litorales inestables, que están conformados por rocas no cohesivas, afectadas por fracturas y poco resistentes al embate de las olas, donde no alcanzan estadios de sucesión avanzados y son pobres en diversidad y riqueza (López-Victoria *et al.*, 2004).

## 7.2 Distribución de litorales rocosos en Colombia

Existen muy pocos trabajos que presentan una cartografía detallada de la distribución del litoral rocoso en la costa Caribe (Garzón-Ferreira y Cano, 1991; Corpes, 1992; Díaz y Puyana, 1994; Posada-Posada y Henao-Pineda, 2007) y en el Pacífico colombiano (Cantera y Blanco-Libreros,

1995). Se estima que Colombia posee aproximadamente unos 1094,90km de litorales rocosos de diferente origen geológico<sup>1</sup>, dispuestos en una línea discontinua en las costas continentales y algunos sistemas insulares, generalmente interrumpidos por playas y otros depósitos arenosos, lagunas costeras, costas pantanosas y sistemas délticos o estuarinos (Tabla 7-1).

Tabla 7-1. Extensiones en kilómetros de los litorales rocosos según la composición de sus rocas, para cada una de las costas y en los departamentos que se presentan. Fuente 1. Posada-Posada y Henao-Pineda (2007); 2. Valor proporcionado por Blanca Posada<sup>2</sup> calculado a partir de escala 1:50.000, (2009); 3. Posada-Posada et al., (2009); 4. Tomado de Flórez (1999) y modificado por el LabSI INVEMAR 2010.; 5. Tomado de López-Victoria et al., (2004) y modificado por el LabSI INVEMAR; 6. Tomado de Barrios y López-Victoria, (2001) y modificado por el LabSI INVEMAR 2010.

<b>Extensión litoral rocoso continental</b>				
<b>Departamento</b>	<b>Rocas cohesivas</b>	<b>Rocas no cohesivas</b>	<b>Total</b>	<b>Fuente</b>
Guajira	122	12	134	1
Magdalena	119	0	119	1
Atlántico	7	5	12	1
Bolívar	59	88	147	1
Sucre	0	0	0	1
Córdoba	0	59	59	1
Antioquia	0	68	68	1
Choco	62	0	62	1
<b>Caribe</b>	<b>369</b>	<b>232</b>	<b>601</b>	<b>1</b>
Chocó	313,587	6,322	319,909	3
Valle del Cauca	116,615	0	116,615	3
Cauca	0	8,596	8,596	3
Nariño	14,033	0	14,033	3
<b>Pacífico</b>	<b>444,235</b>	<b>14,918</b>	<b>459,153</b>	<b>3</b>
<b>Extensión litoral rocoso insular</b>				
San Andrés	17,68	0	17,68	2
Providencia	5,92	0	5,92	2
Santa Catalina	-	-	0,64	2
Isla Múcura	-	-	1,09	4
Isla Tintipán	-	-	0,22	4
Malpelo	-	-	6,95	5
Gorgona	-	-	2,25	6
<b>Sistemas insulares</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>33,44</b>	

1 Valor aproximado entre lo registrado por Posada-Posada y Henao-Pineda (2007), Posada-posada et al., (2009) y por Blanca Posada (*com peri*).

2 Geóloga Magíster Ciencias de la Tierra. Especialista en SIG aplicado a Zonas Costeras. Jefe de línea Geología Marina y Costera – Programa Geociencias Marinas GEO – INVEMAR

En la costa Caribe, los litorales rocosos son en general inestables (Figura 7-1); no obstante, las ecorregiones marinas y costeras Guajira (GUA), Tayrona (TAY), Archipiélagos coralinos (ARCO), Morrosquillo (MOR), San Andrés y Providencia (SAN) y Darién (DAR) (INVEVAR, 2000) son las que contienen litorales rocosos consolidados (Posada-Posada y Henao-Pineda, 2008). En la ecorregión Guajira (GUA) en el área ubicada entre Castilletes - Río Ranchería, afloran áreas de litoral rocoso compuesto por rocas cohesivas principalmente de origen sedimentario calcáreo, que forman acantilados y plataformas de abrasión en las localidades de Punta Espada, Media Luna, Castilletes y Chichibacoa; en Puerto Estrella y la parte externa de las bahías Hondita, Honda y Portete; en la Ensenada de Apiái y Cabo de la Vela. Tayrona (TAY) está ubicada entre Río Piedras - Punta Gloria, se encuentra conformada por un litoral de tipo indentado en el que se alternan cabos rocosos y levantamientos conformados por rocas metamórficas, así como rocas ígneas y pequeñas porciones de rocas sedimentarias calcáreas o bioclásticas.



**Figura 7.1.** Mapa de distribución geográfica de litorales rocosos según la geomorfología de la línea de la costa Caribe: rocas cohesivas y no cohesivas. Elaborado en el LabSI del INVEVAR, a partir de la información registrada por Posada-Posada y Henao-Pineda (2007).



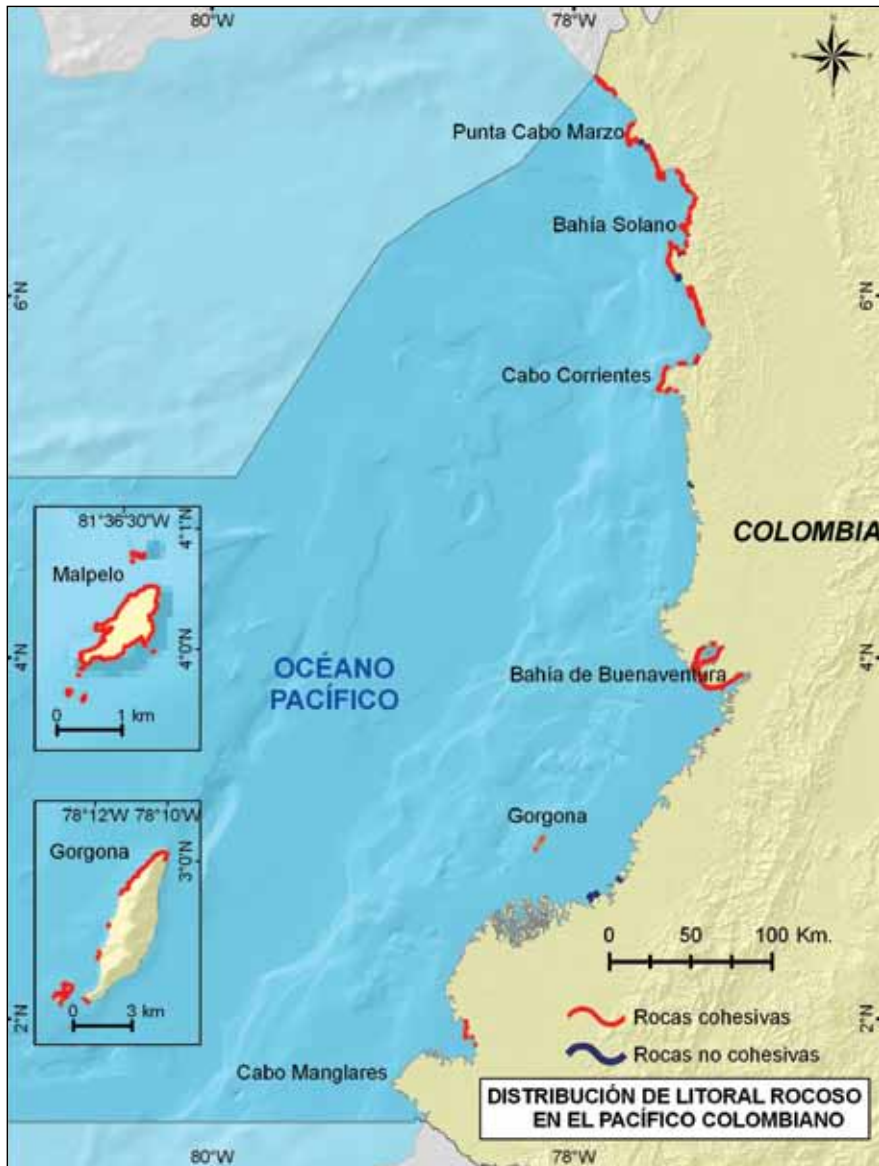
Por su parte, los archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo (ARCO) presentan en el borde costero áreas de litoral rocoso ubicadas en Punta Gigante, Punta Barbacoas, Punta Comisario, Punta la Salina y Tigua, Punta Rincón y Punta San Bernardo. El ecosistema también se presenta en el costado norte y sureste de isla Rosario, isla Periquito e isla Grande (INVEMAR, 2003). Mientras en el archipiélago de San Bernardo al sur de isla Tintipán, se presenta un litoral rocoso coralino, al igual que en el noreste de isla Mucura donde se encuentra en forma de acantilado con altura de entre 0-1.5m (Flórez, 1999). Las islas del Rosario corresponden a antiguas estructuras arrecifales que no fueron inundadas por el nuevo nivel marino y que actualmente sobresalen hasta 5m por encima del nivel del mar (Díaz *et al.*, 2000).

En el Darién (DAR) hacia la parte noroccidental del Golfo de Urabá, la subcorregión de Capurganá-cap presenta sustratos rocosos consolidados que afloran del litoral y forman acantilados rocosos que se prolongan en el mar hasta 15-30m de profundidad. Dichos litorales están representados al noroccidente en isla Narsa y Terrón de Azúcar, al oriente entre las poblaciones de Turbo y Necoclí y al occidental en Titumate (García-Valencia, 2007). Las unidades ecológicas de litoral rocoso en el Golfo, contienen rocas de origen ígneo, sin embargo en muchas partes se observa que las rocas emergidas corresponden a rocas sedimentarias bioclásticas (de origen coralino) que recubren el sustrato parental volcánico. De igual forma, se exhiben considerables porciones emergidas de litoral rocoso de origen sedimentario bioclástico, en la Península de Barú y la isla Tierra Bomba hallada en la ecorregión de Morrosquillo (MOR), entre bahía de Barbacoas y Tinajones, y en la ecorregión de San Andrés y Providencia (SAN) (Batista-Morales, 2009).

A diferencia de la costa Caribe, en el Pacífico colombiano los litorales rocosos se presentan en casi todas las ecorregiones (Osorno, 2008); sin embargo, tienen menor extensión (Figura 7.2). La costa de la ecorregión Pacífico Norte (PAN) es joven, y por ende indentada, con cabos y amplias áreas con acantilados rocosos que alternan con playas formadas por bloques, cantos y arenas gruesas en zonas expuestas al oleaje, comprendida entre el límite fronterizo con Panamá y Cabo Corrientes (Chocó) (Díaz-Pulido, 1997; INVEMAR, 2000; Neira y Cantera, 2005).

Los litorales de la ecorregión Buenaventura (BUE) se hallan dispersos entre los sectores de boca de Charambirá (Chocó) hacia el sureste hasta la desembocadura del río Raposo (Valle del Cauca), estos litorales se encuentran formados principalmente por rocas sedimentarias (limolitas y areniscas del Terciario y Cuaternario) que dominan el sector de Juanchaco, Ladrilleros, área exterior de bahía Málaga, istmo de Pichidó, isla Curichichi y flanco norte de la bahía de Buenaventura, composición que es similar a la hallada en golfo Tortugas en la ecorregión del Baudó (BAU) (INVEMAR, 2000; Mejía-Ladino *et al.*, 2007; Osorno, 2008). Un pequeño sector del flanco nororiental de la ensenada de Tumaco en la ecorregión que lleva su mismo nombre (TUM) y en isla Gallo, afloran limolitas del Terciario que forman acantilados de poca altura que condicionan la presencia de hábitats y comunidades propias de sustratos duros (INVEMAR, 2000; Osorno, 2008). En el sector norte de la isla Gorgona y áreas adyacentes a la isla (GOR) la naturaleza geológica de los litorales es muy similar a la de la costa de la ecorregión PAN, compuestas por rocas ígneas (lavas almohadilladas, basaltos) que forman un litoral escarpado con acantilados y playas de bolsillo con cantos rodados y litobioclásticas (INVEMAR, 2000; Osorno, 2008). La isla Malpelo (MAL) presenta litoral rocoso

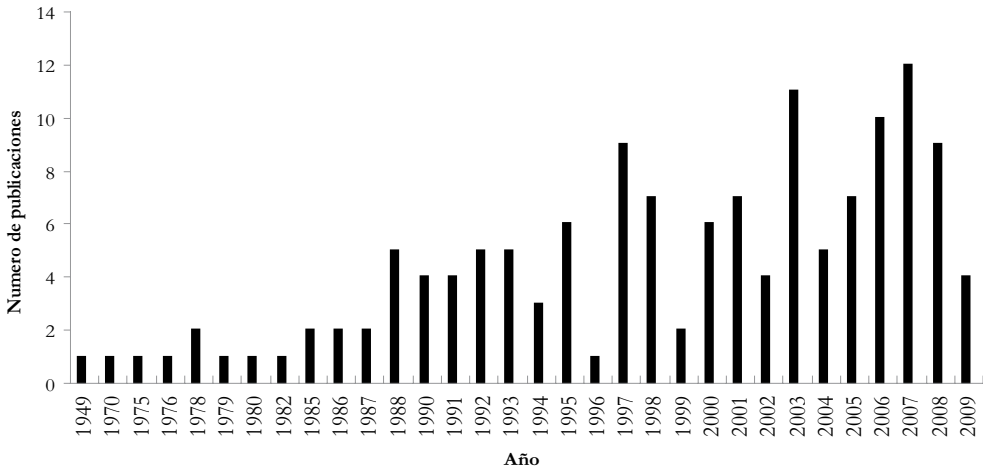
en todo su perímetro, al igual que en los islotes aledaños, constituyendo la cúspide de una cordillera sumergida de origen volcánico (Brando *et al.*, 1992; Mejía-Ladino *et al.*, 2007; Osorno 2008). Una descripción más detallada de la geomorfología de los litorales rocosos de las ecorregiones del Pacífico pueden hallarse en Mejía-Ladino *et al.* (2007) y López-Victoria y Rozo (2007). Una descripción más detallada de la geomorfología de los litorales rocosos de las ecorregiones del Caribe pueden hallarse en Posada-Posada y Henao-Pineda (2007).



**Figura 7.2.** Mapa de distribución geográfica de litorales rocosos en la línea de la costa Pacífica. Elaborado en el laboratorio LabSI del INVEMAR, a partir de la información registrada según mapa de distribución de acantilados (López-Victoria *et al.*, 2004).

### 7.3 Estado del conocimiento en litorales rocosos

Los litorales rocosos y acantilados del Pacífico y Caribe colombiano han sido pobremente estudiados (Batista-Morales, 2009), desde 1949 hasta la fecha, se conocen en total 141 publicaciones que contienen información relacionada. En la última década 2000 - 2009 ha incrementado el interés en temáticas sobre los litorales rocosos, ya que este periodo de tiempo contiene 75 publicaciones es decir 53% del total (Figura 7-3).



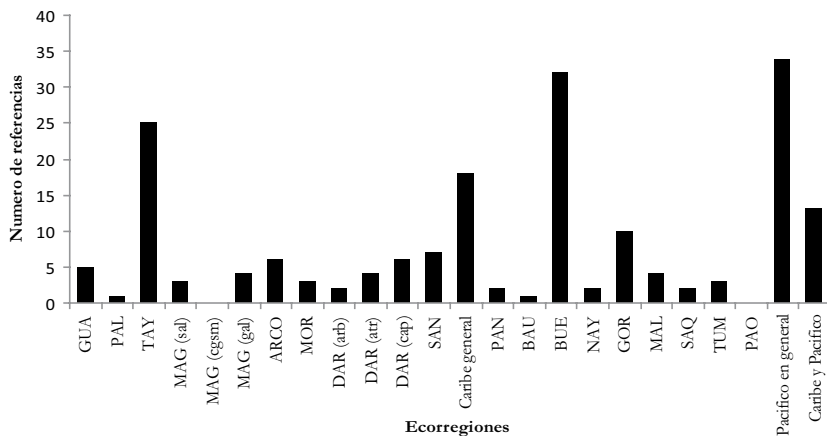
**Figura 7.3.** Número de publicaciones anuales con información sobre diferentes temáticas que tratan los litorales rocosos de Colombia. n=141

El equipo que elabora los informes de estado de los recursos identificó 12 temáticas que recogen los trabajos en estudios marino-costeros que se han realizado en el país a la fecha. De las 141 publicaciones recopiladas y que guardan relación con los litorales rocosos, se encontró que 46 presentan más de una temática. Teniendo en cuenta lo anterior, se cuantificarán 187 referencias temáticas para el Pacífico y el Caribe colombiano: la temática de taxonomía y sistemática que permite identificar hasta el nivel de especie, es la que mayor número de referencias temáticas ostenta (49). Le siguen los estudios sobre función que consideran conectividad, flujos de energía, indicadores de estado, ecología y monitoreo con 42 referencias. A continuación siguen estudios de caracterización (25) temática que define cuales, como y donde se encuentran unidades biológicas en zonas rocosas, mientras que estudios sobre amenazas naturales como por ejemplo aumento del nivel del mar son tratadas por 19 referencias.

La valoración del ecosistema, en términos de producción científica, muestra que el litoral Pacífico cuenta con 103 referencias, mientras que para el Caribe se cuenta con 84. Igualmente, a lo largo de las ecorregiones marinas y costeras de Colombia, se observa que la categoría *Pacífico en general* presenta el mayor número de referencias (34), seguido por la ecorregión Buenaventura con 32. Por su parte, para la categoría *Caribe en general* se cuenta con 18 referencias, siendo la ecorregión

Tayrona la que presenta el mayor número (25). Sin embargo, en ecorregiones como (ARCO) y (PAN) el número de referencias temáticas continúa siendo muy bajo (Figura 7.4).

Por otro lado, no se cuenta con investigaciones en referencia a temáticas sobre relaciones genéticas-filogenia de organismos que viven en zonas rocosas, únicamente se cuenta con un registro sobre restauración del ecosistema y uno sobre impacto ambiental (Figura 7-5). Sin embargo, los estudios de impactos sobre los litorales rocosos se incluyen dentro de los análisis de cambios en la línea costera, los cuales se han enfocado en factores naturales como la erosión y bioerosión (Posada-Posada, y Henao-Pineda, 2007; Posada-Posada *et al.*, 2009).



**Figura 7.4.** Número de referencias temáticas acerca de litorales rocosos presentes en las diferentes ecorregiones de Colombia: GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Océanico), PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Océanico). Sub ecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsn (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá). Las ecorregiones sin datos, no presentan evidencia de litorales rocosos consolidados. n=187.

Los estudios en el Pacífico se han enfocado hacia las caracterizaciones geomorfológicas, erosión y bioerosión de la línea de costa, mientras que para el Caribe tienden a relacionarse con la caracterización biológica y composición (Batista-Morales, 2009). Aunque son lentos los avances en el desarrollo de investigaciones a escalas temporales, este año mundial de la biodiversidad deja importantes compilaciones, entre ellas el plan de investigación para la conservación del burgao, cigua ó wilks *Cittarium pica* (Osorno *et al.*, 2009), plan que define líneas de acción y entre las cuales se incluye la protección del hábitat para esta especie en las franjas rocosas del Caribe colombiano, sin embargo, es necesario seguir profundizando en el manejo y restauración, así como en el potencial de bioprospección de diferentes organismos que habitan en el ecosistema; ejemplo de ello la evaluación de la macroalga *Digenia Simplex* y su potencial para obtener una fracción antimotóica de su extracto etanólico (Valle-Zapata *et al.*, 2009).

Continuando con la recopilación del informe Año: 2008 sobre entidades activas en la investigación marina y costera con aportes al conocimiento de los litorales rocosos. En el Pacífico en general, han sido la CCO, ENB, COLCIENCIAS, Fondo FEN, MMA, IGAC, IDEAM, INGEOMINAS, Instituto Geográfico de los Andes Andinos, y la Universidad del Valle. La ecorregión del Pacífico en la que se observa mayor interés por parte de las diferentes entidades es la de BUE, en la que se ve una importante participación de la Universidad del Valle, el CIOH-DIMAR, INGEOMINAS, Universidad EAFIT y con la participación de un trabajo de la Université d'Aix-Marseille II, seguida de la ecorregión MAL y GOR, donde se ha contado con la Fundación Malpelo, INVEMAR, Universidad Nacional, Universidad del Valle y Universidad de los Andes.

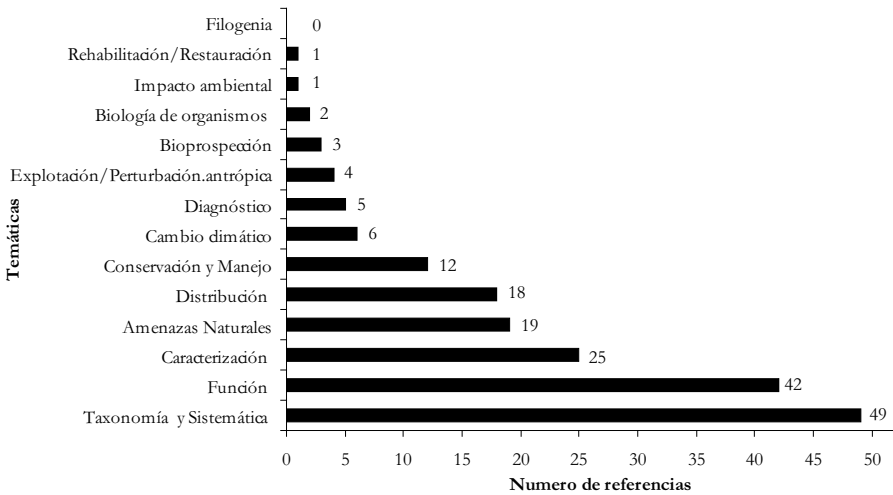


Figura 7.5. Numero de referencias por temática acerca de litorales rocosos de Colombia. n=187

Las ecorregiones de BAU, NAY, PAN, SAQ y TUM presentan menos participación de entidades, entre ellas se encuentran CCCP, ITC, CRC, CorpoNariño, CVC, INVEMAR, CIOH-DIMAR, CALIDRIS, Universidad del Valle y UAESPNN. Estudios que incluyan litorales rocosos del Caribe en general, han participado el CIOH-DIMAR, Corpes, INGEOMINAS, INVEMAR, MAVDT y la Universidad Jorge Tadeo Lozano. La ecorregión en el Caribe, en donde se concentra la atención institucional es TAY, con la presencia de CECIMAR, INVEMAR, Fondo FEN, Universidad Nacional, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad del Valle, Universidad del Magdalena, Universidad del Atlántico, un trabajo de la Universidad de Amsterdam. En las ecorregiones de MAG, GUA y PAL, se encuentran participando las entidades CIOH-DIMAR, Universidad Jorge Tadeo Lozano, INVEMAR y Centre National de la Recherche Scientifique. Mientras que en ARCO y MOR, las Universidades del Valle, Nacional y Jorge Tadeo Lozano y el INVEMAR son los que llevan a cabo investigaciones a lo largo de las diferentes ecorregiones del Caribe (Tabla 7.2) y Pacífico colombiano (Tabla 7.3).

Para la ecorregion DAR se encuentran trabajos de la Gobernación de Antioquia, Universidad EAFIT y el INVEMAR estas dos últimas con una participación a nivel Caribe colombiano.

Tabla 7.2. Número de referencias temáticas sobre litorales rocosos, en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe colombiano entre 1949 y 2009.

DEPARTAMENTOS	CARIBE																
	Guajira		Magdalena		Atlántico		Bolívar	Sucre		Córdoba	Sucre		DAR		SAN	COC	
	GUA	PAL	TAY	cgsm	sal	Gal		ARCO	MOR	Arb	Atr	Cap					
Temáticas																	
Subcorregiones																	
Caracterización (Comprende qué, cómo y dónde)			3			1		1					1				2
Distribución (Comprende únicamente dónde y cuánto)	1	1	1														4
Función (Conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo).	1		10		1	3			1	1	1	1			4		2
Taxonomía y Sistemática (Identificación de especies)	1		9					2					2	2	3		3
Biología de organismos (Ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología etc.)					2												
Conservación y Manejo	2					2											1
Rehabilitación/Restauración/Mitigación																	
Bioprospección			1									1					
Amenazas Naturales									1	1	1						
Exploración, Perturbación antrópica																	2
Cambio climático/Fenómenos ambientales			1					1	1			1					2
Estudios de impacto ambiental																	1

**Tabla 7.3.** Número de referencias temáticas desarrolladas en los diferentes departamentos y ecorregiones del Pacífico colombiano entre 1949 y 2009.

DEPARTAMENTOS	PACÍFICO										Caribe y Pacífico
	Chocó		Valle del Cauca		Cauca		Nariño		Pacífico en General		
Ecorregiones	PAN	BAU	BUE	NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM	PAO		
Temáticas											
Caracterización (Comprende qué, cómo y dónde)			2		1	1		1		10	1
Distribución (Comprende únicamente dónde y cuánto)		1	3		1	1	1	1		3	
Función (Conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo).	1		8		3	1				5	
Taxonomía y Sistemática (Identificación de especies)	1		12		4	1				7	2
Biología de organismos (Ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología.)											
Conservación y Manejo						1				2	4
Rehabilitación/Restauración/Mitigación			1								
Bioprospección										1	
Amenazas Naturales			5	2	1		1	1		6	
Explotación, Perturbación antrópica			1								1
Cambio climático/Fenómenos ambientales											
Estudios de impacto ambiental											

Finalmente, en materia de litoral rocoso para SAN solo se cuentan trabajos de la Pontificia Universidad Javeriana y de la Universidad del Valle. En estudios que contengan información de los litorales rocosos para ambas costas, se cuenta con la participación del BID, INVEMAR, COLCIENCIAS, IOCARIBE, COSTAS, MAVDT y al Universidad del Valle. Muy seguramente en informes técnicos y otros documentos relacionados de diferentes entidades se presentan los resultados y avances investigativos en las diferentes ecorregiones en materia de litoral rocoso, pero aun no se tiene acceso a esa información.

En el Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007, se inició con una recopilación de las investigaciones que en materia de litoral rocoso se tienen para Colombia, en dicho compendio se tuvo en cuenta aquellas referidas hasta ese año en todos los Informes de Estado. Para el informe: Año 2008, a partir de dicha recopilación se complementó el listado de referencias con 82 publicaciones que consideran dentro de diferentes temáticas los litorales rocosos de Colombia, dicho listado consiste de otras publicaciones, proyectos

y trabajos realizados en INVEMAR y los ejecutados por entes externos a la institución (Batista-Morales, 2009); el presente informe continúa con la recopilación de investigaciones sobre el ecosistema litoral rocoso (Tabla 7.4).

**Tabla 7-4.** Resumen de las temáticas registradas en los últimos nueve años respecto al litoral rocoso, considerando que existen publicaciones que abarcan más de una temática. Las casillas en gris corresponden a publicaciones referenciadas únicamente en el presente informe. n=88.

TEMÁTICAS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Caracterización :(Comprende qué, cómo y dónde)	1	1			2			5		
Distribución (Comprende únicamente dónde y cuánto)	1	4		3		1	1			
Función (Conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo).	1	1	1	6	1	4	2	3	4	
Filogenia (Relaciones genéticas)										
Taxonomía y Sistemática (Identificación de especies)		2	1	2	2		4	4		
Biología de organismos (Ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología etc.)									2	
Impactos:										
Amenazas Naturales	1	1			1	1		3		1
Explotación, Perturbación antrópica			3							
Cambio climático										
Estudios de impacto ambiental										
Otros:										
Bioprospección							1			1
Conservación y Manejo	1			1			1	2	2	1
Rehabilitación/Restauración/Mitigación							1			
Diagnóstico	1			1						1

En la Tabla 7.5, se hace referencia a los trabajos que se dieron a conocer durante el año 2009 y hasta la fecha, y que guardan relación con el ecosistema. Es posible que exista mayor cantidad de trabajos, que no quedaron incluidos en el presente listado, y esto es debido a que la información que se consigna en los Informes de Estado acerca de los litorales rocosos depende en gran medida de la disponibilidad de los investigadores y entidades para informar acerca de sus avances investigativos, además de hallarse muy dispersa.



**Tabla 7.5.** Estudios que contienen información relacionada con el ecosistema de litoral rocoso, publicados en el 2009.

Estudio	Autor	Departamento	Localidad
Obtención de una fracción antimitótica del extracto T etanólico de la macroalga <i>Digenia simplex</i>	Valle-Zapata H., S Ospina-Guerrero, E Galeano-Jaramillo, A Martínez-Martínez, M Márquez-Fernández y J López-Ortiz	Magdalena	PNNT (Santa Marta)
Plan de investigación para la conservación de <i>Cittarium pica</i> (Linnaeus, 1758)	Osorno Arango, A., Gil-Agudelo, D.L. y Gómez-Lemos, L.A	Caribe en general	Caribe en general

En la Tabla 7.6, se enumeran ocho estudios que hacen referencia a litorales rocosos, como complemento a los que se encuentran referenciados en la recopilación incluida en el aparte de Estado de los litorales rocosos por Osorno (2008) y Batista-Morales (2009).

**Tabla 7.6.** Listado de referencias relacionadas con trabajos realizados en los litorales rocosos de Colombia.

Año publicación	Título	Autor(es)	Localidad
2008	Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación, y Control de la Erosión Costera en Colombia- PNIEC: Plan de Acción 2009-2019	Guzmán, W, B.O Posada, G. Guzmán y D. Morales	Colombia
2008	Chocó paraíso por naturaleza: Punta Cruces y Cabo Marzo	Giraldo López, Alan y B. Valencia (Compiladores)	Chocó Pacífico
2007	Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó.	García-Valencia, C. (Ed).	Chocó Caribe
2006	Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo	Parques Nacionales Naturales de Colombia. Territorial Cartagena	PNN CRSB
2006	Model-based Geomorphology of Malpelo island and spatial distribution of breeding seabirds	López-Victoria, M y D, Rozo	Malpelo
2005	Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano	Neira, R y J R Cantera	Pacífico
2005	Historical and Recent Shore Erosion along the Colombian Caribbean Coast	Correa I. D.; J. Alcántara-Carrió y D. A. González.	Caribe
2003	Resolución Número 0456. Informe técnico. Elaboración de un Modelo de Desarrollo Sostenible para los Archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y de San Bernardo.	INVEMAR	PNN CRSB

## 7.4 Estado del ecosistema de litoral rocoso

Las presiones naturales y antrópicas que originan cambios en la morfología y constitución de los litorales rocosos colombianos, afectan la estabilidad de las rocas y la persistencia de los organismos que ahí habitan. Las corrientes litorales, olas, mareas, procesos eólicos, incremento del nivel del mar, terremotos, tsunamis y la acción de algunos organismos que perforan las rocas (bioerodadores), son los agentes naturales involucrados en los procesos naturales de acresión/erosión de los litorales rocosos (Díaz-Pulido, 1997; Posada-Posada y Henao-Pineda, 2007). Los procesos bioerosivos y de cambio geomorfológico ocurren sobre todo en algunas regiones de la costa Pacífica donde las tasas de erosión son elevadas (0,7 cm/mes, Cantera, 1991; 0,39 y 0,85 cm/mes, Ricaurte *et al.*, 1995), tal como sucede en bahía de Málaga, norte de la bahía de Buenaventura, isla del Gallo entre otros sectores (Cantera y Contreras, 1993) y en el Parque Tayrona en el Caribe colombiano (Corpes, 1992), Córdoba, Antioquia, y en menor proporción en La Guajira donde la constitución de sus acantilados es de roca cohesiva (Posada-Posada y Henao-Pineda, 2007), lo que afecta el grado de desarrollo de las comunidades que habitan estos litorales. Otro agente natural lo constituyen las invasiones y plagas, en el Pacífico, la comunidad de octocorales presenta un claro signo de deterioro debido a la presencia de *Carijoa riisei*, especie proveniente del Caribe (Ardila *et al.*, 2008). Igualmente, el pez león *Pterois volitans*, especie proveniente del IndoPacífico e introducida por emisiones de acuarios en la Florida, actualmente ha invadido el gran Caribe incluyendo varias ecorregiones de Colombia, sin que las devastadoras consecuencias por falta de predadores naturales esten detectadas (Gonzalez *et al.*, 2009).

El país continúa realizando muy pocas investigaciones para evaluar el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas de litorales rocosos, sin embargo, se reconoce que las actividades antrópicas como el apisonamiento, extracción de arenas y piedras, construcción de obras en las zonas intermareales, crecimiento urbano y turístico en zonas de acantilados, generan un incremento en la tasa de erosión en los litorales (Osorno, 2008); esto se ha observado en sectores de Isla Fuerte e Islas del Rosario (Huertas, 2000) y en el sector de Los Morros en Cartagena (Posada-Posada y Henao-Pineda, 2007), donde ha sido muy común la extracción de rocas para diversos fines. En el Pacífico, los litorales que presentan un mayor número de amenazas son en orden descendente Nariño (Tumaco), Buenaventura, Chocó y bahía Málaga, mientras que para el Caribe se tiene a Santa Marta, Cartagena (Tierra Bomba) y San Andrés (Osorno, 2008).

El estado ambiental del ecosistema en el país requiere ser establecido interdisciplinariamente, ya que el panorama no es alentador, debido a la afectación antrópica generada por la cercanía con centros urbanos y turísticos, donde la disposición de basuras y desechos orgánicos, derrames de hidrocarburos y vertimiento de aguas servidas es frecuente (Franco *et al.* 1992), lo cual impacta en la calidad paisajística, redundando en el deterioro de los hábitats de los organismos que generan ingresos de los pescadores de subsistencia, que son los primeros beneficiarios (Garay *et al.*, 2002).

#### 7.4.1 Implementación del protocolo NaGISA en el litoral rocoso de la bahía Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona):

El país reconoce que la biodiversidad puede ser usada como una medida de la salud de los ecosistemas, de las interacciones ecológicas y de la productividad de los sistemas naturales. Por esta razón y siguiendo la iniciativa que creo la línea base para cuantificar la biodiversidad costera global, el censo de la vida marina (COML) por sus siglas en inglés, en Colombia se implementó el proyecto de campo NaGISA -Natural Geography in Shore Areas- contando con la asesoría de la Universidad Simón Bolívar de Venezuela. En consecuencia, durante el 2009 en la bahía de Chengue, definida como área protegida del Parque Nacional Tayrona, varias zonas del litoral rocoso fueron estudiadas por investigadores del INVEMAR<sup>5</sup>, en mayo durante la época climática seca. Siguiendo el protocolo NaGISA (Rigby *et al.*, 2007), que permitió estandarizar los registros biológicos y entregarlos para que sean llevados a un nivel de resolución global, a través del centro de administración para Sur América y el Caribe en Venezuela, también fue posible generar información de línea base sobre las unidades ecológicas constituidas por comunidades biológicas que habitan en el litoral rocoso de la bahía.

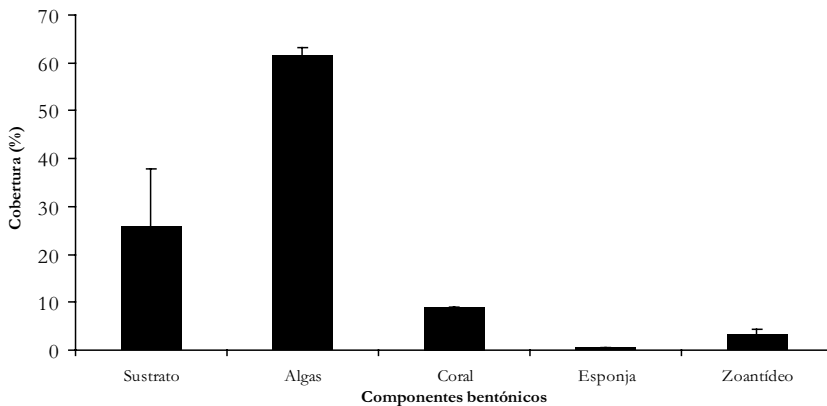


Figura 7-6. Porcentaje de cobertura promedio de los componentes bentónicos presentes en el litoral rocoso de la bahía de Chengue (PNNP) durante mayo del año 2009. Se presenta el Error Estándar.

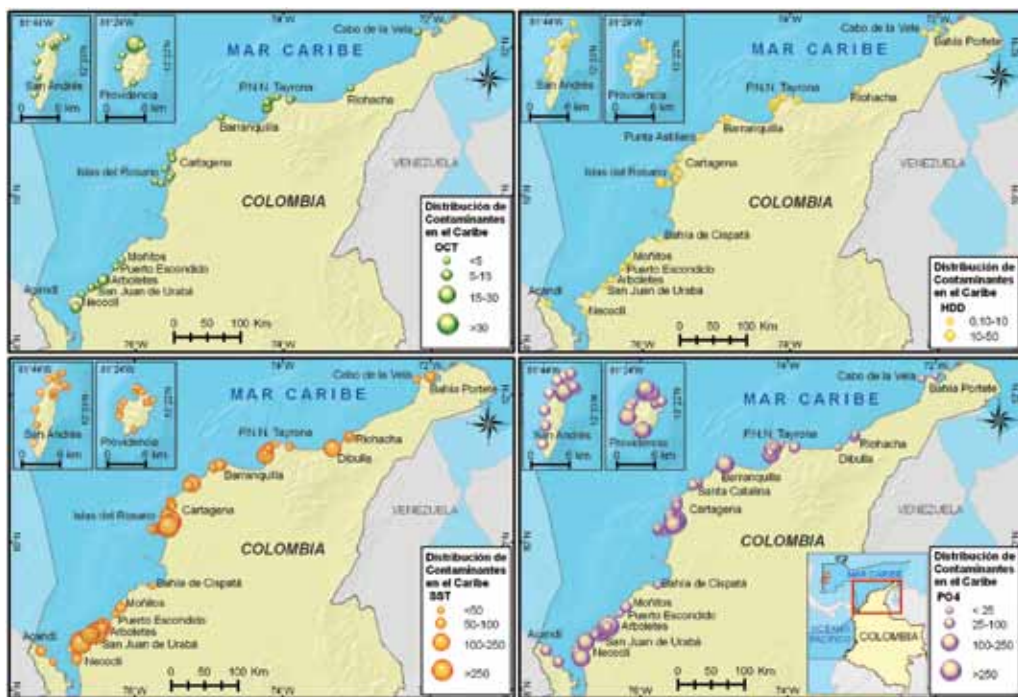
Como resultado las algas fueron el componente predominante del litoral (61,5%), seguido del sustrato abiótico (25,8%) y los corales (8,9%; Figura 7-6). La macrofauna asociada estuvo representada principalmente por anélidos (gusanos) y moluscos, los cuales, son vulnerables a predadores y perturbaciones de tipo natural y antrópico (Osorno y Gil, 2007). Se destaca la presencia de especies catalogadas en el libro rojo de invertebrados marinos, como del molusco *Cittarium pica* o burgao categorizado como vulnerable y del coral *Acropora palmata* o cuerno de alce que se encuentra en peligro. Estos resultados sugieren que el litoral rocoso de la bahía de Chengue evidencia indicios de encontrarse en buen estado.

<sup>5</sup> Johanna Vega-Sequeda y Diana Isabel Gómez-López, Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos INVEMAR.

Para más información de la iniciativa mundial NaGISA y el protocolo sobre litorales rocosos consulte el link: <http://www.nagisa.coml.org/>

### 7.4.2 Calidad de aguas marinas y costeras de los litorales rocosos de Colombia

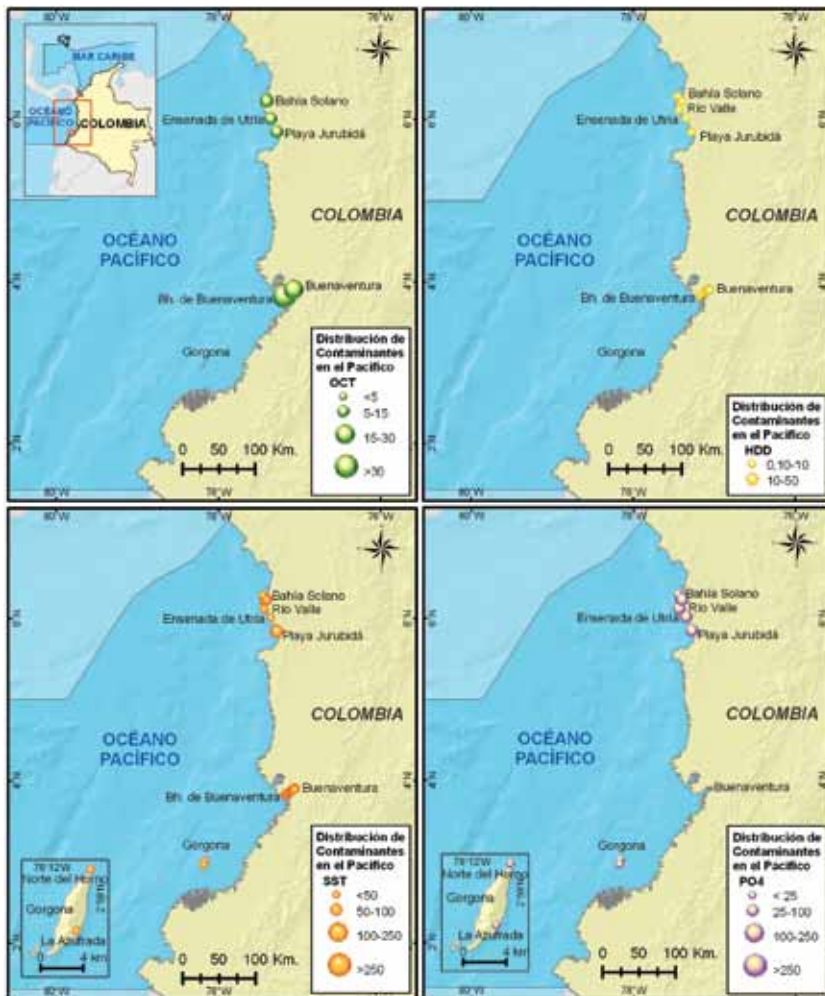
Los litorales rocosos, se ven afectados por los efluentes urbanos e industriales, debido a que parte de los contaminantes fluyen junto con el agua dulce en capas superficiales del mar (Soltan *et al.* 2001). La acumulación de estos contaminantes está asociada a cambios en las características físico-químicas y en la calidad del agua que rodea este ecosistema, con los consecuentes riesgos para la flora y fauna marina. Los estudios de las comunidades bentónicas de los litorales rocosos poseen un gran potencial para revelar efectos acumulativos de las perturbaciones en la biota marina, debido a que en la franja intermareal los organismos que allí habitan, pueden integrar sobre sí mismos los efectos de la exposición por largos periodos de tiempo a factores naturales y antropogénicos (Pinedo *et al.*, 2007).



**Figura 7.7.** Mapa temático con la aproximación preliminar histórica de la calidad de aguas marinas y costeras en las inmediaciones de los ecosistemas de litorales rocosos del Caribe colombiano. Las variables empleadas siguen los referentes de la REDCAM: STT-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos ( $\mu\text{g/l}$ ), OCT-Organoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos ( $\mu\text{g/l}$ ). Mapa elaborado por el LabSI del INVEMAR.

Algunos cambios evidentes son el incremento de algunas especies más tolerantes como es el caso de diferentes algas (Whomersley et al., 2009) y la disminución de especies más sensibles como algunos peces en función de un gradiente de contaminación (Fariña et al., 2003).

Teniendo en cuenta que algunos contaminantes producidos por las actividades humanas se solubilizan o floculizan en las inmediaciones del área de influencia, se aprovecho la información histórica entre los años 2001 al 2009, para las estaciones de la REDCAM ubicadas a menos de 2km de zonas con litorales rocosos. De esta manera, se generaron los mapas que ofrecen la primera aproximación acerca de la calidad de las aguas que bañan a estos ecosistemas estratégicos para el Caribe (Figura 7.7) y el Pacífico (Figura 7.8).



**Figura 7.8.** Mapa temático con la aproximación preliminar histórica de la calidad de aguas marinas y costeras en las inmediaciones de los ecosistemas de litorales rocosos del Pacífico colombiano. Las variables empleadas siguen los referentes de la REDCAM: SST-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos ( $\mu\text{g/l}$ ), OCT-Organoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos ( $\mu\text{g/l}$ ). Mapa elaborado por el LabSI del INVEMAR.

Para ello se consideraron solo las variables SST-Sólidos Suspendedos Totales, HDD-Hidrocarburos Disueltos y Dispersos, OCT-Organoclorados Totales y  $PO_4$ -Ortofosfatos, que fueron escogidas por ser contaminantes referentes.

En relación a la primera variable, se obtuvo en la literatura que todos los contaminantes del agua, excepto los gases disueltos, contribuyen a la carga de la materia sólida suspendida o disuelta en el agua llamada en los estudios de calidad de aguas como “sólidos”. El término “SST-Sólidos Suspendedos Totales” se refiere a las partículas que se mantienen dispersas en el agua por su naturaleza coloidal, y que determinan la profundidad hasta la cual penetra la luz del sol, es decir la franja aeróbica y fotosintética del cuerpo de agua (Tchobanoglous y Schroeder, 1985).

La variable “HDD-Hidrocarburos Disueltos y Dispersos” refleja la presencia de petróleo y sus derivados en las masas de agua evaluadas y son estudiados debido a sus efectos en el medio, ya que forman una película que dificulta el transporte de oxígeno atmosférico hacia la superficie, cuando floculizan y se mezclan con sedimentos que interfieren con el crecimiento de especies marinas (Echarri, 2007). Son fuentes de contaminación por hidrocarburos los derrames, vertimientos, escorrentía, descargas industriales y escapes (Garay *et al.*, 1993). En la variable “OCT-Organoclorados Totales” se contemplan a los residuos de plaguicidas organoclorados en agua, este tipo de compuestos son considerados entre los más perjudiciales para el medio ambiente debido a la persistencia, la bioacumulación y la rápida distribución a través del agua y del aire a grandes distancias a pesar de ser poco hidrosolubles y volátiles. Los fosfatos indican detergentes y fertilizantes, cuyo incremento en el agua provoca eutrofización, su medición incluye distintos compuestos como los “ $PO_4$ -Ortofosfatos”, polifosfatos y fósforo orgánico.

Es importante señalar que durante el periodo histórico han participado diferentes instituciones, quienes han depositado sus registros en la Base de la REDCAM, por lo cual la información utilizada para generar el mapa presenta incertidumbre sujeta a las variaciones en la forma de la toma de datos y la dinámica de las masas de agua marino-costeras en el momento de la medición. Sin embargo, la información histórica de la calidad de aguas que bañan los litorales rocosos de Colombia, muestra principalmente tres grandes conglomerados de los contaminantes referentes, para el Caribe en las ecorregiones ARCO y DAR, y en el Pacífico (BUE).

#### 7.4.2.1 Costa Caribe

Un total de 94 estaciones REDCAM se hallaron cercanas a áreas con litorales rocosos, de las 250 vigentes para la región Caribe. Las estaciones se presentaron en segmentos de costa con rocas cohesivas y no cohesivas. Desde el Norte del país hacia el sur se encontraron 6 de ellas, entre las ecorregiones GUA-Guajira y PAL- Palomino, ubicadas en el Dpto de La Guajira, en donde se encuentra la mayor representación de rocas cohesivas de la costa Caribe. Para la ecorregión TAY-

Tayrona en el Dpto del Magdalena se presentaron 24 estaciones, la mas alta representación. En la ecorregión MAGgal-Magdalena-galerazamba, que incluye al Dpto del Atlántico, hicieron intercepto 4 estaciones. Fueron 22 las estaciones entre las ecorregiones ARCO-que involucran áreas coralinas y MOR- que incluyo una estación hallada cerca a la bahía de Cispatá. En el extremo sur de la costa Caribe, se localizaron 15 estaciones entre los Departamentos de Antioquia donde se observa una larga extensión de rocas no cohesivas y en Chocó constituido por rocas cohesivas; ambos departamentos pertenecen a la ecorregión DAR (Tabla 7.7).

Tabla 7-7. Porcentaje de estaciones de la REDCAM en inmediaciones de los litorales rocosos del Caribe, con prevalencia histórica de contaminantes (C). STT-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos ( $\mu\text{g/l}$ ), OCT-Organoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos ( $\mu\text{g/l}$ ). Los rangos siguen la escala relativa de cada contaminante para Colombia. Sin reporte: Porcentaje de estaciones que no presentaron ninguno de los contaminantes de referencia evaluados. Ecorregiones: DAR-Darién, ARCO-Áreas Coralinas del Parque Nacional Islas del Rosario y San Bernardo y Punta Barú, MOR-Golfo de Morrosquillo, MAG-gal-Magdalena-galerazamba, GUA-Guajira, PAL-Palomino, SAN-Archipiélago de San Andrés y Providencia. n=94.

C	Rangos	DAR	ARCO-MOR	MAG-gal	TAY	GUA-PAL	SAN	Total
HDD	Sin reporte	9,57%	7,45%	1,06%	6,38%	2,13%	10,64%	37,23%
	< 0,10	0%	2,13%	0%	1,06%	0%	0%	3,19%
	0,10-10	6,38%	11,70%	3,19%	17,02%	4,26%	13,83%	56,38%
	<b>10-50</b>	0%	2,13%	0%	1,06%	0%	0%	3,19%
	>50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SST	Sin reporte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<50	4,26%	13,83%	0%	21,28%	3,19%	24,47%	67,02%
	50-100	4,26%	5,32%	3,19%	3,19%	2,13%	0%	18,09%
	100-250	3,19%	0%	1,06%	1,06%	1,06%	0%	6,38%
	<b>&gt;250</b>	4,26%	4,26%	0%	0%	0%	0%	8,51%
OCT	Sin reporte	7,45%	12,77%	3,19%	13,83%	3,19%	10,64%	51,06%
	<5	4,26%	10,64%	1,06%	10,64%	3,19%	12,77%	42,55%
	5-15	4,26%	0%	0%	1,06%	0%	0%	5,32%
	<b>15-30</b>	0%	0%	0%	0%	0%	1,06%	1,06%
	>30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,00%
PO4	Sin reporte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,00%
	< 25	1,06%	5,32%	1,06%	19,15%	5,32%	0%	31,91%
	25-100	7,45%	12,77%	1,06%	4,26%	1,06%	18,09%	44,68%
	100-250	6,38%	3,19%	2,13%	2,13%	0%	6,38%	20,21%
	<b>&gt;250</b>	1,06%	2,13%	0%	0%	0%	0%	3,19%

Teniendo en cuenta la distribución de los litorales rocosos en la ecorregión ARCO, históricamente la calidad de las aguas indican que el sector de mayor riesgo por contaminación, debido a las actividades de transporte y manejo portuario de hidrocarburos corresponde, como es de esperar, a la zona costera de Cartagena; donde también se centraliza principalmente la contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados, como consecuencia de las actividades

agrícolas en sus alrededores (Garay, 1993). Las aguas marino-costeras del departamento de Bolívar, presentan influencia de las actividades terrestres, principalmente en sitios frente a Isla Arena y la Bahía de Cartagena, al mismo tiempo los residuos de HC son uno de los contaminantes que mayor presencia histórica ha tenido el departamento y para el 2009 el nivel de riesgo por este aspecto fue medio (Troncoso *et al.*, 2009). Considerando la marcada influencia de la pluma del canal del Dique (Serguei *et al.*, 2003), varios sustratos rocosos conformados por rocas cohesivas y no cohesivas, se ubican en inmediaciones del área de influencia de la pluma, sin que se tenga un claro escenario del estado actual de estos sustratos consolidados, que no permiten el rápido drenado de sustancias que fueron hace tiempo aplicadas, constituyéndose como un potencial ecosistema para las mediciones de contaminantes en el Bolívar.

Por su parte, las unidades ecológicas con presencia de comunidades biológicas que habitan sustratos rocosos en la ecorregión DAR, son bañadas principalmente por las aguas del Golfo de Urabá, con descargas de aguas continentales que arrastran nutrientes, materia orgánica y gran cantidad de sólidos en suspensión, procedentes de las cuencas y tributarios de agua dulce de los departamentos de Antioquia y parte del Choco (Troncoso *et al.*, 2009). En esta ecorregión, los registros históricos muestran a Antioquia como el único departamento en el cual no es evidente una tendencia decreciente de las concentraciones de OC, y que el sector de mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos es el sur del Golfo, dado que allí confluyen muchas actividades comerciales de los departamentos (Troncoso *et al.*, 2009). En el Golfo se adelantan programas de reducción de insumos agroquímicos, sin embargo, la dinámica de aguas en el Golfo y en las inmediaciones del área de influencia donde se presentan litorales rocosos, deben continuar siendo documentados dentro de diferentes temáticas con datos recientes, para establecer la efectividad de los planes de manejo y conservación.

#### 7.4.2.2 Costa Pacífica

Se identificaron un total de 46 estaciones de la REDCAM cercanas a áreas con litorales rocosos de las 111 vigentes para dicha región. Se obtuvo una buena representación de estaciones de la REDCAM a lo largo de los segmentos de costa con rocas cohesivas y no cohesivas. 11 estaciones se localizaron en la ecorregión PAN–Pacífico Norte, en el Dpto del Chocó entre Bahía Solano y el Golfo de Tribuga donde se halla la máxima extensión de costas rocosas para el Pacífico, quedando sin información el segmento de Bahía Solano a Punta Ardita. De igual manera, 33 se localizaron en la ecorregión BUE-Buenaventura, en el Dpto del Valle del Cauca, la segunda en extensión. Mientras que 3 correspondieron al Cauca con presencia en Isla Gorgona, perteneciente a la ecorregión GOR, quedando sin representación puntos en el área de Guapi, al igual que en la Bahía de Tumaco (Nariño).

La Tabla 7.8 presenta los porcentajes de estaciones cercanas a los litorales del Pacífico colombiano, con presencia de los contaminantes referentes. Como era de esperarse la ecorregión



GOR que equivale al área marina protegida de Gorgona, sistema insular, presentó en las estaciones cercanas a los litorales, mínimos valores de contaminantes especialmente de sólidos suspendidos y de ortofosfatos.

De manera opuesta, las estaciones continentales ubicadas en la bahía de Buenaventura–Valle del Cauca perteneciente a la ecorregión BUE, presentaron los mayores porcentajes de estaciones cercanas a los litorales con prevalencia de contaminantes. El mayor porcentaje se reflejó en sólidos suspendidos totales aunque en el menor rango, esto es debido principalmente al aporte de los ríos Dagua, Potedó, Anchicayá, Raposo y los esteros que allí desembocan (Troncoso *et al.*, 2009). El segundo aporte pero con un rango intermedio correspondió a la presencia de hidrocarburos dispersos y disueltos (0,10-10 µg/l, a lo largo de 8 años), esto posiblemente se deba a la actividad portuaria y marítima de Buenaventura, por derrames crónicos y por los buques de cabotaje y tráfico internacional (INVEMAR, 2002). El porcentaje de estaciones con altos rangos de organoclorados totales fue bajo, sin embargo, este tipo de contaminantes son considerados dentro de los más perjudiciales, especialmente al seguir el estudio de Calero y Casanova (1997) quienes reportan una concentración de 94,53 ng/g, en relación de 1:7,6 indicando que existe una gran capacidad por parte de los bivalvos de acumular estos compuestos, al tomarlo del sedimento durante su proceso metabólico.

**Tabla 7.8.** Porcentaje de estaciones de la REDCAM en inmediaciones de los litorales rocosos del Pacífico, con prevalencia histórica de contaminantes (C). STT-Sólidos suspendidos totales (mg/l), HDD-Hidrocarburos disueltos y dispersos (µg/l), OCT-Organoclorados totales (ng/l) y PO4-Ortofosfatos (µg/l). Los rangos siguen la escala relativa de cada contaminante para Colombia. Sin reporte: Porcentaje de estaciones que no presentaron ninguno de los contaminantes de referencia evaluados. Ecorregiones: GOR-Gorgona, PAN-Pacífico Norte, BUE-Buenaventura. n=46.

C	Rango	GOR	PAN	BUE	Total
HDD	Sin reporte	4,35%	0%	47,83%	52,17%
	< 0,10	0%	2,17%	0%	2,17%
	<b>0,10-10</b>	2,17%	19,57%	23,91%	45,65%
	10-50	0%	0%	0%	0%
	>50	0%	0%	0%	0%
SST	Sin reporte	0%	0%	15,22%	15,22%
	<50	6,52%	15,22%	56,52%	78,26%
	<b>50-100</b>	0%	6,52%	0%	6,52%
	100-250	0%	0%	0%	0%
	>250	0%	0%	0%	0%
OCT	Sin reporte	4,35%	10,87%	67,39%	82,61%
	<5	2,17%	0%	0%	2,17%
	5-15	0%	10,87%	0%	10,87%
	15-30	0%	0%	2,17%	2,17%
	<b>&gt;30</b>	0%	0%	2,17%	2,17%
PO4	Sin reporte	0%	0%	71,74%	71,74%
	< 25	6,52%	6,52%	0%	13,04%
	<b>25-100</b>	0%	15,22%	0%	15,22%
	100-250	0%	0%	0%	0%
	>250	0%	0%	0%	0%

Las estaciones en la ecorregion PAN-Pacífico Norte presentaron porcentajes intermedios de prevalencia de los contaminantes para los 8 años considerados. Aunque no es muy alto, el mayor porcentaje de estaciones mostraron presencia de hidrocarburos disueltos y dispersos, que si bien se encuentran por debajo del valor de referencia (0,10-10  $\mu\text{g/l}$ ), se deben tener en cuenta para establecer la magnitud del efecto sobre organismos de los litorales consolidados mas representativos del Pacífico colombiano. En segundo lugar están las estaciones con presencia de ortofosfatos en un rango intermedio (25-100  $\mu\text{g/l}$ ) y organoclorados (5-15  $\mu\text{g/l}$ ), lo cual puede estar reflejando el vertimiento de aguas residuales de origen doméstico, y las derivadas de procesos agrícolas o industriales (Troncoso *et al.*, 2009), que llegan a las zonas costeras proximas a sustratos rocosos de litoral, contribuyendo en el incremento de los nutrientes y posteriores procesos de eutrofización.

## 7.5 Conclusiones

1. Se estima que Colombia posee aproximadamente unos 1.094,90km de litorales rocosos de diferente origen geológico, dispuestos en una línea discontinua en las costas continentales y los sistemas insulares. Sin embargo, la distribución de este ecosistema estratégico en las ecorregiones marinas y costeras requiere un mayor nivel de resolución a escalas espaciales y temporales.
2. Es necesario continuar con los esfuerzos para adelantar proyectos y vincular profesionales que trabajen sobre los litorales rocosos en el país, con el propósito de generar medidas puntuales de conservación y manejo para los recursos naturales del ecosistema. Teniendo en cuenta que año tras año, los avances dentro de las diferentes temáticas consideradas son muy bajos, o incluso nulos, y que los problemas ambientales más frecuentes que enfrentan los litorales rocosos se relacionan con la erosión, contaminación, destrucción del hábitat por extracción o destrucción de rocas, construcción de infraestructura sobre éstos, sobreexplotación de recursos, disposición de basuras y vertimientos de aguas servidas, lo cual genera cambios en poblaciones biológicas, menor ingreso a los pescadores, deterioro paisajístico.
3. El ecosistema estratégico de litoral rocoso se encuentra en un nivel de valoración bajo a medio, ya que solo se conocen 141 publicaciones con información presentada en diferentes temáticas. Es imperativo seguir estimulando el interés en temáticas que consideran los litorales rocosos, debido a que entre el 2000-2009 se cuenta con 75 trabajos (53%) del total de publicaciones recopiladas sobre litoral rocoso en Colombia.
4. Se realizó un censo de la biodiversidad en la bahía de bahía Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona) siguiendo el protocolo NaGISA, con el cual se generó información de línea base sobre las comunidades biológicas que habitan en el litoral rocoso de la bahía. Los resultados permiten sugerir que el litoral rocoso de la bahía evidencia indicios de encontrarse en buen estado.

5. La calidad de las aguas marinas costeras que bañan los litorales rocosos de Colombia, indica la presencia de contaminantes que han prevalecido durante un periodo de 8 años, en un gran porcentaje de estaciones cercanas a estos ecosistemas. Las variaciones en la magnitud de los contaminantes van desde valores mínimos a altos dependiendo su cercanía a zonas pobladas, portuarias o de descargas de ríos, lo que implica la necesidad de verificar la afectación de la biota asociada en relación a la fuente de descargas.
6. No se ha realizado la formulación e implementación de una serie de indicadores de estado para el ecosistema de litoral rocoso en Colombia, como lo propone Osorno (2008), teniendo en cuenta que este también es un ecosistema marino-costero estratégico que alberga gran cantidad y diversidad de fauna y flora de importancia comercial y ecológica.

## 7.6 Recomendaciones

- Realizar estudios cartográficos detallados y determinaciones de las áreas de estos ecosistemas a la escala de las ecorregiones.
- Se requieren estudios básicos cuantitativos acerca de las abundancias de los organismos y en especial de las especies amenazadas, y monitoreos de la variación en el tiempo, al igual que estudios de tipo biogeográfico y filogenéticos.
- Muchos recursos de los litorales se encuentran subutilizados, como es el caso de las macroalgas y su potencial económico - biotecnológico, por lo que se recomienda mayores esfuerzos en estudios de bioprospección de los organismos de este ecosistema, ya que solamente se conoce un nuevo trabajo al respecto.
- Las autoridades ambientales nacionales y locales están llamadas a fomentar las investigaciones para medir el efecto de los contaminantes sobre las comunidades biológicas de los litorales rocosos y la calidad ambiental, debido a que los litorales rocosos son uno de los más impactados por aguas costeras y superficiales. De esta manera, se recomienda evaluar el potencial de este ecosistema como sensor de contaminación y afectación de la vida marina por fuentes costeras, dentro de las mediciones ambientales regulares.
- Recopilar información de línea de base, información primaria y secundaria en aspectos técnicos, científicos, culturales, socioeconómicos y normativos, que sirvan de base para proyectos integrales de manejo y ordenamiento sostenible de los litorales rocosos. Por ello, si el lector conoce de otros estudios que se hallan realizado sobre este ecosistema y su fauna asociada, que no hallan sido incluidos en esta recopilación (ver literatura citada) favor enviar un mail a [angelica.batista@invemar.org.co](mailto:angelica.batista@invemar.org.co) y [christian.diaz@invemar.org.co](mailto:christian.diaz@invemar.org.co) con la información que proponen, con el fin de actualizar esta información e incluirla en el informe del año 2010 para fines de gestión y conocimiento del estado actual.

## 7.7 Literatura citada

- Ardila N., N. Manrique, D. Escobar, J. Parra, M. Cárdenas y J. Sánchez. 2008. Diversidad y abundancia de los octocorales en arrecifes rocosos circundantes a la isla Gorgona. Universidad de los Andes. 131-136 pp. En: Informe del estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. INVEMAR. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia.
- Batista-Morales, A. 2009. VII-Estado de los litorales rocosos en Colombia. P. 125-155. En: INVEMAR 2009. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008. Serie de Publicaciones Periódicas No.8. Santa Marta, Colombia. 243 p.
- Barrios, L.M. y M. López-Victoria (Eds.). 2001. Gorgona marina: Contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Serie de publicaciones Especiales No7, Santa Marta, 160 p.
- Brando A., H Prah von y J.R Cantera. 1992. Las macroalgas recolectadas durante la expedición Uraba II, costa Caribe del noreste chocoano, Colombia. Bol. Ecotropica, 18:19-32.
- Calero L.A. y R.F. Casanova. 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y sustancias contaminantes en el Pacífico colombiano. CCCP, Boletín Científico 6: 29-44
- Cantera J.R. y J.F. Blanco-Libreros. 1995. Discusión taxonómica sobre las especies de Lithophaga perforadoras de acantilados terciarios en la costa pacífica colombiana. II: 110-126 pp. En: J.R. Cantera y J.D. Restrepo (eds.). Delta del Río San Juan, Bahías de Málaga y Buenaventura, Pacífico colombiano. Colciencias/ Eafit/Univ. del Valle, Cali.
- Cantera K. y R. Contreras. 1976. Informe preliminar sobre el potencial malacológico aprovechable en el Pacífico colombiano. En: I Seminario sobre el océano Pacífico Sudamericano. Tomo II. Universidad del Valle. 234-236.
- COLCIENCIAS. 1999. Plan estratégico 1999-2004 Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Bogotá. 106p.
- Conway-Cranos T., P.T. Raimondi and R. Ambrose. 2006. Spatial and Temporal Variation in Recruitment to Rocky Shores: Relationship to Recovery Rates of Intertidal Communities. Final Technical Summary. Final Study Report. U.S. Department of the Interior. 39 p.
- CORPES. 1992. El Caribe colombiano realidad ambiental y desarrollo. Editorial Corpes Costa Atlántica. Santafé de Bogotá, 275 p.
- Correa I. D.; J. Alcántara-Carrió y D. A. González. 2005. Historical and Recent Shore Erosion along the Colombian Caribbean Coast. Journal of Coastal Research. Special Issue, 49: 52 -57
- Díaz J.M. y M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe colombiano un catálogo ilustrado. Colciencias/Fundación Natura/ Invemar, Editorial Presencia, Santafé de Bogotá, 291p.
- Díaz-Pulido G. 1997. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Programa de biodiversidad y ecosistemas marinos. Instituto de investigaciones marinas y costeras INVEMAR. Santa Marta. 1997. 143p.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F.J. Parra, J. Pinzón, B. Vargas-Ángel, F.A. Zapata & S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales 5, Santa Marta. 176 p.
- Echarri L. 2007. Población, ecología y ambiente – Material de Estudio. Tema 8: Contaminación del agua. Universidad de Navarra, 26p. [www.unav.es/ocw/ecologiaing0708/Tema%25208%2520Contaminacion%2520del%2520agua%](http://www.unav.es/ocw/ecologiaing0708/Tema%25208%2520Contaminacion%2520del%2520agua%2520)
- Ellis, D., 2003. Rocky shore intertidal zonation as a means of monitoring and assessing shoreline biodiversity recovery. Marine Pollution Bulletin. 46: 305–307.
- Fariña J.M., J.C. Castilla y F.P. Ojeda. 2003. The “Idiosyncratic” Effect of a “Sentinel” Species on Contaminated Rocky Intertidal Communities. Ecological Applications 13 (6): 1533-1552
- Franco, A., D. Avendaño y J.C Pino. 1992. Descripción, distribución y anotaciones ecológicas de la comunidad algas en el litoral rocoso artificial de Marbella, Cartagena. Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, Santa Marta, CCO, Bogotá, 2: 544-555.
- Flórez, C.A., 1999. Caracterización del Paisaje y la Vegetación de las Islas Múcura y Tintipán, Archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, p. 106.
- Fernandez, J. y M. Jiménez. 2006. Estructura de la comunidad de moluscos y relaciones tróficas en el litoral rocoso del estado Sucre, Venezuela. Rev. Biol. Trop. Vol. 54: 121-130.
- Garay, J. 1993. Estado actual de los muelles de Cartagena de Indias en cuanto a facilidades de recepción de residuos provenientes de

buques acuerdo MARPOL 73/78. Boletín Científico CIOH 14: 47-66.

- Garay, J.A., G. Ramírez y L. Panizzo. 1993. Manual de técnicas analíticas de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos. 3. ed. Revisada y Aumentada. C.I.O.H., C.C.O., FUNDACION MAMONAL, Cartagena. 109p.
- Garay, J.A., B. Marín y A.M. Velez. 2002. Contaminación marino-costera en Colombia. 101-120 pp. En: Ospina-Salazar G.H. y A. Acero (Eds). Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2001. INVEMAR. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8., Medellín, Cuartas Impresores. 178p.
- García-Valencia, C. (Ed). 2007. Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –Invemar– y Gobernación de Antioquia. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar N° 12. Santa Marta, Colombia. 180p.
- Garzón-Ferreira J. y M. Cano. 1991. Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Natural Tayrona. Séptimo Concurso Nacional de Ecología, Fondo para la Protección del Medio Ambiente - FEN Colombia, Bogotá, 82 p.
- Glynn, P.W. 1972. Observations on the ecology of the Caribbean and Pacific coasts of Panama. Bull. Biol. Soc. Wash. 2: 13-30.
- Gonzalez, J., M. Grijalba-Bendeck., A. Acero y R. Betancur. 2009. The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. Aquatic Invasions, 4(3): 507-510.
- Guillot, G. y G. Márquez. 1978. Estudios de la vegetación béntica marina del parque Nacional Natural Tayrona, costa Caribe colombiana, I: Relaciones vegetación-zonación-sustrato. An. Inst. Mar. Punta Betín, 10: 133-148.
- Guzman, W., B.O. Posada, G. Guzman y D. Morales. 2008. Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación, y Control de la Erosión Costera en Colombia- PNI EC: Plan de Acción 2009-2019.
- Giraldo López, A. y B. Valencia. (Compiladores). 2008. Chocó paraíso por naturaleza: Punta Cruces y Cabo Marzo. Ed: Universidad del Valle. Libros de Investigación. 93 p.
- IDEAM. 2000. Pronóstico de pleamares y bajamares en la costa Pacífica colombiana para el año 2000. Instituto de asuntos ambientales Bogotá. s.p.
- IDEA-UN. 1994. Ecosistemas estratégicos colombianos. Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad nacional de Colombia (IDEA/UN). Informe presentado a IDEAM-Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá.
- INVEMAR. 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM. Díaz, J. M. y Gómez, D. I. (Eds). FONADE, MMA. Santa Marta, Colombia. 83 p.
- INVEMAR 2002. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2001. Ospina-Salazar G.H.; Acero A. (Eds). Medellín: Cuartas Impresores. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8, 178p.
- INVEMAR. 2003. Resolución Número 0456. Informe técnico. Elaboración de un Modelo de Desarrollo Sostenible para los Archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y de San Bernardo. 256 p.
- Huertas J. 2000. Caracterización estructural, composición y estado de salud de las formaciones coralinas de isla Fuerte, bajo Burbujas y bajo Bushnell, Caribe colombiano. Tesis de Grado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia: 19-27.
- Little C. y J. A. Kitching. 1996. The biology of rocky shores. Oxford University Press, Nueva York, 240 p.
- 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. 329p.
- López-Victoria M. y D. Rozo. 2006. Model-Based Geomorphology of Malpelo Island and Spatial Distribution of Breeding Seabirds. Bol. Invest. Mar. Cost, 35:111-131.
- López-Victoria M. y D. Rozo. 2007. Geomorfología de la Isla Malpelo y desarrollo de comunidades del Litoral Rocoso. En: Informe del estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. INVEMAR. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 182-186 pp.
- McLachlan A. y P. Hesp. 1984. faunal response to morphology and water circulation of a sandy beach with cusps. Mar. Ecol. Prog. Ser. 19: 133-144.

- Márquez G. y A. Acosta. 1995. Programa de Ecosistemas Estratégicos. En: IDEA, 1995. La Política Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998. Documentos de Base. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Mejía-Ladino L.M., J.R. Cantera, G. Castellanos-Galindo, S. Espinosa, C. Guevara, J. Lazarus, L.A. López de Mesa, A. Oviedo, G. Parra, J. Segura y P. Lozano. 2007. Estudios recientes en los litorales rocosos. 175-182 pp. En: Informe del estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. INVEMAR. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia.
- Neira R y J. R. Cantera. 2005. Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* Vol 53 (3): 195-206.
- Osorno A. y D. Gil-Agudelo. 2007. Composición Biótica, Estado y Distribución de los Litorales Rocosos de islas del Rosario (Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo- PNNCRSB), Caribe Colombiano. En: Informe del estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. INVEMAR. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. P: 166-171.
- Osorno 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.
- Osorno A., D. Gil-Agudelo y L. Gómez-Lemos. 2009. Plan de investigación para la conservación de *Cittarium pica* (Linnaeus, 1758). INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales. No. 16. Santa Marta, Colombia. 72 p.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. Territorial Cartagena. 2006. Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. 304p
- Pinedo S., M. García, M.P. Satta, M. Torres y E. Ballesteros. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 55 (1-6): 126-135.
- Posada-Posada B.O. y W. Henao-Pineda. 2007. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe. INVEMAR, Serie de Publicaciones especiales No. 13, Santa Marta, 124 p.
- Posada-Posada B.O., W. Henao-Pineda y G. Guzmán. 2009. Diagnóstico de los procesos de erosión y sedimentación en la costa del Pacífico colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta.
- Ricaurte C., J.R. Cantera y G. Ramos. 1995. Crustáceos asociados a bioerosión de acantilados en las bahías de Málaga y Buenaventura, Pacífico colombiano. II: 75-91 pp. En: J.R. Cantera y J.D. Restrepo (eds.). Delta del Río San Juan, Bahías de Málaga y Buenaventura, Pacífico colombiano. Colciencias/Eafit /Univ. del Valle, Cali.
- Rigby P., K. Iken. y Y. Shirayama. 2007. Biodiversity in Coastal Communities. NaGISA Protocols for Seagrass and Macroalgal Habitats. Kyoto University Press. 133 p.
- Steer R., F. Arias, A. Ramos, P. Sierra, D. Alonso y P. Ocampo. 1997. Documento base para la elaboración de la política nacional de ordenamiento integrado de las zonas costeras colombiana. Documento de Consultoría por el Ministerio del Medio Ambiente. 395p.
- Stephenson, T.A. y A. Stephenson. 1949. The universal features of zonation on rocky shores. *Journal of Ecology*, 37: 289-305.
- Serguéi, L., C. Parra, C. Andrade, y Thomas. 2003. Patrones de la pluma turbia del canal del Dique en la bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH* 22: 77-90.
- Tchobanoglous, G. y E.D. Schroeder. 1985. *Water Quality Characteristics, Modeling, Modification*, Addison-Wesley Publishing Company, 768 pp.
- Troncoso, W., L. Vivas, J. Sánchez, S. Narvaez, L. Echeverry y J. Parra. 2009. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. REDCAM. Informe técnico 2009. INVEMAR. Santa Marta, 185 p.
- Valle-Zapata H, S Ospina-Guerrero, E Galeano-Jaramillo, A Martínez-Martínez, M Márquez-Fernández y J López-Ortiz. 2009. Obtención de una fracción antimitótica del extracto etanólico de la macroalga *digenia simplex*. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 38 (2): 109-117.
- Whomersley P., M. Huxham, S. Bolam, M. Schratzberger, J. Augley y D. Ridland. 2009. Response of intertidal macrofauna to multiple disturbance types and intensities – An experimental approach. *Marine Environmental Research*, en prensa. 12p.

## 8. ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LOS FONDOS BLANDOS EN COLOMBIA

*Erika Montoya-Cadavid*

### 8.1 Definición, localización e importancia

Los fondos blandos son ecosistemas conformados por la acumulación de partículas sedimentarias como arenas, arcillas, cienos y limos, en un sustrato inestable y de baja complejidad topográfica. Constituyen uno de los ecosistemas más extensos del planeta, encontrándose desde el nivel más alto de la marea hasta las grandes profundidades (0 y 10000 m de profundidad). Predominan en el mar territorial del Caribe y el Pacífico colombiano con una extensión estimada de 889.400 km<sup>2</sup>, que comprende el 99.5% de los ecosistemas submarinos (Figura 8.1) (Guzmán-Alvis y Solano, 2002).

Los organismos bentónicos representan un importante eslabón en el reciclamiento de materia orgánica y en el flujo de energía en la trama alimentaria pelágica; es así como los invertebrados de fondos blandos (poliquetos, crustáceos y moluscos, entre otros) forman la base del flujo de energía desde el bentos hacia muchas especies en la comunidad de peces demersales (Crisp, 1984; Longhurst y Pauly, 1987). El entendimiento de los factores que afectan la producción de los invertebrados bentónicos, sus patrones de abundancia, composición taxonómica y relaciones alimentarias, facilitan la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas marinos y así mismo, se convierte en un instrumento básico para el manejo racional de los recursos naturales a través del mantenimiento de los procesos ecológicos fundamentales (Tumbiolo y Downing, 1994; Botsford *et al.* 1997; Vallega 1999; Freire y García 2000, Freire *et al.* 2002).

Las comunidades bentónicas están compuestas principalmente de especies con poca movilidad, ciclos de vida largos y amplia tolerancia al estrés, que debido a su íntima asociación con el sedimento, donde se acumula material orgánico particulado y/o tóxico, responden rápidamente a las perturbaciones ambientales y por ello, son buenos indicadores de disturbios antrópicos y naturales. El bentos por lo tanto, puede reflejar el grado de integridad ecológica de un sistema, tanto momentáneamente como estacionalmente, de ahí su gran utilidad para la evaluación de efectos locales en los programas de monitoreo (Belan, 2003).

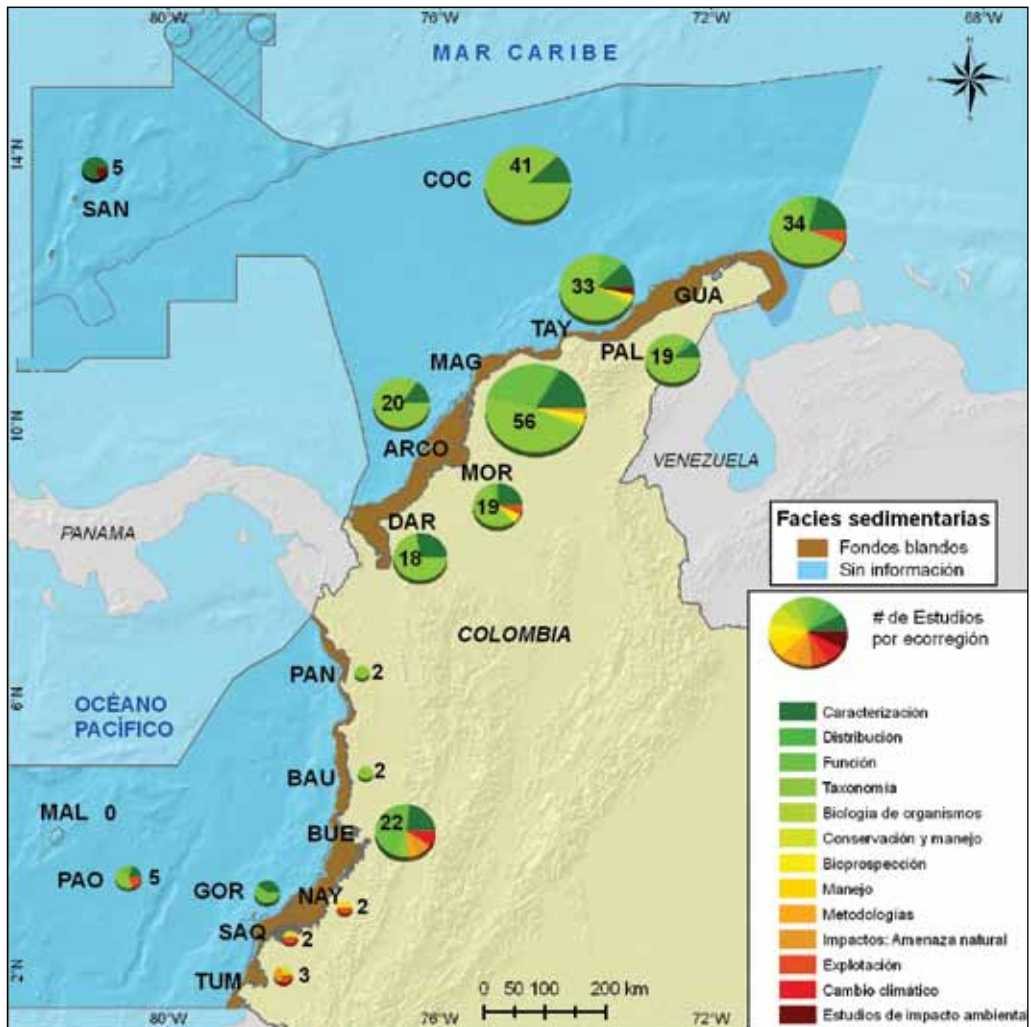


Figura 8.1. Ubicación de los fondos blandos dentro de la jurisdicción del Caribe y Pacífico colombiano. La barra lateral indica la profundidad y la altitud medida en metros.

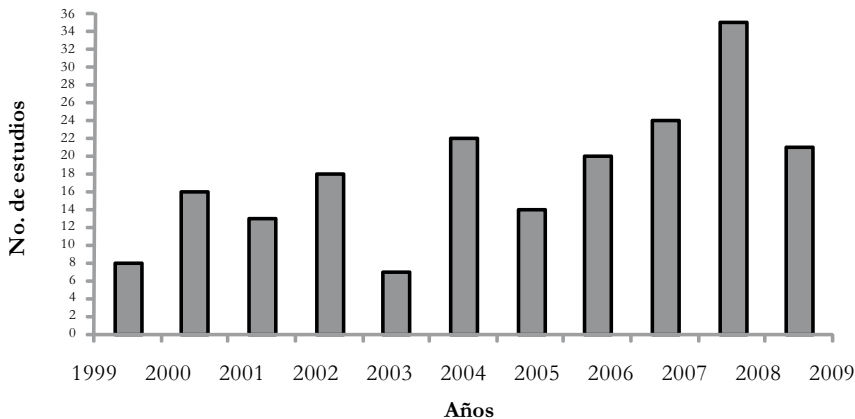
## 8.2 Estado del conocimiento

El estudio de los fondos blandos representa para el país gran interés en términos de conocimiento de la biodiversidad y de sus recursos asociados. Si bien el número de investigaciones desarrolladas aún es muy bajo en proporción a la extensión de estos ambientes, se ha logrado avanzar lentamente en temáticas particulares en especial en la identificación de los grupos animales más conspicuos y de interés económico. En total 200 trabajos han sido dados a conocer desde que se comenzó a emitir este informe, entre 1998 y 2009, lo que representa un promedio de 17 investigaciones/año que incrementan el estimado para el 2008 el cual se encontraba en 14



investigaciones/año (Montoya-Cadavid, 2009). La dificultad para el acopio de información a través del territorio nacional continúa siendo la principal limitante para conocer lo realizado anualmente, pues es difícil lograr el compromiso de investigadores e instituciones a lo largo del país para que informen sobre sus trabajos de manera oportuna, lo cual es particularmente importante cuando se trata de informes técnicos que generalmente son de acceso restringido y no se referencian en las bases de datos públicas de las entidades, por lo que en muchos casos los investigadores constituyen la única fuente de difusión de dichos estudios.

Para el 2009 se dieron a conocer 21 nuevos trabajos, aproximadamente un 40% menos con respecto al año anterior (figura 8.2); hecho que se relacionó directamente con la realización en el 2008 del Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar que facilitó el acopio de información y evidenció la importancia de este tipo de eventos para la socialización de la misma.



**Figura 8.2.** Recuento histórico del número de trabajos relacionados con fondos blandos realizados entre 1999 y 2009 en Colombia.

Por otra parte, se obtuvo información de 18 investigaciones desarrolladas en años anteriores de las cuales no se tenía conocimiento (tabla 8.2) que incrementaron el compendio general, modificando en consecuencia las cifras presentadas en el recuento histórico para los años 2002, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 (figura 8.2), las cuales pueden ser comparadas con las citadas en el informe anterior para mayor ilustración (Montoya-Cadavid, 2009). Con relación a las temáticas abordadas, se encontró que durante el 2009 el 52% de los estudios fueron de caracterización seguidos de lejos por los taxonómicos (24%), de distribución y función (9.5% cada uno) y biología de organismos (5%) (tabla 8.1); entre los trabajos se destacan el registro de una nueva especie de molusco para la ciencia (Gracia y Ardila, 2009) y los estudios sobre tiburones, rayas y quimeras, que aportan información valiosa acerca del estado del conocimiento de estos importantes organismos asociados a los fondos blandos y a otros ecosistemas en el Caribe y Pacífico colombiano (Caldas *et al.*, 2009; Castro-González y Ballesteros-Galvis, 2009; Díaz-Trujillo, 2009; Grijalba-Bendeck *et al.*, 2009 y Navia *et al.*, 2009). Para las 10 temáticas restantes que se contemplan en este informe no se encontraron trabajos asociados.

**Tabla 8.1.** Recuento histórico del número de trabajos realizados en los fondos blandos de Colombia entre 1999 y 2009 para las diferentes temáticas. \* Temáticas a las cuales se les adicionaron trabajos que no habían sido registrados en las recopilaciones anteriores y que son listados en la tabla 8.4

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Temáticas</b>											
<b>Años</b>											
Caracterización (Comprende qué, cómo y dónde).	4	4	2	3	1	2	2	6	5	9	11
Distribución (Comprende únicamente dónde y cuánto).			1							2	2
Función (Conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo).	3	3	5	4	1	4	3	2	6	6	2
Filogenia (Relaciones genéticas).											
Taxonomía (Identificación de especies).	1	6	5	8	5	14	8	8	7	8	5
Biología de organismos (Ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología, etc.).		1						2	1	2	1
Conservación									2	1	
Bioprospección										1	
Manejo										1	
Metodologías						1		1			
Rehabilitación/Restauración/Mitigación											
Impactos: Contaminación		1								3	
Explotación				2		1		1	2	2	
Cambio climático/Fenómenos ambientales				1			1				
Estudios de impacto ambiental		1							1		

La recopilación general sobre la información pertinente a los fondos blandos indica que el 70% de los estudios se han llevado a cabo en el Caribe, el 25% en el Pacífico y el 5% en ambas costas. En el Caribe los departamentos con mayor cantidad de estudios son Magdalena y Guajira, mientras Chocó y San Andrés, Providencia y Santa Catalina tienen el menor número. Por ecorregiones Magdalena (MAG), Caribe Oceánico (COC), Guajira (GUA) y Tayrona (TAY) concentran la mayoría de investigaciones, siendo los trabajos taxonómicos los más representativos; mientras las temáticas de filogenia, conservación, manejo y cambio climático/fenómenos ambientales continúan sin trabajos asociados. En este mismo sentido para el Pacífico los departamentos más trabajados son Valle del Cauca y Chocó, los cuales a su vez constituyen la ecorregión Buenaventura (BUE) que cuenta con el mayor número de estudios, destacándose los realizados en las temáticas de función y caracterización; en segundo lugar se encuentra Pacífico Oceánico (PAO) donde principalmente se ha trabajado en taxonomía (Tabla 8.2). Es de anotar que Malpelo (MAL) es la única ecorregión que no cuenta con registro de trabajos asociados.

En cuanto a las instituciones involucradas en las investigaciones dadas a conocer en el 2009, se encontró que en el Caribe participaron y financiaron estudios un total de 15 entidades: una organización no gubernamental (Conservación Internacional Colombia), dos empresas privadas (BPXC Ltda. y Chevron Petroleum Company), cuatro entidades públicas (COLCIENCIAS, Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, INVEMAR y MAVDT) y ocho universidades (U. de los Andes, U. de Antioquia, U. de Córdoba, U. Javeriana, U. del Magdalena, U. Nacional, U. del Norte y U. Jorge Tadeo Lozano). Para el Pacífico ocho entidades tuvieron participación en los trabajos: tres organizaciones no gubernamentales (Conservación Internacional Colombia, Fundación Malpelo y Fundación Squalus), tres entidades públicas (COLCIENCIAS, INVEMAR y MAVDT) y dos universidades (U. Jorge Tadeo Lozano y U. del Valle).



### 8.3 Compendio de estudios relativos al ecosistema de fondos blandos

#### 8.3.1 Nuevos estudios

La tabla 8.3 describe los 21 nuevos trabajos relacionados con los fondos blandos que se dieron a conocer durante el año 2009, de los cuales 18 se llevaron a cabo en el Caribe, 1 en el pacífico y dos en ambas costas. Las temáticas abordadas fueron Caracterización, Taxonomía, Función, Distribución y Biología de organismos.

**Tabla 8.3.** Listado de los trabajos relacionados con fondos blandos realizados durante el año 2009 en el Caribe y Pacífico colombiano.

Nombre Proyecto / Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio	Temática
		Región – Departamento (localidad)	
Distribución y zoogeografía de las especies de la familia Galatheidae (Anomura: Galatheaidea) del Caribe y Pacífico colombiano.	Angel-Yunda, 2009	Caribe y Pacífico	Distribución
Cangrejos en el delta del río Ranchería, Riohacha (Colombia) (Crustacea: Decapoda: Brachyura).	Arteta-Boniventura, 2009	Caribe - La Guajira (Riohacha)	Taxonomía
Monitoreo físicoquímico y biótico en la zona de Bahía Colombia y desembocadura del río León (Urabá) con miras al desarrollo y montaje de un proyecto en la zona.	Bolaño <i>et al.</i> , 2009	Caribe - Antioquia (Urabá, Bahía Colombia y río León)	Función
Revisión histórica de la pesca de tiburones y rayas en el mar Caribe continental de Colombia.	Caldas <i>et al.</i> , 2009	Caribe - La Guajira, Magdalena, Atlántico, Córdoba	Caracterización
Estructura de la taxocenosis mollusca - Crustacea - Echinodermata asociada a los fondos blandos del Golfo de Morrosquillo Caribe colombiano, en el período de lluvias de dos años diferentes.	Caro, 2009	Caribe - Sucre (Golfo de Morrosquillo)	Caracterización
Estado del conocimiento de tiburones, rayas y quimeras en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe Insular Colombiano.	Castro-González y Ballesteros-Galvis, 2009	Caribe - Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Caracterización
Evaluación del estado actual del conocimiento de los tiburones y rayas en el Caribe colombiano: análisis temporal y espacial del recurso.	Díaz-Trujillo, 2009	Caribe colombiano	Caracterización
Evaluación de las funciones ecológicas del ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta como sumidero de metales pesados.	Espinosa <i>et al.</i> , 2009	Caribe - (Ciénaga Grande de Santa Marta)	Función
Biología reproductiva, captura por unidad de esfuerzo y estacionalidad de <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758) (Trichiuridae: Teleostei) en la Bahía de Gaira, Caribe de Colombia.	Gómez-Rodríguez, 2009	Caribe - Magdalena (Bahía Gaira)	Biología de organismos

Continuación **Tabla 8.3.**

Nombre Proyecto / Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio		Temática
		Región – Departamento (localidad)		
Distribución y ecología de las poblaciones de ofiuroideos (equinodermata: ophiuroidea) asociados a esponjas en la bahía de Cispatá, departamento de Córdoba.	Gómez y Rodríguez, 2009	Caribe - Córdoba (Bahía de Cispatá)		Distribución
<i>Striocadulus magdalenensis</i> , a new deep-sea Scaphopod (mollusca: scaphopoda: gadilidae) from the Colombian Caribbean.	Gracia y Ardila, 2009	Caribe oceánico- frente al departamento de Atlántico (Bocas de Ceniza)		Taxonomía
Estado del conocimiento de los peces cartilaginosos del Caribe continental de Colombia.	Grijalba-Bendeck <i>et al.</i> , 2009	Caribe - La Guajira, Magdalena, Atlántico, Sucre, Córdoba, Antioquia		Caracterización
Distribución y datos biológicos de los Cangrejos ermitaños (decapoda: anomura) del mar Caribe colombiano colectados por la Expedición Invermar-Macrofauna II.	Merchán-Cepeda <i>et al.</i> , 2009	Caribe - La Guajira, Magdalena, Bolívar, Sucre, Antioquia. Caribe oceánico		Caracterización
Estado de los fondos blandos. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia, año 2008	Montoya-Cadavid, 2009	Caribe y Pacífico		Caracterización
Estado del conocimiento de tiburones y rayas del Pacífico colombiano.	Navia <i>et al.</i> , 2009	Pacífico - Chocó, Valle del Cauca, Cauca, Nariño		Caracterización
Contribución al conocimiento de la fauna íctica en dos isóbatas (10 y 50 m) de la región de La guajira, Caribe colombiano.	Polanco <i>et al.</i> , 2009	Caribe - La Guajira (Palomino y Punta Espada)		Taxonomía
Macroinvertebrados asociados a las raíces del mangle rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> , Linnaeus 1753), en el complejo de ciénagas de la Bahía de Cispatá, Córdoba Caribe colombiano.	Quijano-Tristancho, 2009	Caribe - Córdoba (Bahía Cispatá)		Taxonomía
Descripción morfológica de las especies de Agononida (Baba, 1996) del Océano Atlántico.	Rodríguez, 2009	Caribe - La Guajira, Magdalena, Bolívar, Sucre. Caribe oceánico		Taxonomía / Filogenia
Diagnóstico geológico, geofísico, biótico y de caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del proyecto de definición del diseño de las playas entre el Hoyo Soplador y San Luis en San Andrés Isla.	Sáenz <i>et al.</i> , 2009	Caribe - San Andrés Isla (playas entre San Luis y el Hoyo Soplador)		Caracterización
Levantamiento de información física y biológica como insumo para el estudio de impacto ambiental de la actividad de perforación exploratoria en los bloques RC4 y RC5 en el Caribe colombiano.	Sánchez-Ramírez <i>et al.</i> , 2009	Caribe - Atlántico, Bolívar.		Caracterización
Levantamiento de la línea base biológica terrestre y marina, y análisis de calidad de aguas del área de influencia del proyecto de adquisición sísmica - "Guajira – 2D municipio de Manaure, departamento de La Guajira.	Vega <i>et al.</i> , 2009	Caribe - La Guajira (Manaure)		Caracterización

## 8.4 Listado complementario de estudios en años anteriores

Como complemento a la recopilación de información nacional sobre diferentes temáticas relativas a los fondos blandos presentadas en las versiones de los años 2008 y 2009, se registran a continuación 18 estudios que no habían sido incluidos en los listados (tabla 8.4); de éstos nueve fueron desarrollados en el Pacífico, ocho en el Caribe y uno en ambas costas. El 39% de los trabajos son taxonómicos, seguidos por las temáticas de biología de organismos, explotación y caracterización con 18% cada una, y función y metodologías con 5% cada uno.

**Tabla 8.4.** Listado de diferentes trabajos relacionados con fondos blandos en Colombia que no fueron incluidos en las recopilaciones de 2008 y 2009.

Año	Nombre Proyecto / Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región - Departamento (localidad)	Temática
2002	Nuevo hallazgo del pez escorpión <i>Pontinus sierra</i> (Gilbert, 1890) (Pisces: Osteichthyes: Scorpaenidae) en aguas del Océano Pacífico colombiano.	Pedraza <i>et al.</i> , 2002	Pacífico oceánico - frente a Guapi	Taxonomía
2004	Bottom trawls bycatch of the shrimp fishery in the upwelling area off Colombia, Caribbean Sea. Current status and historical insights.	Duarte <i>et al.</i> , 2004	Caribe - La Guajira	Explotación
2004	Caracterización tecnológica de la flota de arrastre camaronero del mar Caribe de Colombia.	Zúñiga <i>et al.</i> , 2004	Caribe - La Guajira	Metodologías
2004	Evaluación de la ictiofauna demersal extraída por la pesquería industrial de arrastre en el área norte del Caribe colombiano (Enero/2000-Junio/2001).	Viaña <i>et al.</i> , 2004	Caribe - La Guajira	Caracterización
2005	Primer registro del tiburón perro <i>Centrosyllium nigrum</i> (Chondrichthyes: Squalidae) en aguas del Pacífico colombiano.	Rubio <i>et al.</i> , 2005a	Pacífico oceánico - frente a Guapi	Taxonomía
2005	Primer hallazgo de <i>Myxine circifrons</i> Garman 1899 (Agnatha: Myxinidae) en la costa del Pacífico de Colombia.	Rubio <i>et al.</i> , 2005b	Pacífico oceánico - frente a Guapi	Taxonomía
2006	Peces marinos y estuarinos de Bahía Málaga, Valle del Cauca, Pacífico colombiano.	Castellanos-Galindo, <i>et al.</i> , 2006	Pacífico - Valle del Cauca (Bahía Málaga)	Taxonomía
2006	Ecosystem impacts of the introduction of bycatch reduction devices in a tropical shrimp trawl fishery: insights through simulation.	Criales-Hernández <i>et al.</i> , 2006	Caribe - La Guajira	Explotación
2006	Determinación de la capacidad de degradación de compuestos orgánicos persistentes por bacterias marinas aisladas de sedimentos en el Caribe colombiano.	Gómez <i>et al.</i> , 2006	Caribe - Magdalena, Bolívar, Sucre y Córdoba	Función

Continuación **Tabla 8.4**

Año	Nombre Proyecto / Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región - Departamento (localidad)	Temática
2006	Aspectos taxonómicos, anatómicos y biológicos de la raya guitarra <i>Rhinobatos leucorhynchus</i> (Pisces: Elasmobranchii) en el Golfo de Tortugas, Pacífico colombiano.	Payán, 2006	Pacífico - Valle del Cauca (Golfo de Tortugas)	Biología de organismos
2006	Peces demersales del Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, Pacífico colombiano.	Rojas y Zapata, 2006	Pacífico - Cauca (Gorgona)	Taxonomía
2007	Análisis histórico del recurso tiburón y bases biológico-pesqueras del tollo vieja ( <i>Chondrichthyes Triakidae</i> ) <i>Mustelus henlei</i> (Gill, 1863) capturado en la pesca camaronesa y artesanal en el Puerto de Buenaventura, Pacífico colombiano.	Bustamante, 2007	Pacífico colombiano - Chocó, Valle del Cauca, Cauca	Caracterización
2007	Tiburones y rayas de Colombia (Pisces elasmobranchii): lista actualizada, revisada y comentada.	Mejía-Falla <i>et al.</i> , 2007	Caribe y Pacífico	Taxonomía
2007	Bioecología de la raya látigo <i>Dasyatis guttata</i> (Blonch y Schneider, 1801) capturada con artes de pesca artesanal en Don Jaca, Santa Marta, Caribe colombiano.	Mojica -Moncada, 2007	Caribe - Magdalena (Don Jaca)	Biología de organismos
2007	Composición de la captura en la pesquería del camarón de aguas profundas ( <i>Solenocera agassizi</i> Faxon, 1893; <i>Farfantepenaeus californiensis</i> Holmes, 1900 y <i>Farfantepenaeus brevirostris</i> Kingsley, 1878) del océano Pacífico colombiano.	Puentes <i>et al.</i> , 2007	Pacífico colombiano (entre el límite con Panamá y el límite con Ecuador)	Explotación
2008	Lista de chequeo de las familias Galatheididae y Chirostylidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) del Neotrópico.	Fierro <i>et al.</i> , 2008	Caribe - La Guajira, Magdalena, Bolivar, Sucre, Córdoba, Antioquia	Taxonomía
2008	Aspectos reproductivos de la raya guitarra <i>Rhinobatos percellens</i> (Walbaum) (Rajiformes: Rhinobatidae) en Santa Marta, Caribe colombiano.	Grijalba-Bendeck, 2008	Caribe - Magdalena (Santa Marta)	Biología de organismos
2008	Análisis histórico sobre la fauna acompañante de la pesca de arrastre del camarón de aguas someras (FACAS) en el Pacífico colombiano.	Zárrate, 2008	Pacífico (Golfo Tortugas, Cabo Corrientes-Pasacaballlos)	Caracterización

## 8.5 Conclusión

Durante el 2009 el aporte de estudios relacionados con fondos blandos superó en cantidad al promedio anual registrado (17 trabajos/año), lo que permite determinar que el conocimiento de estos ambientes en Colombia continúa avanzando y aunque el progreso es lento y aun son muy pocas las investigaciones en proporción a su extensión, es importante destacar el esfuerzo que tanto los investigadores como las diferentes instituciones públicas y privadas han realizado para dar continuidad a los trabajos tanto en el Caribe como en el Pacífico en pro de una mayor comprensión. No obstante seguirá siendo necesario insistir en la en el desarrollo de investigación básica, abarcar



nuevas temáticas y procurar establecer planes de monitoreo que permitan profundizar en el conocimiento de la dinámica del ecosistema, su susceptibilidad tanto a impactos naturales como antrópicos y la generación e implementación de estrategias de conservación. Asimismo será muy importante seguir acortando la brecha de conocimiento del ecosistema entre el Caribe y el Pacífico.

## 8.6 Literatura citada

- Angel-Yunda, C. 2009. Distribución y zoogeografía de las especies de la familia Galatheidae (Anomura: Galatheoidea) del Caribe y Pacífico colombiano. Trabajo de grado Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 246 p.
- Arteta-Bonivento, R. 2009. Cangrejos en el delta del río Ranchería, Riohacha (Colombia) (Crustacea: Decapoda: Brachyura). Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, 13(1):140-152.
- Belan, T.A. 2003. Marine environmental quality assessment using polychaete taxocene characteristics in Vancouver Harbour. Marine Environmental Research, 57:89-101.
- Bolaño, M., L. Echeverry, B. Cadavid, P. Bautista, C. Sánchez y C. Uribe. 2009. Calidad de aguas, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en Bahía Colombia, Golfo de Urabá. INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Ejecutivo de Actividades, para Puerto Bahía. Santa Marta. 128 p. + Anexos.
- Bostford L., J. Castilla y C. Peterson, 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. Science, 277(5325):509-515.
- Bustamante, C. 2007. Análisis histórico del recurso tiburón y bases biológico-pesqueras del tollo vieja (*Chondrichthyes Triakidae*) *Mustelus henlei* (Gill, 1863) capturado en la pesca camaronera y artesanal en el Puerto de Buenaventura, Pacífico colombiano. Trabajo de grado Biología marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 159 p.
- Caldas, J.P., E.M. Díaz-Trujillo, C.B. García y L.O. Duarte. 2009. Revisión histórica de la pesca de tiburones y rayas en el mar Caribe continental de Colombia. p. 97-129. En: Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Puentes, V., A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C. Díazgranados y L.A. Zapata (Eds). Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia. 245 p.
- Caro, V. 2009. Estructura de la taxocenosis Mollusca - Crustacea - Echinodermata asociada a los fondos blandos del Golfo de Morrosquillo Caribe colombiano, en el período de lluvias de dos años diferentes. Trabajo de grado Biología marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 135 p.
- Castellanos-Galindo, G.A., J.A. Caicedo-Pantoja, L.M. Mejía-Ladino y E.A. Rubio. 2006. Peces marinos y estuarinos de Bahía Málaga, Valle del Cauca, Pacífico colombiano. Biota Colombiana, 7(2):263-282.
- Castro-González, E.R. y C.A. Ballesteros-Galvis. 2009. Estado del conocimiento de tiburones, rayas y quimeras en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe Insular Colombiano. p. 13-38. En: Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Puentes, V., A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C. Díazgranados y L.A. Zapata (Eds). Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia. 245 p.
- Criales-Hernández, M.E., L.O. Duarte, C.B. García, L.M. Manjarrés. 2006. Ecosystem impacts of the introduction of bycatch reduction devices in a tropical shrimp trawl fishery: insights through simulation. Fisheries Research, 77:333-342.
- Crisp, D. J. 1984. Energy flow measurements. p. 284-367. En: Holme N.A. y A.D. McIntyre (Eds). Methods for the study of the marine benthos. IBP Handbook 16. Blackwell, Oxford.
- Díaz-Trujillo, E.M. 2009. Evaluación del estado actual del conocimiento de los tiburones y rayas en el Caribe colombiano: análisis temporal y espacial del recurso. Trabajo de grado Biología marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 90 p.

- Duarte, L.O., C.B. García, J. Altamar y L. Manjarrés. 2004. Bottom trawls bycatch of the shrimp fishery in the upwelling area off Colombia, Caribbean Sea. Current status and historical insights. p. 142-190. En: Manjarrés, L., L.O. Duarte, C.B. García, M.I. Criales, J. Altamar, J. Viana, P. Gómez, F. Cuello, J. Mazenet y F. Escobar (Eds.) Dinámica espacio-temporal del ecosistema de afloramiento del área Bocas de Ceniza - Punta Espada (Caribe colombiano) y sus implicaciones para un régimen de pesca responsable. Informe técnico final. UNIMAG – COLCIENCIAS – INCODER – INPA – UNAL, Santa Marta.
- Espinosa L.F., J.P. Parra, C.A. Villamil y L.V. Perdomo. 2009. Evaluación de las funciones ecológicas del ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta como sumidero de metales pesados. Invenmar, Programa Calidad Ambiental Marina. Informe Técnico Final, COLCIENCIAS. Santa Marta, 57 p. + 13 Anexos.
- Fierro, M., G. Navas, A. Bermúdez y N.H. Campos. 2008. Lista de chequeo de las familias Galatheididae y Chirostyliidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) del Neotrópico. Biota Colombiana, 9(1):1-20.
- Freire, J. y A. García-Allut. 2000. Socio-economical and biological causes of management failures in European artisanal fisheries: the case of Galicia (NW Spain). Marine Pollution, 24:375-384.
- Freire, J., C. Bernárdez, A. Corgos, L. Fernández, E. González-Gurriarán, M. Sampetro y P. Verfísimo. 2002. Management strategies for sustainable invertebrate fisheries in coastal ecosystems of Galicia (NW Spain). Aquatic Ecology, 36:41-50.
- Gómez-Rodríguez, S. 2009. Biología reproductiva, captura por unidad de esfuerzo y estacionalidad de *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758) (Trichiuridae: Teleostei) en la Bahía de Gaira, Caribe de Colombia. Trabajo de grado Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 66 p.
- Gómez, P. y E. Rodríguez. 2009. Distribución y ecología de las poblaciones de ofiuroideos (equinodermata: ophiuroidea) asociados a esponjas en la bahía de Cispatá, departamento de Córdoba. Trabajo de grado Biología. Universidad de Córdoba. 106 p.
- Gómez, M.L., C. Hurtado, J. Dussan, J.P. Parra y S. Narváez. 2006. Determinación de la capacidad de degradación de compuestos orgánicos persistentes por bacterias marinas aisladas de sedimentos en el Caribe colombiano. Actualidades biológicas, 28(85):125-137.
- Gracia A y N.E. Ardila. 2009. *Striocadulus magdalenensis*, a new deep-sea scaphopod (mollusca: scaphopoda: gadilidae) from the Colombian Caribbean. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 38(1):143-150.
- Grijalba-Bendeck, L.M. 2008. Aspectos reproductivos de la raya guitarra *Rhinobatos percellens* (Walbaum) (Rajiformes: Rhinobatidae) en Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis M.Sc. Biología, Línea Biología Marina - Instituto de Ciencias Naturales, Centro de Estudios en Ciencias del Mar - CECIMAR, Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta. 100 p.
- Grijalba-Bendeck, M., A. Acero, E.M. Díaz-Trujillo y f. Gómez. 2009. Estado del conocimiento de los peces cartilaginosos del Caribe continental de Colombia. p. 41-96. En: Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Puentes, V., A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C. Díazgranados y L.A. Zapata (Eds). Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia. 245 p.
- Guzmán-Alvis, A. y O.D. Solano. 2002. Estado de los fondos blandos de la plataforma continental, pp 71-75. En: Ospina-Salazar G.H. y A. Acero (eds). INVEMAR, Informe del estado del los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2001. (Serie de publicaciones periódicas No. 8.). Medellín, Cuartas Impresiones. 178 p.
- Longhurst, A. R. y D. Pauly. 1987. Ecology of tropical oceans. Academic Press, San Diego, 407 p.
- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia, L.M. Mejía-Ladino, A. Acero y E.A. Rubio. 2007. Tiburones y rayas de Colombia (Pisces elasmobranchii): lista actualizada, revisada y comentada. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 36(1):111-149.
- Merchán-Cepeda, A. N.H. Campos, A. Franco y A. Bermúdez. 2009. Distribución y datos biológicos de los Cangrejos ermitaños (decapoda: anomura) del mar Caribe colombiano colectados por la Expedición Invenmar-Macrofauna II. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 38(1):121-142.
- Mojica-Moncada, D.F. 2007. Bioecología de la raya látigo *Dasyatis guttata* (Blonch y Schneider, 1801) capturada con artes de pesca artesanal en Don Jaca, Santa Marta, Caribe colombiano. Trabajo de grado Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 96 p.

- Montoya-Cadavid, E. 2009. Estado de los fondos blandos. pp. 157-171. En: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia, año 2008. INVEMAR, Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 243 p.
- Navia, A.F., P.A. Mejía-Falla, L.A. Zapata, S. Bessudo, G. Soler y E.A. Rubio. 2009. Estado del conocimiento de tiburones y rayas del Pacífico colombiano. p. 131-193. En: Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Puentes, V., A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C. Dfrazgranados y L.A. Zapata (Eds). Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia. 245 p.
- Payán, L.F. 2006. Aspectos taxonómicos, anatómicos y biológicos de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Pisces: Elasmobranchii) en el Golfo de Tortugas, Pacífico colombiano. Trabajo de grado Biología. Universidad del Valle, Cali. 62 p.
- Pedraza, M.J., E.A. Rubio y L.A. Zapata. 2002. Nuevo hallazgo del pez escorpión *Pontinus sierra* (Gilbert, 1890) (Pisces: Osteichthyes: Scorpaenidae) en aguas del Océano Pacífico colombiano. *Gayana*, 66(1):69-72.
- Polanco F., A., J.A. Quintero-Gil F. Cortés y G. Duque. 2009. Contribución al conocimiento de la fauna fíctica en dos isóbatas (10 y 50 m) de la región de La Guajira, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38(2):145-163.
- Puentes, V., N. Madrid y L.A. Zapata. 2007. Composición de la captura en la pesquería del camarón de aguas profundas (*Solenocera agassizi* Faxon, 1893; *Farfantepenaeus californiensis* Holmes, 1900 y *Farfantepenaeus brevirostris* Kingsley, 1878) del océano Pacífico colombiano. *Gayana*, 71(1):84-95.
- Quijano-Tristancho, J.C. 2009. Macroinvertebrados asociados a las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*, Linnaeus 1753), en el complejo de ciénagas de la Bahía de Cispatá, Córdoba Caribe colombiano. Trabajo de grado Biología marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 150 p.
- Rodríguez, N. 2009. Descripción morfológica de las especies de *Agonida* (Baba, 1996) del Océano Atlántico. Trabajo de grado Biología. Universidad de Antioquia, Medellín. 50 p.
- Rojas, P. y L.A. Zapata. 2006. Peces demersales del Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, Pacífico colombiano. *Biota Colombiana*, 7(2):211-244.
- Rubio, E.A., M.J. Pedraza y L.A. Zapata. 2005a. Primer registro del tiburón perro *Centroscyllium nigrum* (Chondrichthyes: Squalidae) en aguas del Pacífico colombiano. *Gayana*, 69(1): 113-117.
- Rubio, E.A., M.J. Pedraza y L.A. Zapata. 2005b. Primer hallazgo de *Myxine circifrons* Garman 1899 (Agnatha: Myxinidae) en la costa del Pacífico de Colombia. *Gayana*, 69(1):118-121.
- Sáenz, H.F., J.M. Betancourt, B.O. Posada, I. Restrepo, D.F. Morales, M.P. Bolaño, D. Vega, L.A. Mejía, A. Merchán, L.A. Gómez y L.C. Gámez. 2009. Diagnóstico geológico, geofísico, biótico y de caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del proyecto de definición del diseño de las playas entre el hoyo soplador y San Luis en San Andrés Isla. INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Técnico Final (ITF), para la Universidad del Norte. Santa Marta. 376 p. + Anexos.
- Sánchez-Ramírez, C., F. Cortés, A. Polanco, M. Benavidez, E. Montoya-Cadavid, A. Gracia, A. Bermúdez, M. Rueda, D.P. Mármol y O.D. Solano. 2009. Evaluación de las comunidades bentónicas y de la pesca artesanal antes y después de la prospección sísmica en la plataforma continental somera del bloque RC5 en el Caribe colombiano. INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe final, para la empresa BPXC Ltd., Santa Marta. 147 p. + Anexos.
- Tumbiolo, M.L. y J.A. Downing. 1994. An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations. *Marine Ecology Progress Series*, 114:165-174.
- Vallega, A., 1999. Fundamentals of integrated coastal management. Dordrecht. Netherlands. Kluwer Academic Publishers, 264 p.
- Vega, D.A, Merchán, B. Cadavid, G. Ulloa, H.F. Sáenz, L. Echeverri, L. Gámez, L. Mejía, L. Ramos, M. Bolaño, P. Bautista y W. Gil. 2009. Levantamiento de la línea base biológica, terrestre y marina, y Análisis de calidad de aguas del área de influencia del proyecto de adquisición sísmica - "Guajira - 2d" Municipio de Manaure, departamento de La Guajira. Informe Técnico Final, para la empresa Chevron Petroleum Company, Santa Marta. 245 p. +Anexos.

- Viaña, J., J. Medina, M. Barros, L.M. Manjarrés, J. Altamar y M. Solano. 2004. Evaluación de la ictiofauna demersal extraída por la pesquería industrial de arrastre en el área norte del Caribe colombiano (Enero/2000-Junio/2001). pp. 93-114. En: Manjarrés, L.M. (Ed) Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico-pesqueros y poblacionales del recurso pargo. Universidad del Magdalena, Santa Marta.
- Zárrate, D.A. 2008. Análisis histórico sobre la fauna acompañante de la pesca de arrastre del camarón de aguas someras (FACAS) en el Pacífico colombiano. Trabajo de grado Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 98 p. + Anexos.
- Zúñiga, H., J. Altamar y L.M. Manjarrés. 2004. Caracterización tecnológica de la flota de arrastre camaronero del mar Caribe de Colombia. FAO, Roma. 21 p.

## 9. INDICADORES DE ESTADO DE CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS MARINO-COSTEROS DE COLOMBIA

*Angélica María Batista-Morales y Diana Isabel Gómez L.*

### 9.1 Generalidades

Internacionalmente hay una tendencia a maximizar la difusión de información ambiental con el fin de facilitar la mejora de procesos de protección y conservación del ambiente por parte de entidades públicas y privadas, organizaciones no gubernamentales o ciudadanos. El conocimiento y la información sobre el estado de conservación de ambientes marinos y costeros, constituye un instrumento estratégico en la toma de decisiones sobre políticas de manejo y en la presencia de gobernabilidad de las instituciones en la conservación de estos sistemas.

Los mecanismos que se emplean para determinar el estado de un ecosistema, presentan dos constricciones: la primera se refiere a la inherente variabilidad del medio natural en escalas de corto, mediano y largo plazo; y la segunda radica en las limitaciones para modelar cuantitativamente esa variabilidad y en consecuencia, para predecir los efectos de la influencia humana en la productividad de los sistemas naturales (Steer *et al.*, 1997). Lo anterior, conlleva a realizar investigaciones y monitoreos de diferentes atributos con el objetivo de medir esa variabilidad, identificar patrones naturales y la magnitud de la afectación de los recursos naturales y del ambiente a causa de las actividades antrópicas, generándose así una gran cantidad de datos. Dichos datos por sí mismos carecen de significado para la administración y manejo de información ambiental, a menos que se observen y analicen de acuerdo a valores de referencia de la misma variable estudiada en el tiempo, en el espacio o su comportamiento respecto a lo que presentan otras variables, de manera que se recojan y se presenten en una forma que puedan ser conceptualizados por otros especialistas y así mismo, entendidos por los usuarios. En este punto surge el obstáculo de definir en una medida de comparación la percepción de un ecosistema marino-costero en "buen estado", y esto se logra transformando los datos en una expresión medible de un factor ambiental o "indicador" (OCSE, 2002; Jackson *et al.*, 2002).

Un indicador puede ser definido como una variable o un valor derivado de un conjunto de variables que provee información sobre un fenómeno no medible directamente. Tiene una significancia que va más allá de las propiedades directamente asociadas con el valor de la variable en un marco de explicación (OECD, 1993; Jackson *et al.*, 2002). Un indicador simplifica un fenómeno para ayudar a identificar cambios en un sistema (Ortiz *et al.*, 2004). El uso de indicadores contribuye a sintetizar y analizar abundante información técnica, tomar medidas y acciones sobre temas prioritarios, identificar problemas y áreas de acción, fijar objetivos y metas de desarrollo y/o calidad ambiental y a medir y comunicar sobre las tendencias, evolución y condición del medio ambiente y los recursos naturales, con el fin de observar las tendencias del sistema (Winograd, 1995).

Los indicadores son clasificados en función de su complejidad. Los indicadores simples hacen referencia a estadísticas obtenidas directamente de la realidad, generalmente expresadas en superficie o población, el cual según Castro (2002) no es más que un signo que ofrece información más allá del dato mismo, facilitando un conocimiento más comprensivo de la realidad a analizar (por ejemplo, m<sup>3</sup> de lluvia). Los indicadores complejos son el resultado de combinar varios indicadores simples mediante sistemas de ponderación o algoritmos, para proporcionar mayor información sobre una realidad cuando no se conoce del todo (Comunidad Andina, 2005), así como medir o advertir un cambio en el tiempo y/o en el espacio de un determinado fenómeno o proceso (Eswaran *et al.*, 1992).

Con la finalidad de contribuir al seguimiento de los lineamientos de Política Nacional Ambiental y del Plan Nacional de Desarrollo, el INVEMAR se ha dado a la tarea de elaborar, probar y ajustar una batería de indicadores simples y complejos que permitirán evidenciar los cambios registrados en el estado de conservación de las áreas coralinas, manglares y pastos marinos, para lo cual se ha realizado un análisis integrado de la información que ha sido generada históricamente a través de los monitoreos de dichos ecosistemas. El desarrollo de la batería de indicadores se cimienta en los trabajos derivados del proyecto “Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia” especialmente de la publicación del Sistema de Información Ambiental de Colombia, Tomo II: Primera Generación de Indicadores de Línea Base de la Información Ambiental de Colombia (Castaño y Carrillo, 2002). La idea de continuar con la iniciativa de una batería de indicadores se estudió a finales del 2008, probándose diferentes estrategias de indicadores en el 2009 y se realizó un taller para seleccionar los definitivos y las estrategias para su cálculo que aquí se plantea continuación. Esta batería de indicadores deberá ser considerada como una herramienta de complemento a la información que es presentada por los programas de monitoreo, de alerta temprana y de diagnóstico de estado de conservación de las áreas marino-costeras consideradas, y eventualmente podrá orientar y perfeccionar el proceso de toma de datos, al igual que facilitar la identificación de áreas y temas en donde la información disponible es insuficiente, inconsistente o inexistente.

La aplicación de esta batería de indicadores como herramienta, su profundidad y su alcance aun se encuentra en una etapa muy temprana, en comparación a casos similares desarrollados en el Caribe (Pej.: McField y Kramer, 2007; The Heinz center, 2008; UNESCO, 2006) y en el país (Ortiz *et al.*, 2004); el proceso de afinamiento de la batería de indicadores de estado de los ecosistemas marino-costeros considerados se ajustara mediante su implementación para identificar falencias y necesidades de información, así como con el empleo de nuevas tecnologías en los métodos de monitoreo.

Dado que es la primera vez que presenta esta batería de indicadores de estado de conservación, las metas que se persiguen con el presente documento son sencillas. (1) Socializar

y describir los indicadores simples y complejos elaborados para los ecosistemas estratégicos monitoreados por el INVEMAR: áreas coralinas, bosques de manglar y praderas de fanerógamas, desde su planteamiento y metodología para selección de parámetros y construcción del indicador y (2) Presentar los primeros reportes de los indicadores validados manejados con sensores remotos, y con una versión en revisión de un indicador complejo.

Con los anteriores, se analizarán de forma descriptiva las tendencias generales observadas en los indicadores relacionados con sensores remotos, así mismo en el ejercicio de probar el indicador complejo.

## **9.2 Marco ordenador y estructura planteada para la batería de indicadores de estado de ecosistemas marinos y costeros: arrecifes coralinos, manglares y pastos marinos**

El modelo PER (Estado, Presión, Respuesta) propuesto por Adriaanse (1994) y desarrollado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico –OCDE (1993) corresponde al marco ordenador sobre el cual se han desarrollado y organizado indicadores ambientales que han tenido gran utilidad a nivel mundial (UN, 1996; UNEP-CBD-SBSTTA, 1997; Armenteras *et al.*, 2003; Mace y Baillie, 2007). Este modelo tiene como objetivo responder interrogantes como 1. ¿Cuál es el estado actual de los recursos naturales y del medio ambiente?, 2. ¿Qué y quién está afectando los recursos naturales y el ambiente?, 3. ¿Qué está haciendo la sociedad para mitigar o resolver los problemas ambientales y para fortalecer sus potencialidades? (Rump, 1996). De esta manera los indicadores se pueden organizar en tres grupos dependiendo de lo que se pretenda medir (Ortiz *et al.*, 2004; Rincon *et al.*, 2004). Los *Indicadores de presión* describen factores económicos, sociales, demográficos, políticos y productivos que tiene la potencialidad de ocasionar cambios negativos en el estado de la biodiversidad. Los *Indicadores de estado*: miden las condiciones o la situación en que se encuentra la biodiversidad en un momento determinado. *Indicadores de respuesta*: identifican las acciones y medidas (de carácter científico, político, económico y/o social) que se van poniendo en práctica para lograr los escenarios deseados de conservación, conocimiento y uso sostenible de la biodiversidad.

De acuerdo con las competencias del INVEMAR, una de las metas que se planteó con la batería de indicadores dentro del grupo de *Estado* para la determinación de las condiciones de conservación en las que se hallan los ecosistemas, fue el diseño e involucramiento del enfoque ecosistémico (perspectiva de un paisaje regional que contiene ecosistemas de las comunidades; Noss, 1990) que considera la relación del nivel de organización biológica con la escala geográfica de trabajo que para el caso son las ecorregiones naturales establecidas en el Programa de Investigaciones en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM (INVEMAR, 2000) .

La batería de indicadores de estado de conservación se planteó en dos escalas de trabajo:

General (A nivel de Paisaje, 1:100.000 y 1:50.000): Haciendo referencia a la composición del paisaje marino-costero, es decir, a la identidad, distribución, riqueza, proporciones de tipos de ecosistemas marinos (hábitat), conjuntos de paisaje, patrones colectivos de la distribución de ecosistemas, entre otros. Se incluyen en esta escala los siguientes indicadores simples:

- Indicador de Extensión Áreas Coralinas (en revisión)
- Indicador de Extensión Bosques de Manglar
- Indicador de Extensión de Praderas de Fanerógamas
- Indicador de Fragmentación Bosques de Manglar

Detallada (A nivel de ecosistema, 1:25.000 – 1:5.000): Considera los atributos estructura, salud y funcionalidad de estos ecosistemas. Con este se involucraron una serie de indicadores simples que da cuenta de estos atributos para cada ecosistema, con el fin de calcular los indicadores complejos de:

- Indicador de Integridad Biótica Áreas Coralinas
- Indicador de Integridad Biótica Bosques de Manglar
- Indicador de Integridad Biótica Praderas de Fanerógamas

### 9.2.1 Criterios empleados para la selección de los indicadores simples y complejos

Los criterios para la selección de la batería de indicadores son (siguiendo a Sarmiento *et al.*, 2000; INVEMAR, 2003; Rudas *et al.*, 2002; Ortiz *et al.*, 2004):

1. *Relevancia conceptual y política*: el indicador debe responder a preguntas acerca del estado o riesgo ecológico de los recursos y del medio ambiente marino, en lo concerniente al manejo o conservación de estos.
2. *Validez*: el indicador debe cumplir con características técnicas para garantizar que efectivamente está midiendo lo que pretende medir.
3. *Sensibilidad*: los indicadores calculados para series históricas deben ser capaces de poner en evidencia la variabilidad de los parámetros sobre los cuales se fundamentan.
4. *Disponibilidad y factibilidad de implementación*: el indicador debe contar para su cálculo con información disponible o susceptible de ser generada con base en recursos disponibles. Por tanto, los métodos de muestreo y las variables a medir deben ser factibles, apropiadas y eficientes en cuanto a logística y costos. Contando con metodologías, escalas de aplicación, unidades de muestreo, periodicidad de muestreo y sitios de monitoreo, estandarizados.
5. *Replicabilidad*: el indicador puede medirse y verificarse de manera consistente y sistemática, con base en información claramente identificable a través de su respectiva hoja metodológica.
6. *Comparabilidad*: el indicador puede ser medido en diferentes escenarios espaciales y temporales.
7. *Simplicidad*: el indicador producido debe ser comprensible para diversos usuarios.



### 9.3 Limitaciones y Alcances

Debido a las dos escalas de trabajo que son consideradas, la batería de indicadores propuesta, permitirá registrar los cambios en el estado de conservación de los ecosistemas a nivel regional y de paisajes al interior de dichas ecorregiones. La batería como una herramienta de complemento a los programas de investigación y monitoreo, podrá servir no solo de alerta temprana y de diagnóstico de estado de conservación de las áreas marino-costeras bajo estudio, sino que también eventualmente podrá orientar y perfeccionar el proceso de toma de datos, al igual que facilitar la identificación de áreas y temas en donde la información disponible es insuficiente, inconsistente o inexistente. Aunque el INVEMAR cuenta con sistemas de monitoreos de áreas especiales de manejo, son pocas para el área a cubrir necesaria para poder establecer procesos regionales. En la medida en que haya concertación de transferencia de información entre las diferentes entidades ambientales que realizan monitoreos en ecosistemas marino-costeros, podrá alcanzarse mejor precisión en el análisis de procesos en las escalas aquí consideradas. Siendo la primera vez que se aplica la batería de indicadores, quedan ajustes por realizar en adelante, para conseguir su validación y posterior involucramiento de otras instituciones tanto en compartir la información existente o en la participación total en la toma de datos en campo.

### 9.4 Métodos empleados para el cálculo de los indicadores basados en procesamiento de imágenes<sup>3</sup>

La obtención de información de coberturas sobre la superficie terrestre y sus variaciones en el tiempo se hace posible utilizando técnicas de procesamiento de imágenes de satélite o fotografías aéreas. En general para la obtención de los indicadores de escala de trabajo general, se siguen los pasos para el procesamiento de imágenes raster acompañado de actividades de validación en campo y estadística de primer y segundo grado.

#### 9.4.1 Cálculo del Indicador de Extensión

Es un indicador simple que muestra la localización del ecosistema objeto de estudio, su cobertura y distribución por obtención de contornos o límites, permite hacer el análisis de presencia/ausencia y del cambio en la extensión de los ecosistemas (ganancia o pérdida). Los pasos generales para el cálculo de los indicadores de Extensión (INVEMAR, 2009a) son:

- Adquisición de datos: incluye la adquisición de los datos de sensores remotos e información secundaria relevante para el área de estudio

---

3 El ajuste a la metodología para el cálculo de los indicadores de Extensión y Fragmentación, fue conducido por Pilar Lozano Jefe de Línea Análisis Integrado de Información del INVEMAR, contó con la colaboración de Marcela Velasco-Ecóloga, Carolina García Valencia Bióloga-Marina, Stephane Rifaterra-Geógrafo y Daniel Rozo-Jefe del Laboratorio de Sistemas de Información LabsIS. Mayor información [drozo@invemar.org.co](mailto:drozo@invemar.org.co)

## Pre-procesamiento de la imagen

- Corrección geométrica: se relaciona la imagen con un sistema de referencia definido usando transformaciones geométricas, para poder superponer datos vectoriales almacenados.
- Clasificación no supervisada: puede ser usando algoritmos de segmentación por regiones o basado en píxeles.
- Visita de campo: incluye la identificación de puntos de verificación y la planeación y ejecución de salida.

## Procesamiento de la imagen

- Corrección atmosférica: Se eliminan las condiciones atmosféricas (gases y partículas) de la toma que modifiquen la cantidad de radiación recibida por el sensor, evitando distorsiones e interferencia.
- Geocodificación de la imagen: se crea una nueva imagen proyectada al sistema de coordenadas y se recalcula el valor digital del píxel por medio de un remuestreo. Para Colombia los datos deben estar en MAGNA-SIRGAS.
- Mosaico: de ser necesario se pueden unir “n” imágenes del área en un mismo archivo basándose en la corrección geométrica realizada en el paso anterior.
- Definición de clases de cobertura (opcional): identificar otros tipos de cobertura como playas, vegetación acuática, etc., ayudar a realizar un análisis integrado de los cambios en el ecosistema.
- Máscara (opcional): hacer máscaras ayuda a eliminar ruido y optimizar el tiempo de procesamiento del área de interés, ej: sobre nubes y sombras, empleando la banda del infrarrojo IR asignando valor digital 0 a las áreas a eliminar.
- Transformaciones espectrales: se utilizan para mejorar la calidad de la imagen, reduciendo redundancias de información, agregando información de otros sensores o removiendo ruido. Entre estas técnicas se encuentran los Índices de vegetación, el Análisis de Componentes Principales ACP y cociente entre bandas.
- Segmentación: se realiza sobre el resultado de las transformaciones espectrales utilizando los parámetros de segmentación del mejor ajuste.
- Clasificación de tipo automático o semiautomático: En ésta última se proveen muestras representativas de cada clase a partir del conocimiento del área (puntos de verificación).

## Pasos adicionales para ecosistemas sumergidos:

La respuesta espectral de cada una de las clases de cobertura de la tierra es diferente, a la encontrada en los ecosistemas marinos, lo que conlleva además a la selección del sensor y las bandas a utilizar (INVEMAR, 2009a). Los sensores más utilizados para el mapeo de ambientes marinos someros han sido Landsat TM y ETM, SPOT PAN y XS, Quickbird, IKONOS, CASI y fotografías aéreas

(INVEMAR, 2009b). Es por ello que en el caso de ecosistemas sumergidos se requiere que previo a las transformaciones se realice:

- a. Corrección de brillo en la superficie del mar (Deglint): elimina el efecto del reflejo sobre las crestas o pendientes de las olas generadas por el viento.
- b. Corrección de la columna de agua: elimina el efecto de atenuación de la luz por penetración a lo largo de la columna de agua.

### Cálculo del indicador

- Cálculo de vigencia actual: sobre la clasificación obtenida y por interpretación visual (pantalla), se hace una revisión y validación de la clase de ecosistema. Se optimiza el resultado de la clasificación, apoyándose en datos de las estaciones de muestreo, técnicas de interpretación visual (mejoramientos, composiciones a color), información secundaria y utilizando criterios de experto. Como resultado se obtiene el mapa vectorial de cobertura para ecosistema en el área de interés.
- Cálculo de vigencia actual con una línea base: Cuando existe una línea base y se requiera determinar la vigencia actual, el procesamiento de la imagen se realizará siguiendo todos los pasos previos. Sin embargo, al crear el mapa vectorial para la nueva fecha, se tomará como base los vectores de la vigencia anterior adicionando únicamente aquellos vectores en las áreas donde la cobertura del ecosistema haya cambiado, para evitar errores generados por superposición de vectores. Los cambios se identifican por verificación visual entre las dos imágenes (o vectores) o integrando los vectores de las dos fechas mediante la función UNION de un SIG.
- Revisión e incorporación vigencias anteriores (opcional): de ser necesario se deberá normalizar la información vectorial de vigencias anteriores, lo que incluye el cambio de sistema de coordenadas, estandarización de escalas y atributos, entre otras.
- Comparación vigencia actual con vigencias anteriores: Para esto, primero se integran las capas de cobertura de ecosistema de cada año utilizando la función UNION del SIG, se adiciona una nueva columna (Dinámica) y por análisis booleano y utilizando los atributos asociados a cobertura se incluyen tres atributos: Estable, Pérdida y Ganancia.
- Reporte del indicador: El indicador se expresa como Índice de extensión para Bosque de Manglar (IE manglar), Índice de extensión para Pastos Marinos (IE pastos) en ha, m<sup>2</sup> o km<sup>2</sup> (de acuerdo a la escala). La frecuencia definida para el reporte de este indicador es 5 años, bajo la responsabilidad del Jefe del Laboratorio de Sistemas de Información LabSIS – INVEMAR (Tabla 9-1)

**Tabla 9-1.** Formato de Reporte del Indicador de Extensión para los diferentes ecosistemas (Tomado de INVEMAR, 2009a).

	SIGLA ECORREGIÓN
	Nombre de Ecorregión
Línea Base o Vigencia anterior (ha)	<i>Valor en ha de extensión en línea base</i>
Año Línea Base o vigencia anterior	<i>Año del cual se tiene información para línea base o la vigencia anterior</i>
Fuente Línea Base o vigencia anterior	<i>Proyecto dentro del cual se generó información para línea base o vigencia anterior</i>
Vigencia Actual (ha)	<i>Valor en ha de extensión para periodo a 5 años</i>
Año de vigencia actual	<i>Año en el cual se generó información para vigencia actual</i>
Fuente Vigencia actual	<i>Proyecto dentro del cual se generó información para vigencia actual</i>
Estable (ha)	<i>Área de ecosistema presente en ambos en ambos años</i>
Pérdida (ha)	<i>Área de ecosistema en vigencia anterior y diferente a área de ecosistema en vigencia actual</i>
Ganancia (ha)	<i>Área de cobertura diferente a la del ecosistema analizado en vigencia anterior y área del ecosistema en vigencia actual.</i>
Escala	<i>Escala de generación del dato</i>
Valor kappa	<i>Valor de coeficiente kappa sobre calidad de clasificación de la imagen</i>
Expresión del indicador: IE manglar, IE pastos	<i>Vigencia anterior- Vigencia actual</i>

#### 9.4.2 Cálculo del Indicador de Fragmentación de Bosques de Manglar

Este indicador da una visión de la composición, patrones y tendencias espaciales del bosque de manglar, a través de medida de área, forma o borde de los fragmentos. Entendiendo por fragmentación la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada (Saunders *et al.*, 1991). Los efectos sobre la comunidad asociada están relacionados con la reducción del área total del hábitat, la reducción del tamaño de los parches de hábitat, el aumento del aislamiento en las poblaciones que los habitan (ECOTONO, 1996) y alteraciones en los flujos de radiación, viento y agua (Saunders *et al.*, 1991). Son 5 índices o indicadores simples que dan información de la fragmentación de los bosques de manglar. Los primeros 4 pasos para el procesamiento de imágenes cuyo fin sea la obtención de la fragmentación, corresponden a los mismos usados para obtener el indicador de extensión exceptuando lo referente a ecosistemas sumergidos:

- a. Adquisición de datos
- Pre-procesamiento de la imagen
  - a. Visita de campo
- Procesamiento de la imagen
  - b. Cálculo del indicador

Para determinar el grado de fragmentación del ecosistema de manglar, se apoya en el cálculo de diferentes índices, para lo cual se tiene en cuenta las facilidades que ofrece el programa FRAGSTATS<sup>4</sup> (McGarigal *et al.*, 2002; Zambrano *et al.*, 2007) esta herramienta permitió la adición a dicho índice de un conjunto de medidas que permiten no solo conocer el nivel de fragmentación sino también aspectos que apuntan al manejo (INVEMAR, 2009d).

- Variación de fragmentos/parches en el paisaje
- Variación del tamaño del fragmento o parche más grande
- Variación porcentual del área núcleo
- Variación de la continuidad longitudinal
- Variación de la Conectividad entre Fragmentos-Parches de Áreas Transformadas.

#### 9.4.2.1 Variación de fragmentos/parches en el paisaje

Determina cambios en porcentaje del número de fragmentos o parches para cada unidad. El primer paso es calcular el número de parches. Donde  $n_i$  equivale al número de parches en el paisaje o en otro tipo mayor de parche tipo  $i$ . Con base en la cartografía de unidades naturales, se calcula el porcentaje que pueda significar el cambio en el número de fragmentos respecto a la medida anterior o la de referencia o línea base. La densidad de fragmentos o parches se calcula, a partir de relacionar el número con la extensión del gran parche o la unidad. En la fórmula siguiente  $NP = F$

$$\Delta P F = \frac{\sum_{c=1}^n F_r - \sum_{c=1}^n F_1}{\sum_{c=1}^n F_r} \times 100$$

$\Delta PF$  = variación en el porcentaje del número de fragmentos  $F$  del área protegida o algunos de sus sectores, según una media inicial o referencia  $r$ .

$c$  = unidad espacial de análisis de referencia utilizada para clasificar los fragmentos.

$F_r$  = fragmentos en el año de la referencia  $r$  o una medida anterior

$F_1$  = fragmentos en el tiempo 1 posterior a la referencia

Si  $\Delta PF$  es negativa se asume una mayor fragmentación y se pueden estar interrumpiendo flujos ecológicos. Si  $\Delta PF$  es positiva o igual el proceso de fragmentación se mantiene o se reduce y por tanto aumenta la posibilidad de que los flujos ecológicos se mantengan es mayor. Los rangos resultantes se muestran en la Tabla 9.2.

**Tabla 9.2.** Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación de fragmentos/parches en el paisaje en 4 rangos

Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
La variación corresponde a más del 10% con respecto a una línea base de referencia	La variación se encuentra entre el 10% y el 5%	La variación se encuentra entre el 5 % y el 1%	Hay reducción en el número de áreas transformadas (>0%) y/o no presentan modificaciones (0%)

### 9.4.2.2 Variación del tamaño del fragmento o parche más grande

Este indicador determina cambios en porcentaje del tamaño del fragmento o parche más grande dentro del paisaje y su variación en cada tiempo en los que se tomen datos. Se inicia calculando el *LPI* (Largest Patch Index)

$$LPI = \frac{\max_{j=1} a_{ij}}{A} \times 100$$

$a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) del parche  $ij$ .  
 $A$  = Área total del paisaje (m<sup>2</sup>)

*LPI* o parche más grande, cuantifica el porcentaje del paisaje o área de estudio que está dentro del parche más grande. Al calcular el *LPI* se pasa a calcular la variación o cambio de este parche en diferentes años. Los rangos resultantes se muestran en la Tabla 9-3.

$$\Delta PF = \frac{LPI_1}{LPI_r} \times 100$$

$\Delta PF$  = cambios en el porcentaje del fragmento mayor  $F_m$  en el área protegida o sus sectores.  
 $LPI_r$  = Extensión del fragmento mayor  $F_m$  en el año de la referencia  $r$  (línea base)  
 $LPI_1$  = Extensión del fragmento mayor  $F_m$  en el tiempo 1 posterior a la referencia.

**Tabla 9-3.** Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación de fragmentos/parches en el paisaje en 4 rangos

Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
Se mantiene menos del 70% de la extensión original	Se mantiene entre el 70% y el 80% de la extensión original	Se mantiene entre el 80% y el 90% de la extensión original	Se mantiene más del 90% de la extensión original

Si  $\Delta PF$  se mantiene o aumenta se asume que el fragmento mayor aumenta y por ende la unidad espacial natural podría estarse conservando o recuperando. Si  $\Delta PF$  disminuye hay decremento en la extensión del fragmento mayor y por tanto puede ser un indicativo de degradación.



### 9.4.2.3 Variación porcentual del área núcleo

Se refiere a la variación en el porcentaje de área de cobertura vegetal natural que se encuentra fuera de una distancia mínima de influencia a partir del borde o en el área núcleo. El primer paso es cuantificar el área núcleo:

$$TCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left( \frac{1}{10.000} \right)$$

$a_{ij}$  = área núcleo (m<sup>2</sup>) del parche ij basado en un borde de profundidad.

$TCA \geq 0$ , sin límite

$TCA=0$  cuando todas las locación dentro de cada parche están dentro de la distancia especificada de profundidad de borde desde el perímetro del parche.

La variación porcentual del área núcleo se calcula Tabla 9.4:

$$\Delta TCA = \frac{TCA_r}{TCA_1} \times 100$$

$\Delta TCA$  = Variación porcentual de área núcleo

$TCA_r$  = Área núcleo de la línea base de referencia

$TCA_1$  = Área núcleo del tiempo en que se realiza el análisis

Si  $\Delta TCA$  se mantiene o aumenta se asume que el área núcleo aumenta y por ende la unidad espacial natural podría estarse conservando o recuperando. Si  $\Delta TCA$  disminuye hay decremento en la extensión del área núcleo y por tanto puede ser un indicativo de degradación.

**Tabla 9.4.** Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación porcentual del área núcleo en el paisaje en 4 rangos

Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
Se mantiene menos del 40% de la configuración original (área núcleo)	Se mantiene entre el 40% y el 80% de la configuración original (área núcleo)	Se mantiene más del 80% de la configuración original (área núcleo)	Se mantiene el 100% de la configuración original (área núcleo)

### 9.4.2.4 Variación de la continuidad longitudinal

Este índice mide la conectividad dentro de los parches. La cohesión de parches se incrementa si el tipo de parche se torna más macizo o agregado en su distribución, en otras palabras más conectado físicamente.

$$COHESION = \left[ 1 - \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}^*}{\sum_{j=1}^n p_{ij}^* \sqrt{a_{ij}^*}} \right] \times \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1} \times 100$$

$p_{ij}$  = perímetro del parche  $ij$  en termino de número de celdas.

$a_{ij}$  = área del parche  $ij$  en término de número de celdas.

$A$  = total numero de celdas en el paisaje.

Rango:  $0 \leq COHESION < 100$ . Cohesión se acerca a 0 cuando el paisaje o fragmento se torna altamente subdividida y menos conectada físicamente. Cálculo del indicador en la Tabla 9.6:

$$\Delta \text{Cohesión} = (\text{Cohesión } 1) / \text{Cohesión } r * 100$$

$\Delta$  Cohesión = Variación del valor de cohesión

Cohesión  $r$  = cohesión en el tiempo de la referencia

**Tabla 9.5.** Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación de la continuidad longitudinal en el paisaje en 4 rangos.

Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
Se mantiene menos del 40% de la configuración original	Se mantiene entre el 40% y el 80% de la configuración original	Se mantiene más del 80% de la configuración original	Se mantiene el 100% de la configuración original

Cohesion1 = cohesión en el momento de realizar el análisis

Si la variación es positiva se asume una menor continuidad del área protegida y se pueden estar interrumpiendo flujos ecológicos determinantes. Si la variación es negativa hay incremento de la continuidad en la cobertura natural y por tanto aumenta la posibilidad de que los flujos ecológicos se mantengan.

#### 9.4.2.5 Variación de la Conectividad entre Fragmentos-Parches de Áreas Transformadas

El grado de conectividad de áreas transformadas puede ser evaluado desde el grado de discontinuidad estructural de la matriz natural de referencia o continuidad física a través del paisaje

$$ENN = H_{ij}$$

(Tabla 9-6). La métrica que se utilizará será la distancia euclidiana.

$H_{ij}$  = distancia (m) desde el parche  $ij$  al vecino más cercano (parche de la misma clase o tipo), calculado desde el centro a centro de las celdas.



$$\Delta D_{ab} = \frac{h_1}{h_r} \times 100$$

Rango: ENN > 0, sin limite. ENN se acerca a 0 cuando la distancia del vecino más cercano disminuye. Al tener el valor de la distancia euclidiana, se aplica la siguiente fórmula :

$\Delta D_{ab}$  = variación en la distancia media entre fragmentos, observados durante un tiempo inicial *r* y uno posterior 1

*hr* = distancia media euclidiana entre áreas transformadas de la línea base de referencia

*h1* = distancia media euclidiana entre áreas transformadas para un tiempo posterior de medida 1.

El indicador será negativo cuando la distancia media euclidiana de la línea base de referencia es menor que la medida posterior o actual. Y positivo cuando la medida posterior/actual es menor que la medida de la línea base de referencia.

**Tabla 9-6.** Calificación del Indicador de estado de conservación Fragmentación de Bosques de Manglar de acuerdo al parámetro Variación de la Conectividad entre Fragmentos-Parches de Áreas Transformadas en 4 rangos.

Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
La variación corresponde a más del 30%	La variación se encuentra entre el 30% y el 20%	La variación se encuentra entre el 20% y el 1%	La variación no presenta modificaciones

### 9.4.2.6 Reporte del Indicador

Los parámetros para los cuales solo se cuente con la línea base o de referencia se presentaran en el formato correspondiente a la Tabla 9-7. El formato que relaciona el indicador calculado se mostrará en la Tabla 98. La frecuencia definida para el reporte de este indicador es 5 años, bajo

Tabla 9-7. Formato de reporte de la línea base de fragmentación de bosques de manglar para las ecorregiones costeras con presencia significativa de este ecosistema. VF: Variación de fragmentos/parches en el paisaje, Fr: Numero de fragmentos. TFG: Tamaño del fragmento más grande, LPIr: porcentaje del tamaño del fragmento o parche más grande dentro del paisaje. PAN: Variación porcentual área núcleo, TCAr: Área núcleo de la línea base de referencia. CL: continuidad longitudinal, Cohr: cohesión en el tiempo de referencia. CAT: Conectividad entre fragmentos transformados, hr: distancia media euclidiana entre áreas transformadas de la línea base

Sigla	Ecorregión	Sitio	VF	TFG	PAN	CL	CAT	Año y Fuente
			Fr	LPIr	TCAr	Cohr	hr	
DAR	Darién							
GUA	Guajira							

**Tabla 9.8.** Formato de Reporte del Indicador de Fragmentación para (Elaborado a partir de la información presente en INVEMAR, 2009d). VF: Variación de fragmentos/parches en el paisaje. TFG: Tamaño del fragmento más grande. PAN: Variación porcentual área núcleo. CL: continuidad longitudinal. CAT: Conectividad entre fragmentos transformados. L. Base: Línea Base. Calf: Calificación.

	<i>Sigla</i>	<i>Ecorregión</i>
	<i>Sitio</i>	<i>Año</i>
	<i>L.Base</i>	
<i>VF</i>	<i>Valor</i>	
	<i>Calf.</i>	
	<i>L.Base</i>	
<i>TFG</i>	<i>Valor</i>	
	<i>Calf.</i>	
	<i>L.Base</i>	
<i>PAN</i>	<i>Valor</i>	
	<i>Calf.</i>	
	<i>L.Base</i>	
<i>CL</i>	<i>Valor</i>	
	<i>Calf.</i>	
	<i>L.Base</i>	
<i>CAT</i>	<i>Valor</i>	
	<i>Calf.</i>	

la responsabilidad del Jefe del Laboratorio de Sistemas de Información LabsIS – INVEMAR. El indicador se deberá expresar como se muestra en la Tabla 9-7.

### 9.5 Métodos empleados para el cálculo de los indicadores de integridad biótica

Cuando un sistema ecológico (ej. un ecosistema) posee un diseño estructural, de flujos y procesos con el que ha alcanzado un máximo empoderamiento o eficiencia en la transferencia de energía<sup>5</sup>, se dice que es un sistema *altamente íntegro*. Según Campbell (2000) la integridad de un ecosistema puede ser abordada desde dos puntos de vista: En primer lugar, se tiene en cuenta que un ecosistema es una red organizada de componentes bióticos y abióticos y sus procesos involucrados, por lo que se concibe a la integridad como el *estado* de la unidad orgánica, o del todo. En este sentido, la integridad en un ecosistema puede ser entendida como una *condición* de los mismos que puede llegar a estar completamente desarrollada cuando la red de componentes y procesos este completa y funcionando óptimamente. En segundo lugar, se considera la medición de la integridad

5 La cantidad de energía concentrada y disponible que no se disipa durante la transferencia entre los diferentes niveles jerárquicos de un sistema ecológico de mayor calidad se le conoce como *energía* (Lomas et al, 2007).



dentro del contexto de procesos temporales o espaciales específicos, lo cual se interpretaría como la *capacidad de mantener* aquellas condiciones funcionales y estructurales que conservan al sistema con un máximo empoderamiento<sup>6</sup>. Para determinar si las condiciones de un sistema en el contexto espacial o temporal se han mantenido, es necesario que se establezcan criterios para definir lo que se considera como una condición de referencia, para así medir la integridad en relación con este estado estándar. En palabras de Karr y Dudley (1981) se sintetiza la siguiente definición: “La integridad refleja la capacidad que tiene un sistema para mantener sus atributos estructurales, funcionales y de salud, de forma equiparable a como ocurriría si el sistema objeto de evaluación se hallara en condiciones naturales, un estado deseado o de referencia de organización ecológica, que alcanza una condición de valor máximo cuando la red de componentes y procesos este completa y funcionando óptimamente”.

El índice de integridad biótica IBI, desarrollado por el Dr. James Karr para su uso en pequeñas corrientes de agua caliente en el centro de Illinois y de Indiana (Karr, 1991) y es adaptado por el equipo de trabajo del proyecto de Indicadores de Línea Base, liderado en INVEMAR por Luis Armando Gonzalez (INVEMAR, 2003), el cual proporciona una descripción resumida del estado del medio ambiente mediante la agregación multidimensional de varios indicadores simples en una cantidad única, con el objetivo de simplificar y facilitar los análisis temporales y espaciales.

El indicador adaptado por el equipo inicial fue revisado y ajustado por el autor *para el Caribe* después de una revisión literaria de diferentes perspectivas acerca de la definición de integridad, para lo cual se contó principalmente con la asesoría de la bióloga M. Sc. Diana Isabel Gómez López, Jefe de la línea de investigación en Organización y Dinámica de Ecosistemas del Programa BEM – INVEMAR. El indicador de integridad biótica para los ecosistemas marino-costeros estratégicos, que son monitoreados por el INVEMAR (áreas coralinas, bosques de manglar y praderas de fanerógamas), basado en el índice de integridad biótica tiene como ajustes:

- La condición de que se incluya en el cálculo al menos un indicador simple que sea estimador para cada uno de los atributos: estructura, salud y función.
- La calificación de las clases (intervalos) de los indicadores simples, debe en lo posible basarse en valores de referencia hallados en la literatura y en el caso de no contar con dichos valores, ajustar los intervalos mediante una aproximación estadística y calibrar los intervalos con los comentarios de los equipos de monitoreo ecosistémico o un experto en el ecosistema.

La selección de los indicadores simples estimadores de los atributos de integridad de un ecosistema se realizó considerando los siguientes parámetros:

**Estructura:** Componentes de los sistemas biológicos en sus distintos niveles de organización y la disposición u ordenamiento físico de esos componentes para cada nivel.

**Salud y Calidad:** Hace referencia a las condiciones en que se encuentran para poder mantener sus

---

<sup>6</sup> Empower o empoderamiento, que hace referencia al flujo de la energía a través de la red de estructuras, procesos y componentes del sistema (Campbell, 2000).

funciones y su estructura, a razón de la presencia de factores causantes de estrés, como aparición de enfermedades o cambios en los componentes abióticos (sedimentación, nutrientes, temperatura, salinidad).

**Funcionamiento:** Se mide através de los siguientes componentes: 1. Regulación (capacidad de controlar sus procesos esenciales): se refiere a la variedad de los flujos de energía, los procesos e interacciones que ocurren entre los componentes biológicos del mismo, la productividad primaria como base de las cadenas alimentarias marinas y de la biomasa, la capacidad reproductiva de las especies y su resiliencia; 2. Oferta de condiciones espaciales para mantener biodiversidad (Hábitats); y 3. Bienes y Servicios Ambientales (capacidad de proveer bienes para uso humano).

Dado que no siempre es posible tener la información de los parámetros por atributo completa debido a que nunca se esta exento de presentar dificultades de diferente índole para poder realizar alguna de las mediciones en campo, la escala del enfoque original de IBI 1 a 5 fue estandarizada a una escala de 1-100, ponderand o su aporte en relación al número de variables consideradas por atributo. El indicador consiste en la sumatoria de los calificativos, obteniéndose valores de los calificativos y escala de color tal como se muestran en la Tabla 99. El área más deteriorada tendrá un valor total IBI menor al 20%, mientras que el máximo valor obtenible será mayor al 80% de integridad, para las áreas en las mejores condiciones. Las definiciones de las variables consideradas para cálculo del índice de integridad biótica de corales, de manglares y de fanerógamas se encuentran consignadas respectivamente en las hojas metodológicas (Anexo 1 Ejemplo de hoja metodológica del indicador de extensión).

Tabla 9.9. Escala de calificación del Indicador de Integridad mediante el uso del Índice de Integridad Biótica y su ecuación. IBI: Índice de Integridad Biótica, E: Estructura, S: Salud, F: Función.

Valor total de IBI	Interpretación
< 40 %	No deseable
40 – 50%	Estado de Alerta
50 – 60%	Estado Regular
60 – 75%	Buen Estado
>75%	Deseable

$$IBI_k = \left[ E \left( \sum_1^i X_i \times \frac{1}{p_i} \right) + SC \left( \sum_1^i X_i \times \frac{1}{p_i} \right) + F \left( \sum_1^i X_i \times \frac{1}{p_i} \right) \right] \times 100$$

donde  $IBI_k$  corresponde a cada k ecosistema considerado

$1/p_i$  es la proporción de la variable en el total de variables consideradas, cuya suma por atributo debe ser igual a 0.333, de manera que cada atributo del sistema quede igualmente ponderado, son las variables consideradas al interior las que pueden variar en su ponderación.

La clasificación de cada clase para los parámetros representados en la fórmula mediante un  $X_i$ , en valores que oscilan entre 1 y 5, se realizó mediante el uso de percentiles. Los percentiles son aquellos valores de la variable, que ordenados de menor a mayor, dividen a la distribución en partes, de tal manera que cada una de ellas contiene el mismo número de frecuencias o un porcentaje de éstas, la mediana corresponde al percentil 50. La necesidad del uso de los cuartiles o los percentiles, -según su más actual aceptación- surge de las dificultades que aparecen al determinar la variación y límites de normalidad de un parámetro dado, es considerada una medida de dispersión robusta y de amplio uso (Carrera *et al.* 2002).

### 9.5.1 Intervalos de calificación obtenidos

Los indicadores simples fueron establecidos de acuerdo a lo planteado en la propuesta de Gonzalez en el informe de estado de los recursos año 2002 (INVEMAR, 2003); así como en la revisión de la guía de indicadores de la region del arrecife mesoamericano y ecosistemas asociados (McField y Kramer, 2007), de la guía de grupos funcionales de herbívoros de la IUCN (Green y Bellwood, 2009), lo estandarizado por CARICOMP y AGRRA y finalmente con lo concertado con los investigadores. Los parámetros empleados como estimadores de los indicadores simples fueron seleccionados teniendo en cuenta los monitoreos llevados a cabo por el SIMAC y por el proyecto de monitoreo de la rehabilitación de manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Cadavid *et al.*, 2009). Algunos parámetros correspondieron directamente con indicadores simples, mientras otros fueron usados como insumos para su cálculo.

#### 9.5.1.1 Para áreas coralinas:

La Tabla 9-10 consituye un resumen de las estadísticas descriptivas relevantes para establecer los intervalos de los indicadores simples necesarios para el cálculo del indicador complejo de integridad biótica de áreas coralinas IBIC. Los indicadores simples relacionados con el atributo estructura seleccionados corresponden a: (1) CCV- Porcentaje promedio de un transecto de 20m<sup>2</sup> cubierto de corales escleractíneos vivos, (2) Composición de corales escleractíneos, (3) Algas - Porcentaje promedio de un transecto de 20m<sup>2</sup> cubierto por algas, (4) Cor:Alg - Proporción Cobertura coralina viva/Algas, (5) Rugosidad para establecer la complejidad del sustrato, (6) Gorgonáceos - expresados en cantidad promedio de los transecto. Del atributo Salud: Sano - Porcentaje promedio de coral sano, Blanqueamiento - Porcentaje promedio de coral Blanqueado, Enfermedad: Porcentaje promedio de coral enfermo. Finalmente como efecto de la funcionalidad del sistema esta la presencia y abundancia de Invertebrados - Promedio de un transecto de 20m<sup>2</sup> de la riqueza de la comunidad de invertebrados vágiles de importancia ecológica y comercial, Peces - Promedio de censos de banda de la riqueza en peces de importancia ecológica y comercial, IDA - Cantidad promedio por transecto de 20m<sup>2</sup> de individuos de *Diadema antillarum*, Peces herbívoros - Abundancia de peces hervívoros por censo de banda.

**Tabla 9.10.** Estadísticas descriptivas de los parámetros empleados para la obtención de intervalos del Indicador de Integridad Biótica de áreas coralinas IBIc. Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo,  $\mu$ : Media, Var: Varianza, DE: Desviación típica, EE: Error Estándar de la media, CV: Coeficiente de Variación, 1°: primer cuartil, Md: Mediana, 3°: tercer cuartil. Bart: Bartlett prueba de homogeneidad de varianza. Cálculos realizados con el programa de acceso libre GSTAT<sup>7</sup>.

Parámetros		Mín	Máx	$\mu$	Var	DE	EE	CV	1°	Md	3°	Bart
Estructura	CCV	18.2	76.4	24.5	172.4	13.1	0.92	0.53	15.4	24.1	33.7	<0.001
	Composición	0.9	68.4	2.8	2.0	1.4	0.10	0.50	1.7	2.3	3.7	<0.001
	Algas	0.3	52.9	42.8	118.8	10.9	0.76	0.25	34.6	41.3	50.4	<0.001
	Cor: Alg	0.7	7.5	3.5	33.5	5.8	0.41	1.66	1.1	1.7	3.1	<0.001
	Rugosidad	0.0	7.4	1.5	<0.01	0.2	0.01	0.12	1.4	1.6	1.7	<0.001
	Gorgonáceos	38.3	100.0	0.5	1.1	1.1	0.07	2.02	0.0	0.2	0.5	<0.001
Salud	Sano	0.0	44.2	89.5	104.9	10.2	0.72	0.11	87.1	93.0	96.0	<0.001
	Blanqueamiento	0.0	26.5	3.7	45.0	6.7	0.47	1.81	0.6	1.7	3.5	<0.001
	Enfermedad	0.0	27.4	3.8	20.6	4.5	0.32	1.18	0.8	2.3	4.6	<0.001
Función	Invertebrados	0.0	5.7	1.8	1.1	1.1	0.07	0.57	1.0	1.7	2.6	<0.001
	R. Peces	3.0	19.5	10.1	7.1	2.7	0.19	0.26	8.4	9.9	11.5	<0.001
	<i>D. antillarum</i>	1.0	47.0	2.8	25.7	5.1	0.36	1.83	0.0	0.4	3.2	<0.001
	Peces Herbívoros	1.1	2.1	16.0	76.5	8.7	0.61	0.54	10.1	14.1	19.9	<0.001

Aunque se observa que la varianza de algunos parámetros es amplia, esto se confirma con la prueba de homogeneidad de varianzas Bartlett, lo que descarta la posibilidad de emplear una técnica para establecer rangos basados en la media y su dispersión. Los coeficientes de variación indican que no hay una gran heterogeneidad entre las estaciones de monitoreo, posiblemente debido a que la mayoría se halla en áreas marinas protegidas, lo que implicaría un sesgo. De acuerdo con las técnicas de clasificación aprobadas por los investigadores y por lo obtenido en literatura se establecieron los siguientes intervalos para los indicadores simples:

**Tabla 9.11.** Intervalos calificados (1, 2, 3, 4, 5) establecidos para los indicadores simples que sirven de insumo para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Áreas coralinas.

Intervalos	1	2	3	4	5	
CCV	<15%	15-24%	25-35%	35-50%	>50	
<b>Estructura</b>	Composición	Debajo 40	40 - 50	51 - 75	76 -85	Percentil 86 del AREA
	Algas	> 50%	50 - 40%	40 - 25%	25 - 15%	<15%
	Cor:Alg	< 0.8	0.8 - 1.5%	1 - 1.5%	1.5-3.5	>3.5
	Rugosidad	< 1		1 - 1.5	1.5 - 2	> 2
<b>Salud</b>	Sano	> 20%	10 - 20%	5 - 10%	85 - 95%	>95%
	Blanqueamiento	> 20%	10 - 20%	5 - 10%	1 - 5%	<1%
	Enfermedad	> 20%	10 - 20%	5 - 10%	1 - 5%	<1%
<b>Función</b>	Invertebrados	Debajo 40	40 - 50	51 - 75	76 -85	Percentil 86 del AREA
	R. Peces	Debajo 40	40 - 50	51 - 75	76 -85	Percentil 86 del AREA
	<i>D. antillarum</i>	< 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	> 30
	Peces Herbívoros	<5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	>20

Los parámetros que implican un conteo de especies (Composición, Invertebrados y Peces) requieren ser calibrados para el área estudiada; debido a que su cantidad puede estar relacionada con características del medio, se tiene en cuenta la dispersión de los datos, los percentiles y los máximos y mínimos que toma la variable, esto requiere ser discutido cuidadosamente con equipo de monitoreo. Para el caso de la densidad de *D. antillarum*, se tuvo en cuenta que debido a la epidemia que condujo a la mortalidad masiva del erizo, ocurrida entre 1982 y 1983 (cubrió 34 millones de kilómetros del Caribe; TNC, 2004), hubo una disminución en las poblaciones pasando de una densidad de 4-17 individuos/m<sup>2</sup> a valores inferiores a 0.001 individuos/m<sup>2</sup> tal como sucedió en Barbados (Lewis y Wainwright, 1985; CARICOMP, 2003) y que para Colombia no existen registros previos a dicha mortandad. Por lo anterior, se considera a la máxima densidad por transecto promedio reportada en las estaciones de los monitoreos del SIMAC evaluadas es 1,35 individuos/m<sup>2</sup> (27,4 individuos/transecto), como punto mínimo para que se cumpla una condición deseable. Este valor resulta ser similar al máximo reportado para los arrecifes mesoamericanos en el año 2006 (McField y Kramer, 2008).

**Tabla 9.12.** Estadísticas descriptivas para las áreas, que sirven de insumo para el cálculo de las calificaciones de los indicadores simples Composición, Invertebrados y Peces para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Áreas coralinas. Mín: Valor mínimo, Máx: Valor Máximo,  $\mu$ : Media, Var: Varianza, DE: Desviación típica, 1°: Primer cuartil, Md: Mediana, 3°: Tercer cuartil. IFU: Isla Fuerte, ISB: Islas de San Bernardo, ISR: Islas del Rosario, PRO: Providencia, SAN: San Andrés, SMR: Santa Marta, UCH: Urabá Chocoano.

		Mín	Máx	$\mu$	Var	DE	1°	Md	3°
Composición	IFU	2.40	3.20	2.87	0.17	0.42	2.70	3.00	3.10
	ISB	3.00	7.50	4.64	0.88	0.94	4.00	4.67	5.33
	ISR	1.27	2.20	1.70	0.08	0.28	1.50	1.67	1.93
	PRO	1.00	6.00	3.00	1.36	1.16	2.10	3.00	3.67
	SAN	1.00	2.40	1.78	0.09	0.29	1.60	1.80	2.00
	SMR	1.45	3.40	2.13	0.34	0.59	1.70	1.87	2.60
	UCH	0.67	6.00	3.32	3.50	1.87	1.50	3.17	4.67
Invertebrados	IFU	1.80	2.60	2.33	0.21	0.46	2.20	2.60	2.60
	ISB	0.00	4.00	1.90	1.11	1.05	1.00	2.00	2.67
	ISR	0.40	3.30	1.51	0.73	0.85	0.87	1.27	2.03
	PRO	0.00	5.67	2.27	1.28	1.13	1.63	2.20	3.00
	SAN	0.40	4.40	2.13	0.59	0.77	1.60	2.10	2.58
	SMR	0.11	2.20	0.79	0.27	0.52	0.47	0.60	1.07
	UCH	0.00	4.00	2.29	0.98	0.99	1.33	2.50	3.00
Peces	IFU	7.60	10.00	8.43	1.84	1.36	7.65	7.70	8.85
	ISB	4.33	12.00	9.59	2.65	1.63	8.71	9.67	10.83
	ISR	5.33	13.60	9.41	4.32	2.08	7.93	9.30	10.98
	PRO	5.60	19.00	10.89	9.96	3.16	8.44	10.35	12.70
	SAN	3.00	19.50	10.13	12.18	3.49	8.18	10.58	11.84
	SMR	4.70	15.92	10.52	6.86	2.62	9.10	10.30	12.10
	UCH	7.20	13.67	9.49	3.03	1.74	8.08	9.25	9.90

### 9.5.1.2 Para manglares:

Aunque son diversos los parámetros medibles en los ecosistemas de manglar no siempre es posible compararse debido a los métodos empleados para su cálculo, así mismo como no todos consideran las mismas variables. El cálculo del Indicador de Integridad Biótica para Manglares IBIm presentó dificultades a la hora de seleccionar los parámetros que fuesen comparables y que a su vez no redunden en la información que ofrecen. Se tuvo como base principal para la selección la información proveniente de los monitoreos de bosques de manglar llevados a cabo en el Instituto: Proyecto de monitoreo de rehabilitación del manglar de la CGSM (Cadavid *et al.*, 2009) y el protocolo para manglares de CARICOMP llevado a cabo por equipo del SIMAC. Para calibrar los intervalos



de las variables fue necesario incluir información proveniente de diversos estudios (García, 1994; García-Hansen y Gaviria-Chiquazuque, 1996; Sanchez-Paez y Alvarez-Leon, 1997; Lasso-Zapata *et al.*, 1998; datos de bosques de mangle de CORALINA-CARICOMP presentes en informes de INVEMAR); no obstante, el cálculo del indicador cobra más importancia en monitoreos que en estudios puntuales, por lo que no se calculó para los estudios que sirvieron de insumo, exceptuando algunas estaciones con series históricas monitoreadas por CORALINA.

Los parámetros seleccionados son presentados en la Tabla 9.13, el ICH – Índice de Complejidad de Holdridge, refleja la complejidad en la arquitectura del bosque en función de su densidad, altura, riqueza y área basal, CDD – Condición de deterioro es una medida que se incluyó para ejemplificar una variable que implica afectación a manglares por causas antrópicas y naturales, esta definido como el porcentaje de árboles de la parcela que han sido talados, estén enfermos o fragmentado por causa desconocida. La salinidad intersticial es una clara medida de la calidad del entorno y que tiene una influencia directa en la sobrevivencia de los mangles. La regeneración natural mide la potencialidad en recuperación del ecosistema-resiliencia, se expresa como la cantidad de juveniles (ejemplares con diámetro a la altura del pecho inferior a 2.5cm y propágulos) por metro cuadrado para las parcelas. Finalmente, la productividad es la medida de la exportación de materia a otros ecosistemas, se expresa en gramos de carbono por día.

$$ICH = \frac{h \times a \times d \times s}{1000}$$

donde *b* es la altura promedio por parcela, *a* el promedio del área basal en 0,1ha, *d* la densidad promedio en 0,1ha y *s* es el número promedio de especies por estación.

**Tabla 9.13.** Intervalos calificados establecidos para los indicadores simples que sirven de insumo para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Bosques de Mangle.

Intervalos		1	2	3	4	5
Estructura	ICH	Debajo 40	40 - 50	51 - 75	76 -85	Percentil 86 del AREA
	CDD	> 75%	75 - 50%	50 - 35%	35 - 25%	<25%
Salud y Calidad	Salinidad Intersticial	> 20%	10 - 20%	5 - 10%	1 - 5%	<1%
	Regeneración Natural	< 1	-	1 - 5	5 - 10	> 10
Función	Productividad	Debajo 40	40 - 50	51 - 75	76 -85	Percentil 86 del AREA

Dado que los ecosistemas escogidos corresponden a áreas que han mantenido sus parámetros estructurales sin mayores cambios en el tiempo, se establecieron de acuerdo a los percentiles o cuartiles, los intervalos de variación de los parámetros necesarios para calcular el ICH (Tabla 9.14).

**Tabla 9.14.** Estadísticas descriptivas para las áreas, que sirven de insumo para el cálculo de la calificación del indicador ICH.

Percentil	ICH		
	Chengue	Cocoplum	Rinconada
Máximo 100%	1,140	0,393	10,536
99%	1,140	0,393	10,536
95%	1,132	0,393	10,536
90%	1,132	0,393	8,125
3° Cuartil 75%	1,107	0,168	7,983
Mediana 50%	1,079	0,161	4,890
1° Cuartil 25%	0,957	0,148	3,803
10%	0,478	0,148	3,803
5%	0,478	0,148	0,000
1%	0,445	0,148	0,000
Mínimo 0%	0,445	0,148	0,000

### 9.5.1.3 Para praderas de pastos:

Es menor la información con series históricas y disponible para poder realizar el cálculo del indicador de integridad biótica de praderas de fanerogamas IBIf, en comparación con el IBIm. La información de los diferentes parámetros tomada en los monitoreos (CARICOMP) se realiza exclusivamente para *Thalassia testudinum*, una especie que resiste a disturbios, no así su comunidad asociada que no está incluida en los monitoreos, lo que impone anticipadamente un sesgo en la determinación del estado de este ecosistema.

A pesar de la disponibilidad de proyectos para calibrar los parámetros como se pudo realizar para manglares, las praderas presentan características asociadas a su ubicación, con una variabilidad tal que requiere que los valores se establezcan en relación a la línea base Tabla 9-15. Constituye el indicador que requirió menor cantidad de ajustes, en relación al postulado por equipo que lideró el proyecto de línea base en el 2002 (INVEMAR, 2003). Los parámetros biomasa total expresado en peso seco/m<sup>2</sup> y el área foliar calculada a partir de Ancho x Largo de la hoja (cm), fueron empleados como estimadores de la estructura del ecosistema. La variable condiciones de deterioro humano, fue el acercamiento a los valores de calidad del entorno, se estimó como una constante para cada área considerada, en relación a lo hallado en literatura y por concertado con quienes realizan los

monitoreos y/o conocen el área, esto sesga la información, el hecho que no exista una variable como tal para determinar la salud del ecosistema. La productividad expresada en gramos de Carbono/m<sup>2</sup>/día, así como la tasa de renovación constituyeron las variables tenidas en cuenta para la estimación del estado en relación a la función del ecosistema. Los intervalos presentados en porcentajes en la Tabla 9.16, representan relación entre el valor obtenido y la línea base por lo que esta representado como disminución, o porcentaje de diferencia respecto a dicha referencia, pueden llegarse a obtener valores superiores es decir incrementos, esos valores tendrán como calificativo 5.

**Tabla 9.15.** Línea base para las áreas, que sirven de insumo para el cálculo de la calificación del indicador IBIF

	Biomasa	Área Foliar	Productividad	Tasa De Renovación
Chengue	1038,34	6,67	2,90	3,73
SAI	737,49	3,43	2,91	3,47
CAMP	744,99	4,00	2,37	3,39
FORT	330,33	1,66	1,77	3,31
MCBEAN	459,37	3,52	2,21	3,37

**Tabla 9.16.** Intervalos calificados establecidos para los indicadores simples que sirven de insumo para el cálculo del indicador de Integridad Biológica de Praderas de Fanerógamas IBIF.

		1	2	3	4	5
Estructura	Biomasa	Disminuye >50%		Disminuye 10 - 50%		Disminuye <10%
	Área Foliar	Disminuye >50%		Disminuye 30 - 50%		Disminuye <30%
Salud y Calidad	CDD	Alta: dos o más tipo de disturbios o uno de alto impacto		Media. un solo tipo de afectación, o baja magnitud		Nula
Función	Tasa de Renovación	No aumenta		10-60		> 60%
	Productividad	Disminuye 40		10 - 40		Disminuye <10%

### 9.6 Reporte preliminar de los indicadores

Este primer reporte se suma a los primeros intentos por simplificar la información de monitoreos realizados por el INVEMAR en la última década a través de una batería de indicadores, que faciliten y den indicios de los cambios que ocurren en nuestros ecosistemas marino-costeros. El objetivo de este reporte es presentar una aproximación al cálculo de indicadores de las condiciones de los ambientes marinos y costeros, así como presentar la información de línea base a nivel regional

para futuros cálculos de pérdida o ganancia de las extensiones de los ecosistemas. En adelante queda una parte del trayecto en lograr los ajustes necesarios para obtener su validación.

Por lo anterior, se evaluó un número representativo de sitios a nivel regional y de paisaje. Se reporta en su mayoría información que ha sido obtenida en el Instituto; no obstante, se tuvo en cuenta la disponible en tesis o informes de los monitoreos de CORALINA. Los 21 sitios con extensiones registradas en el libro áreas coralinas continua siendo nuestra línea base para extensiones de dicho ecosistema, con la salvedad que se encuentran a diferencia de Díaz *et al.*, (2000) expresadas en ha. Se requiere aunar en esfuerzos para poder obtener un punto de referencia a dicha línea base.

### 9.6.1 Extensión Áreas coralinas

En la Tabla 9.17 Se muestra la línea base de extensión en hectáreas (ha) de áreas coralinas con presencia significativa para las ecorregiones marino-costeras.

**Tabla 9.17.** Línea base de extensión en ha de áreas coralinas con presencia significativa para las ecorregiones marino-costeras. ET Extensión área coralina, EC\*Representa la extensión de la Cobertura de Coral Vivo solo de fondos con cobertura coralina, no fue calculado con la misma metodología de la extensión total.

Sigla	Ecorregiones	Área	Línea Base (ha)		Año Línea Base (Fuente)
			E.T.	E.C*	
COC	Caribe Oceánico	Cayos de Albuquerque	6380	3020	2000 (Díaz et al., 2000)
		Cayos Courtown	5030	2560	2000 (Díaz et al., 2000)
		Banco Roncador	5010	2980	2000 (Díaz et al., 2000)
		Banco Serrana	32140	7440	2000 (Díaz et al., 2000)
		Banco Quitasueño	132020	49600	2000 (Díaz et al., 2000)
SAN	Islas de San Andrés y Providencia	Isla de San Andrés	9750	4470	2000 (Díaz et al., 2000)
		Isla de Providencia	28220	12490	2000 (Díaz et al., 2000)
<b>Subtotal Caribe Oceánico</b>			<b>218850</b>	<b>82560</b>	<b>2000 (Díaz et al., 2000)</b>

Sigla	Ecorregiones	Área	Línea Base (ha)		Año Línea Base (Fuente)
GUA	Guajira	Guajira	15180	500	2000 (Díaz et al., 2000)
TAY	Tayrona	Santa Marta PNNT	930	670	2000 (Díaz et al., 2000)
MAG-gal	Magdalena, subecorregion galerazamba	Bajos Salmedina	750	750	2000 (Díaz et al., 2000)
		Banco de Las Animas	7050	760	2000 (Díaz et al., 2000)
		Isla Arena	20	10	2000 (Díaz et al., 2000)
ARCO	Archipiélagos Coralinos	Península de Barú- Islas del rosario	14530	6760	2000 (Díaz et al., 2000)
		Islas de San Ber- nardo	21330	13450	2000 (Díaz et al., 2000)
		Bajo Tortugas	2140	1740	2000 (Díaz et al., 2000)
		Isla Fuerte-bajos Bushnell y Burbujas	3250	1660	2000 (Díaz et al., 2000)
DAR-arb	Darien subecorre- gion arboletes	Isla Tortuguilla	150	70	2000 (Díaz et al., 2000)
DAR-cap	Darien subecorre- gion capurgana	Urabá Chocoano	350	100	2000 (Díaz et al., 2000)
<b>Subtotal Caribe Continental</b>			<b>65680</b>	<b>26470</b>	<b>2000 (Díaz et al., 2000)</b>
MAL	Malpelo	Isla Malpelo	0.4	40	2000 (Díaz et al., 2000)
GOR	Gorgona	Isla Gorgona	14.1	1410	2000 (Díaz et al., 2000)
PAN	Pacífico Norte	Chocó Norte	0.2	20	2000 (Díaz et al., 2000)
<b>Subtotal Pacífico</b>			<b>14.7</b>	<b>1470</b>	<b>2000 (Díaz et al., 2000)</b>
<b>Total</b>			<b>286000</b>	<b>109080</b>	<b>2000 (Díaz et al., 2000)</b>

Al momento no se cuenta con datos de Vigencia Actual para calcular el indicador (cambios de extensión) para alguna ecorregión o área en particular.

### 9.6.2 Extensión Bosques de Manglar

Con la publicación Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000 en el que participaron diferentes instituciones del país como (IDEAM *et al.*, 2007) culmina la fase inicial de caracterización de los ecosistemas de la nación, con lo cual fue posible obtener información de línea base para la mayoría de las ecorregiones costeras de Colombia (Tabla 9.18).

**Tabla 9-18.** Línea base de extensión en ha para las ecorregiones marino-costeras con presencia significativa de bosques de manglares del país. MEC: Mapa de Ecosistemas de Colombia (IDEAM *et al.*, 2007).

Sigla	Ecorregiones	Línea Base (ha)	Año Línea Base (Fuente)
ARCO	Archipiélagos Coralinos	363	2001-2003 (MEC)
DAR	Darién	8402	2001-2003 (MEC)
GUA	Guajira	2339	2001-2003 (MEC)
MAG	Magdalena	34611	2001-2003 (MEC)
PAL	Palomino	43	2001-2003 (MEC)
MOR	Morrosquillo	31188	2001-2003 (MEC)
TAY	Tayrona	< 1	2001-2003 (MEC)
SAN	Islas de San Andrés y Providencia	53	2002 (Old Point)
	<b>Subtotal Caribe</b>	<b>76999</b>	
PAN	Pacifico Norte	4528	2001-2003 (MEC)
BAU	Baudó	35187	2001-2003 (MEC)
BUE	Buenaventura	28753	2001-2003 (MEC)
NAY	Naya	36604	2001-2003 (MEC)
GOR	Gorgona	<1	2001-2003 (MEC)
SAQ	Sanquianga	88947	2001-2003 (MEC)
TUM	Tumaco	36892	2001-2003 (MEC)
	<b>Subtotal Pacifico</b>	<b>230911</b>	
	<b>Total Colombia</b>	<b>307910</b>	

Adicionalmente, se calculó para las áreas con una extensión significativa en la costa Caribe colombiana, observándose una disminución neta de unas 70 ha, pero en términos generales se conserva estable. La CGSM presentó una recuperación de la cobertura de mangle considerable en el periodo de 5 años analizados (Tabla 9.19).

**Tabla 9.19.** Indicador de Extensión calculado en ha para las ecorregiones marino-costeras con presencia significativa de bosques de manglares del país y un punto de referencia.

Ecorregiones	MOR-URRÁ*	MAG-CGSM*
	Morrosquillo - Delta de Tinajones	Magdalena - Ciénaga Grande de Santa Marta
Línea Base (ha)	8609	26706
Año Línea Base	2000	2003
Fuente Línea Base	Proyecto URRÁ	Proyecto CGSM
Vigencia Actual (ha)	8538	29535
Año Vigencia Actual	2005	2007
Fuente Vigencia Actual	Proyecto URRÁ	Proyecto CGSM
Estable (ha)	8412	24585
Pérdida (ha)	196	2120
Ganancia (ha)	129	4942
Escala	1:50.000	1: 100.000
Valor Kappa	-	-
IEmanglar (ha)	-70	2830

### 9.6.3 Extensión Praderas de Fanerógamas

De igual manera, se obtuvo la información de Línea Base para la gran mayoría de las ecorregiones marino-costeras en la costa Caribe, las cuales se presentan en la Tabla 9-20.

**Tabla 9.20.** Línea base de extensión en ha para las ecorregiones marino-costeras con presencia significativa de praderas de fanerógamas del país. MEC: Mapa de Ecosistemas de Colombia.

Sigla	Nombre Ecorregión	Línea Base (Ha)	Año Línea Base (Fuente)
ARCO	Archipiélagos Coralinos	3759	2001-2003 (MEC)
DAR	Darién	88	2001-2003 (MEC)
GUA	Guajira	31519	2001-2003 (MEC)
MAG	Magdalena	67	2001-2003 (MEC)
PAL	Palomino	2872	2001-2003 (MEC)
MOR	Morrosquillo	2360	2001-2003 (MEC)
TAY	Tayrona	96	2001-2003 (MEC)
SAN	San Andrés Islas	1930	2001-2003 (MEC)

Al momento no se cuenta con datos de Vigencia Actual para hacer calcular el indicador para ecorregiones completas o para áreas de interés.

### 9.6.4 Fragmentación

La información presentada a continuación fue obtenida como uno de los productos del proyecto “Definición y aplicación de una metodología para el análisis de integridad ecológica de las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, como herramienta para el mejoramiento de la efectividad de su manejo”, bajo la coordinación del Ph.D. Diego Gil Agudelo Jefe de la línea Biología y Estrategias de Conservación del programa BEM del INVEMAR. Este proyecto que nace en 2005 como una necesidad de la UAESPNN, es apoyado por entidades como TNC y el INVEMAR, apunta a la implementación de indicadores de integridad ecológica para conocer la efectividad del manejo en las áreas protegidas. En este proyecto se realizó con éxito el ejercicio de pruebas de indicadores en tres áreas protegidas de la Territorial Caribe (PNN Tayrona, SFF Flamencos y SFF Ciénaga Grande de Santa Marta), lo cual incluye el referente al de fragmentación calculado con el programa FRAGSTATS, cuyos resultados (Tabla 9.21) sirven de insumos que alimentan el presente indicador (INVEMAR, 2009c).

**Tabla 9.21.** Reporte de la línea base de fragmentación de bosques de manglar para Santuario de Flora y Fauna Los Flamencos y Ciénaga Grande de Santa Marta. VF: Variación de fragmentos/parches en el paisaje, Fr: Número de fragmentos. TFG: Tamaño del fragmento más grande, LPIr: porcentaje del tamaño del fragmento o parche más grande dentro del paisaje. PAN: Variación porcentual área núcleo, TCAR: Área núcleo de la línea base de referencia en ha. CL: continuidad longitudinal, Cohr: cohesión en el tiempo de referencia. CAT: Conectividad entre fragmentos transformados, hr: distancia media euclidiana entre áreas transformadas de la línea base.

Sigla	Ecorregión	Sitio	VF	TFG	PAN	CL	CAT	Año y Fuente
			Fr	LPIr	TCAR	Cohr	br	
PAL	Palomino	SFF Los Flamencos	1	0.25	7.20	95.97	N/A	2001-2003 (INVEMAR, 2009c)
MAG-cgsm	Magdalena Sub-Ciénaga Grande de Santa Marta	SFF CGSM	40	38.040		99.84	143.28	2001-2003 (INVEMAR, 2009c)

### 9.6.5 IBIC Áreas coralinas

Se consideraron un total de 41 estaciones agrupadas en un 7 áreas definidas por el SIMAC: SMR: Santa Marta, ISR: Islas del Rosario, ISB: Islas de San Bernardo, IFU: Isla Fuerte, UCH: Urabá Chocoano, SAN: Isla de San Andrés y PRO: Isla de Providencia. A su vez están dispuestas dentro de las siguientes ecorregiones: TAY-Tayrona (SMR), ARCO-Archipielagos coralinos (ISR, ISB), MOR-Morrosquillo (IFU), DARcap-Darién-capurgana (UCH) y SAN-San Andres y providencia (SAN, PRO). El periodo reportado es variable para cada estación y a grandes rasgos se tienen registros entre 1998 y 2009.



El promedio del IBIC entre las estaciones del Caribe consideradas (62,76) muestra una tendencia hacia un buen estado. Las estaciones oscilaron entre varias categorías a lo largo del tiempo analizado, no obstante se evidenció prevalencia por alguno de los estados (Figura 9.1), siendo más frecuente el estado regular en la ecorregión SAN y con un buen estado las localizadas en la ecorregión ARCO.



**Figura 9.1.** Mapa de distribución geográfica de la prevalencia en alguna categoría del Índice de Integridad Biológica de Corales IBIC para 41 estaciones del total que han sido monitoreadas por el SIMAC hasta el año 2009. Mapa elaborado en el laboratorio LabSIS del INVEMAR.

La ecorregion SAN presenta una generalidad en las series históricas de las estaciones allí localizadas, una prevalencia de un estado regular a bueno, el estado regular tiende a estado de alerta en el área PRO-Providencia. DAR y TAY poseen datos que se mezclan entre buen estado y un estado regular para algunos pocos años, sin embargo DAR presenta algunas estaciones en estado de alerta, debida a disminución en la abundancia de peces, indicadores de parte del funcionamiento integral del ecosistema.

### 9.6.6 IBIm Bosques de Manglar

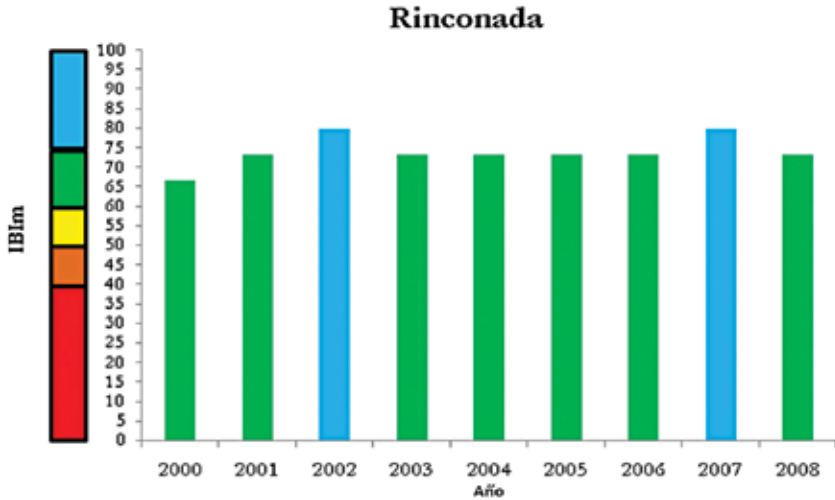
Los valores obtenidos para el bosque de mangle de Chengue (Figura 9.2) muestran una pradera de pastos que se ha mantenido en un estado deseable a lo largo del periodo de muestreo en el periodo de 1996-1997. En el año 2004 se presenta la información reflejando un estado regular, variando posteriormente entre el 2005 y 2006 a buen estado, normalizándose nuevamente en el 2007.



**Figura 9-2.** Gráfico de barras para la serie histórica del Índice de Integridad Biológica de Manglares IBIm en los manglares de Chengue, área de recuperación natural dentro del Parque Nacional Natural Tayrona. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.

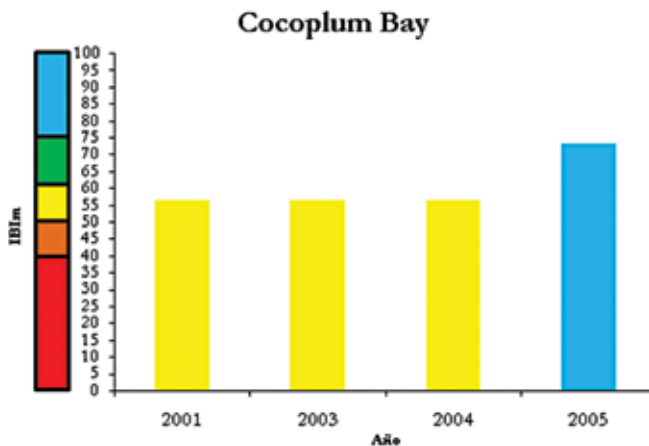
Estos cambios al parecer fueron causados por un aumento en la salinidad, cuyo aumento o disminución provocan estrés fisiológico y hasta la muerte de raíces de plantas adultas y juveniles, causando a su vez lentos procesos de recuperación (resiliencia) una vez se halla superado el disturbio (como se observa entre 2006 y 2008) por lo que es de importante atención su monitoreo.

En la estación principal de Rinconada, se observa un proceso categorizado en buen estado y en los años en los que reporta un estado deseable (2002 y 2007), presentó mayores valores de reclutamiento (Figura 9.3).



**Figura 9.3.** Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Manglares en la serie histórica de la estación Rinconada, del proyecto de monitoreo de la rehabilitación de manglares. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.

Muy diferente ocurre con Cocoplum Bay, sin embargo sus valores se mantuvieron constantes durante 3 de los 4 años del periodo. Podría indicar que por ser interior posee características que pueden diferenciarlo de los demás, se requeriría recurrir a registros específicos para San Andrés y en especial para el sector de Cocoplum de manera que puedan establecerse si este patrón se conserva. El valor obtenido para el año 2005, alcanzó la categoría de un estado deseable, esto fue dado por un incremento en los datos de reclutamiento y productividad.

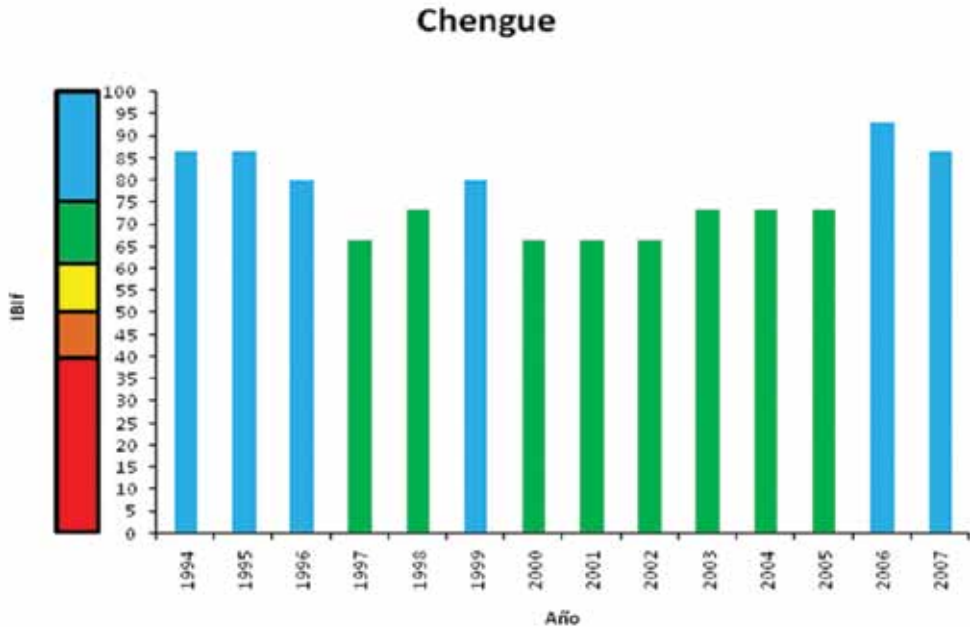


**Figura 9.4.** Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Manglares en la serie histórica de la estación Cocoplum Bay, que fue monitoreada por un periodo de 4 años por el curso de Ecología Marina de la Pontificia Universidad Javeriana. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.

### 9.6.7 Bif Praderas de fanerógamas

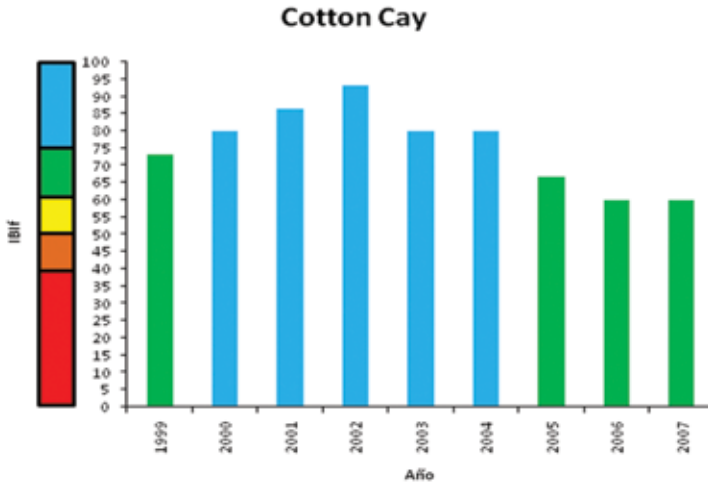
Al igual que los otros ecosistemas presentes en esta área, en la pradera de Chengue también se registra en buen estado, y esto es de esperarse de un área de recuperación natural, sin embargo observamos que pasó de un estado deseable por un largo periodo, lo cual se debió a disminución de los atributos funcionales, productividad y tasa de renovación.

Para las estaciones de CORALINA, es decir las correspondientes a la ecorregión SAN, presentaron un comportamiento similar. Inician en una categoría de buen estado, se presenta un incremento en valores dentro de lo que se designó como un estado deseable, mientras que al superar el 2005 hay una tendencia a disminución de valores, aunque permanecen en Buen Estado.



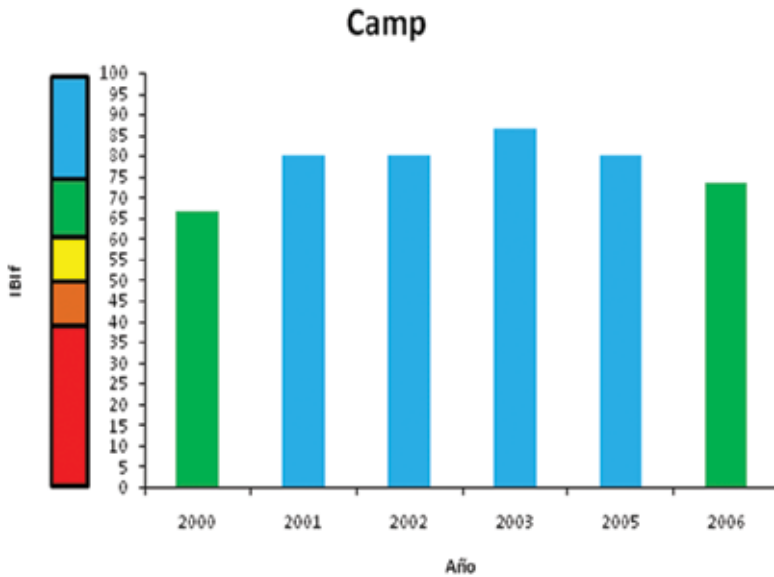
**Figura 9-5.** Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Phanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de la bahía de Chengue. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.

Más específicamente, puede verse en la Figura 9-6, la estación Cotton Cay, tal vez la mejor representada como un monitoreo pues su secuencia de datos, se observa el cambio en el 2005, esta disminución en los cálculos del IBIF se debió a disminución en la biomasa de valores alrededor de  $1000 \text{ g/m}^2$  antes del  $2003 \text{ g/m}^2$  a valores alrededor de  $300 \text{ g/m}^2$  después del 2005 y en la productividad iniciando la serie con valores entre  $3,52$  y  $6,73 \text{ gC/m}^2/\text{día}$  y finalizándola con valores que oscilan entre  $2,225$  a  $0,465 \text{ gC/m}^2/\text{día}$ .



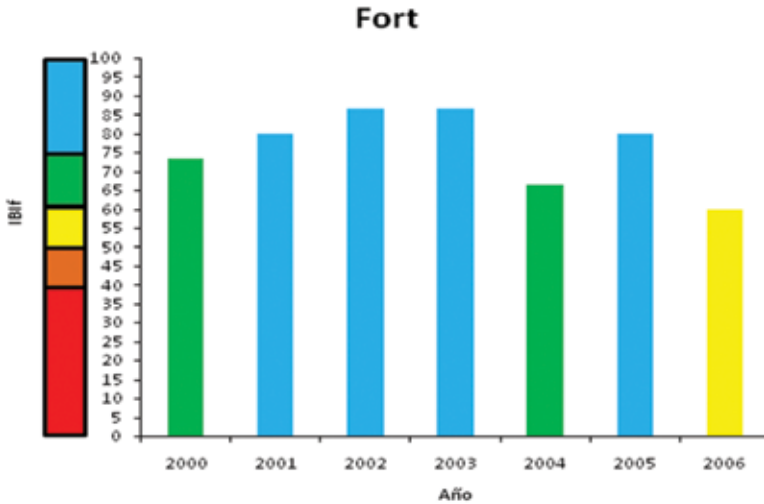
**Figura 9.6.** Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Fanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de Cotton Cay de CORALINA de la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.

Así mismo, en la estación Camp (IBIF Camp Figura 9-7) se puede observar un inicio de esta disminución partir del año 2005 con representada en el cálculo del IBI con descenso de la biomasa que afectan el tipo de categoría del IBI a partir del siguiente año; sería necesario tener más datos de la serie para evidenciar si este comportamiento se mantiene.

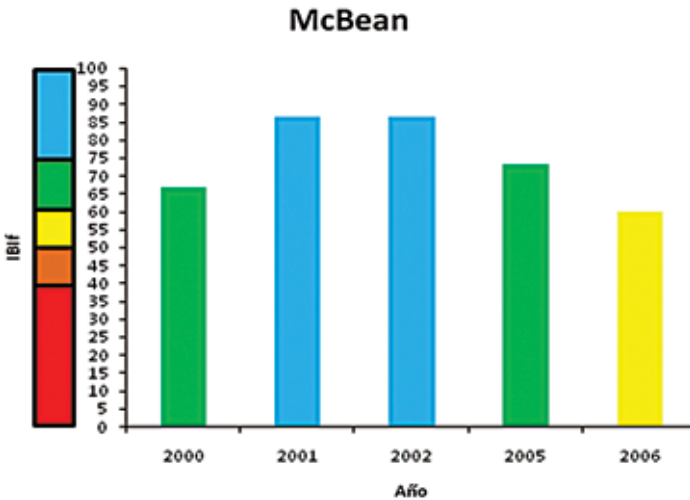


**Figura 9.7.** Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Fanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de Camp de CORALINA de la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.

Las mayores variaciones se registraron en las estaciones de muestreo de Fort y McBean en Old Providence, afectados por disminución en los valores obtenidos en la productividad (Figura 9-8 y 9-9) pasando de un Estado deseable pasando por un buen estado a un regular, conservando el mismo patron de bajos valores de biomasa y productividad en el cálculo del IBIF.



**Figura 9-8.** Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Phanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de Fort de CORALINA en la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.



**Figura -9-9.** Gráfico de Barras del Índice de Integridad Biológica de Phanerógamas marinas en la serie histórica de la estación de praderas de fanerógamas de McBean de CORALINA en la ecorregión SAN. La barra de colores indican el Estado del ecosistema así: Azul: deseable, Verde: buen estado, Amarillo regular, Naranja Estado de alerta y Rojo Estado No deseable.

## 9.7 Conclusiones y comentarios generales

1. Con el presente capítulo se dio un avance en el desarrollo de los indicadores, no solo se socializó la formulación de los indicadores, sino que además se tuvo la oportunidad de evidenciar una aproximación al estado de los ecosistemas sobre los cuales se han colectadodatos históricamente en áreas específicas del país
2. En relación con los indicadores de sensoramiento remoto, se compiló la línea base de diferentes proyectos del INVEMAR, así mismo se emplearon las imágenes de los proyectos del Cerrejón y de Manglares para evidenciar una ganancia en extensión de los bosques de manglar de la CGSM, y pérdida para el Golfo de Morrosquillo.
3. Año tras año el avance tecnológico permite la obtención de nuevas imágenes con características técnicas diferentes aumentando la confiabilidad en los resultados, lo que a su vez se presta para interpretaciones equivocadas en relación a lo obtenido en imágenes previas. La solución planeada a a este problema es la valoración año tras año con la misma metodología tratando de mantener la escala de salida de la línea base o incluir la escala como factor modificador de los valores de extensión de bosque de manglar reportados por el indicador (INVEMAR, 2009a)
4. El historico de IBIC mostró que las estaciones de la ecorregion ARCO tienen una mayor prevalencia en estados "deseable a bueno" que el resto de las áreas analizadas, seguida de las estaciones en la ecorregion TAY y DAR. Mientras que las presentes en la ecorregion SAN tiene una prevalencia de estados regulares de integridad a estados de alerta.
5. La estación de Chengue en PNN Tayrona siguiendo el IBIM muestra una prevalencia por estados deseables, así como lo fue la prevalencia del buen estado en la estación Rinconada en la CGSM. La estación Cocoplum reporto estados regulares con un cambio a un estado "deseable" el ultimo año de la serie historica. Esto requiere un análisis más profundo, seria necesario revisar y afinar los rangos así determinar curvas de funcionamiento para áreas con características especiales tal como ocurre con Cocoplum, volver a correr el Indicador y comparar los resultados.
6. En el caso del indicador de Integridad, se observa que algunas variables están afectando los resultados. En el caso de IBI fanerógamas se evidencia que existe un mayor rango de cambio en las variables estructurales como la Biomasa. Es posible que no todas las variables ejerzan la misma influencia sobre el cálculo final del IBI. Análisis estadísticos más profundos que descarten colinealidad y pongan en manifiesto diferencias en el aporte, permitirían calibrar los pesos de ponderación para cada variable al interior de cada atributo que hasta el momento son iguales. Así como evidenciar relaciones de causalidad entre los componentes y los indicadores que los integran.
7. La presencia de un monitoreo en áreas coralinas que cubre gran parte del Caribe colombiano permite el planteamiento de curvas de funcionamiento de las variables más robustas y caracterizar áreas con comportamiento especial, lo que de forma contraria ocurrió para el cálculo del IBI de los otros ecosistemas. Se plantea la necesidad de ampliar los sistemas de monitoreos a otros ecosistemas como praderas de fanerógamas y manglares, e incluir la medición de pa-

rametros relacionados directamente con salud y deterioro del entorno, así como de su fauna asociada.

8. Finalmente, es importante señalar, la necesidad de que se aúnen esfuerzos para sostener los sistemas de monitoreos biológicos que año a año colectan registros que permiten orientar este tipo de análisis y enfocados al manejo aspectos puntuales. Seguido a esto, se recalca el fortalecimiento de los convenios ya existentes con las entidades y autoridades ambientales con el fin de ampliar la cobertura de los monitoreos en el caso de manglares, para así realizar análisis a escala regional de forma efectiva con el objeto de dar adecuadas herramientas técnicas para el manejo de los ambientes marino-costeros.

## 9.8 Literatura citada

- Adriaanse A. 1994. In search of balance: A conceptual framework for sustainable development indicators. Network seminar on sustainable development indicator. London.
- Armenteras, D., N. Ortiz, N. Rodríguez, M.O. López, J.C. Betancourth, A. Rincón y N.R. Bernal. 2003. Construcción de la Línea Base sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C.
- Cadavid B.C., P. Bautista, J.M. Betancourt, L.E. Castro, C.A. Villamil, A.M. Orjuela, S. Rifaterra, L.V. Perdomo, E. Vilorio, D. Mármol y M. Rueda. 2009. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta. 118 p.
- Campbell D.E. 2000. Using energy systems theory to define, measure and interpret ecological integrity and ecosystem health. *Ecosystem Health* 6 (3): 181-204.
- CARICOMP (Caribbean Coastal Marine Productivity Program). 2003. Report Caribbean Coastal Marine Productivity Program: 1993-2003. CARICOMP. Miami Florida USA 92pp.
- Carrera E., S.M. Vaira y L.E. Contini. 2002. Notas Estadísticas: Cuartiles y Percentiles. Divulgaciones. Revista de la FABICIB-Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral. Editada por el Centro de Publicaciones de la Secretaría de Extensión de la Universidad Nacional del Litoral, 6: 199-204
- Castro J.M. 2002. Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Económicas. Departamento de Economía Aplicada. Estadística y Econometría. Universidad de Málaga. España. 510p.
- Castaño C. y R. Carrillo. (Eds). 2002. Sistema de Información Ambiental de Colombia-SIAC- Tomo II: Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia. Bogotá. 941p
- Comunidad Andina. 2005. Proyecto sistema de información del medio ambiente (sima): Manual metodológico para la elaboración del índice de Ecosistemas en los países de la Comunidad Andina. Desarrollado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Lima, Perú, 96 p.
- Díaz J., L. Barrios, M. Cendales, J. Garzón-Ferrerira, J. Geister, M. López, G. Ospina, F. Parra-Veandia, J. Pinzo, A. Vargas, F. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas Coralinas de Colombia. INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales 5: 176p
- ECOTONO. 1996. Fragmentación y Metapoblaciones. Centro para la Biología de la Conservación. Invierno: 2.
- Eswaran H., E. Pushparajah y C. Ofori. 1992. Indicators and their utilization in a framework for evaluation of sustainable land management. Soil Conservation Service. Washington. In: Proceedings of the International Workshop on Sustainable Land Management for the 21st Century, Wood, R.C. and Dumanski, J. (eds.). Vol. 2: Plenary Papers. The Organizing Committee. International Workshop on Sustainable Land Management. Agricultural Institute of Canada, Ottawa. pp. 205-225.
- García C. 1994. Quantitative data on the forest structure of a small mangrove formation in the bay of Nenguangue, Colombian Caribbean. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín* 23: 183-187.



- García-Hansen I. y J.F. Gaviria-Chiquazuque. 1996. Estudio de los manglares de San Andrés Isla: Extensión y distribución, estructura, productividad, degradación de hojas y otros análisis. BSc Thesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 200p.
- Green A.L. y D.R. Bellwood. 2009. Monitoring functional groups of herbivorous reef fishes as indicators of coral reef resilience: A practical guide for coral reef managers in the Asia Pacific region. IUCN working group on climate change and coral reefs. IUCN, Gland, Suiza, 70p.
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. Sinchi e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C., 276 p. + 37 hojas cartográficas
- INVEMAR. 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNBIM. Plan de acción 2001-2010. Editado por Juan Manuel Díaz Merlano y Diana Isabel Gomez Lopez. Santa Marta: INVEMAR, FONADE, MMA. 83 Págs. ISBN:958-96972-0-8
- INVEMAR. 2003. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2002. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. (Eds). Medellín: Servigráficas, 178p.
- INVEMAR. 2009a. Hoja Metodológica Indicador Extensión de Bosque de Manglar. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 1p.
- INVEMAR. 2009b. Documento Anexo - Hoja Metodológica Indicador Extensión de Pastos Marinos. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 1p.
- INVEMAR. 2009c. Medición de integridad ecológica para tres áreas Protegidas del SPNN en el Caribe colombiano. Informe final. Convenio de cooperación no. 008 de 2008 entre la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, TNC y el Instituto de investigaciones marinas y costeras invemar
- INVEMAR. 2009d. Hoja Metodológica Indicador fragmentación de Bosque de Manglar. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 15p.
- Jackson L., J. Kurtz y W. Fisher. 2002. Evaluation guidelines for ecological indicators. U.S. Environmental Protection Agency.
- Karr J.R. 1991. Biology Integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological application* 1(1):66-84
- Karr J.R. y I.J. Dudley. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Envir. Manage.* 5: 55–68.
- Lasso-Zapata J., R. Navas y R. Hugdson. 1998. Demarcación, recuperación y conservación de los manglares del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. CORALINA. San Andrés Isla, 76 p.
- Lewis S., Wainwright P. 1985. Herbivore abundance and grazing intensity on a Caribbean coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 87:215– 228.
- Lomas P.L., M. Di Donato y S. Ultiati. 2007. La síntesis emerética: una valoración de los servicios de los ecosistemas con base en termodinámica. *Ecosistemas* 3: 36-44
- Mace G. y J. Baillie. 2007. The 2010 Biodiversity Indicators: Challenges for Science and Policy. *Society for Conservation Biology. Conservation Biology* 21(6): 1406–1413
- McGarigal K., S.A. Cushman, M.C. Neel, y E. Ene. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site (disponible 2009): [www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html)
- McField M. y P. Kramer. 2007. Healthy reefs for healthy people: A guide indicators of reef health and social well-being in the Mesoamerican reef region. With contributions by M. Gorrez and M. McPherson. Smithsonian Institution, World Wildlife Fund, Perigee Environmental, The Summit Foundation, the World Bank, the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS) Project and other participating organizations of the Healthy Reefs for Healthy People Initiative. 208p
- McField, M. y P. Kramer. 2008. Guía de referencia rápida. Healthy reefs for healthy people: A guide indicators of reef health and social well-being in the Mesoamerican reef region. Smithsonian Institution, World Wildlife Fund, Perigee Environmental, The Summit

- Foundation, the World Bank, the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS) Project and other participating organizations of the Healthy Reefs for Healthy People Initiative. 26p
- Noss R. 1990. Indicators for Monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4): 355-363.
- Observatorio de Coyuntura Socioeconómica-OCSE. 2002. Los indicadores sociales. Publicación trimestral de OCSE. No. 13. Universidad Nacional de Colombia. UNICEF.
- Organisation for Economic Cooperation and Development-OECD. 1993. Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. OCDE Environment Monographs 83. France.
- Ortiz N., N.R. Bernal, J.C. Betancourth y M.O. López. 2004. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia: aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rincón A., D. Armenteras, N. Ortiz, D. Ramírez y E. Cabrera. 2004. Indicadores de seguimiento y evaluación de la Política Nacional de Biodiversidad en la zona cafetera occidental: avances metodológicos y resultados. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad.
- Rudas G., D. Armenteras, S.M. Sua y N. Rodríguez. 2002. Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Informe final de resultados. Proyecto Diseño e Implementación
- Rump P.C. 1996. State of the Environment Reporting: Source Book of Methods and Approaches. UNEP, Nairobi.
- Sánchez-Páez H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A. Sánchez-Alfárez, J. Pino-Renjifo, I. García-Hansen y M. Acosta-Peñaloza. 1997. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente/ACOFOR/OIMT. Bogotá. 511p.
- Sarmiento A., C. Ramírez, S. Carrizosa, F.A. Galán y G. Rudas. 2000. Sistema de Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad en los Andes Colombianos: Fundamentos Conceptuales y Metodológicos. Instituto Alexander von Humboldt, Conservación Internacional-Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Bogotá.
- Saunders D.A., R.J. Hobbs y C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 118-32.
- Steer R., F. Arias, A. Ramos, P. Sierra, D. Alonso, P. Campo. 1997. Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras colombianas". Documento de consultoría para el Ministerio de Medio Ambiente. Serie de publicaciones especiales No. 6. 390p.
- The Heinz Center, 2008. The State of The Nation's Ecosystems, 2008: Measuring lands, waters and living resources of the United States. The H. John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment. Island Press, United States of America, 352p.
- TNC The Nature Conservancy. 2004. The *Diadema* Workshop Report. The Nature Conservancy, the National Fish and Wildlife Foundation, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences (RSMAS)-University of Miami. USA 25pp.
- United Nations. 1996. Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies, New York.
- United Nations Environment Programme, UNEP. Convention on Biological Diversity, CBD. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice, SBSTTA. 1997. Recommendations for a Core set of Indicators on Biological Diversity. UNEP/CBD/SBSTTA/3/9. Montreal, Canadá.
- UNESCO - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2006. Un manual para la medición del progreso y de los efectos directos del manejo integrado de costas y océanos. Manuales y Guías de la COI - Intergovernmental Oceanographic Commission COI, 46; Dossier ICAM, 2. Paris, UNESCO, 224p.
- Winograd M. 1995. Marco Conceptual para el Desarrollo y Uso de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad para la Toma de Decisiones en Latinoamérica y el Caribe / Conceptual Framework to Develop and Use Environmental and Sustainability Indicators for Policy-Making in Latin America and the Caribbean, Position Paper, Proyecto CIAT/UNEP, CIAT, Cali, Colombia, 50p.
- Zambrano H., M.E. Pardo y L.G. Naranjo. 2007. Metodología para evaluar la integridad ecológica en áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales de Colombia. Parques Nacionales Naturales de Colombia, WWF Colombia, Instituto Alexander von Humboldt. Documento en preparación. Bogotá D.C. 16p.

## **CAPÍTULO IV**

# **ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES**



## 10 DIVERSIDAD DE ESPECIES MARINAS

*Martha Díaz Ruiz, Manuel Garrido, Natalia Rodríguez Salcedo, Luz Marina Mejía y Jaime Cantera*

### 10.1 Introducción

La disponibilidad de recursos vitales para el aprovechamiento, bienestar y supervivencia de las futuras generaciones no puede ser asegurada sin saber que especies tenemos, en donde están, en que cantidad y cómo de manera indirecta pueden ayudarnos. Estas preguntas simples son extremadamente difíciles y costosas de resolver en un país como el nuestro, debido a su enorme riqueza biológica y geográfica (Santodomingo *et al.*, 2005). 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.

En esta edición, se presenta un resumen sobre el estado del conocimiento de la diversidad desde 1999 hasta la fecha documentando: (1) el número total de especies y familias de los principales organismos marinos en el país (plancton, algas marinas bentónicas, esponjas, cnidarios, moluscos, crustáceos decápodos, briozoos, equinodermos y peces), (2) su distribución por ecorregiones tanto en el Caribe como Pacífico colombiano, (3) número de trabajos realizados en taxonomía y sistemática, (4) especies amenazadas en las dos costas. Así mismo, se brinda información sobre *Crocodylus acutus* (CITES), (5) especies introducidas y (6) algunos resultados sobre la diversidad de especies de la plataforma y talud superior en el Caribe colombiano. Los datos presentados se basan en los estudios consignados durante los últimos 10 años en el Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia y el Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina (SIBM). Es importante resaltar que falta ingresar artículos, informes y libros de algunas entidades a nivel nacional que trabajan tanto en el Caribe como Pacífico colombiano en biodiversidad marina y costera.

### 10.2 Estado del conocimiento de la biodiversidad de especies de los principales grupos marinos en el Caribe y Pacífico colombiano

La biodiversidad a nivel de especies en el medio marino es muy alta. El Caribe, después del Indo-Pacífico es el mar más diverso en especies y endemismos, aún más que el Pacífico oriental americano (Márquez, 1996), siendo Colombia probablemente el país con mayor diversidad biológica marina de Sudamérica (Díaz y Acero, 2003). Empero, que la investigación científica sobre biodiversidad marina en Colombia es muy corta, 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 megadiversidad y esfuerzos investigativos, el número total de especies de la flora y fauna en Colombia esta lejos de ser bien conocida (INVEMAR, 2000; Lemaitre, 2002; Díaz y Acero, 2003). Se estima que hay alrededor de 2500 especies de moluscos (Díaz y Acero,

2003), 2000 de peces (176 de elasmobranquios, Díaz y Acero, 2003; Mejía-Falla *et al.*, 2007), 35 de mamíferos que habitan aguas marinas o estuarinas (Flórez-González y Capella, 2006) y 82 de aves marinas (ACO, com. pers). A continuación se presenta una descripción resumida de los grupos de organismos marinos del Caribe y Pacífico colombiano que han sido revisados y cuyos listados se publicaron en la revista *Biota Colombiana* o se encuentran en revisión por especialistas del Museo de Historia Natural Marina de Colombia y otras instituciones colombianas o del exterior. Hasta el año 2009 se han elaborado los listados de corales duros, zoantideos, platelmintos, moluscos, (conos, opistobranquios, quitones, pulpos y calamares), poliquetos, isópodos, picnogonidos, briozoos, erizos de mar, peces (Tetradontiformes, Ophidiiformes, entre otros), tortugas, aves, mamíferos y algas marinas bentónicas. Buena parte de ésta información fue recopilada por Santodomingo *et al.* (2005), con base a la información de Ardila *et al.* (2005a) en el Informe Nacional sobre Avances en el Conocimiento e Información en Biodiversidad 1998-2004 (INACIB)(Tabla 10.1).

La gran mayoría de los hábitats marinos tropicales están bien representados en el país, posibilitando numerosos ecosistemas, dando como resultado la gran diversidad encontrada. Esa diversidad se ve incrementada gracias a áreas arrecifales como el Archipiélago de San Andrés y Providencia (Márquez, 1996; Díaz y Acero, 2003). Debido al levantamiento del istmo de Panamá, sólo algunas especies del Pacífico y Caribe son comunes a ambas regiones, de tal forma que la generalidad es encontrar fauna y flora distinta en ambas costas.

Para el Caribe según el Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina (SIBM) del INVEMAR, información secundaria publicada y los listados de especies de los diferentes expertos de cada uno de los grupos, se han encontrado a la fecha para el Caribe alrededor de 306 especies de esponjas, 9 de zoantideos, 115 de corales escleractínios, 15 antipatharios, 25 polycladios, 1498 de moluscos, 239 de poliquetos, 570 de crustáceos decápodos, 50 de picnogónidos, 113 de briozoos, 296 de equinodermos, 990 de peces, 18 de mamíferos marinos (5 exclusivas) y 565 de algas marinas (Tabla 10.1). Así mismo, se han registrado aproximadamente 14 phylum y 378 especies zooplanctónicas, incluyendo estados larvales de los grupos mencionados y 214 especies de fitoplancton aproximadamente. De acuerdo con los estudios realizados en el Pacífico colombiano y al conocimiento de los expertos, el total de especies registradas para 13 grupos taxonómicos de animales y plantas marino-costeros en el Pacífico colombiano es de 3328. Se tiene nuevos registros y nuevas especies para algunos grupos taxonómicos en particular, tales como: peces marinos (39 especies); crustáceos (21); equinodermos (13); poliquetos (11); cnidarios (7); poríferos (4) y macroalgas (3). Los grupos más representativos en riqueza en el Pacífico colombiano son moluscos (985 especies), peces (806), crustáceos (543) y poliquetos (459) (Tabla 10.1). El inventario de especies en esa región del país ha aumentado considerablemente por algunos estudios locales que se han desarrollado en los últimos años en Bahía Málaga, Isla Malpelo e Isla Gorgona, que hacen parte de los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, respectivamente. Uno de los departamentos costeros del Pacífico colombiano menos estudiados es el Chocó y la parte sur de Nariño. Vale la pena resaltar que desde el 2005 en Bahía Málaga se ha venido estudiando la biodiversidad marina y costera, haciendo un mayor énfasis en los Estados de Vida Vulnerable de Organismos Marinos (EVMOM) tales como larvas, juveniles y hembras ovadas.

**Tabla 10.1.** Listados nacionales de fauna y flora marinas de Colombia

Grupo	Caribe			Pacífico		
	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
FORAMINÍFEROS <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	~156
ESPONJAS <sup>2, 41,52</sup>	~53	~124	~306	~15	~18	~25
CNIDARIOS						
Orden Alcyonaria <sup>40,50</sup>	11	27	86			
Orden Actiniaria – Corallimorpharia <sup>3,4</sup>	-	15	23 <sup>a</sup>	-	-	-
Orden Zoanthidea <sup>6</sup>	4	4	9	-	1	1
Orden Scleractinia <sup>7,8,38,52</sup>	18	52	115	9	19	35
Orden Antipatharia <sup>9,10</sup>	-	-	15	-	-	-
POLYCLADIDOS <sup>20</sup>	-	-	25	-	-	-
MOLUSCOS <sup>11,12</sup>						
Clase Gastropoda <sup>13,14,35,36,51</sup>	~120	~350	830	-	-	609
Clase Bivalvia <sup>15</sup>	~59	~149	348	-	-	352
Clase Cephalopoda <sup>16</sup>	9	16	26	-	-	12
Clase Polyplacophora <sup>17</sup>	5	13	22	-	-	10
Clase Scaphopoda <sup>18</sup>	6	13	24	-	-	2
POLIQUETOS <sup>19,52</sup>	43	131	239	-	-	459
CRUSTACEOS						
DECÁPODOS <sup>12,21,22,37,39,52</sup>						
Camarones	~21	~58	~154	~15	~51	~91
Langostas y anomuros	~18	~60	~172	~13	~40	~106
Cangrejos	~28	~118	~244	~16	~136	~346
Otros CRUSTACEOS:						
AMPHIPODA <sup>33</sup>						
Caprélidos	1	8	10			8
PICNOGONIDOS <sup>23,53</sup>	10	15	50	-	-	2
BRIZOOS <sup>30, 42, 43</sup>	57	80	113	-	-	8
EQUINODERMOS <sup>12,24</sup>						
Clase Crinoidea	8	18	25	-	-	-
Clase Asteroidea <sup>25,44</sup>	19	44	72	16	24	35
Clase Ophiuroidea <sup>26,44,52</sup>	15	51	102	11	23	41
Clase Echinoidea <sup>27,28,44</sup>	16	34	51	12	21	30
Clase Holothuroidea <sup>29,44</sup>	11	21	46	11	18	36
PECES						
Mixínidos <sup>45</sup>	1	3	3	-	-	-
Elasmobranquios <sup>46</sup>	26	50	67	33	66	79
Óseos <sup>45,52</sup>	133	447	920	85	320	727
MAMÍFEROS MARINOS <sup>5,47,48,49</sup>						
Cetáceos	5		16	5		24
Carnívoros	1		1	2		6
Manatíes	1		1	0		0
MACROALGAS <sup>31,32,52</sup>						
Cyanophyta (verde-azules)	7	9	16	-	-	-
Rhodophyta (rojas)	36	131	314	-	-	84
Phacophyta (pardas)	8	21	70	-	-	22
Chlorophyta (verdes)	15	41	165	-	-	30

Para la dos costas colombianas, la información para otros grupos como, crustáceos (no decápodos), sipuncúlidos, hydroides está dispersa, por lo que aún no se poseen cifras exactas. Para muchos otros organismos (protozoos, ctenophoros, phoronidos, urocordados y hemicordados, entre otros) no se conoce si se han realizado algún estudio ni tampoco, en caso tal, donde está depositado el material colectado. La información del estimado del número de familias, géneros y especies por ecorregión se presenta en las Tablas 10.2 a y b.

Los datos presentados en la tabla (9. 1) han sido compilados de las revisiones y artículos sobre nuevos registros y/o especies. <sup>1</sup>Betancur y Martínez (2003). <sup>2</sup>Zea (1998; com. pers). <sup>3</sup>Reyes y Barrios (1998). <sup>4</sup>Barrios *et al.* (2002). <sup>5</sup>Capella *et al.* 2008 (com. pers). <sup>6</sup>Acosta *et al.* (2005). <sup>7</sup>Reyes (2000). <sup>8</sup>Lattig y Reyes (2001). <sup>9</sup>Bejarano *et al.* (2001). <sup>10</sup>Reyes y Santodomingo (2002). <sup>11</sup>Díaz y Puyana (1994). <sup>12</sup>Arboleda (2002). <sup>13</sup>Gracia *et al.* (2004). <sup>14</sup>Ardila *et al.* (2005b). <sup>15</sup>Ardila (2000). <sup>16</sup>Díaz *et al.* (2000). <sup>17</sup>Gracia *et al.* (2005a). <sup>18</sup>Gracia *et al.* (2005b). <sup>19</sup>Báez y Ardila (2003). <sup>20</sup>Quiroga *et al.* (2004). <sup>21</sup>Campos *et al.* (2003). <sup>22</sup>Lemaitre y Álvarez-Lcón (1992). <sup>23</sup>Arango (2000). <sup>24</sup>Borrero-Pérez *et al.* (2003<sup>a</sup> y b). <sup>25</sup>Benavides *et al.* (com. pers). <sup>26</sup>Borrero-Pérez y Benavides-Serrato (2004a). <sup>27</sup>Borrero-Pérez *et al.* (2002a). <sup>28</sup>Borrero-Pérez y Benavides-Serrato (2004b). <sup>29</sup>Borrero-Pérez *et al.* (2002b). <sup>30</sup>Flórez y Montoya (2004). <sup>31</sup>Díaz-Púlido y Díaz-Ruiz (2003). <sup>32</sup>Bula-Meyer (1987). <sup>33</sup>Guerra-García *et al.* (2006). <sup>34</sup>Aguirre-Aguirre *et al.* (2006). <sup>35</sup>Simone y Gracia (2006a). <sup>36</sup>Simone y Gracia (2006b). <sup>37</sup> Bermúdez, *et al.* (2005), <sup>38</sup>Reyes *et al.* (com. pers). <sup>39</sup>Gómez-Lemos *et al.* (2006). <sup>40</sup>Sánchez (com. pers) (2005). <sup>41</sup>Escobar (2000). <sup>42</sup>Flórez *et al.* (2007). <sup>43</sup>Montoya *et al.*, 2007. <sup>44</sup>Cohen-Rengifo (2008). <sup>45</sup>Polanco (com. pers). <sup>46</sup>Mejía-Falla *et al.* (2007). <sup>47</sup>Flórez-González *et al.* (2004), <sup>48</sup>Flórez-González y Capella (2006), <sup>49</sup>Capella *et al.* (com. pers), <sup>50</sup>Chacón-Gómez. (2005), <sup>51</sup>Díaz. *et al.* (2005), <sup>52</sup>Cantera (com. pers), <sup>53</sup>Müller y Krapp (2009 )



**Tabla 10.2 a.** Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Caribe colombiano entre 1999 y 2009. GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Occánico). Subecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), egsm (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá). (a) morfotipos, especies identificadas (-) no hay consolidado disponible. FAM: No. de familias, GEN: No. de géneros, SP: No. de especies

ECORREGIONES GUA		CARIBE											
		PAL	TAY	MAG		ARCO	MOR	DAR		SAN	COC		
Subecorregión		Taxa		Sal	egsm	Gal		Arb	Atr	Cap			
Bacterias <sup>1</sup>	Familia	-	9	-	1	3	-	5	-	-	-	4	
	Género	-	12	-	1	3	-	4	-	-	-	4	
	Especie	-	12	-	1	1	-	3	-	-	-	2	
Macroalgas Rojas <sup>2</sup>	Familia	21	-	35	-	22	23	9	25	-	-	14	
	Género	51	-	108	-	52	58	11	74	-	-	47	
	Especie	72	-	218	-	86	85	12	120	-	-	72	
Macroalgas Pardas <sup>2</sup>	Familia	6	-	8	-	11	3	2	5	-	-	4	
	Género	15	-	20	-	23	8	2	14	-	-	11	
	Especie	33	-	49	-	23	16	4	27	-	-	34	
Macroalgas Verdes <sup>2</sup>	Familia	12	-	12	-	13	13	5	12	-	-	14	
	Género	21	-	32	-	25	28	13	24	-	-	29	
	Especie	45	-	78	-	56	58	12	55	-	-	70	
Esponjas <sup>1,4</sup>	Especie	48	-	210	-	-	105	72	84	-	-	125	
	Familia	28	23	47	9	2	38	8	17	18	24	25	
	Género	41	34	101	10	3	84	9	30	32	45	39	
Cnidaria <sup>1</sup>	Especie	51	41	168	12	3	142	6	40	49	67	41	
	Familia	78	61	121	67	17	63	86	17	27	1	26	
	Género	140	104	288	108	20	90	115	17	35	1	33	
Moluscos <sup>1</sup>	Especie	177	110	408	137	15	105	122	16	44	31	166	

Tabla 10.2 a. Continuación

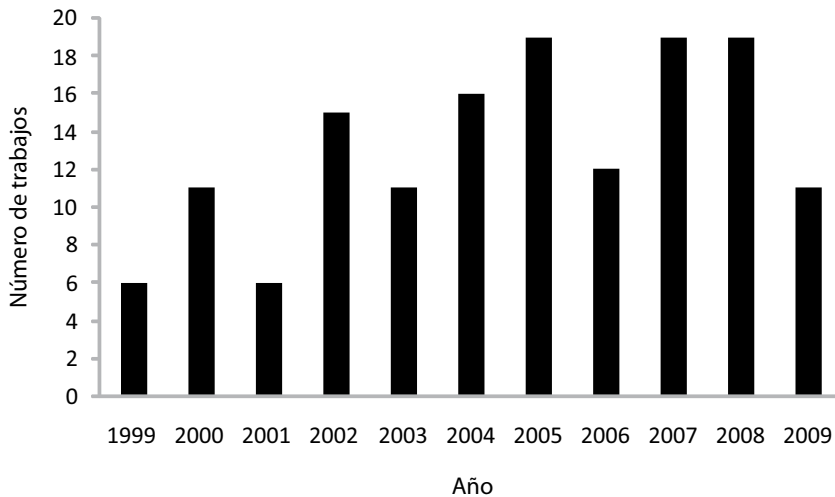
ECORREGIONES GUA		CARIBE											
		PAL	TAY	MAG		ARCO	MOR	DAR		SAN	COC		
Anélidos <sup>1</sup>	Familia	1	-	9	-	-	35	2	-	-	-	2	-
	Género	1	-	10	-	-	1	2	-	-	-	2	-
	Especie	-	-	5	-	-	1	1	-	-	-	1	-
Artropodos <sup>1</sup>	Familia	30	26	80	86	15	40	43	14	27	16	7	55
	Género	71	54	199	155	21	6	75	20	48	23	7	104
	Especie	103	72	308	141	30	8	114	60	21	54	28	140
Briozoos <sup>1,7</sup>	Familia	37	26	18	28	-	-	13	4	-	-	-	8
	Género	49	35	24	36	-	-	17	4	-	-	-	9
	Especie	49	32	23	35	-	-	14	4	-	-	-	9
Equinodermos <sup>1,5</sup>	Familia	43	27	48	19	1	4	37	17	12	5	4	36
	Género	66	40	79	29	1	-	59	24	14	6	5	75
	Especie	82	45	116	30	1	-	100	33	14	8	7	99
Peces <sup>1</sup>	Familia	79	35	105	46	57	11	371	47	26	58	37	79
	Género	174	56	281	68	101	17	363	72	39	101	75	134
	Especie	288	76	473	85	139	19	339	82	42	128	140	169
Pastos Marinos <sup>1</sup>	Familia	3	-	2	-	-	-	2	2	2	--	2	-
	Género	5	-	4	-	-	-	4	4	3	-	3	-
	Especie	6	-	4	-	-	-	4	4	3	-	3	-

**Tabla 10.2 b.** Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Pacífico colombiano entre 1999 y 2009. PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Oceánico)

		Pacífico								
Taxa	Ecorregiones	PAN	BAU	BUE	NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM	PAO
Bacterias <sup>1</sup>	Familia	-	-	2	2	-	-	-	4	1
	Género	-	-	2	2	-	-	-	4	1
	Especie	-	-	2	-	-	-	-	2	-
Algas Rojas <sup>3</sup>	Especie	17	3	23	0	60	-	0	16	-
Algas Pardas <sup>3</sup>	Especie	2	0	4	0	16	-	0	4	-
Algas Verdes <sup>3</sup>	Especie	3	0	7	0	16	0	0	9	-
Cnidaria <sup>1</sup>	Familia	4	-	-	-	5	11	-	-	3
	Género	4	-	-	-	5	22	-	-	2
	Especie	3	-	-	-	11	31	-	-	1
Moluscos <sup>1</sup>	Familia	27	17	52	23	3	11	3	13	12
	Género	44	26	76	33	3	14	6	15	20
	Especie	41	28	73	37	-	13	3	10	14
Artópodos <sup>1</sup>	Familia	16	16	1	1	1	1	-	-	9
	Género	25	21	1	1	5	1	-	-	12
	Especie	14	11	2	-	7	-	-	-	6
Equinodermos <sup>1,6</sup>	Familia	5	5	1	-	4	8	-	-	7
	Género	5	5	1	-	7	9	-	-	7
	Especie	3	2	0	-	7	9	-	-	3
Peces <sup>1</sup>	Familia	38	24	36	12	49	35	9	12	20
	Género	68	34	55	16	92	69	14	15	25
	Especie	94	41	72	17	126	92	15	16	30

La información de la Tabla 10.2 a proviene del Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina <sup>1</sup>(SIBM, base georeferenciada e implementada en ORACLE) y de revisiones y artículos sobre registros y/o especies, <sup>2</sup>Díaz-Púlido y Díaz-Ruiz (2003), <sup>3</sup>Camacho, Díaz-Ruiz y Peña (com. pers), <sup>4</sup>Zea (1998; com. pers), <sup>5</sup>Benavides et al. (com. pers), <sup>6</sup>Cohen-Rengifo (2008), <sup>7</sup>Flórez y Montoya (2004) y los de la Tabla 10.2b de las revisiones y artículos sobre registros y/o especies: <sup>2</sup>Díaz-Púlido y Díaz-Ruiz (2003), <sup>3</sup>Camacho *et al.* (2008, com. pers), <sup>4</sup>Zea (1998; com. pers), <sup>5</sup>Benavides et al. (2005, com. pers), <sup>6</sup>Cohen-Rengifo (2008), <sup>7</sup>Flórez y Montoya (2004). Se espera complementar esta información en el futuro, con base a las publicaciones científicas y los aportes de las instituciones y a los expertos en cada uno de los grupos.

Los peces (34), moluscos (27), crustáceos decápodos (25) y cnidarios (16), han sido los grupos más trabajados en el Caribe colombiano, por su parte para el Pacífico han sido los peces (13), y las aves marinas (4). (Tabla 10.3). Aproximadamente el promedio de trabajos realizados en taxonomía en el Pacífico colombiano oscila en tres por año, sin embargo, en cinco años el número de investigaciones en taxonomía animal o vegetal ha sido superior a los cinco estudios anuales (2000, 2001, 2004, 2006 y 2007) Igual para el Caribe (Tabla 10.3 y Figura 10.1). En general al analizar la literatura publicada en las dos costas es evidente que se hace necesario un mayor esfuerzo en el análisis, descripción, ilustración y catalogación de la flora y fauna marinas.



**Figura 10.1.** Recuento histórico de los trabajos realizados por año en sistemática y taxonomía desde 1999 hasta la fecha en el Caribe. Los datos se basan en la información de los Informes del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia y otra información secundaria

**Tabla 10.3.** Recuento histórico de los trabajos realizados en sistemática y taxonomía por grupo desde 1999 hasta la fecha en el Caribe (C) y Pacífico (P) colombiano. Los datos se basan en la información de los Informes del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia

Años <sup>1</sup>	1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
Fitoplancton	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-
Zooplancton	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	1	5	1	1	-	2
Macroalgas	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Manglares	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Esponjas	1	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Cnidaria	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	2	1	4	-	-
Moluscos	-	-	2	-	1	2	1	2	1	-	6	-	6	-	4	-	4	-	2	-	2	1
Poliquetos	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Crustáceos decápodos	2	-	1	1	3	-	1	-	3	-	1	-	1	2	-	2	-	1	-	6	-	2
Briozoos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	3	-	1	1	-
Equinodermos	-	-	-	-	-	-	3	1	2	-	2	-	2	2	1	-	-	-	-	2	1	-
Peces	-	1	1	3	1	1	2	-	1	1	2	2	2	2	2	2	2	4	-	1	-	6
Aves marinas	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-
Tortugas marinas	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Mamíferos marinos	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros	-	-	1	-	-	-	3	-	-	1	-	1	1	-	1	1	2	1	3	-	1	-

Bibliografía utilizada se presenta en el anexo 10.1

**Tabla 10.4.** Trabajos realizados en sistemática y taxonomía en el 2009 en el Caribe colombiano

Año <sup>1</sup>	Trabajo	Autor
2009	Taxonomía de larvas zoea de crustáceos decápodos del área nororiental del Mar Caribe colombiano.	Johana Medellín-Mora, Néstor H. Campos, Andrés Franco-Herrera y Juan C. Jaimes.
2009	Contribución al conocimiento de la fauna íctica en dos isóbatas (10 y 50 m) de la región de la Guajira, Caribe colombiano.	Andrea Polanco F., Julio Andrés Quintero-Gil, Fabián Cortés y Guillermo Duque
2009	Presencia de <i>Remorina albescens</i> (Perciformes: Echeneidae) en el Caribe colombiano, incluyendo una clave de identificación para las especies de la familia en Colombia.	Edwin Farfán López, Arturo Acero P. y Marcela Grijalba-Bendeck
2009	La comunidad de copépodos en las islas de providencia y santa catalina (Caribe colombiano) durante el período lluvioso (octubre) 2005	María del Pilar Martínez-Barragán, Andrés Franco-Herrera, Jairo Medina-Calderón y Adriana Santos-Martínez.
2009	Distribución y datos biológicos de los cangrejos ermitaños (Decápoda: Anomura) del mar Caribe colombiano colectados por la expedición Invenmar-Macrofauna II .	Andrés Merchán-Cepeda, Néstor Hernando Campos, Andrés Franco y Adriana Bermúdez
2009	<i>Triocadulus magdalenensis</i> , a new deep-sea scaphopod (Mollusca: Scaphopoda: Gadilidae) from the Colombian Caribbean.	Adriana Gracia C. y Néstor E. Ardila
2009	Avances en el conocimiento de tiburones rayas y quimeras de Colombia.	Puentes, V., A. F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C. Diazgranados y L.A. Zapata Padilla
2009	Peces y macroinvertebrados móviles de hábitat artificiales de la bahía de Taganga, Caribe Colombiano.	O. Delgadillo-Garzón
2009	Primer registro de <i>Liopropoma carmabi</i> (Perciformes, Serranidae) para el Caribe Colombiano.	O, Martínez-Ramírez, M. Grijalba-Bendeck, C. Trujillo-Arcila y A. Acero P.
2009	<i>Mitsukurina owstoni</i> Jordan (Chondrichthyes, Mitsukurianidae) primer registro para el Caribe colombiano.	M. Grijalba-Bendeck y K. Acevedo
2009	The pycnogonid fauna (Pycnogonida, Arthropoda) of the Tayrona National Park and adjoining areas on the Caribbean coast of Colombia	Hans-Georg Müller y Franz Krapp.

Bibliografía utilizada se presenta en el anexo 10.1

### 10.3 Consevación y diagnóstico de especies amenazadas

Con el fin de brindar información básica para la conservación y manejo sostenible de las especies silvestres, el Ministerio del Medio Ambiente inició desde 1996 la producción de la serie “Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia”. En el año 2002 se publicaron los primeros siete libros rojos, de los cuales cuatro incluyen especies marinas y costeras: los libros rojos de invertebrados (Ardila *et al.*, 2002) y peces marinos (Mejía y Acero, 2002), editados por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR con apoyo del Instituto de Ciencias Naturales ICN; el libro de reptiles (Castaño-Mora, 2002) y el de aves (Renjifo *et al.*, 2002) elaborados por el ICN y el Instituto Humboldt, respectivamente. Para cada una de las especies listadas, se elaboraron fichas donde se explican las características más importantes de la especie, su distribución, posibles medidas de conservación, y se identificó su grado de amenaza según las categorías diseñadas por la UICN para tal fin. Las categorías de amenaza son: Extinto (EX); Extinto en estado silvestre (EW); En Peligro Crítico (CR); En Peligro (EN); Vulnerable (VU); Casi Amenazado (NT); Preocupación menor (LC); Datos insuficientes (DD).

En la Resolución 584 del 2002 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas, según los listados de los libros rojos, y se adoptan otras disposiciones en cuanto a su conservación. En la Resolución 1218 del 2003 se reglamenta la conformación y el funcionamiento del Comité Coordinador de Categorización de las Especies silvestres amenazadas.

El listado de especies marinas y costeras declaradas como amenazadas y su respectiva categorización han sido presentadas en el Informe del Estado de los Recursos de años anteriores (Santodomingo *et al.*, 2005). Aunque los listados publicados en los libros rojos son el resultado de la suma de esfuerzos de diversas personas y entidades, es apenas el primer paso para dar a conocer a la comunidad las especies marinas que se encuentran seriamente amenazadas. Es claro que, siendo esta lista aun insuficiente (Tabla 10.5 a, b y Tabla 10.6), se debe continuar con el trabajo de evaluación de las poblaciones explotadas y de las especies endémicas de nuestros mares territoriales, y a partir de esta información, establecer planes de manejo que minimicen las amenazas de origen antropogénico y a su vez permitan la explotación racional de los recursos marinos en Colombia.

En general, tanto en el Caribe como Pacífico colombiano se han desarrollado un número

**Tabla 10.5a.** Número de especies marinas y costeras En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerables (VU), Casi Amenazadas (NC), En bajo Riesgo (LC) y Datos Insuficientes para cada uno de los grupos presentes en las eco-regiones definidas para el Caribe en el Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM (INVEMAR, 2000): SAN, archipiélago de San Andrés y Providencia; GUA, Guajira; PAL, Palomino; TAY, Tayrona; MAG, Magdalena; ARCO, archipiélago coralinos de San Bernardo e Islas del Rosario; MOR, golfo de Morrosquillo; DAR, Darién. IUCN, 2009.

Grupo Biológico <sup>1</sup>	Categoría	Ecorregiones del Caribe							
		SAN	GUA	PAL	TAY	MAG	ARCO	MOR	DAR
Corales	CR	1	1		1	1	1		1
	EN	1			1		1		1
	VU	5			5	1	5		3
	NT		1						
	LC	2			2	1	2		2
Moluscos	VU	6	8	2	7	4	6	6	3
	LC	1	1		4			1	1
Crustáceos	VU	2	3	2	3	3	5	1	2
	NT	1	1		1	1	1		
Equinodermos	DD	1			2		1		1
	CR	1	1		2	3	1	3	2
Peces	EN	5	5	3	4	6	4	6	5
	VU	8	10	4	12	11	9	7	7
	NT		1	1	1	1	1	1	1
	LC				1	1	1	1	
	DD	4	2	1	3	3	1	1	1
Tortugas	CR	2	3	3	3	2	2		2
	EN		2	2	3	3		2	2
	VU	1					2		
Aves	CR	1		1	1	1			
	VU		1	1		2		1	1

representativo de trabajos sobre especies en Peligro Crítico (CR), en Peligro (EN) y Vulnerables (VU), a la fecha para el Pacífico se registran aproximadamente estudios en 26 especies y 20 géneros de animales representados en ocho grupos taxonómicos, tales como: peces, aves, crustáceos, corales, mamíferos, manglares, moluscos y tortugas (Tabla 10.5b).

**Tabla 10.5b.** Número de especies marinas y costeras En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerables (VU), Casi Amenazadas (NC), En bajo Riesgo (LC) y Datos Insuficientes para cada uno de los grupos presentes en las eco-regiones definidas para el Pacífico en el Plan Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina PNIBM (INVEMAR, 2000): PAN, Pacífico Norte; BAU, Baudó; BUE, Buenaventura; NAY, Naya; SAQ, Sanquianga, TUM, Tumaco; PAO, Pacífico Oceánico; MAL, Malpelo; GORG, Gorgona

Grupo Biológico <sup>1</sup>	Categoría	Ecorregiones del Pacífico								
		PAN	BAU	BUE	NAY	SAQ	TUM	PAO	MAL	GORG
Corales	CR	1	-	-	-	-	-	-	1	1
	EN	1	-	-	-	-	-	-	1	1
	VU	1	-	-	-	-	-	-	1	1
	LC	1	-	-	-	-	-	-	1	1
Moluscos	VU	2	2	7	2	2	2	-	-	-
	DD	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Crustáceos	VU	-	-	4	-	-	-	3	-	-
Equinodermos	DD	1	-	1	-	-	-	-	1	1
Peces	CR	1	-	1	-	1	-	-	-	1
	VU	10	-	10	-	10	10	5	3	3
	LC	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	DD	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Tortugas	VU	3	-	3	-	3	-	-	-	3
Aves	VU	1	-	1	-	1	-	-	1	2
Mamíferos	VU	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Manglares	VU	4	4	4	-	4	4	-	-	-

IUCN, 2009



**Tabla 10.6.** Listado de especies marinas y costeras en Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerables (VU), Casi Amenazadas (NC), En bajo Riesgo (LC) para el Caribe y Pacífico colombiano. IUCN, 2009

Grupo Biológico 1	Nombre científico	Nombre común
Aves	<i>Chauna chavaria</i>	Chavaria
	<i>Lepidopygia lilliae</i> CR	Colibrí cienaguero
	<i>Molothrus armenti</i>	Chamón del Caribe, Yolofo
	<i>Pelecanus spp.</i>	Pelicano
	<i>Phoenicopterus ruber</i>	Flamenco
	<i>Sula spp.</i>	
	<i>Vireo caribaeus</i>	Torito, Torito
	<i>Anous stolidus</i>	
	<i>Chlidonias niger</i>	
	<i>Creagrus furcatus</i>	
	<i>Daption capense</i>	
	<i>Gygis alba</i>	
	<i>Halocyptena microsoma</i>	
	<i>Larus atricilla</i>	
	<i>Larus delawarensis</i>	
	<i>Larus pipixcan</i>	
	<i>Oceanodroma castro</i>	
	<i>Oceanodroma tethys</i>	
	<i>Pandion haliaetus</i>	
	<i>Phaethon aethereus</i>	
	<i>Phoebastria irrorata</i>	
	<i>Pterodroma phaeopygia</i>	
	<i>Puffinus ibermieri</i>	
	<i>Puffinus pacificus</i>	
	<i>Sterna anaethetus</i>	
	<i>Sterna fuscata</i>	
	<i>Sterna hirundo</i>	
	<i>Sterna maxima</i>	
	<i>Sterna paradisaea</i>	
	<i>Sula dactylatra</i>	
	<i>Sula granti</i>	
	<i>Sula leucogaster</i>	
<i>Sula sula</i>		
<i>Xema sabini</i>		

Continuación **Tabla 10.6.**

<b>Grupo Biológico 1</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Mamíferos marinos	<i>Megaptera novaeangliae Stenella attenuata</i>	Ballena jorobada Delfin moteado
Manglares	<i>Avicennia spp.</i>	Mangle negro
	<i>Legumicularia spp</i>	Mangle blanco
	<i>Pelliciera spp.</i>	
	<i>Rhizophora spp.</i>	Mangle rojo
Corales	* <i>Acropora cervicornis</i>	Coral cuernos de ciervo
	* <i>Acropora palmata</i>	Coral cuernos de alce
	* <i>Agaricia tenuifolia</i>	Coral hojas de lechuga
	* <i>Eusmilia fastigiata</i>	
	* <i>Gorgonia ventalina</i>	Abanico de mar
	* <i>Mussa angulosa</i>	
	* <i>Porites porites</i>	Coral de dedos
	* <i>Stephanocoenia intersepta</i>	
Moluscos	<i>Acropora prolifera</i>	
	* <i>Anadara similis</i>	
	* <i>Anadara turberculosa</i>	Piangua
	* <i>Cittarium pica</i>	Burgao
	* <i>Strombus giga</i>	Caracol de pala
	<i>Anachis coseli</i>	
	<i>Ancilla glabrata</i>	
	<i>Cassis flammea</i>	Casco flameante
	<i>Cassis madagascariensis</i>	Casco imperial
	<i>Cassis tuberosa</i>	Casco real
	<i>Charonia variegata</i>	Tritón atlántico
	<i>Cypraea surinamensis</i>	
	<i>Muracypraea mus</i>	Caracol porcelana
	<i>Octopus zonatus</i>	Pulpo de bandas del Atlántico
	<i>Olivella ankei</i>	
<i>Pachybatbron tayrona</i>		
<i>Polymesoda arcuata</i>	Guacuco de marjal esbelto, Almeja	
<i>Tellina magna</i>		

Continuación Tabla 10.6.

Grupo Biológico 1	Nombre científico	Nombre común
Crustaceos	<i>Cardisoma guanhumí</i>	Cangrejo azul de tierra, c.bandolero, c. de tierra petirrojo, c. pasiao, pollo de tierra, c. azul
		Cangrejo de coral, cangrejo reina, cangrejo común
	<i>Carpilius corallinus</i>	Camarón blanco, langostino
	<i>Litopenaeus schmitti</i>	Cangrejo rey del Caribe
	<i>Mitbrax spinosissimus</i>	Langosta espinosa
	<i>Panulirus argus</i>	
	<i>Penaeus spp.</i>	
Equinodermos	<i>Diadema antillarum</i>	Erizo negro
	<i>Ophiotrix synoecina</i>	
	<i>Oreaster reticulatus</i>	Estrella cojín
Tortugas Marinas	* <i>Caretta caretta</i>	Gogo, caguama, cabezona, Parape
	* <i>Chelonia mydas</i>	Tortuga verde, t. blanca, moro, yauc, sáwairn
	* <i>Dermochelys coriacea</i>	Cardó, tortuga canal, caná, cachepa, bufeadora, barriguda,
	* <i>Eretmochelys imbricata</i>	Carey, tortuga carey
	* <i>Lepidochelys olivacea</i> <i>Podocnemy senyana</i>	Tortuga, tortuga de río
	<i>albogulare</i>	Caguama, t. amarilla, cabezote,
	<i>Kinosternon scorpioides</i> E	

Continuación **Tabla 10-6.**

Grupo Biológico 1	Nombre científico	Nombre común
Peces	<i>Carcharhinus limbatus</i>	Tollo aletinegro, tiburón macuira
	<i>Anisotremus moricandi</i>	Burrito rayado
	<i>Ariopsis bonillai</i>	Bagre, chivo cabezón
	<i>Arius proops</i>	Bagre, chivo mozo
	<i>Arius spp.</i>	
	<i>Bagre spp.</i>	
	<i>Balistes vetula</i>	Pejepuerco, cahúa, oldwife
	<i>Batrachoides manglae</i>	Guasa lagunar, sapo lagunero
	<i>Bothus spp.</i>	
	<i>Caranx spp.</i>	
	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Tiburón trozo, t. pardo
	<i>Carcharias spp.</i>	
	<i>Centropomus undecimalis</i>	Róbalo blanco, róbalo
	<i>Cynoscion spp.</i>	
	<i>Dermatolepis inermis</i>	Mero mármol
	<i>Emblemariopsis tayrona</i>	
	<i>Epinephelus spp</i>	
	<i>Epinephelus itajara</i>	Mero guasa
	<i>Epinephelus striatus</i>	Cherna, mero criollo
	<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra rayada
	<i>Gambusia aestiputeus</i>	
	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	Tiburón gato, pejobobo, nodriza
	<i>Hippocampus erectus</i>	Caballito de mar
	<i>Hippocampus reidi</i>	C. de mar hocico largo
<i>Hypoplectrusprovidencianus</i>		

Continuación **Tabla 10-6.**

Grupo Biológico 1	Nombre científico	Nombre común
Peces	<i>Lachnolaimus maximu</i>	Pargo pluma
	<i>Lutjanus analis</i>	Pargo cebao, p. palmero,
	<i>Lutjanus cyanopterus</i>	Pargo dientón, p. cubera, p.tabardillo
	<i>Lutjanus spp.</i>	
	<i>Mugil liza</i>	Lebranche
	<i>Mugil spp.</i>	
	<i>Mustelus spp.</i>	
	<i>Mycteroperca cidi</i>	Cherna blanca
	<i>Mycteroperca spp</i>	
	<i>Priolepis robinsi</i>	
	<i>Pristis pectinata</i>	Pez peine, pejepeine, guacapá
	<i>Pristis perotteti</i>	Pez sierra
	<i>Raja spp</i>	
	<i>Rhincodon typus</i>	Tiburón ballena
	<i>Saccogaster melanomycter</i>	
	<i>Scarus guacamaia</i>	Lora, loro guacamayo
	<i>Sphyrna spp.</i>	
	<i>Tarpon atlanticus</i>	Sábalo, tarpón
<i>Urotrygon spp.</i>		

## Estudio de caso especie CITES

*Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) es una especie en peligro de extinción debido al deterioro de sus poblaciones (CITES, 2003), causado principalmente por la deforestación de su hábitat, modificación de sitios de anidación y al comercio ilegal (Escobedo, 2004). Desde el 2004 y hasta la fecha (2009) se ha llevado a cabo un proyecto experimental piloto para la conservación de *Crocodylus acutus* por comunidades locales de la Bahía de Cispata. Este ha sido liderado por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge, (CVS), y por el Proyecto Manglares del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, apoyados por el Instituto Alexander Von Humboldt, Conservación Internacional Colombia (C.I.), Fundación Natura, Agrosoledad S.A., Zoben S.A. y Garbe S.A. (Ulloa-Delgado y Sierra Díaz com. pers.)

En términos generales el compromiso entre las autoridades ambientales y la comunidad de conservacionistas de caimaneros, es la recuperación y estabilización de las poblaciones silvestres de caimanes de la Bahía de Cispata. Una vez se logre este objetivo, las comunidades podrían acceder al aprovechamiento de animales o huevos principalmente para la obtención de pieles, las cuales podrían ser transformadas o comercializadas directamente en los mercados nacionales e internacionales, cobijados por los principios conservacionistas del Uso Sostenible y apoyados por el monitoreo y la investigación científica (Ulloa-Delgado y Sierra Díaz com. pers). Esta iniciativa ha sido considerada como una de las más importantes a nivel mundial y única en dos aspectos (1) la participación de antiguos cazadores o traficantes y (2) el manejo del hábitat concernientes a la construcción de las áreas de posturas (Webb com. pers).

Dentro de los impactos positivos y conclusiones parciales se destacan los siguientes componentes, que han contado con la participación de ASOCAIMAN (grupo de antiguos cazadores conocidos como "caimaneros" se han convertido en los conservacionistas del caimán del Magdalena): (a) Manejo de hábitat: este ha sido uno de los aspectos de mayor relevancia y que consiste en la adecuación de zonas para las posturas. (b) Recolección de nidos e incubación. (c) Manejo ex situ y liberación: labores de alimentación y manejo de las crías obtenidas y selección de animales para el programa de liberación. Hasta la fecha se han liberado cerca de 1300 animales y se cuenta con más de 1.500 para liberaciones posteriores o para el manejo sostenible por parte de la comunidad. (d) Experiencia única: el programa de conservación se perfila como la primera experiencia de conservación por comunidades en el país y una (e) estrategia de educación ambiental.

### 10.4 Especies invasoras

La introducción de especies marinas en ambientes naturales, ha sido identificada como la segunda amenaza más grande a la biodiversidad, después de la destrucción de hábitats, ya que produce efectos dramáticos sobre la productividad biológica, estructura del hábitat y composición de especies (ver Gracia *et al.* 2009). La primera evaluación mundial de la amenaza de las especies invasoras marinas lista 329 especies, de las cuales son reconocidas como establecidas en la ecorregión Caribe Suroeste 12 no nativas, de éstas ocho se reconocen como peligrosas (Gracia *et al.* 2009).

En Colombia Gracia *et al.* 2009 elaboraron un listado ilustrado preliminar de las especies identificadas y registradas como exóticas sobre los ambientes marino-costeros de Colombia. Así mismo, dicha guía presenta un listado de aquellas que pueden ser catalogadas como criptogénicas. Los autores identifican 16 especies reportadas hasta la fecha, pertenecientes a macroorganismos entre las que se encuentran el alga roja *Kappaphycus alvarezii*, los corales *Carijoa riisei* y *Tubastraea coccinea*, el poliqueto *Alitta succinea*, los bivalvos *Electroma* sp., *Corbicula fluminea*, *Perna perna* y *Perna viridis*, los crustáceos *Balanus amphitrite*, *Penaeus monodon*, *Charybdis hellerii* y *Rhithropanopeus harrisi* y los peces *Oreochromis niloticus*, *Trichogaster pectoralis*, *Omobranchus punctatus*, así como el recientemente registrado *Pterois volitans*. La mayor parte de estas especies provienen de la región del Indo-Pacífico y del mar Mediterráneo (Gracia *et al.* 2009).

Uno de los casos más notorios de las especies de peces exóticos en los últimos años es el pez león del Indo-Pacífico (puede comprender un complejo de especies), que fue introducido en el Atlántico occidental, como resultado probablemente de su liberaciones en acuarios (ver González *et al.* 2009). Las primeras observaciones fueron realiza al sur de Florida a mediados de los 80 y principios de los 90, posteriormente en la costa oriente de los Estados Unidos y Bermuda (ver González *et al.* 2009), se ha establecido en todas las costas de Estados Unidos, Bahamas, el norte y el centro del Mar Caribe a través de la Gran Antillas, el sur de México, Belice, Honduras, Islas de San Andrés y Vieja Providencia, ubicadas aguas afuera de Nicaragua en territorio colombiano, Costa Rica, y Panamá (ver González *et al.* 2009). En la costa del Caribe colombiano González *et al.*, 2009 reportan la presencia del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) y aguas adyacentes, desde entonces numerosos especímenes han sido observados en el área de Santa Marta. Se estima que el número de individuos en ésta área puede llegar alrededor de 1000 (Acero. Com. pers). Debido a su indudable capacidad invasiva, este pez continuará su expansión a través del Caribe colombiano. La extracción del medio es una medida necesaria, sin embargo los individuos de esta especie no deben ser considerados como una opción para la acuariofilia, debido a que esta actividad promovería su propagación. Es importante que los ejemplares puedan ser aprovechados para realizar los estudios científicos necesarios para conocer su biología, etología, ecología, e historia de vida y de esta forma obtener las herramientas necesarias para fortalecer las medidas de control y mitigación (Acero. Com. pers).

### 10.5 Biodiversidad de especies de la plataforma y talud superior en el Caribe colombiano

A partir de la información aportada sobre la presencia y abundancia de especies de peces, equinodermos, crustáceos decápodos, moluscos y cnidarios entre los 20 y 920 m de profundidad por las expediciones MACROFAUNA I (1999), MACROFAUNA II (2001) y ANH I (2008), en el presente año se hizo una primera exploración del análisis de la información. Se encontraron 1516 especies de peces, briozoos, equinodermos, crustáceos decápodos, moluscos y cnidarios encontrados en 96 estaciones. La especie que alcanzó la mayor abundancia durante todos los muestreos, el bivalvo *Limopsis sulcata*, representó el 11 % del total de individuos colectados con 9585 individuos, principalmente en el ámbito batimétrico de los 370 a 550 m de profundidad en las estaciones ubicadas en el norte y centro del Caribe colombiano; la siguieron en abundancia, el decápodo *Penaeopsis serrata* con 2997 individuos entre los 200 y 330 m de profundidad a lo largo del Caribe colombiano; el ofiuro

*Ophiocamax fasciculata* con 1858 individuos entre los 370 y 550 m especialmente en el norte y centro del Caribe colombiano. *Deltocyathus calcar*, coral solitario asentado sobre fondos blandos presentó la mayor abundancia (1832 individuos), principalmente entre los 200 y 330 m de profundidad en toda el área estudiada. En términos relativos se observa una mayor abundancia ( $N > 1000$ ) en el sector Guajira norte, Palomino, Tayrona, Áreas coralinas y Golfo de Morrosquillo (Figura 10.2a). Un 50 % de las estaciones que concentran la mayor riqueza, también tiene una alta abundancia (Figura 10.2b). Esta riqueza está representada primordialmente por moluscos y crustáceos. Los mayores valores de riqueza y biodiversidad se encuentran asociados a aquellas áreas identificadas como de presencia de áreas coralinas profundas al sur de la Guajira y Morrosquillo Norte. Los mayores valores de riqueza específica se concentran en el sector central de la Guajira a casi 400 metros de profundidad. En general, se evidencian tres grandes áreas diversas: Guajira centro a 200 de profundidad; entre Palomino y Tayrona a 400 m de profundidad y entre ARCO y Darién a 300 m de profundidad (Vides *et al.*, com. pers.).



Figura 10.2a. Distribución de la diversidad en cada una de las estaciones estudiadas a lo largo del Caribe colombiano.



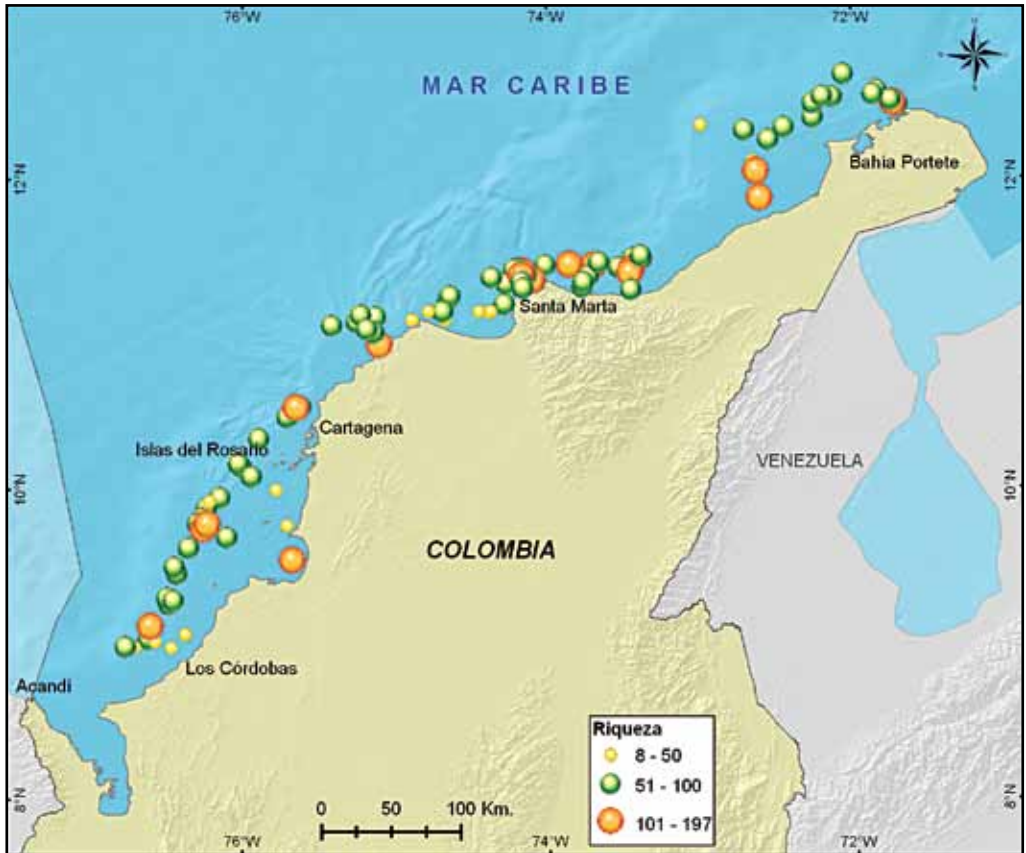


Figura 10-2b. Distribución de la riqueza en cada una de las estaciones estudiadas a lo largo del Caribe colombiano.

### 10.6 Conclusiones

En necesario aumentar el apoyo interinstitucional para compartir y divulgar la información sobre la biodiversidad tanto del Caribe como del Pacífico colombianos para el próximo Informe de los Estados de los Recursos Marinos y Costeros, ya que en el presente documento faltó ingresar artículos, informes y libros de otras entidades.

A pesar de la importancia de los grupos de invertebrados marinos a nivel ecológico, pesquero, (e.g. foraminíferos, scyphozoos, tunicados, entre otros), los vacíos en su conocimiento, radican en los pocos estudios realizados en taxonomía, explicado en parte, por la dificultad de su identificación, pocos o ausencia de especialistas, carencia de claves especializadas y falta de colecciones biológicas de referencia.

Los avances que se obtuvieron en el 2009, en Caribe colombiano, se relacionan con revisiones taxonómicas, nuevos registros, e inventarios de algunos taxa marino-costeros, principalmente en peces, crustáceos, moluscos y zooplancton.

El fortalecimiento de iniciativas nacionales como programas de avistamiento, censos, bases de datos y/o metadatos y los monitoreos permanentes en localidades clave (e.g. ecorregiones y parques nacionales costeros) son importantes para la actualización del conocimiento sobre la biodiversidad, y la coordinación de esos esfuerzos con programas internacionales y planes de conservación de especies prioritarias, permitirá también realizar un avance a la conservación de especies.

Los grupos más representativos en riqueza de especies en el Pacífico colombiano son moluscos, peces, crustáceos, poliquetos, aves y mamíferos, lo cual es quizás explicado por la presencia de expertos en las diferentes entidades de la zona. Sin embargo, se considera de suma importancia desarrollar estudios en los restantes grupos taxonómicos ya que la biodiversidad para muchas regiones del litoral costero es aún desconocida. En el departamento del Chocó es vital apoyar la realización de caracterizaciones biológicas a través de Evaluaciones Ecológica Rápidas (EER) y desarrollar líneas base de sus ecosistemas y especies, ya que ese departamento hace parte de la Reserva del Darién, la cual es reconocida a nivel mundial como una de las zonas más biodiversas.

El inventario de especies en el Pacífico colombiano ha aumentado considerablemente debido al apoyo nacional de algunas entidades que han financiado el desarrollo de proyectos continuos en ciertas localidades (p.e. Bahía Málaga, Gorgona y Malpelo) lo que garantiza cubrir en gran parte la información necesaria de los diferentes grupos y ecosistemas.

En el Caribe y Pacífico colombiano existen varias especies amenazadas en diferentes categorías, sin embargo, es así como para la costa pacífica los estudios realizados a la fecha han arrojado resultados importantes para la implementación de algunos planes de manejo en algunos Parques Nacionales Naturales.

Las principales especies amenazadas en las cuales se han desarrollado investigaciones en el Pacífico colombiano son: peces (*Thunnus* spp.-atún, *Bothus* spp.-lenguado, *Ephinephelus* spp.-mero, *Lutjanus* spp.-pargo, *Mugil* spp.-lisa y *Carcharias* spp. y *Sphyrna* spp.-tiburones); crustáceos (*Penaeus* spp.-camarón); mamíferos (*Megaptera novaeangliae*-ballena jorobada); moluscos (*Anadara* spp.-piangua) y las seis especies de tortugas, y para el Caribe colombiano son los moluscos *Cittarium pica*, *Strombus gigas*, los corales *Gorgonia ventalina*, *Acropora palmata*, *A. cervicornis* y algunos peces como *Epinephelus itajara*. Sin embargo, aún falta recopilar y revisar ésta información para establecer posteriores planes de manejo de las especies a corto, mediano y largo plazo, no sólo en el Pacífico y Caribe colombiano, sino también a nivel regional (p.e. Pacífico Oriental Tropical) cuando se trata de especies migratorias.

Las iniciativas comunitarias o institucionales en pro de la conservación de algunas especies amenazadas, grupos, ecosistemas o localidades en particular, han originado el desarrollo de diferentes trabajos en el litoral costero, los cuales han arrojado resultados de gran importancia para la toma

de decisiones regionales y nacionales (e.g. Proyecto experimental piloto para la conservación de *Crocodylus acutus*, Colectivo en pro de la conservación de Bahía Málaga originó el desarrollo de tres proyectos interinstitucionales entre 2005 al 2011; Conversatorio de la piangua originó dos proyectos interinstitucionales entre 2007 - 2010).

## 10.7 Literatura citada

- Acosta, A., M. Casas., C. Vargas y J. Camacho. 2005. Lista de Zoantharia (Cnidaria: Anthozoa) de Colombia. *Biota Colombiana* 6 (2): 147-162
- Aguirre-Aguirre, A., N. Manrique-Rodríguez y N. Cruz-Castaño. 2006. Primer registro del cangrejo *Pilumnus pamosus Rathbun* (Decapoda: Brachyura: Pilumnidae) para el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.* 35(1):255-258
- Arango, C.P. 2000. Three species of sea spiders (Pycnogonida) from Santa Marta, Colombian Caribbean. *Bol. Invest. Mar. y Cost.* 29: 59-66.
- Arboleda, E. 2002. Estado actual del conocimiento y riqueza de peces, crustáceos decápodos, moluscos, equinodermos y corales escleractíneos del océano Pacífico colombiano. Tesis de pregrado en Biología Marina. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Árdila, N.E., Reyes, J., Santodomingo, N. y N. Cruz. 2005a. Estado actual del conocimiento de los invertebrados marinos de Colombia. Páginas 240-256. En: Chávez y Santamaría (eds). Informe Nacional sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Vol. 2. Instituto de Investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.
- Árdila, N.E., D. Báez y A. Valdés. 2005b. Opisthobranchios (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) de Colombia. Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Malacología CLAMA 2005. Panamá. 49 p.
- Árdila, N.E. 2000. Moluscos del talud superior del Caribe colombiano (200-500m): Inventario, caracterización de asociaciones y consideraciones preliminares sobre su zoogeografía. Tesis Maestría Biología Marina, Universidad Nacional de Colombia-INVEMAR, Santa Marta. 347 p.
- Árdila, N.E. y Sánchez, J.A. Sistemática filogenética de las lapas (Cocculiniformia: Gastropoda) basada en estructuras secundarias de 18s ARNr, incluyendo una nueva especie para el Pacífico oriental. Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008. 428 p.
- 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.
- Ariza, P., N.H. Campos y A. Bermúdez. 2008. Nuevos registros y ampliación de ámbitos batimétricos de cangrejos (Crustacea: Decapoda: Brachyura) para el mar Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.* 37(1):157-190.
- Báez, D.P. y N.E. Ardila. 2003. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Mar Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 4(1): 89-109.
- Barón-Aguilar. 2008. Composición y abundancia de mesozooplankton superficial de las aguas adyacentes a las islas de providencia y Santa Catalina-Caribe colombiano, durante el mes de Abril de 2005. Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008. 428 p
- Barrios, L.M., J. Reyes, G. Navas y C. García. 2002. Distribución de las anémonas (Anthozoa: Actiniaria y Corallimorpharia) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. *Ciencias Marinas* 28 (1): 37 - 48.
- Bejarano, S., M. Moreno-Bonilla, J. M Valderrama, M. Torres, M Grijalba y J.A. Sánchez. 2001. Una comunidad particular de corales negros (Antipatharia: Cnidaria) en una región del Atlántico suroccidental tropical. COLACMAR.
- Benavides-Serrato, M., G. H. Borrero-Pérez, O. D. Solano y G. R. Navas. 2005. Listado taxonómico de los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de la plataforma y el talud superior del Caribe colombiano. *Revista Biología Tropical*. 53(3): 171-194.
- Bermúdez, A., Navas, G.R., Campos N.H. 2008. Estructura poblacional de *Agononida longipes* (A. Milne Edwards, 1880) (Crustacea: Decapoda: Anomura: Galatheidae) en el Caribe colombiano. Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008.

- Bermúdez, A., N. Cruz, G.R. Navas y N. H. Campos. 2005. "Nuevos registros de cangrejos del género *Palicus* (Philippi, 1838) (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Palicidae) para el mar Caribe colombiano". Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 34: 71-86, ISSN 0122-9761.
- Betancur, M.J. y I. Martínez. 2003. Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos de fondo de la cuenca de Panamá (Pacífico colombiano), como indicadores de productividad y oxigenación. Bol. Invest. Mar. Cost. 32: 93 - 123.
- Borrero-Pérez, G.H., M. Benavides-Serrato y O.D. Solano. 2003a. Echinoderms from Colombia: Historic review and present knowledge. En Heinzeller y Nebelsick eds. Echinoderms: München. 571 – 572.
- Borrero-Pérez, G. H., M Benavides-Serrato, O. D. Solano y G. R. Navas. 2003b. Holothuroideos (Echinodermata: Holothuroidea) recolectados en el talud continental superior del Caribe colombiano. Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad del Oriente. 42 (1 y 2): 65-85 (2003); 6 Figs Apéndice.
- Borrero-Pérez, G.H. y M Benavides-Serrato. 2004a. New record of *Ophiosyzygus disacanthus* Clark, 1911 (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiomyxidae) in the Caribbean Sea. Proc. Biol. Soc. Wash. 117(4): 541 - 544.
- Borrero-Pérez, G.H. y M. Benavides-Serrato. 2004. Primer registro de *Clypeaster ravenelii* y *Centrostephanus longispinus rubicingulus* (Echinodermata: Echinoidea) para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost. 33: 249 - 253.
- Borrero-Pérez, G.H., O.D. Solano y M. Benavides. 2002. Lista revisada de los erizos (Echinodermata: Echinoidea) del mar Caribe colombiano. Biota Colombiana 3 (1): 137 - 144.
- Bula-Meyer, G. 1987. Taxonomic and ecologic studies of a subtidal sand plain macroalgal community in the Colombian Caribbean, PhD Dissertation Delaware University, Newark, Delaware, USA.
- Campos, N.H., R. Lemaitre y G. R Navas. 2003. La fauna de crustáceos decápodos del Caribe colombiano: Un aporte al conocimiento de la biodiversidad en Colombia. El mundo Marino de Colombia: Investigación y desarrollo de territorios. Universidad Nacional de Colombia. Red del Mundo Marino, REMAR. 174-184 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.
- CITES. 2001. Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Secretaría de la CITES/PNUMA Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial. Unwin Brothers, Martins Printing Group, Old Woking, Surrey.
- Chacón-Gómez, I.C. 2005. Aspectos taxonómico de octocorales del talud superior y la plataforma continental (20 m - 500m de profundidad) en el Caribe colombiano – 2001. Tesis Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias-Carrera de Biología.
- Chacón-Gómez, I.C.; N. Santodomingo y J. Reyes. 2008. First record of *Tobagorgia hardyi* (Octocorallia: Gorgonidae) from the colombian Caribbean. Capella, J., J. C. Herrera, P. Falk y R. Villa. 2008. 37(1):211-216.
- Cohen-Rengifo, M. 2008. Equinodermos del Santuario de Fauna y Flora Malpelo, Pacifico colombiano. Trabajo de grado para optar el título de Biólogo Marino. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 116 p.
- De la Hoz Aristizábal, 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., A. García y J. Cantera. 2005. Checklist of the Cone Shells (Mollusca: Gastropoda: Neogastropoda: Conidae) of Colombia. Biota Colombiana 6(1) 73-86.
- Díaz, J.M. y M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe colombiano, Un Catálogo ilustrado. Colciencias Fundación Natura, INVEMAR. Bogotá. 291 pp.
- Díaz, J.M., N.E Ardila y A Gracia. 2000. Calamares y pulpos (Mollusca: Cephalopoda) del Mar Caribe Colombiano. Biota Colombiana 1 (2): 195 - 202. ISSN: 0124-5376.
- Díaz, J. M. y A. Acero. 2003. Marine biodiversity in Colombia: achievements, status of knowledge and challenges. Gayana, 67(2): 261-274.

- Díaz-Pulido, G. y M. Díaz-Ruiz. 2003. Diversity of Benthic Marine Algae of the Colombian Atlantic. *Biota Colombiana* (4) 2:203-246.
- Dueñas, L.F. y J.A Sanchez. 2008 Análisis filogenético molecular de los corales bambú (*Octocorallia: Keratosinidae*) de aguas profundas basado en estructuras secundarias de ARN (16S, ADNmt). Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008. 428 p.
- Escobar T. 2000. Inventario y estudio taxonomico de las esponjas(phylum porifera) de algunas areas del pacífico colombiano. Tesis de grado. Universidad del valle. 127p.
- Escobedo A. H 2004. Avances en el conocimiento y el estado actual de conservación del Cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807). *Rev. peru. biol.* 11(2): 203-208.
- Flórez, P. y E. Montoya-Cadavid. 2004. Briozoos de la plataforma continental y el talud superior del Caribe colombiano. Trabajo de grado para optar el título en Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 334 p.
- Flórez, P., E. Montoya-Cadavid, J. Reyes y N. Santodomingo. 2007. Briozoos cheilostomados del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 36: 229-250.
- Flórez-González, L. y J. Capella. 2006. Mamíferos marinos. En: Informe Nacional sobre Avances en el Conocimiento e Información en Biodiversidad 1998-2004 INACIB
- Flórez-González, L., J. Capella y P. Falk. 2004. Guía de campo de los Mamíferos Acuáticos de Colombia. Tercera edición. Editorial Sepia Ltda., Cali, 124 pp.
- Giraldo, A. y Valencia, B. 2008. Chocó: paraíso por naturaleza. Punta Cruces y Cabo Marzo. ISBN: 9586706520. Colección Univalle Libros de Investigación. 93 p.
- Gómez-Lemos, L.A. y N.H. Campos. 2008. Presencia de *Penaeus monodon* Fabricius (crustacea: Decapoda: Penaeidae) en aguas de la Guajira colombiana. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 37(2):221-226
- Gómez-Lemos, L., N. Cruz y N. Campos. 2006. Nuevos registros de crustáceos Brachyura y ampliación de la distribución de algunas especies para el Mar Caribe colombiano. En: II Congreso Colombiano de Zoología. Conocer, conservar y utilizar sosteniblemente la fauna de Colombia. Libro de Resúmenes. 266.
- González, J., M. Grijalba-Bendeck, A. Acero y R. Betancur. 2009. The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*, 4 (3): 507-510
- Gracia, A.C., N.E. Ardila y J.M. Díaz. 2004. Gastropods collected along the continental slope of the Colombian Caribbean during the INVEMAR-Macrofauna campaigns (1998-2001). *Iberus* 22 (1): 43 - 75.
- Gracia, A.C., J.M. Díaz y N.E. Ardila 2005a. Quitones (Mollusca: Polyplacophora) del mar Caribe Colombiano.
- Gracia, A.C., N.E. Ardila, P. Rachello y J.M. Díaz. 2005b. Additions to the scaphopod fauna (Mollusca: Scaphopoda) of the Colombian Caribbean. *Caribbean Journal of Science* 41 (2): 328 - 334.
- Gracia, A.C., J. Medellín-Mora, D.L. Gil- Agudelo y V. Puentes (eds.). 2009. Guía de las especies introducidas marino-costeras de Colombia. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 15 y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 128 p.
- Gracia, A.C. García, C., Árdila, N. y Tigreros, P. 2008. Composición y estructura del ensamblaje de quitones (Mollusca: Polyplacophora) en cuatro bahías del departamento del Magdalena, Caribe colombiano. Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008. 428 p.
- Guerra-García, J.M., K. Krapp-Schickel y H.G. Müller. 2006. Caprellids from the Caribbean coast of Colombia, with description of there new species and a key for species identification. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 35: 149 - 194.
- INVEMAR, 2000. Programa nacional de investigaciones en biodiversidad marina y costera PNIBM. Plan de acción 2001- 2010. J. M. Díaz y D. I. Gómez (Eds). Santa Marta. INVEMAR, FONADE y Ministerio del Medio Ambiente. 83p
- IUCN. 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.
- Lattig, P. y J. Reyes. 2001. Nuevos registros de corales azooxanthelados (Anthozoa: Scceractinia.) del Caribe colombiano (200-500 m). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 30: 19 -38.

- Lemaitre, R. 2002. Biodiversidad, una historia natural. La Tadeo, 67: 55-64.
- Lemaitre, R. y R. Álvarez-León. 1992. Crustáceos decápodos del Pacífico colombiano: lista de especies y consideraciones zoogeográficas. An. Int. Inv. Mar. Punta Betfín, Colombia, 21:33-76.
- Londoño-Mesa, M. 2008. Iniciativa taxonómica nacional: una evaluación de su estado. Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008.
- Manrique, N., Granados C., Ardila N. y Sanchez J.A. 2008. Sistemática filogenética de *Pacificorgia* spp. (Octocorallia: Gorgoniidae). Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008. 428 p.
- Márquez, G. 1996. Biodiversidad Marina: Aproximación con Referencia al Caribe. En: Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia. Bogotá. 67-102pp
- Campos, B. Campos-Campos, N.H. y Bermúdez A. 2008. Nuevos registros y patrones de distribución de los cangrejos ermitaños (Crustácea: Anomura: Paguridea) en el mar Caribe colombiano. Libro de resúmenes Senalmar 2008. San Andrés Isla 20 al 23 de mayo de 2008. 428 p.
- Mayor, V. 2008. Evaluación de la diversidad genética del mangle iguenero (*Avicennia germinans*), en la costa pacífica y la costa Caribe de Colombia. Tesis de pregrado para optar al título de Biólogo. Univalle. 115 p.
- Müller, H. G y F. Krapp (2009 ). The pycnogonid fauna (Pycnogonida, Arthropoda) of the Tayrona National Park and adjoining areas on the Caribbean coast of Colombia. Zootaxa 2319:1-138.
- Mejía, L. S. y A. Acero. (eds). 2002. Libro rojo de peces marinos de Colombia. INVEMAR, 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-Falla, P., A. Navia, L. Mejía-Ladino, A. Acero y E. Rubio. 2007. Tiburones y rayas de Colombia (Pisces: Elasmobranchii): lista actualizada, revisada y comentada. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 36:111-149.
- Monroy-López, M. y O.D. Solano. 2008. *Ophiothrix synoecina* (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiotrichidae): especie endémica y vulnerable del Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 37(1):191-196.
- Montoya-Cadavid, E., Flórez, P. y J.E. Winston. 2007. Checklist of the marine bryozoa of the Colombian Caribbean. Biota Colombiana. 8(2): 159 -184.
- Quiroga, S., N.E. Ardila y M. Bolaños. 2004. *Aphelodoris antillensis* Berg, 1897 (Opisthobranchia: Nudibranchia: Dorididae). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 33: 229-231
- Ramos-Ortega, I.M. y L.A. Vidal V. 2008. Primer registro del género *Heterodinium* (Dinophyceae) en aguas costeras del Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 37(1): 203-210.
- 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. 512p.
- Reyes, J. 2000. Lista de los Corales (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) de Colombia. Biota Colombiana 1 (2): 164-176.
- Reyes, J. y L. M. Barrios. 1998. Estado actual del conocimiento de las anémonas en el Caribe y Pacífico colombianos. Boletín Ecotropical: Ecosistemas Tropicales 33: 39 - 43.
- Reyes, J. y N. Santodomingo N. 2002. Manual de identificación CITES de Invertebrados Marinos de Colombia. Medellín: Servigráficas. Serie de documentos generales INVEMAR, No. 8. Santa Marta, Colombia. 97 p.
- Sánchez, J. A y H. Wirshing. 2005. A Field Key to the Identification of Tropical Westcrn Atlantic Zooxanthellate Octocorals (Octocorallia: Cnidaria). Caribbean Journal of Science, 41 (3): 508-522.
- Santodomingo, N., M. Díaz-Ruiz., D.I. Gómez-López, A. Gracia. G. Navas., J. Reyes., J.M. Díaz, A. Acosta M. Casas., M. Vallego., A.E. Alvarado., N. Ardila y D. Baez. 2005. Diversidad de Especies Marinas en Colombia. 227-249. En: INVEMAR. Informe Nacional del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. (Serie de Publicaciones periódicas, INVEMAR; No. 8) Santa Marta. 360 p.

- Simone, L.R.L y A.C. Gracia. 2006a. Two New species of *Tebrera* (Gastropoda, Conoidea) from Colombia. Papéis Avulsos de Zoología. Papéis Avulsos de Zoología 64(11):125-132.
- Simone, L.R.L y A.C. Gracia. 2006b. A new species of *Sturoglypta* from Colombia (Caenogastropoda, Columbellidae). Papéis Avulsos de Zoología 46(12):133-137.
- Venera-Pontón, D.E.; J. Reyes y G. Díaz-Pulido. 2008. Revisión taxonómica del coral *Porites colonensis* (Scleractinia: Poritidae) en el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 37(2):71-86
- Zea, S. 1998. Estado actual del conocimiento en sistemática de esponjas marinas (Porifera) del Caribe colombiano. Boletín Ecotrópica 33: 45 – 59

## Anexo 10.1

Lista de bibliografía utilizada en el presente informe para realizar las tablas 10-3, 10-4, y Figura 10-1.

- Aceró, A. 2006. Peces marinos colombianos. Biota colombiana, 7(2): 178
- Aceró, A., Cánter-Ríos, D. y A. Polanco F. 2007. Identidad problemática del tiburón martillo ojichico (Carcharhiniformes: *Sphyrna*) existente en Colombia. Bol. Invest. Mar. y Cost., 36:321-326.
- Adames, I. V. 2000. Contribución al conocimiento de la biología (hábitos alimenticios, reproducción y crecimiento) del «camotillo» *Pseudupeneus grandisquamis* (Pisces Mullidae) en el litoral Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 139 p.
- Aguilar, C. 2006. Phylogenetic hypotheses of octocoral species using predicted RNA secondary structures of the internal transcribed spacer 2 (ITS2). Tesis de pregrado. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 82 p.
- Albarracín, M. T. 2001. Insectos herbívoros asociados al dosel de tres especies de mangle en el estuario del río Dagua (Bahía de Buenaventura, Colombia).
- Arango, C.P. y D. Solano. 1999. Análisis de la comunidad de la megafauna (Crustacea; Mollusca) de fondos blandos en la región suroccidental de Santa Marta, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 28(1):155-180.
- Arango, C.P. y W.C. Wheeler. 2007. Phylogeny of sea spiders (Arthropoda:Pycnogonida) based in Direct Optimization of six loci and morphology. Cladistics. International Journal of the Willi Hennig Society 23:255-293.
- Arbeláez, E. 2003. Análisis de la diversidad y la estructura genética de dos poblaciones naturales del árbol de manglar *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) de la costa pacífica colombiana, mediante el uso de marcadores moleculares microsatélites de AND. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 78 p.
- Árdila, N., J. Reyes, N. Santodomingo y N. Cruz. 2005. Estado actual del conocimiento de los invertebrados En: Informe nacional sobre el estado de avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad - INACIB. IAvH. 2006
- Árdila, N.E. y A. Valdés. 2004. The genus *Armina* (Gastropoda: Nudibranchia: Afminidae) in the Southern Caribbean, with the description of a new species. The Nautilus, 118 (4): 131-138.
- Árdila, N.E. y M.G. Harasewych. 2005. Cocculinid and pseudococculinid limpets (Gastropoda: Cocculiniformia) from off the Caribbean coast of Colombia. Proceedings of the Biological Society of Washington, 118(2): 344-366
- Árdila, N.E., D. Báez y A. Valdés. 2007. Babosas y Liebres de mar (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) de Colombia. Biota Colombiana 8 (2):185-197
- Ávila de Tabares, G., Martínez- Ramírez O. y A. Franco- Herrera. 2007. Larvas planctónicas de lofoforados en la Bahía de Gaira, Magdalena, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 36: 327-332.
- Ávila, I. C. 2006. Patrones en la conducta superficial diurna de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Bahía de Málaga y zonas aledañas, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 79 p.

- Ávila-de Tabarés, G.; Martínez-Ramírez O.y A. Franco-Herrera. 2007. Larvas planctónicas de lofoforados en la Bahía de Gaira, Magdalena, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 36:327-332.
- Báez, D.P. 2006. Taxonomía y filogenia de las especies del género *Armina* (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae) en el Atlántico y Pacífico americanos. Tesis maestría Biología Marina Universidad Nacional de Colombia., Bogotá D.C., 65 p.
- Báez, D.P. y N. Ardila E. 2006. Sobre la sinonimia entre *Armina wattle* Marcus y Marcu , 1967 y *Armillia muelleri* (Thering, 1886) (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae). Bol. Invest. Mar. y Cost., 35: 249-254.
- Báez, D.P., Ardila N.E. y A. Valdés. 2005. El género *Armina* (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae) en el Atlántico y Pacífico americanos. Evento: VI Congreso Latinoamericano de Malacología Ponencia: año:2005, Programa y Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Malacología.
- Baldrich, A. 2007. Hidromedusas del Pacífico colombiano durante los cruceros 2001-2004 del estudio regional del Fenómeno El Niño. Bogotá. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. Tesis de Grado (Biólogo Marino). 151 p.
- Barrera, X., Lora A. M. y L. A. Zapata. 2007. Tortugas marinas. Análisis de los instrumentos jurídicos internacionales en Colombia. Concepto técnico. 25 p.
- Barrera-García, A., Acero P. A., Polo-Silva C. y M. Grijalba-Bendeck. 2007. Confirmación de la presencia de *Ophichthus cylindroides* (Ranzani) (Anguilliformes: Ophichthidae) en el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 37(2): 213-219
- Bejarano, S., Moreno-Bonilla, M., Valderrama, J.M., Torres, M., Grijalba M. y J.A. Sánchez. 2001. Una comunidad particular de corales negros (Antipatharia: Cnidaria) en una región del Atlántico suroccidental tropical. COLACMAR. Libro de resúmenes. 867 p
- Bolaños, N. W. 2005. Variaciones espaciales y temporales en la estructura de la comunidad de peces arrecifales de la isla de San Andrés y su relación con el estado de los arrecifes. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 179 p.
- Borrero-Pérez, G. H., Benavides-Serrato, M., Solano, O. D. y G. Navas. 2002a. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) colectados en la franja superior del talud continental del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 31:133-166
- Borrero-Pérez, G. H., Solano, O. D. y Benavides-Serrato M. 2002b. Lista Revisada de los Erizos (Echinodermata: Echinoidea) del Mar Caribe Colombiano. Biota Colombiana. 3(1): 137-144.
- Buttkus, E., Fuentes, A., Jiménez, A. y N. López de Viles. 2005. Diagnóstico para la elaboración del Plan de Acción en Biodiversidad del Departamento de Nariño, eje conservar. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 114 p.
- Cadena, G. 2004. Distribución, abundancia y reproducción de las aves marinas (Pelecaniformes) en el Parque Nacional Natural Gorgona durante el año 2003. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 151 p.
- Caicedo, D. C. 2007. Algunos aspectos biológicos de *Achirus mazatlanus* y *Achirus klunzingerii* (Pisces: Achiridae) en la Bahía de Buenaventura y el Golfo Tortugas, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 121 p.
- Caicedo, J. A. 2005. Aspectos biológico - pesqueros de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) basado en las capturas de la pesca artesanal en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 111 p.
- Camacho, L. 2006. Composición fúngica de las películas orgánicas superficiales en dos estuarios del Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 142 p.
- Campos N.H., Lemaitre, R. y G. R. Navas. 2003. La fauna de crustáceos decápodos de la costa Caribe colombiana: Un aporte al conocimiento de la biodiversidad en Colombia. El mundo Marino de Colombia: Investigación y desarrollo de territorios olvidados. Universidad Nacional de Colombia. Red del Mundo Marino, REMAR.. 174-184 p.
- Campos, N. 2003. Los isópodos marinos (Crustacea: Peracarida) del Caribe colombiano. Biota Colombiana 4(1): 79-87
- Capella, J. y P. Falk. 2004. Guía de campo de los Mamíferos Acuáticos de Colombia. Tercera edición. Editorial Sepia Ltda., Cali, 124 pp.
- Capella, J. y L. Flórez. 1999. Guía para el conocimiento y conservación de la yubarta o ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski). Convenio Andres Bello. 35 p.
- Carvajal, A. 1999. Eufásidos y poliquetos planctónicos del Pacífico colombiano durante junio y octubre de 1996 y mayo y noviembre de 1997. Tesis de Pregrado, Bogotá-Colombia, Universidad Javeriana.



- Casas, P. A. 2004. Selección de hábitat de anidación y formación de colonias del gaviotín blanco *Sterna nilotica* (Aves: Laridae) en el Parque Nacional Natural Sanquianga, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 166 p.
- Castillo, M. F. 2003. Evaluación de la diversidad genética del mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* en seis zonas de la costa pacífica colombiana, utilizando el marcador molecular AFLP. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 124 p.
- Ceballos L., Valderrama, I. y N. H. Campos. 2005. Primer registro de *Enoplometopus antillensis* Lütken, 1865 (Decapoda: Astacidea: Enoplometopidae) para el Caribe colombiano, con anotaciones sobre las estructuras reproductivas. Bol. Invest. Mar. y Cost. 34(1): 257-262.
- Cruz Castaño, N. y L.A. Gómez-Lemos. 2007. Primer registro del cangrejo *Podocheila curvirostris* (A. Milne-Edwards, 1879) (Brachyura: Inachidae) para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost. 36:313-316
- Cruz, N. y C.H.J.M. Fransen. 2004 Addition of three species of the genus *Plesionika* (Crustacea: Caridea: Pandalidae) to the known Atlantic marine fauna of Colombia. Zool. Med. Leiden 78 (6)
- Cruz, N., Bermúdez, A., Campos, N.H. y G. Navas. 2002. Los camarones de la familia Crangonidae de la franja superior del talud continental del mar Caribe
- Delgado, O. y P. Flórez. 2007. Bryozoans associated to artificial collectors in Santa Marta region Colombian Caribbean. 12. En: Hageman, S. y F. McKi.ney (Eds.). Abstracts with program: 14th. Meeting of the Internacional Bryozoology Association. Boone, North Carolina EE.UU.
- Delgado-Garzón, O. 2009. Peces y macroinvertebrados móviles de hábitat artificiales de la bahía de Taganga, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (1).
- Díaz, C.M. 2007. Poríferos de la plataforma continental (10-50 m de profundidad) del departamento de La Guajira, Caribe Colombiano. Tesis Biol. Mar., Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 101 p.
- Díaz, J.M. y A. Acero. 2003. Marine biodiversity in Colombia: achievements, status of knowledge and challenges. Gayana, 67(2): 261-274.
- Díaz, J.M. y A. Gracia. 2004. Primer registro de un pulpo de la familia Tremoctopodidae (Cephalopoda: Octopoda) para el Caribe sur. Sometido Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 33(1): 285-288.
- Díaz, J.M., García, A. y J. Cantera. 2005. Checklist of the Cone Shells (Mollusca: Gastropoda: Neogastropoda: Conidae) of Colombia. Biota Colombiana 6 (1).
- Domínguez, H. 2002. Hidromedusas y sifonóforos (Cnidaria : Hydrozoa) de las aguas superficiales de la Bahía de Gaira, Caribe Colombiano: Taxonomía, abundancia y relación con la oferta alimenticia. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. Tesis de Grado (Biólogo Marino). 210 p.
- Escarria, E. 2004. Composición, distribución y abundancia del ictioplancton en la cuenca del océano Pacífico colombiano durante septiembre 2003. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 127 p.
- Escarria, E., Beltrán-León, B., A. Giraldo, Ajan. 2007. Ictioplancton en el Parque Nacional Natural isla Gorgona (Océano Pacífico colombiano) durante septiembre 2005. Investig. Mar., vol.35, no.2, p.127-133. ISSN 0717-7178.
- Estela F. A. y M. López-Victoria. 2005. Aves de la parte baja del Río Sinú, Caribe colombiano; inventario y ampliaciones de distribución. Bol. Invest. Mar. y Cost., 34(1):7-42.
- Estela F.A. 2006. Aves de Isla Fuerte y Tortuguilla, dos islas de la plataforma continental del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 35(1):267-272.
- Estela, F. A., Naranjo, L. G. y R. Franke-Ante. 2004. Registros de págalos (Aves: Stercorariidae) en las costas de Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost. 33:245-250
- Farfán, E., A. Acero y M. Grijalba-Bendeck. 2009. Presencia de Remorina albescens (perciformes: echeneidae) en el Caribe colombiano, incluyendo una clave. Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (2) ISSN 0122-9761 Santa Marta, Colombia.
- Fernández, C.E. y C.B. García. 1999. The dinoflagellates of the Genera Ceratium and Ornithocercus collected in the Golfo de Salamanca, Colombia Caribbean Sea. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. XXII número 85. Santa fe de Bogotá. 539-559 pp.

- Fernández, C.E., Vidal, L.A. y C.B. García. 1999. Guide for the identificación de diatoms found in the Gulf of Salamanca, Central Colombian Caribbean: Estudio ecológico-pesquero de los recursos demersales del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano, estimación de la variabilidad de los componentes biológicos del sistema. 245 p.
- Florez, P, Montoya-Cadavid, E. Reyes, J. y N. Santodomingo. 2007. Briozoos cheilostomados del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost. 36: 229-250.
- García, A. 2005. Aspectos biológicos y pesqueros de tres especies de Anguilliformes: *Gymnothorax equatorialis* (Pisces: Muraenidae), *Ophichthus frontalis* y *Echiophis brunneus* (Pisces: Ophichthidae) en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 147 p.
- Garrido-Linares, M. 2005. Revisión taxonómica y distribución geográfica de *Neobythies gilli*, *N. ocellatus* y *N. monocellatus* (Ophidiiformes, Ophidiidae) en el Caribe colombiano. Santa Marta. Pontificia Universidad Javeriana. Tesis de pregrado (Biólogo). 93 p.
- Garrido-Linares, M. y A. Acero. 2006. Peces Ophidiiformes del Atlántico Occidental tropical con especial énfasis en el mar Caribe Colombiano. Biota Colombiana 7(2): 283-299.
- Giraldo, A. y E. Gutiérrez. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en Pacífico colombiano (septiembre 2003). Invest. Mar., Valparaíso, 35(1): 117-122.
- Gómez, L. S. 2006. Caracterización de la ictiofauna de la reserva ecológica manglares Cayapas-Mataje (REMACAM), Pacífico ecuatoriano y la reproducción de *Eucinostomus curreni*, *Mugil cephalus* y *Selene peruviana*. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 100 p.
- González, D., Solano, O.D. y G. Navas. 2002. Equinodermos colectados por la expedición CIOB-INVEMARSMITHSONIAN entre Cartagena y el Golfo de Urabá (29-380 m), Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost. 31:85-132
- González, I. A. 2003. Determinación del grado de variabilidad y divergencia genética del mangle blanco (*Leguncularia racemosa*) en seis zonas de la costa pacífica colombiana. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 179 p.
- Gómez-Soto, C.E.; Rico, T.; N.E. Ardila y A. Sanjuan-Muñoz. 2007. *Lithophaga nigra* (D'orbigny, 1853) (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae), primer registro para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 36:317-320.
- Gracia A., Ardila, N. y J.M. Díaz. 2002. Cefalópodos (Mollusca: Cephalopoda) del talud superior del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 31: 219-238.
- Gracia, A. y J. Vera-Pelaéz. 2004. *Thatcherina diazi*, nueva especie actual del género fósil del Plioceno Thatcherina. Vera-Pelaéz, 1998 (Gastropoda, Turridae) del Caribe colombiano: consideraciones estratigráficas, biogeográficas y filogenéticas. Pliocénica, 4: 1-10
- Gracia, A.C. y N.E. Ardila. 2004. Notas sobre el quitón *Leptochiton binghami* (Boone, 1928) (Mollusca: Polyplacophora) en el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 33: 245-248.
- Gracia, A.C. y N. Ardila. 2009. *Striocadulus magdalenensis*, a new deep-sea scaphopod (mollusca: scaphopoda: gadiliidae) from the Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (1) ISSN 0122-9761 Santa Marta, Colombia.
- Grijalba-Bendeck M. y K. Acevedo. 2009. *Mitsukurina owstoni* Jordan (Chondrichthyes, Mitsukurinidae) primer registro para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (1).
- Guerra-García J.M., Krapp-Schickel, K. y B.G. Müller. 2006. Caprellids from the Caribbean coast of Colombia with description of three new species and a key for species identification. Bol. Invest. Mar. y Cost., 35: 149 -194.
- Gutiérrez, C. F. 1999. Aspectos del crecimiento en algunas especies de peces en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano y análisis preliminares en sus otolitos (sagita). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 94 p.
- Gutiérrez, E. 2004. Estructura de la comunidad zoopláctónica del océano Pacífico colombiano y su relación con variables físicas, químicas y biológicas. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 147 p.
- Guzmán, P. A. 2003. Crecimiento, madurez sexual y dimorfismo sexual de *Littoraria zebra* y *L. variegata* (Mollusca: Mesogastropoda) en un manglar de Bahía Málaga, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 103 p.

- Guzmán-Alvis, A.L., Solano, O.D., Córdoba-Tejada, M.E. y A.C. López-Rodríguez. 2001. Comunidad macroinfaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe colombiano). Bol. Invest. Mar. y Cost., 30(1):39-66.
- Henao, H. 2001. Evaluación de la variabilidad genética y morfológica del mangle negro *Avicennia germinans* en dos zonas de la costa pacífica colombiana. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 198 p.
- Herrón, P. A. 1999. Duración de vida larvaria y crecimiento post-asentamiento en pargos arrecifales (Pisces: Lutjanidae) del Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 147 p.
- INVEMAR - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2006. La pesca industrial de arrastre de camarón en aguas someras del Pacífico colombiano: su evolución, problemática y perspectivas hacia una pesca responsable. 24 p.
- Lattig, P. y Reyes J. 2001. Nuevos registros de corales azooxanтелados (Anthozoa: Scleractinia) del Caribe colombiano (200-500 m). Bol. Invest. Mar. Cost. 30: 19 - 38.
- Lazarus-Agudelo, J. 2006. Composición taxonómica y estructura poblacional de porcelánidos (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) en las Bahías de Buenaventura y Málaga (Pacífico colombiano). Tesis de pregrado. Universidad del Valle, Cali, Colombia: 103 p.
- Lemaitre, R., N. Campos y A. Bermúdez 2001. A new species of *Pyromaia* from the Caribbean sea, with a redescription of *P. propinqua* Chace, 1940 (Decapoda: Brachyura: Majoidea: Inachoididae). Journal of Crustacean Biology 21(3):760-773.
- López de Mesa, L. A. 2006. Eficiencia de tres tipos de trampas en la colecta de poliquetos en un manglar de la Bahía de Buenaventura. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 121 p.
- López, A. C., Postlarvas y juveniles de camarones *Farfantepenaeus* spp y *Xiphopenaeus kroyeri* en la Boca de la Barra (Ciénaga Grande de Santa Marta), Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 30(1):177-198.
- Lozano, S. 1999. Asentamiento de peces arrecifales en la isla Gorgona (Pacífico Oriental Tropical): ciclos lunares, ciclos mareales y variación espacial. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 114 p.
- Fierro Rengifo M., G. Navas, A. Bermúdez y N. Hernando. 2008. Lista de chequeo de las familias Galatheidae y Chirostylidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) del Neotrópico Biota Colombiana 9(1):1-20.
- Martínez, M. 2006. Composición y abundancia del zooplancton de las islas de Providencia y Santa Catalina (Caribe Colombiano), durante la época climática lluviosa (Octubre - Noviembre) de 2005. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. Tesis de Grado (Biólogo Marino). 119 p.
- Martínez, N. 2007. Evaluación de la estructura y composición de la fauna mesozooplancónica en la Bahía de Cartagena de marzo a noviembre de 2005. Universidad del Atlántico. Tesis de Grado (Biólogo). 81 p.
- Martínez, T. 2007. Composición, distribución y abundancia del mesozooplankton en la corriente colombiana Pacífico colombiano durante marzo 2006. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 104 p.
- Martínez-Barragán M., A. Franco-Herrera, J. Medina-Calderón y A. Santos-Martínez. 2009. La Comunidad de copépodos en las Islas de Providencia y Santa Catalina (Caribe colombiano) durante el período lluvioso (octubre) 2005. Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (1).
- Martínez-Ramírez, O., M. Grijalba-Bendeck, C. Trujillo-Arcila y A. Acero P. 2009. Primer registro de *Liopropoma carmabi* (Perciformes, Serranidae) para el Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (1) ISSN 0122-9761 Santa Marta, Colombia.
- MAVDT. 2002. Tortugas marinas y continentales en Colombia. Programa Nacional para la Conservación. 113 p.
- Maya, M. F. 2004. Variaciones espacio-temporales de los invertebrados planctónicos afuera de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 109 p.
- Medellín-Mora J., N. H. Campos, A. Franco-Herrera y Juan C. Jaimes. 2009. Taxonomía de larvas zoea de crustáceos decápodos del área nororiental del Mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (2):22-73
- Medina, J.A., A. Acero P., J. Viaña T. y L. Manjarrés 2001. Primer registro de *Chilomycterus reticulatus* (Linnaeus) (Pisces: Tetradontiformes: Diodontidae) para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 30: 213-218.
- Mejía, L.M., R. Betancur-R, A. Acero y G. Zarza 2002. Presencia de *Arius grandicassis* en el Caribe colombiano, incluyendo una clave para la identificación de los peces de la familia Ariidae en el área. Bol. Invest. Mar. Cost. 31: 5-13.

- Mejía, L.M., A. Acero P.; L.S. Mejía M. y A. Polanco F. 2007. Revisión taxonómica de la familia Antenariidae para Colombia (Pisces: Lophiiformes), incluyendo un nuevo registro de *Antennarius*. Bol. Invest. Mar. Cost. 36:269-306.
- Merchán-Cepeda A., N. Hernando Campos, A. Franco y A. Bermúdez .2009. Distribución y datos biológicos de los cangrejos ermitaños (decápoda: anomura) del Mar Caribe colombiano Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (1)
- Montoya-Cadavid E. y P. Flórez. 2008. Aporte al conocimiento de los briozoos de Malpelo, Pacífico colombiano. Seminario Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar. San Andrés, Colombia.
- Montoya-Cadavid E. y P. Flórez. 2008. Aporte al conocimiento de los briozoos de Malpelo, Pacífico colombiano. Seminario Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar. XIII SENALMAR. San Andrés, Colombia. 428 p.
- Morales, Germán. 2001. Dinámica temporal y selección de hábitats de forrajeo para aves playeras en dos localidades de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 87 p.
- Muñoz, D. A. 2001. Estimación de la mortalidad embrionaria en nidadas reubicadas de tortuga laud *Dermodochelys coriacea* de acuerdo al método de colecta de huevos empleado. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 147 p.
- Muñoz, O. F. 1999. Aspectos de la biología (crecimiento, hábitos alimenticios y reproducción) de *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Parque Nacional Natural Gorgona, Colombia. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 128 p.
- Murillo, M. C. 2006. Evaluación de la dinámica poblacional de *Donax dentifer* durante una temporada del fenómeno climático de La Niña (noviembre 1999-noviembre 2000) en una playa arenosa de Bahía Málaga (Pacífico colombiano). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 138 p.
- Narvaez, K. 1999. Identificación y aspectos ecológicos de las esponjas del arrecife coralino de Playa Blanca, Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. Tesis de pregrado. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 86 p.
- Navas, G.R. y P. Lattig. 1999. Presencia de *Metalpheus rostratipes* (Pocock, 1980) (Crustacea: Alpheidae) en el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 28(1):181-184.
- Navas, G.R. y N.H. Campos C. 2001. Crustáceos estomatópodos colectados por los cruceros INVEMAR-MACROFAUNA, incluyendo dos nuevos registros para el Mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 30(1):67-76.
- Navas, G.R., A. Bermúdez, N. Cruz y N.H. Campos. 2003. Galatéidos (Decapoda, Anomura, Galatheidae) del Caribe colombiano, incluyendo doce primeros registros. Bol. Invest. Mar. Cost. 32: 3-18
- Navia, A. F. 2002. Aspectos de la biología de los elasmobranchios capturados como fauna acompañante del camarón en aguas someras del Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 156 p.
- Neira, R. y J. Cantera. 2005. Composición taxonómica y distribución de las asociación equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico colombiano. Rev. Biol. Trop. Par53 (3): 275-284.
- Ospina, A. 2004. Ecología reproductiva y colonialidad del piquero café *Sula leucogaster* (Aves: Sulidae), en el PNN Gorgona, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 107 p.
- Ospina, A. 2007. Caracterización molecular con AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphisms) del mangle nato (*Mora megistosperma*) en seis poblaciones de la costa pacífica colombiana. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 188 p.
- Payán, L. F. 2006. Aspectos taxonómicos, anatómicos y biológicos de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Pisces: Rhinobatidae) en el Golfo de Tortugas, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 89 p.
- PCN, WWF, Instituto Alexander Von Humboldt y Ecotropico. 2007. Nuestras plantas: uso de las plantas en el territorio colectivo de los ríos Raposo y Mayorquín. Edit. Universidad del Valle. 59 p.
- Peña, I. I. 2003. Aspectos reproductivos y ecología trófica de *Lutjanus argentiventris*, *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) y *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Parque Nacional Gorgona (Pacífico colombiano). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 138 p.
- Pérez, A. M. 2002. Análisis del crecimiento, reproducción, mortalidad y productividad de una población de *Cardita affinis* (Mollusca, Bivalvia, Carditidae) en Bahía de Málaga, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 108 p.

- Pérez, J. V. 2006. Tasa de crecimiento y rango habitacional de *Rhinoclemys nasuta* en Isla Palma - Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 116 p.
- Portilla, J. A. 2003. Factores ambientales que influyen la distribución de la biomasa algal asociadas al manglar en la Bahía de Buenaventura (Pacífico colombiano). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 138 p.
- Puentes, V., A. F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C. Diazgranados y L.A. Zapata Padilla (eds). 2009 Avances en el conocimiento de tiburones rayas y quimeras de Colombia. Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia, 245 P.
- Polanco, A., J. Quintero-Gil, F. Cortés y G. Duque. 2009. Contribución al conocimiento de la fauna íctica en dos isóbatas (10 y 50 m) de la región de La Guajira, Caribe Bol. Invest. Mar. Cost. 38 (2).
- Pulido-López P.C. y A. López-Pinto 2002 Primer registro del calamar diamante *Thysanoteuthis rhombus* (Cephalopoda: Teuthida: Oedopsina) en el mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 31:239-241.
- Quiroga, S., M. Bolaños y M.K. Litvaitis. 2004. A checklist of polyclad flatworms (Platyhelminthes: Polycladida) from the Caribbean coast of Colombia, South America. Zootaxa 633: 1 - 12.
- Ramírez, D. G. 2006. Aspectos ecológicos de la comunidad fitoplanctónica del océano Pacífico colombiano durante septiembre-octubre de 2004: producción primaria, biomasa y composición taxonómica. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 184 p.
- Ramos, L.M. 2005. Caracterización de la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Santa Marta (Caribe colombiano). Tesis pregrado Biología Universidad del Magdalena. Santa Marta, Magdalena. 86 p.
- Rentería, Carolina. 2004. Estudio de la estructura y diversidad del estrato arbóreo y arbustivo de un bosque muy húmedo tropical, comunidad Santa Clara (Bahía de Buenaventura), como herramienta básica para su manejo y conservación. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 79 p.
- Reyes-Nivia M.C., A. Rodríguez-Ramírez y J. Garzón-Ferreira. 2004. Peces asociados a formaciones coralinas de cinco áreas del Caribe colombiano: listado de especies y primeros registros para las áreas. Bol. Invest. Mar. Cost. 33: 101-115.
- Riascos, J. M. 1999. Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Hanley, 1843) (Mollusca: Bivalvia, Donacidae) en Bahía Málaga, Pacífico colombiano durante el fenómeno "El Niño" 1997/1998. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 137 p.
- Roa-Varón A., L. M. Saavedra-Díaz, A. Acero P., L. S. Mejía M. y G. R. Navas. 2004. Nuevos registros de peces óseos para el Caribe colombiano de los órdenes Beryciformes, Zeiformes, Perciformes y Tetraodontiformes. Bol. Invest. Mar. Cost. 32: 3-24.
- Roa-Varón, A.; L.M. Saavedra-Díaz; A. Acero y L.S.M. Mejía. 2007. Nuevos registros de peces para el Caribe colombiano de los órdenes Myctophiformes, Polymixiiformes, Gadiformes, Ophidiiformes y Lophiiformes. Bol. Invest. Mar. Cost. 36: 181-208.
- Roda, J., A. M. Franco, M. P. Baptiste, C. Múnera y D. M. Gómez. 2003. Manual de identificación CITES de aves de Colombia. 46 p.
- Roldán, A. M. 2007. Estudio de la estructura poblacional y diversidad genética del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en dos zonas de las costas colombianas separadas por el Istmo de Panamá utilizando marcadores moleculares microsatélites. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 65 p.
- Rosales, A. 2001. Contribución a la evaluación de los recursos ícticos, aspectos biológicos, reproductivos de la especie *Tylosurus crocodilus* fodiatus en el Golfo de Tribugá, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 149 p.
- Rosero, C. Y. 2003. Caracterización molecular por microsatélites y estudio de la diversidad ecológica y genética de tres poblaciones del mangle rojo *Rhizophora mangle* en la costa pacífica colombiana. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 179 p.
- Rubio, E. y J. Angulo. 2003. Peces coralinos del Pacífico colombiano: incluye peces deportivos y comerciales. Edit. Universidad del Valle. 235 p.
- Ruiz-López J. A. y A. Acero P. 2005. Primer registro de *Anarchias galapagensis* (Pisces: Anguilliformes: Muraenidae) para el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 34(1):263-266.
- Saavedra-Díaz L. M., A. Roa-Varón, A. Acero P. y L. S. Mejía. 2004. Nuevos registros ícticos en el talud superior del Caribe colombiano (órdenes Albuliformes, Anguilliformes, Osmeriformes, Stomiiformes, Ateleopodiformes, Aulopiformes y Pleuronectiformes). Bol.

Invest. Mar. Cost. 33 (1): 181-207

- Salinas, L. 2001. Caracterización y estado de recuperación de los natales de la Ensenada de Virudo, municipio del Bajo Baudó, Chocó, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 94 p.
- Santana, A. M. 2005. Helmintos intestinales de peces comerciales de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 99 p.
- Segura, C. E. 2005. Algunos aspectos biológicos de *Oligoplites refulgens* (Pisces: Carangidae) en la Bahía de Buenaventura y el Golfo de Tortugas, Pacífico colombiano como fauna acompañante de la carduma *Cetengraulis mysticetus*. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 160 p.
- Simone, L.R.L. y A. C. Gracia. 2006. A new species of *Sturoglypta* from Colombia (Caenogastropoda, Columbellidae). *Papéis Avulsos de Zoología* 46(12):133-137.
- Soler, M. 2006. Técnicas para la observación y conteo de bandas vertebrales y estimación de la edad y crecimiento de la raya guitarra *Rhinobates leucorhynchus* (Pisces: Elasmobranchii). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 133 p.
- Soto, J. E. 2004. Morfometría del otolito como una herramienta para la estimación de la edad y el crecimiento de *Abudefduf concolor* (Pisces: Pomacentridae). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 97 p.
- Steven, H. y W. Brown. 2001. Guía de las aves de Colombia. Traducido por Humberto Alvares López. Edit. Universidad del Valle (Traducción). 112 p.
- Suleyma, C. 2001. Caracterización de la estructura fitoplanctónica en aguas del Pacífico colombiano y su relación con eventos asociados al fenómeno «El Niño» (FEN). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 116 p.
- Tobón, A. 2001. Aspectos preliminares de la biología de *Caranx caninus* y *Seriola rivoliana*, (Pisces: Carangidae) y aportes al conocimiento de algunos aspectos ecológicos y pesqueros en la zona marina comprendida entre Cabo Corrientes y el corregimiento de Jobi, Chocó, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 103 p.
- Valencia, B. 2006. Presencia y composición del delfín moteado pantropical (*Stenella attenuata*) en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 119 p.
- Vallejo M. Y., y A. Acosta. 2005. Lista de corales hermatípicos del Museo Javeriano de Historia Natural Lorenzo Uribe S.J., Colombia. *Revista NOVA* 3 (4): 1-108.
- Vargas, C. A. 2002. Zoanthideos: Anthozoa: Hexacorallia del complejo arrecifal y litoral rocoso de la isla de San Andrés Caribe Colombiano. Trabajo de grado Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá, Colombia. 130 p.
- Vargas, C. I. 2001. Insectos depredadores omnívoros y hormigas asociados al dosel de bosques de manglar (estuario del río Dagua, Pacífico colombiano). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 95 p.
- Vásques, A. I. 2007. Caracterización florística asociada al hábitat de Dendrobatidae (Amphibia: Anura) en la comunidad de pianguita (Bahía de Buenaventura). Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 109 p.
- Vera-Pelaéz. 1998. (Gastropoda, Turridae) del Caribe colombiano: consideraciones estratigráficas, biogeográficas y filogenéticas. *Pliocénica* 4: 1-10.
- Zamudio, J. A. 2007. Ecología trófica del piquero café (*Sula leucogaster elesiaca*) (Aves: Sullidae) en el Parque Nacional Natural Gorgona Pacífico colombiano. Universidad del Valle. Cali. Tesis de grado (Biólogo). 118 p.
- Zapata, F.A.; A. Rodríguez-Ramírez; M. Rodríguez-Moreno; C. Muñoz y M. López-Victoria. 2007. Confirmation of the occurrence of the coral *Pavona chiriquiensis* Glynn, Maté and Stemann (Cnidaria: Anthozoz: Agariciidae) in the Colombian Pacific. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 36:307-312.
- Zea, S. y E. Weil. 2003. Taxonomy of the Caribbean excavating sponge species complex *Cliona caribbaea-C. aprica-C. langae* (porifera, Hadromerida, Clionidae). *Caribb. J. Sci.* 39(3): 348-370.
- Zea, S. y W.H. De Weerd. 1999. *Haliclona (Halidona) epiphytica* n. sp. (Porifera: Demospongiae: Haplosclerida), a seaweed-dwelling sponge from the Colombian Caribbean. *Beaufortia* 49(13): 171-176.

**CAPÍTULO V**

**ESTADO**  
**DE LOS RECURSOS SOMETIDOS A**  
**EXPLOTACIÓN**





## 11. ESTADO DE LOS RECURSOS SOMETIDOS A EXPLOTACIÓN

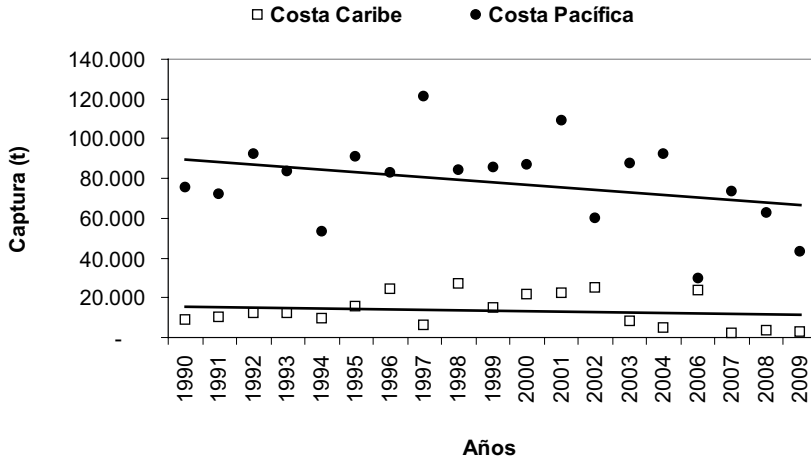
*Mario Rueda, Efraín Vilorio Maestre, Farit Rico, Danety Mármol, Fabio Herrera, Javier Gómez León, Marisol Santos Acevedo, Carlos Andrés Puentes Acosta y Arnold de la Peña*

### 11.1 Introducción

Este capítulo presenta la evaluación del estado de los recursos marinos sometidos a explotación durante 2009 en el área marino costera de Colombia. La evaluación se hace partiendo de tres de los principales usos realizados en el país: i) pesca, ii) acuicultura y bioprospección marina, y iii) el uso de bienes y servicios ambientales desde un punto de vista de la valoración económica. La información para este análisis proviene de instituciones de investigación y manejo de recursos marinos en el país (el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, la Corporación Colombia Internacional - CCI, el Centro de Investigación de la Acuicultura en Colombia – CENIACUA, la Comisión Colombiana del Océano - CCO) y de proyectos de investigación y/o monitoreos realizados por el INVEMAR. Más que una descripción de las investigaciones realizadas en el país, este informe suministra indicadores de estado, tendencias y estadísticas de uso, las cuales son insumo para el proceso de toma de decisiones por parte de las entidades de manejo.

### 11.2. Recursos sometidos a explotación por pesca

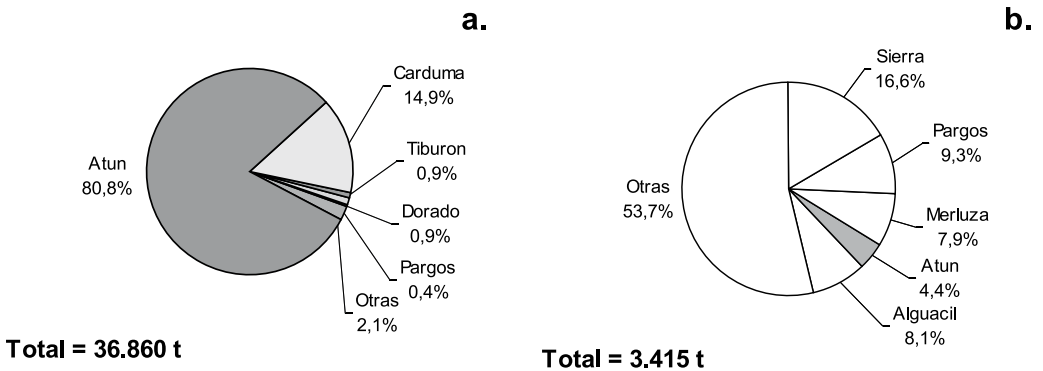
De acuerdo con la información registrada por la CCI, las estimaciones de las capturas totales (pescados, moluscos y crustáceos) para el Pacífico se mantienen con disminución en 2008-2009, dándose en esta oportunidad un descenso del 32% con respecto al total de 2008 y en un 47% con relación al promedio general del período analizado (1990-2008). Esto implica que la captura del Pacífico en 2009 fue a excepción de 2006, la de menor valor en el período analizado (Figura 11 - 1). Las capturas en el Caribe (sin incluir San Andrés y Providencia ni la Ciénaga Grande de Santa Marta - CGSM), presentan en los tres últimos años sus estimaciones más bajas del tiempo evaluado, mostrando para 2009 un descenso del 11% con respecto al 2008. Aunque los análisis de regresión de las capturas en el tiempo determinaron que no hay tendencia en las capturas del Pacífico ( $r = 0,33$ ;  $p > 0,05$ ) ni en las del Caribe ( $r = 0,16$ ;  $p > 0,05$ ).



**Figura 11 - 1.** Producción pesquera interanual industrial y artesanal para el Caribe y Pacífico colombiano (1990-2009). Datos tomados del liquidado INPA, del INCODER y del Convenio MADR - CCI 2010.

**11.2.1. Pesca industrial y artesanal del Océano Pacífico**

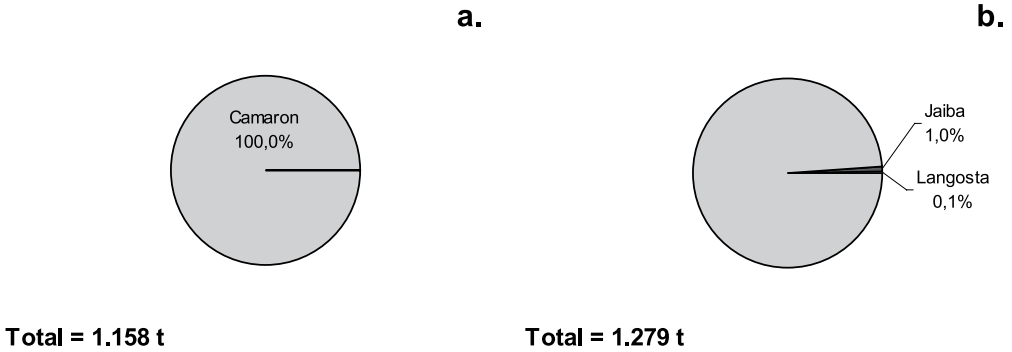
En 2009, el desembarque total en el Pacífico fue de 42.820 t (89% industrial y 11% artesanal). En el grupo de peces destaca en la pesca industrial el atún con 29.789 t y la carduma con 5.486 t (Figura 11.2a). Aunque ambos recursos incidieron en la disminución de la captura total de peces (grupo de mayor participación en la mengua de la producción total), el descenso más notorio se dió en la extracción de carduma, que representó el 75% con respecto al volumen extraído en 2008 (INVEMAR, 2009a). En la pesca artesanal (Figura 11.2b), sobresale la sierra con 566 t, seguida por los pargos con 317 t, el alguacil con 277 t, la merluza con 269 t y el atún con 152 t. En esta pesquería se extrae una variedad de especies, situación que se corrobora en la estimación de captura de otros peces, cuya valor alcanzó 1.835 t.



**Figura 11.2.** Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR - CCI 2010.

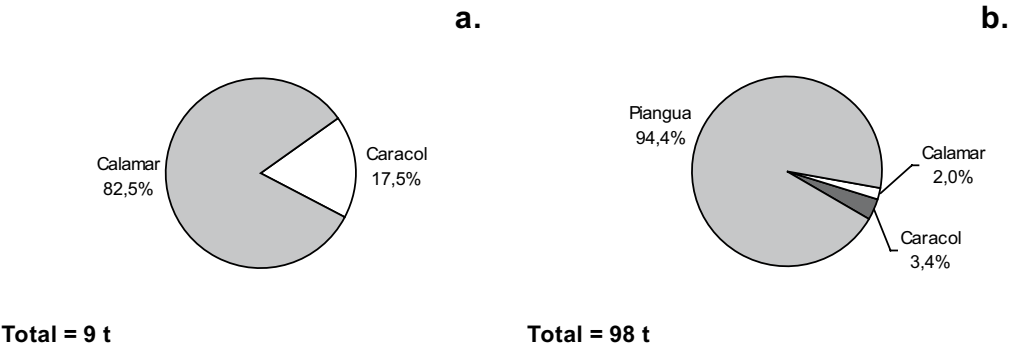


En los crustáceos, los camarones continuaron siendo la especie más capturada, tanto en la pesca industrial (1.158 t) como en la artesanal (1.265 t), contra una mínima proporción de las jaibas y langostas extraídas por la pesca artesanal (Figura 11.3). La producción pesquera de camarón en 2009 muestra escasa diferencia entre tipos de pesquerías, ligeramente mayor en la artesanal, lo cual es indicador del impacto de esta pesquería dirigido a este recurso.



**Figura 11.3.** Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR - CCI 2010.

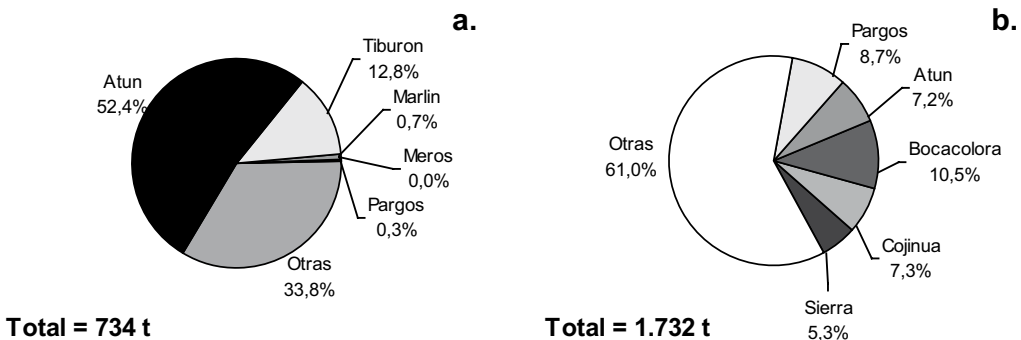
En cuanto a moluscos la producción pesquera estimada en 2009 se incrementó con respecto al 2008 de 37 t a 107 t (92% artesanal y el 8% industrial). La extracción se sustentó principalmente en calamares y caracoles en la pesca industrial con 7,20 y 1,52 t, respectivamente. En la pesca artesanal resalta la piangua con 93 t, seguida por los caracoles con 3,39 t, los calamares con 2 t y almejas con 0,1 t (Figura 11.4).



**Figura 11.4.** Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR - CCI 2010.

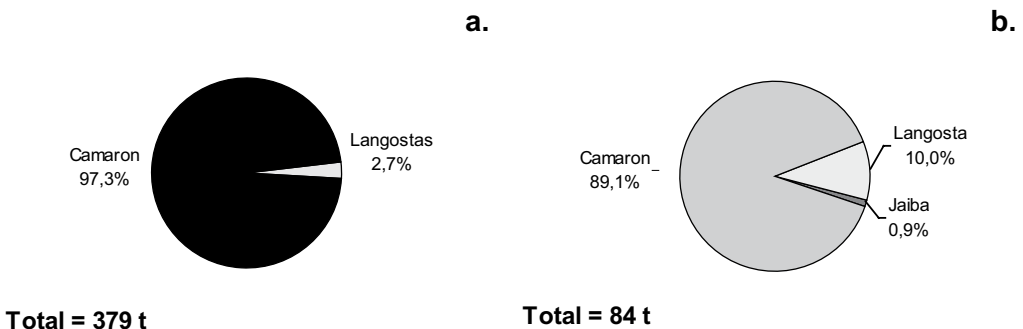
### 11.2.2. Pesca industrial y artesanal del Caribe colombiano

La producción pesquera en el Caribe para 2009 se estimó en 2.971 t (39% industrial y 61% artesanal), presentando un descenso del 11% respecto a lo estimado en 2008 (3.324 t). La captura de peces en la pesca industrial estuvo representada principalmente por los atunes (384,7 t), que disminuyeron en un 63% con respecto al 2008 (INVEMAR, 2009a). En la pesca artesanal se encontró que la mayor representatividad la tuvieron otras especies (1.056 t), seguidas por los bocacolorá (181,1 t), los pargos (151,5 t), cojinua (126,3 t) y atunes (125,5 t). El grupo misceláneo de otros peces es un indicador de la amplia diversidad de especies que son objeto de captura por la pesca artesanal en el Caribe (Figura 11.5).



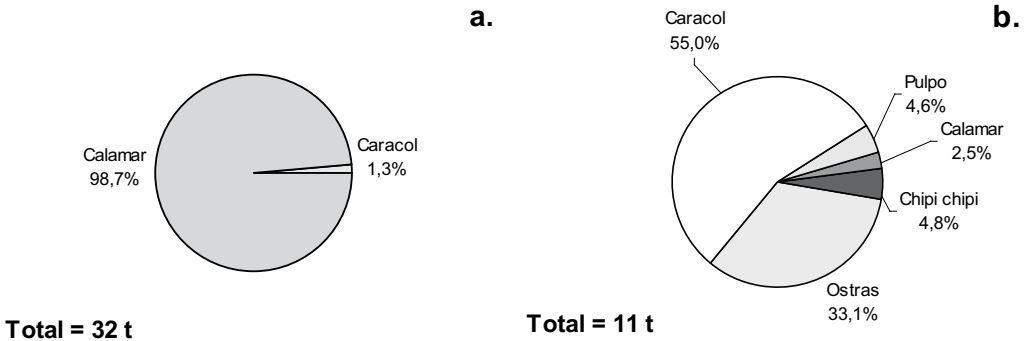
**Figura 11.5.** Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR-CCI-2010.

Para los crustáceos se estimó una captura de 379 t en la pesca industrial y 84 t en la artesanal. Al igual que en el Pacífico, el recurso camarón es el más representativo con una extracción de 369 t en la pesca industrial (Figura 11.6a) y 74,7 t en la pesca artesanal (Figura 11.v6b). Otro recurso destacado fue la langosta con capturas de 10,4 t y 8,4 t en la pesca industrial y artesanal, respectivamente.



**Figura 11.6.** Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2009. Fuente: Convenio MADR-CCI-2010.

La pesca de moluscos en el Caribe aumentó moderadamente en un 4,9% con respecto a 2008, posterior al incremento obtenido de este último año con relación a 2007. La pesca industrial fue mayoritariamente de calamares (Figura 11.7a); mientras la pesca artesanal estuvo representada por caracoles, ostras, chipichipi, pulpos y calamares (Figura 11.7b).



**Figura 11.7.** Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano en el 2009. Fuente: Convenio MADR-CCI-2010.

**11.2.3. Pesquerías artesanales claves en Colombia**

Debido a la carencia de información que permita conocer en detalle el estado actual de las pesquerías artesanales a nivel nacional (INVEMAR, 2008a), se presentan dos casos representativos del Caribe colombiano: la pesca en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y en la Zona Deltaica estuarina del Río Sinú (ZDERS). La información usada para estas dos pesquerías proviene de la información almacenada, procesada y analizada con el Sistema de Información Pesquera del INVEMAR (SIPEIN).

**11.2.3.1. La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)**

**11.2.3.1.1 Producción pesquera**

Desde 2000 hasta 2009 se ha estimado una producción total de 64.263 t, con un promedio anual de 6.426 t ( $\pm 1.662$  t). Conforme a lo mencionado en informes anteriores, la pesca de peces ha variado entre años (Kruskal-Wallis:  $H^2= 57.56$ ;  $N=118$ ;  $p< 0.05$ ), presentándose altos rendimientos en 2000 (7.776 t) y 2006 (7.169 t) y bajos rendimientos en 2001 y 2002 (3.463 t y 3.390 t, respectivamente) (INVEMAR, 2008b). En 2009 la producción pesquera total fue 5.581 t, con tendencia descendente desde 2006. Una vez más en 2009, los peces fueron los de mayor contribución con 4.479,5 t, seguidos por los crustáceos (916,9 t) y los moluscos (184,7 t) (Figura 11.8).

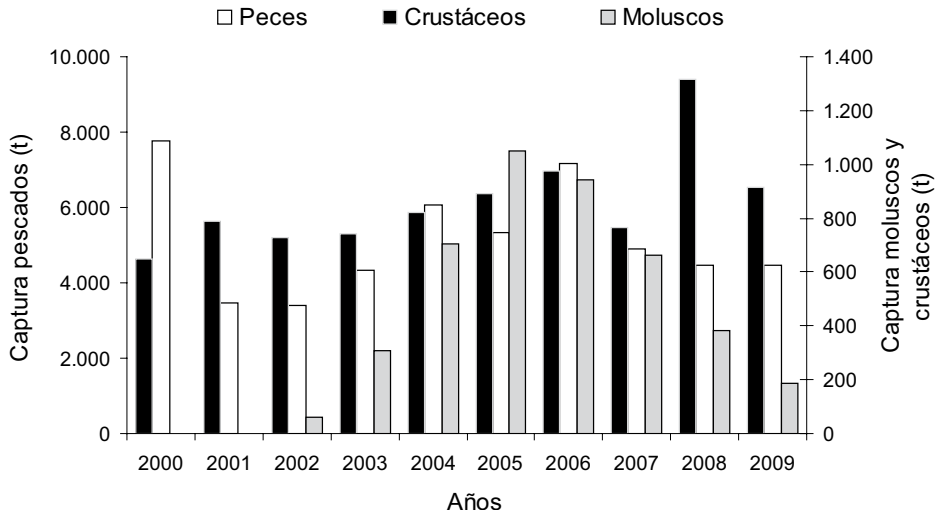


Figura 11.8. Variación anual de las capturas comerciales en la CGSM por grupos de especies (2000-2009).

Con respecto a los crustáceos, las capturas descendieron en un 30% respecto a 2008. Las jaibas siguen con mayor participación en las capturas (80,7%), siendo la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) la más capturada (477 t), contrario a los años anteriores (2003-2007), donde la jaiba roja (*Callinectes bocourti*) fue la de mayor rendimiento. En cuanto a los camarones penaeidos su nivel de captura en 2009 se redujo con respecto a 2008 a 177 t (Figura 11.9).

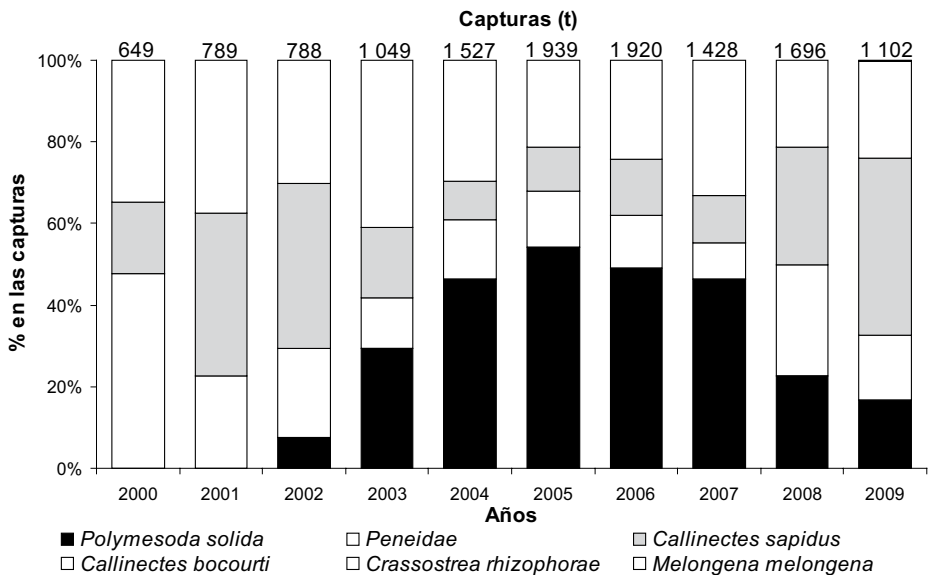


Figura 11.9. Composición de las capturas comerciales de moluscos y crustáceos (2000-2009).



Los moluscos representados mayoritariamente (99%) por la almeja (*Polymesoda solida*), continuó un declive sostenido, pasando de 944 t (peso con concha) en 2006 a 660 t en 2007, 382 t en 2008 a tan solo 183 t en 2009 (Figura 11.9). La almeja requiere urgentemente la aplicación de medidas de manejo basadas en la investigación suministrada.

La captura anual de peces fue similar a la de 2008, con un aumento en el número de especies que llegó a su valor más alto (66 especies) del período analizado (Figura 11.10). Las especies que mayor aportaron a la captura fueron el mapalé - *Cathorops mapale*, sábalo - *Megalops atlanticus* y chivo cabezón - *Ariopsis sp.*. De igual manera la captura de la especie dulceacuicola mojarra lora (*Oreochromis niloticus*) incrementó a 1.874,5 t (41,8%) de la captura total de peces en 2009 (Figura 11.10). La situación de la especie mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) mejoró, evidenciándose signos de recuperación; sin embargo, la falta de control efectivo hace que dicha recuperación sea parcial, al ser objeto de la presión por pesca manifestada en capturas que se incrementaron en un 253% con respecto al año anterior, superando incluso las capturas del período 2002-2008.

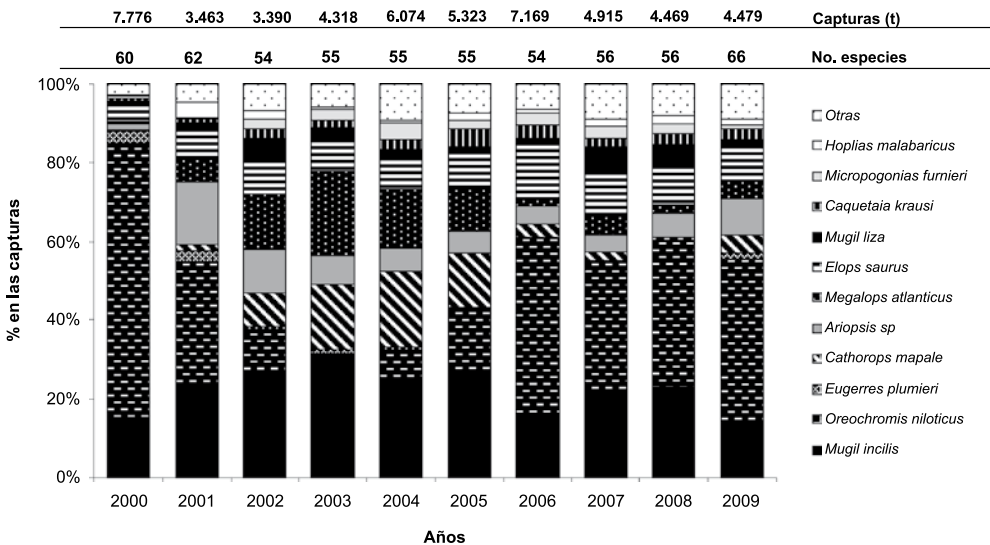
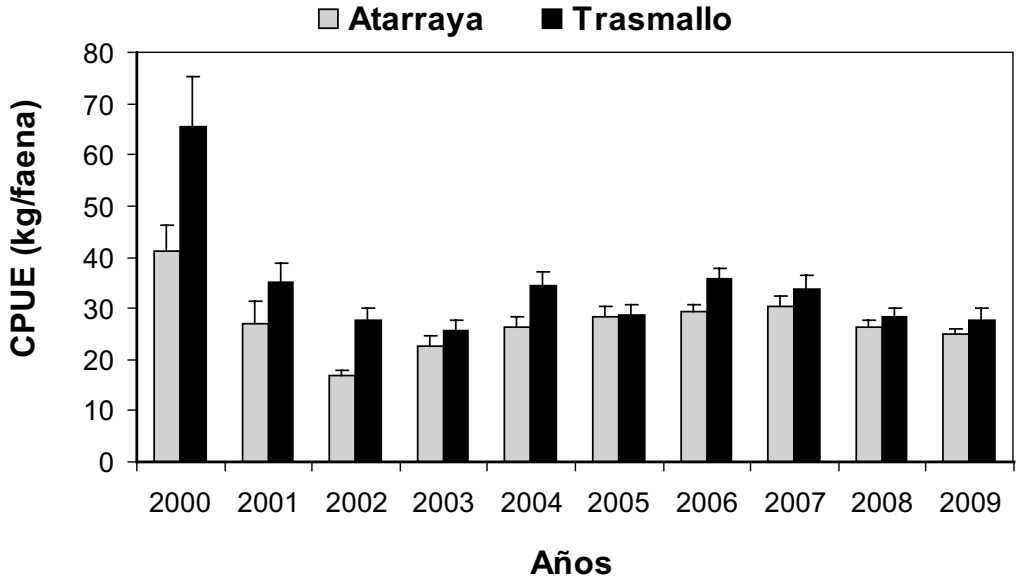


Figura 11.10. Composición de las capturas comerciales de peces para la CGSM (2000-2009).

La abundancia relativa multiespecífica para los dos artes de pesca más usados en la CGSM a 2009, difirió significativamente entre años; tanto para la atarraya (Kruskal-Wallis Test:  $H^2 = 72.14$ ;  $n = 552$ ;  $p < 0.01$ ), como para el trasmallo (red de enmalle fija) (Kruskal-Wallis:  $H^2 = 39.27$ ;  $n = 548$ ;  $p < 0.01$ ). En 2009 la abundancia multiespecífica fue muy similar para estos dos artes con respecto a 2008 (Figura 11.11).



**Figura 11.11.** Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio +EE) multispecífica de peces para la atarraya y trasmallo en la CGSM (2000-2009).

### 11.2.3.1.2 Estado de explotación

Los indicadores pesqueros usados para evaluar el desempeño de la pesquería son: (I) la captura multispecífica promedio de peces, (II) las tallas medias de captura de las principales especies y (III) la renta económica percibida por la pesca. Para mayores detalles de los aspectos metodológicos en el análisis de indicadores pesqueros, se recomienda consultar el informe del estado de los recursos 2002 (INVEMAR, 2003).

#### 11.2.3.1.2.1 Captura multispecífica promedio anual de peces

El punto de referencia límite (PRL) fue una captura media anual de 438 t usando el promedio correspondiente al periodo 2000-2008 (Figura 11.12). El análisis de riesgo indicó que en 2009 la probabilidad de sobrepasar el PRL fue muy baja (probabilidad = 0.07 de que la captura media en 2009 fuera mayor a 438 t). Esta probabilidad indicaría que la captura media anual extraída en 2009 estaría cerca del nivel de plena explotación, aunque por tratarse de una estimación para multispecies, implique riesgo de sobre-explotación para algunas especies.



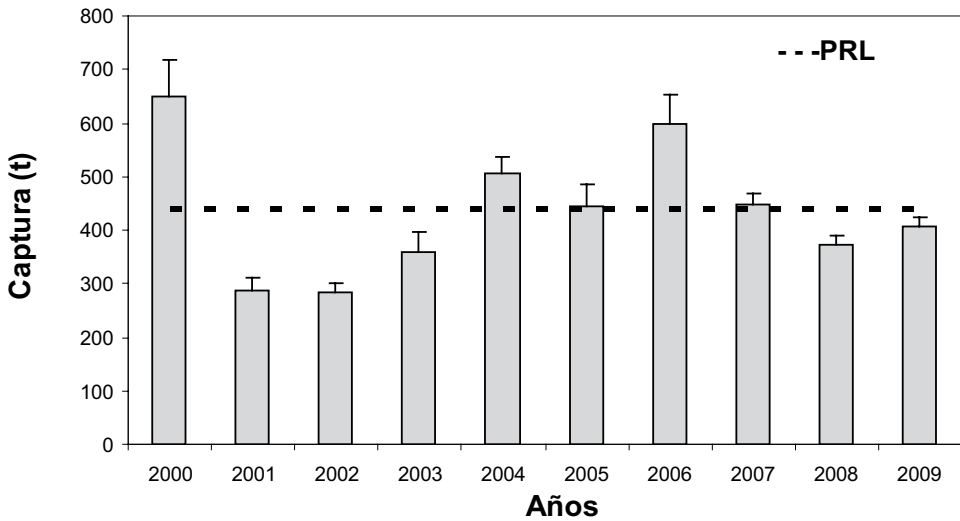


Figura 11.12. Variación anual de la captura promedio mensual (+EE) multispecifica de peces y su ubicación respecto al PRL en la CGSM.

### 11.2.3.1.2.2 Talla media de captura

Se compararon las tallas medias de captura (TMC), con respecto a la talla media de madurez sexual, de las principales especies comerciales de peces (punto de referencia límite). Para el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) el riesgo fue moderado, ya que la TMC ( $33,3 \pm 1,7$  cm) en 2009 siguió por encima del valor del PRL (30 cm). Para el chivo cabezón (*Ariopsis* sp.), las probabilidades de riesgo siguen siendo altas, ya que la TMC ( $29,2 \pm 5,4$  cm) se mantuvo muy por debajo de su PRL (41 cm). La lisa (*Mugil incilis*), se mantiene en riesgo de sobre-explotación, TMC ( $20,3 \pm 6,3$  cm) por debajo del PRL (23,8 cm). En el caso del mapalé (*Cathorops mapale*), su situación es similar a la lisa, cuando su TMC ( $17,6 \pm 2,6$  cm) sigue por debajo del PRL (23 cm). La mojarra rayada (*E. plumieri*) presenta riesgo moderado, ya que su TMC ( $23,2 \pm 2,9$  cm) está por encima del PRL (20 cm). El riesgo de la mojarra lora (*O. niloticus*) es bajo, debido a que su TMC ( $23,7 \pm 4,3$  cm) es superior al PRL (21,3 cm). Como se viene mencionando en los informes anteriores (INVEMAR, 2004; 2005; 2006; 2007, 2008a y 2009), la situación de tres especies tradicionales en esta pesquería (lisa, mapalé y chivo cabezón) es preocupante, debido a la poca selectividad de los artes de pesca usados en esta pesquería (Figura 11.13).

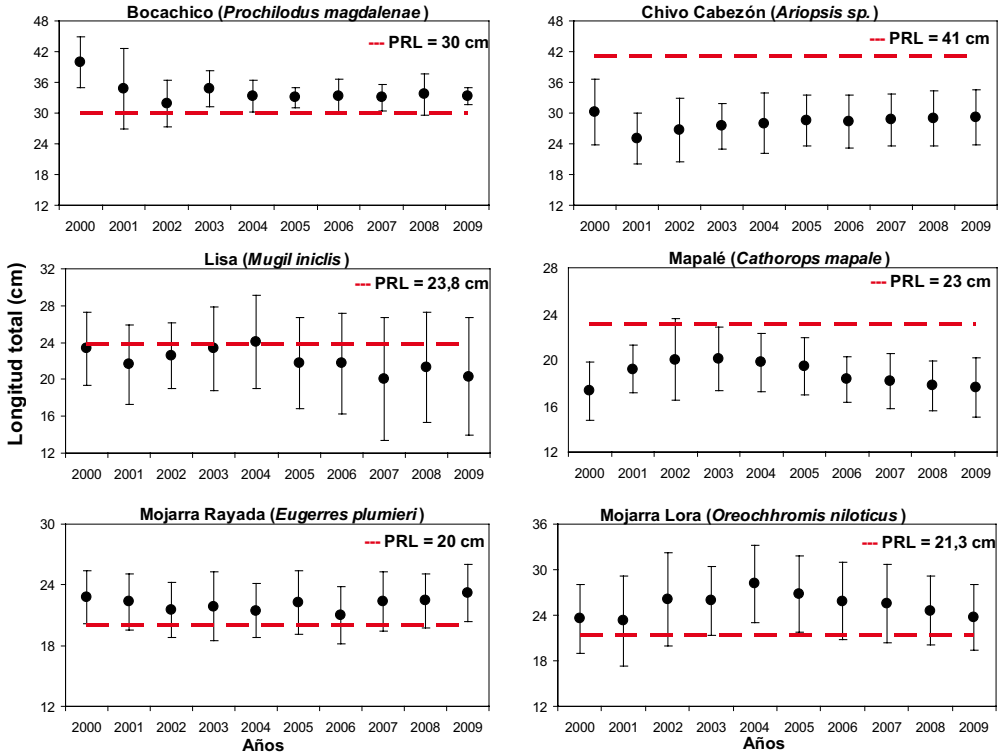


Figura 11.13. Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies ícticas de la CGSM y su ubicación con respecto al PRL (talla media de madurez sexual).

### 11.2.3.1.2.3. Renta económica

La Figura 11.14 presenta el comportamiento de la renta económica por pescador para las principales artes de pesca usadas en la CGSM, la cual se comparó con un punto de referencia objetivo: el salario mínimo legal mensual vigente - SMLMV. En 2009 la renta de los pescadores que utilizaron seis de los ocho principales artes de pesca, se incrementó con respecto a 2008, cinco de éstos superaron el umbral en referencia (SMLMV= \$ 496.900): los de red de enmalle fija (trasmallo), boliche, palangre, atarraya y chinchorro, en 125, 92, 32, 16 y 8% respectivamente. Contrariamente los pescadores que usaron redes camaroneras releo (con objetivo de captura camarones) y nasas (jaibas), disminuyeron sus utilidades con respecto a 2008, ubicándose por debajo del punto de referencia en un 44 y 14% correspondientemente. En lo relativo a chinchorra, aunque aumentó su renta con respecto al año anterior, estuvo ligeramente inferior (1 %) al SMLMV.

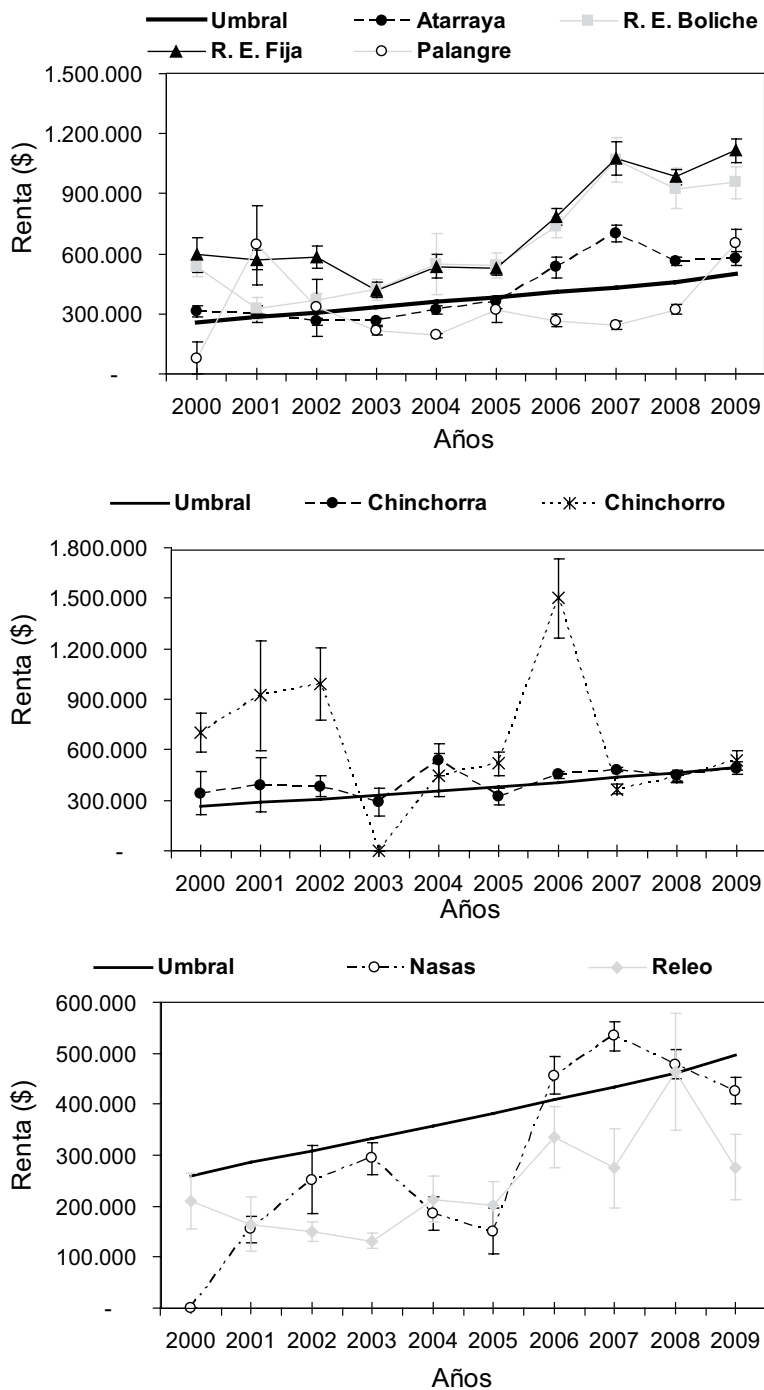
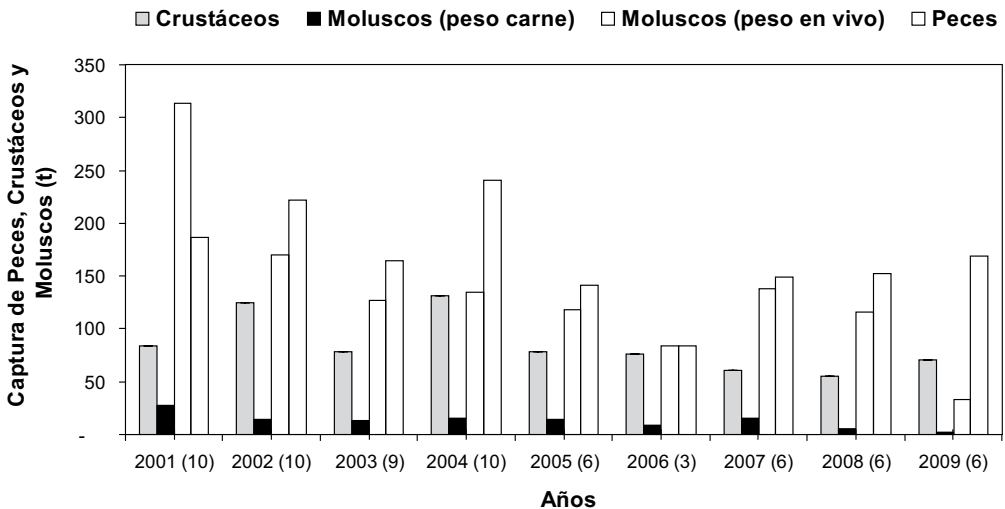


Figura 11.14. Variación anual de la renta económica promedio mensual ( $\pm$ EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral: SMLMV.

### 11.2.3.2 La Zona Deltaica Estuarina del Río Sinú (ZDERS)

Los desembarcos en la ZDERS han variado significativamente a través de los años (Kruskal-Wallis:  $H^p=24.34$ ;  $n=66$ ;  $p<0.05$ ), estimándose una producción total de 3.502,8 t entre 2001 y 2009, con un promedio de  $389,2 \text{ t} \pm 118 \text{ t}$  por año. Parte de esta variabilidad es debida a las diferencias en el número de meses monitoreados en cada año. En 2009, con sólo seis meses de monitoreo, la captura total fue 272,4 t. Los peces representaron el mayor aporte con 168,7 t, seguido por los crustáceos con 70,1 t y moluscos con 33,5 t (Figura 11.15).



**Figura 11.15.** Variación anual de las capturas comerciales en ZDERS. Entre paréntesis número de meses monitoreados por año. Fuente: SIPEIN®; proyecto Plan de seguimiento y monitoreo de ZDERS

La captura de peces estuvo representada por las especies bocachico (*P. magdalenae*), anchoa (*Mugil incilis*), róbalo (*C. undecimalis*), mojarra blanca (*Eugerres plumieri*) y barbudo cazón (*Ariopsis sp.*), las cuales representaron en 2009 el 70 % del total capturado, seguidas por otro grupo de especies como el sábalo (*Megalops atlanticus*), barbul mojoso (*Cathorops mapale*), róbalo congo (*Centropomus ensiferus*), mero (*Epinephelus itajara*) y moncholo (*Hoplias malabaricus*), que representaron el 12% del total. En menor volumen el grupo de otras especies, estuvo compuesto por 55 especies que representaron el 18 % de la captura total (Figura 11.16).

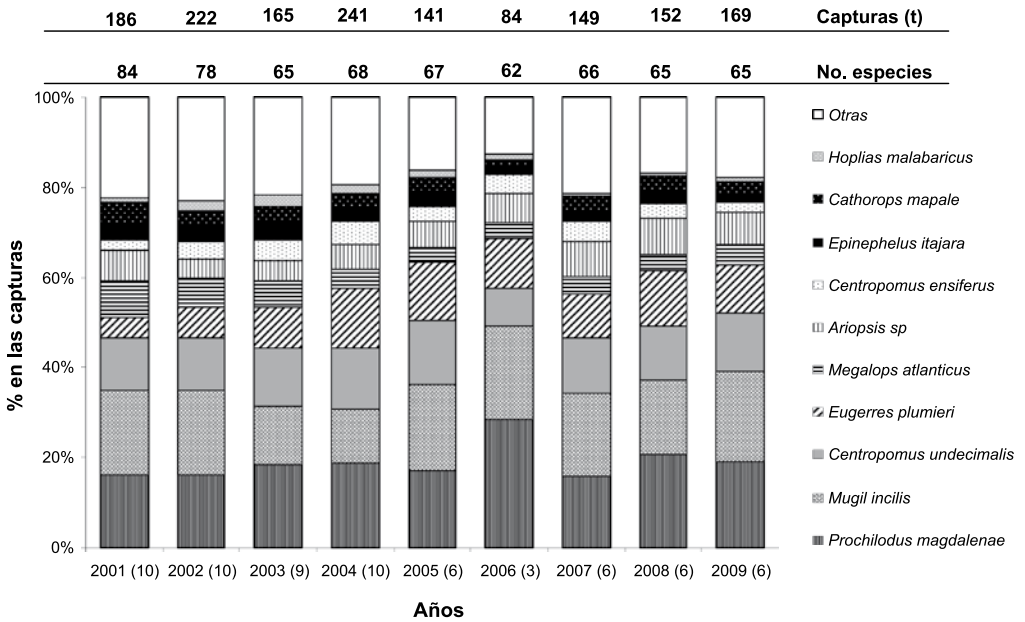


Figura 11.16. Composición de las capturas comerciales de peces. Fuente: SIPEIN "ZDERS".

En lo relativo a los moluscos, se evidenció una disminución importante de la producción en un 71% en relación a 2008. La captura del caracol *Melongena melongena* (2,3 t) continuó su descenso manifestado desde el año anterior, resultando los valores de los dos últimos años como los menores con respecto al período de monitoreo (2001-2009) a excepción de 2006, donde solo se monitorearon tres meses (Figura 11 – 17a). Sin embargo, la situación más preocupante se observó en el recurso chipi-chipi *Anomalocardia brasiliana* que disminuyó drásticamente su captura, pasando de 80,4 t en 2008 a tan solo 0,83 t en 2009. En cuanto a la ostra *C. rhizophorae*, contrariamente muestra una leve recuperación de 14 % respecto al año anterior. Referente al grupo de los crustáceos, la captura aumentó en un 27 % con relación a 2008; al igual que en los años anteriores, el camarón tití (*Xiphopenaeus kroyeri*) representó la mayor parte de la captura de este grupo (49,9 t), seguido por el camarón blanquillo (*Farfantepenaeus subtilis*) con una producción de 9,6 t, las jaibas roja y azul con 5,1 t y 2,9 t, respectivamente y el langostino (*Litopenaeus schmitti*) con 2,6 t (Figura 11.17b).

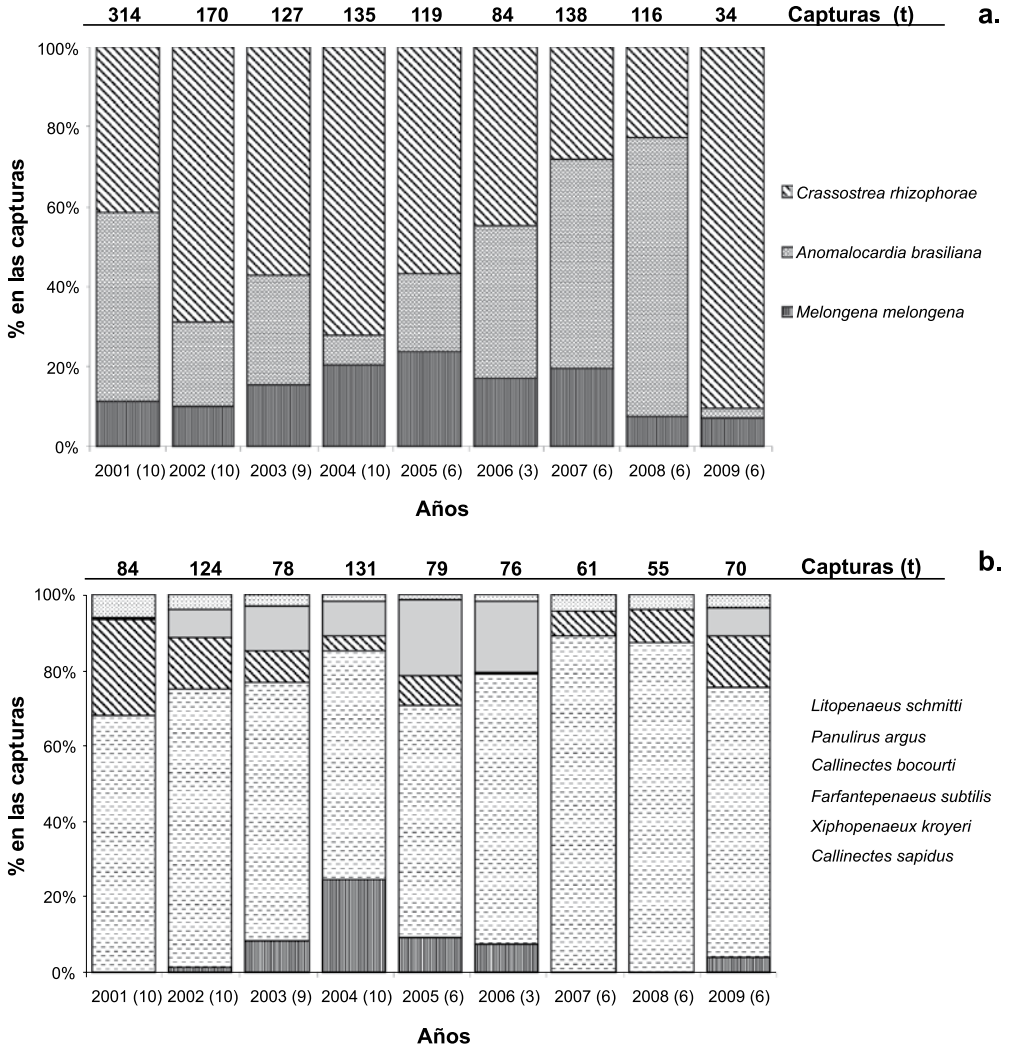


Figura 11.17. Composición de las capturas de moluscos (a) y crustáceos (b). Fuente: SIPEIN “ZDERS”.

La abundancia relativa de multiespecies de peces a 2009 difirió entre años para la atarraya (Kruskal-Wallis Test:  $H^p = 21.60$ ;  $n = 66$ ;  $p < 0.05$ ), pero no con el trasmallo (Kruskal-Wallis Test:  $H^p = 9.22$ ;  $n = 66$ ;  $p > 0.05$ ) (Figura 11.18). Como en el período 2004-2007 la abundancia de la atarraya superó a la del trasmallo.



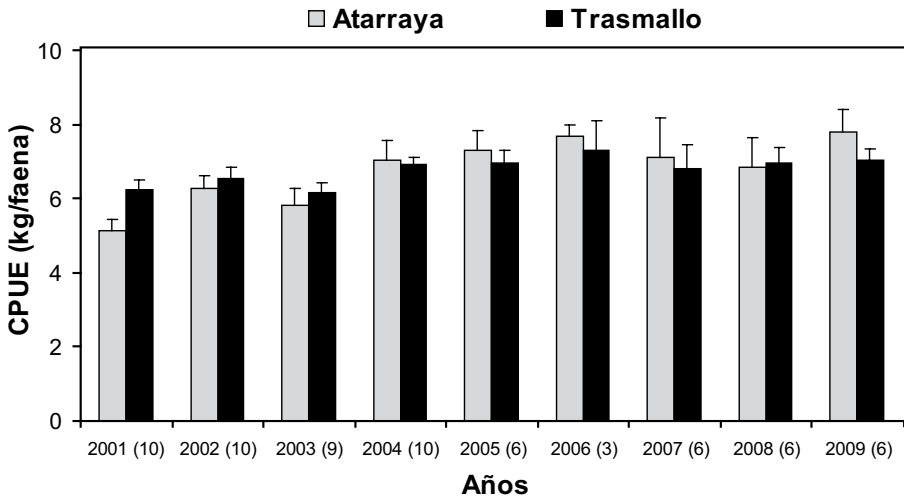


Figura 11.18. Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio +EE) de multispecies de peces para la atarraya y trasmallo en la ZDERS (2001-2008). Fuente: SIPEIN "ZDERS"

### 11.2.3.2.1 Estado de explotación

#### 11.2.3.2.1.1 Captura multispecífica promedio de peces

El análisis de riesgo mostró que la captura de peces en ZDERS se mantiene por encima del punto de referencia límite (PRL = 23,1 t) desde 2004. La probabilidad de exceder esta captura límite en 2009 fue de 0.65, lo cual es indicador que el recurso está siendo sometido a una fuerte presión pesquera (Figura 11.19).

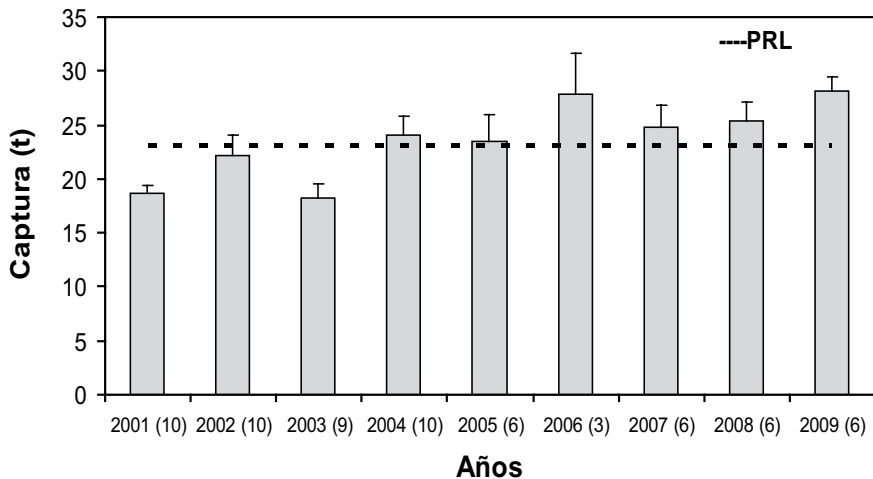


Figura 11.19. Variación anual de la captura promedio (+EE) multispecífica de peces y su ubicación respecto al PRL en la ZDERS. Fuente: SIPEIN "ZDERS".

### 11.2.3.2.1.2 Talla media de captura

El bocachico (*P. magdalanae*) continuó en riesgo de sobre-explotación, ya que su TMC ( $28,0 \pm 2,7$  cm) está por debajo del PRL (30 cm), de igual manera el barbudo cazón (*Ariopsis* sp.), donde su TMC ( $32,4 \pm 7,0$  cm) está muy por debajo del PRL (41 cm), el sábalo (*M. atlanticus*; PRL > 100 cm) y el róbalo (*C. undecimalis*; PRL = 56 cm), cuyas capturas se limitan a juveniles. A diferencia de las anteriores, la anchoa (*M. incilis*), no presenta situación alguna de riesgo, ya que su TMC ( $29,1 \pm 3,3$  cm) supera el PRL (23,8 cm), en cuanto a la situación de la mojarra blanca (*E. plumieri*), el riesgo es bajo, ya que su TMC ( $23,7 \pm 2,8$  cm) está por encima del PRL (20 cm) (Figura 11.20).

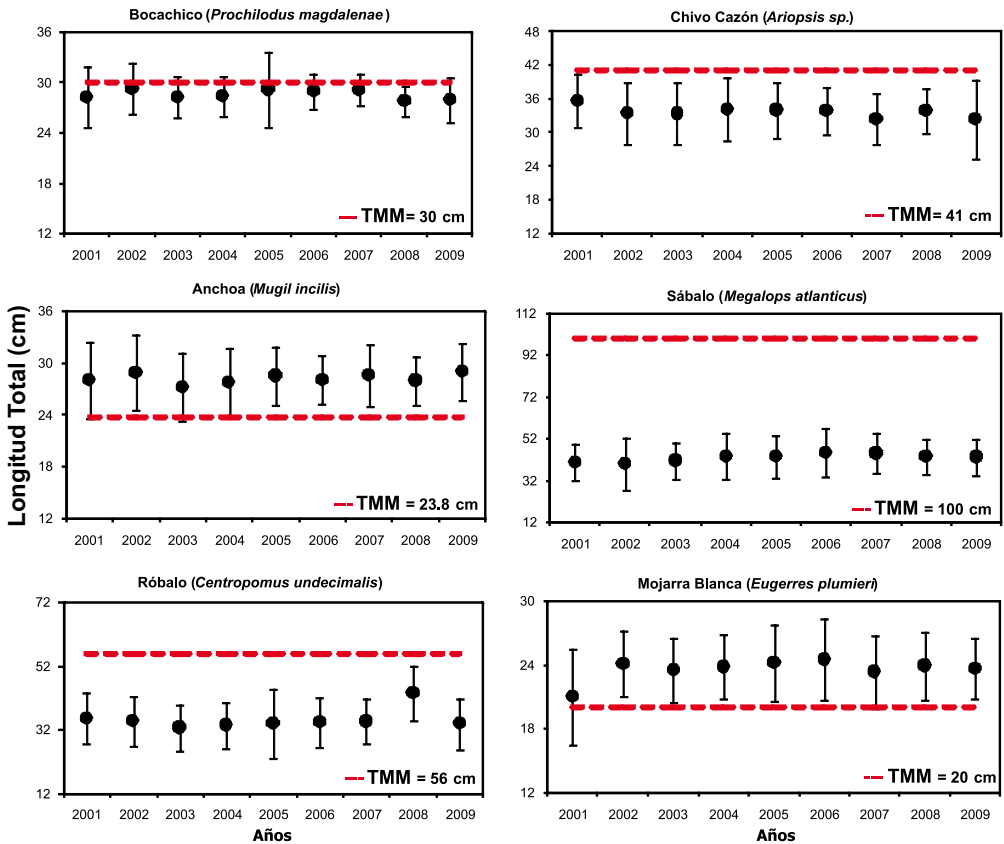


Figura 11.20. Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies icticas de la ZDERS y su ubicación con respecto al PRL. Fuente: SIPEIN "ZDERS".



### 11.2.3.2.1.3 Renta económica

En general todos los pescadores que usaron los principales artes de pesca en la ZDERS, a excepción del palangre, obtuvieron en 2009 rentas menores al SMLMV (Figura 11.21). Análogamente las utilidades para los que utilizan el método del buceo (caracol, ostra y chipi-chipi), figuraron muy por debajo del umbral (\$496.900), debido a la caída abrupta de la producción de los moluscos en este ecosistema. Para este último método, solo los dedicados a la captura de peces, superaron el SMLMV en un 36%. Lo anterior con las excepciones expresadas, sugiere que los pescadores obtienen ganancias producto de la pesca que fluctúa entre cubrir los costos de operación y conseguir un bajo margen de utilidad.

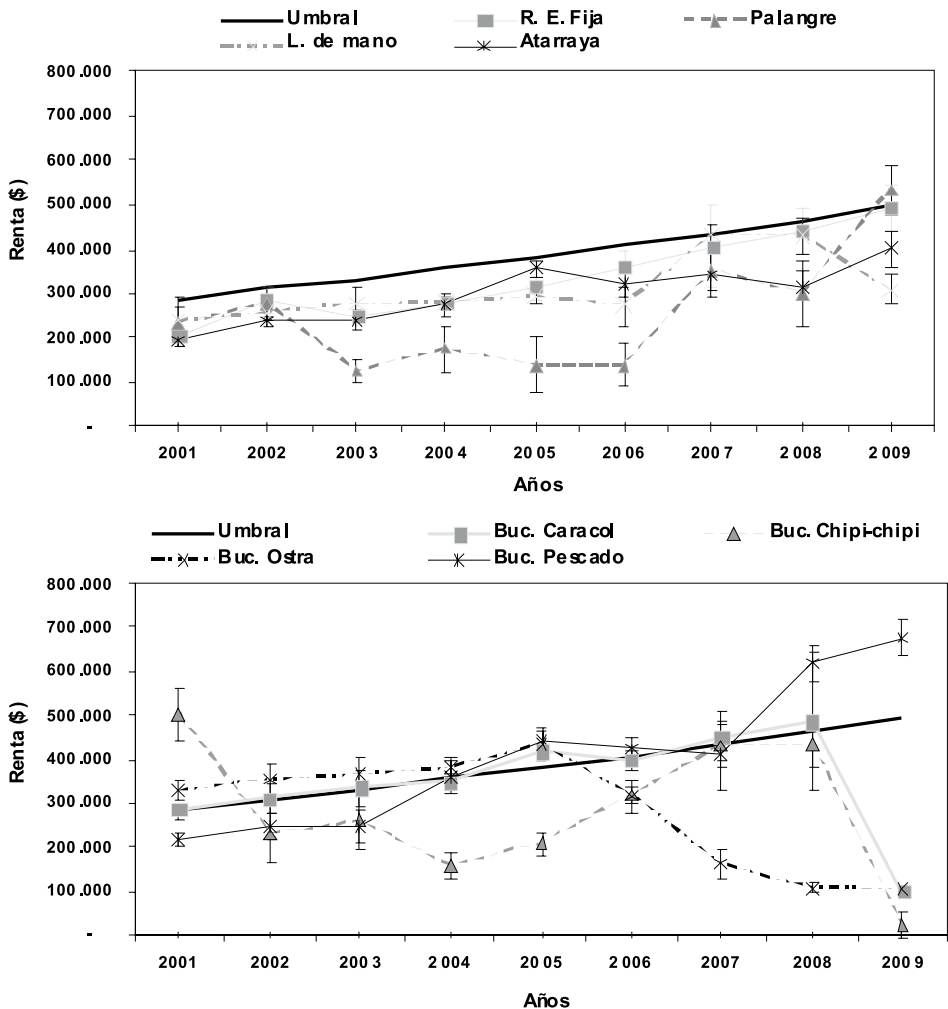


Figura 11.21. Variación anual de la renta económica promedio mensual ( $\pm$ EE) por pescador para los principales artes de pesca en la ZDERS y su ubicación con respecto a una renta umbral: SMLMV. Fuente: SIPEIN "ZDERS".

## 11.2.4 Efectos sobre la biodiversidad debidos a la pesca

### 11.2.4.1 La pesca industrial de camarón en el Pacífico colombiano

Al inminente estado de sobreexplotación en que encuentra buena parte de las pesquerías mundiales, se le adicionan los numerosos desafíos que trae consigo el cambio climático global, debido a que sus efectos influyen directamente sobre la dinámica de los océanos (FAO, 2007-2009).

La pesca de camarón sigue siendo una de las más importantes a nivel mundial con una producción de camarón capturado y cultivado, cercana a 6 millones de toneladas, de las que un 60% es objeto de comercio internacional. Actualmente las exportaciones anuales de alcanzan un valor superior a los 14.000 millones de USD, equivalente al 16 % del total de las exportaciones pesqueras mundiales. No obstante, su impacto sobre los ambientes marinos y los organismos co-ocurrentes, sigue cuestionándose al catalogarse como la principal fuente de descartes, pues representa el 27,3% (1,86 millones de toneladas) de la estimación total de descartes en la pesca de captura mundial (FAO, 2009). Lo anterior como consecuencia de la escasa selectividad de los artes de pesca (Morgan y Chuenpagdee, 2003; Lewison *et al.*, 2004).

La pesca de camarón en Colombia sigue siendo la segunda actividad pesquera que genera más divisas al país, proporcionando además, ingresos y alimento para miles de pobladores, principalmente en la costa pacífica (CCI, 2009; INVEMAR, 2009b). No obstante, su problemática se agudiza principalmente por distintos factores económicos y el estado de sobre-explotación en que se encuentran algunos recursos que las sustentan, haciendo la actividad cada vez menos atractiva para el sector industrial. Por ello, el INVEMAR continúa con el monitoreo a las flotas industriales que pescan camarón en el Pacífico colombiano con el fin de obtener información actualizada y confiable que facilite la evaluación de los recursos y la toma de decisiones de manejo, considerando tanto al recurso objetivo (camarón) como la biodiversidad asociada.

En esta sección se describe el estado de estas pesquerías a partir de cuatro indicadores preestablecidos que permiten hacer un seguimiento en el tiempo. El primer indicador muestra el impacto de las pesquerías sobre la biodiversidad marina en términos de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO), el segundo y el tercero indican el desempeño de las pesquerías mediante el análisis de la captura y renta económica, mientras que el cuarto ilustra el estado de las poblaciones explotadas usando como indicador la talla media de captura (TMC). Ver definición de indicadores en Informe de Estado de los Recursos (2008).

#### 11.2.4.1.1 Relación fauna acompañante sobre captura objetivo (FA/CO)

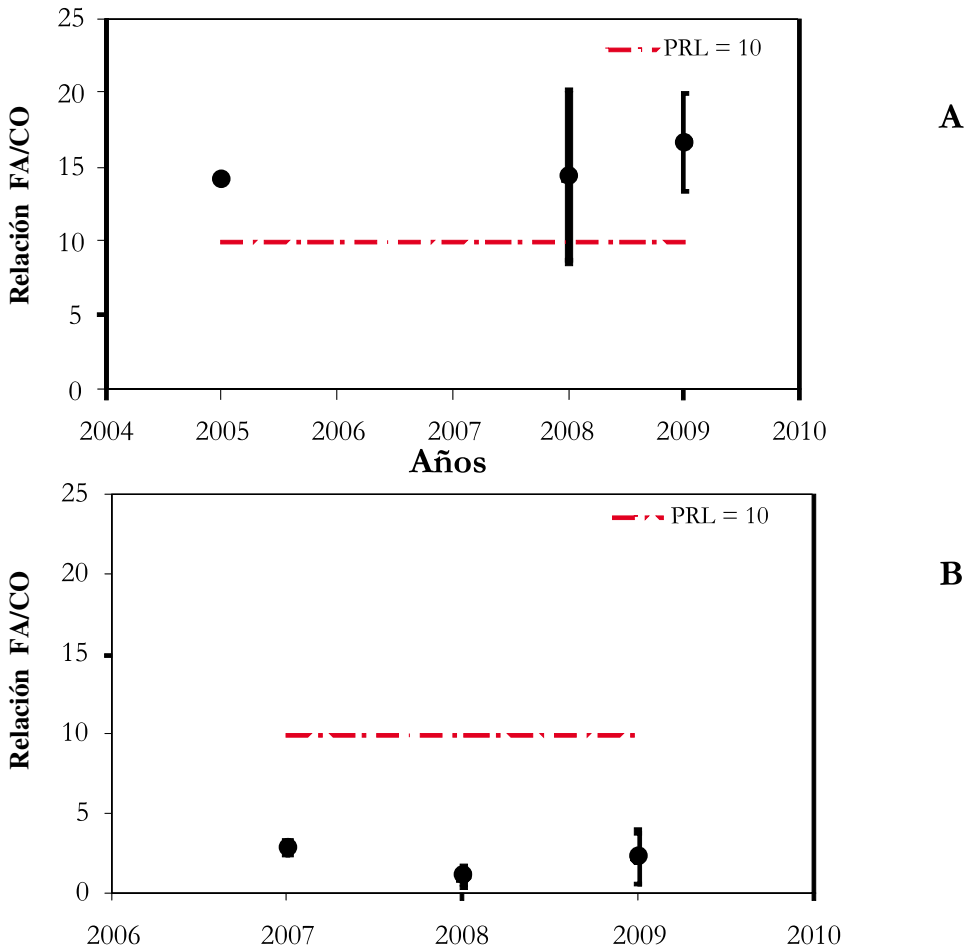
Durante 2009 la relación FA/CO en la pesquería de camarón de aguas someras (CAS Figura 11. 22a), continuó por encima del PRL con un valor promedio de  $16,7 \pm 3,2$  DE, mayor al

observado en 2008. Este valor evidenció el fuerte impacto de esta pesquería sobre la biodiversidad marina, representada por 168 taxa, 87 de las cuales fueron aprovechadas por los pescadores (captura incidental) y 126 devueltas al mar como descarte. Así mismo, se observó que el 40% de los organismos descartados fueron principalmente juveniles de peces que en estado adulto son aprovechados por otras pesquerías, siendo más representativa la captura de espejuelo (*Selene peruviana*; 10,6%), lenguado (*Cyclopssetta querna*; 6,6%), carduma (*Cetengraulis mysticetus*; 4,5%), barbinche (*Bagre panamensis*; 1,5%) y curruco (*Pomadasya panamensis*; 1,5 %).

Para la pesquería de camarón de aguas profundas (CAP; Figura 11.22b) la relación FA/CO fue mayor a la observada durante el 2008, sin ser superior al PRL. Este valor de la relación FA/CO evidenció un impacto moderado de esta pesquería sobre la biodiversidad marina, representada por 126 taxas de las cuales 42 fueron aprovechadas (captura incidental) por los pescadores y 105 fueron devueltas al mar (descarte). Así mismo, se observó que el 51% de los organismos descartados fueron principalmente juveniles de peces que en estado adulto son aprovechados por otras pesquerías, siendo más representativa la captura de manteco (*Peprilus snyderi*; 19,1% y *P. medius*; 7,9%), cagua (*Diplectrum* spp.; 4,5%), pejerrey (*Prionotus stephanophrys*; 3,8%) y peladilla de profundidad (*Cynoscion* spp.; 3,3%).

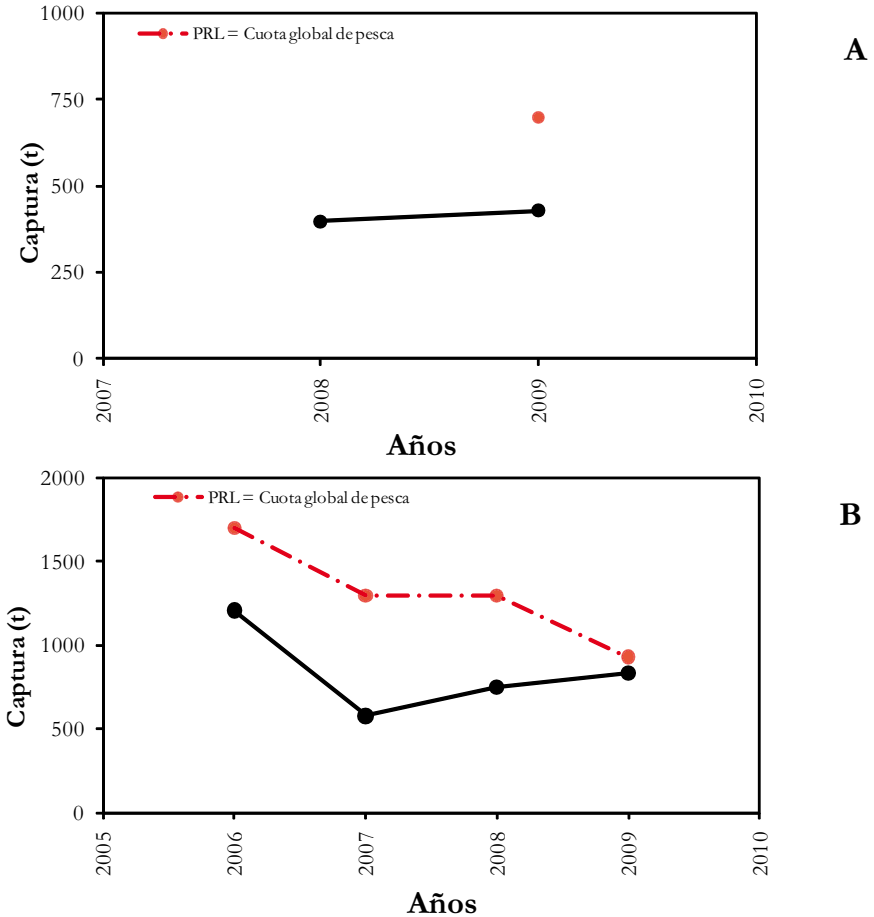
#### 11.2.4.1.2 Captura

En 2009 la captura de camarones en la pesquería de CAS fue de 427,9 t, 5% más de lo capturado en 2008. El camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*) representó el 62,3%, seguido del camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*; 34,4%), con menor participación de los camarones: chocolate (*Farfantepenaeus californiensis*) y tigre (*Trachipenaeus* spp.), los cuales en conjunto representaron el 3,3% restante. La captura de camarón blanco en 2009 representó el 30% de la captura promedio entre 1956 y 2009 (461.5 t), mientras que en la última década representó el 90% del promedio (159.3 t). Por su parte, el esfuerzo de pesca dado en número de barcos representó el 50% del esfuerzo promedio histórico (68 barcos) y el 70% del esfuerzo promedio de la última década (46 barcos). Estos resultados indicaron una disminución sostenida de la producción de camarón blanco en esta pesquería, por lo que se hace imperativo mantener medidas de manejo precautorias dado el estado de sobreexplotación en que se encuentra este recurso. La captura del CAS en 2009 fue inferior al PRL de 700 t (cuota global de pesca fijada por el ICA), lo cual implica que la pesca industrial no aprovechó la captura total disponible fijada con criterios de conservar el recurso (Figura 11 - 23a). Esto no implica que la presión pesquera sobre el CAS haya sido baja durante 2009, debido a que se desconoce la captura del CAS extraída por la flota artesanal.



**Figura 11.22.** Variación anual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) promedio ( $\pm$ DE) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a). Camarón de aguas someras y b). Camarón de aguas profundas.

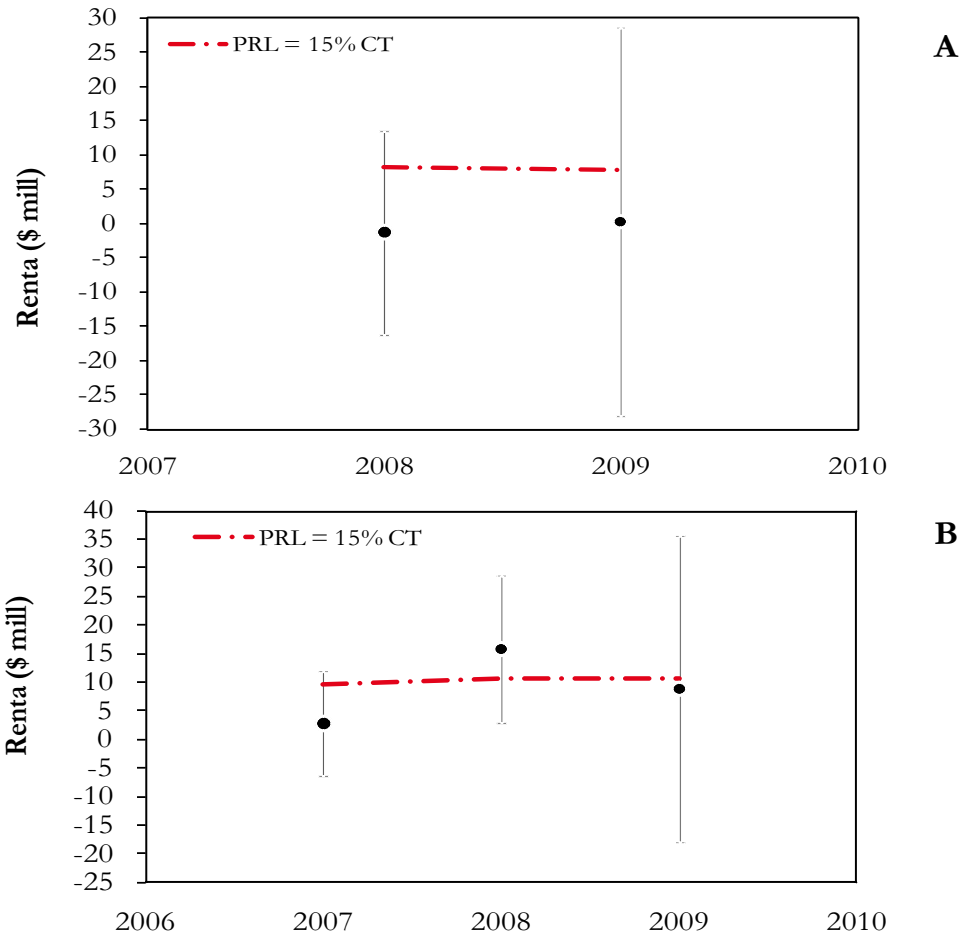
La captura del CAP alcanzó 833,4 t en 2009, de la cual el camarón pink representó el 74,7% (*Farfantepenaeus brevirostris* 99,99% y *Farfantepenaeus californiensis* 0,01%), siendo el restante camarón coliflor (*Solenocera agassizii*). Esta captura fue muy cercana a la captura promedio histórica (848 t) y representó el 91% de la captura promedio de la última década (920 t). Por su parte el esfuerzo de pesca en 2009 fue de 32 barcos, representando un incremento de 6 barcos con respecto al promedio histórico y de un barco con respecto al esfuerzo promedio de la última década (31 barcos). Estos resultados corroboran el estado de equilibrio en que se encuentra esta pesquería al guardar relación entre el nivel de esfuerzo de pesca ejercido y la captura. La captura en 2009 estuvo por debajo del PRL fijado por el ICA en 930 t (Figura 11 - 23b), lo cual es un indicador que el recurso se está regulando bien en términos de captura total disponible minimizando el riesgo de sobreexplotación del recurso.



**Figura 11.23.** Variación anual de la captura en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas.

**11.2.4.1.3 Renta económica**

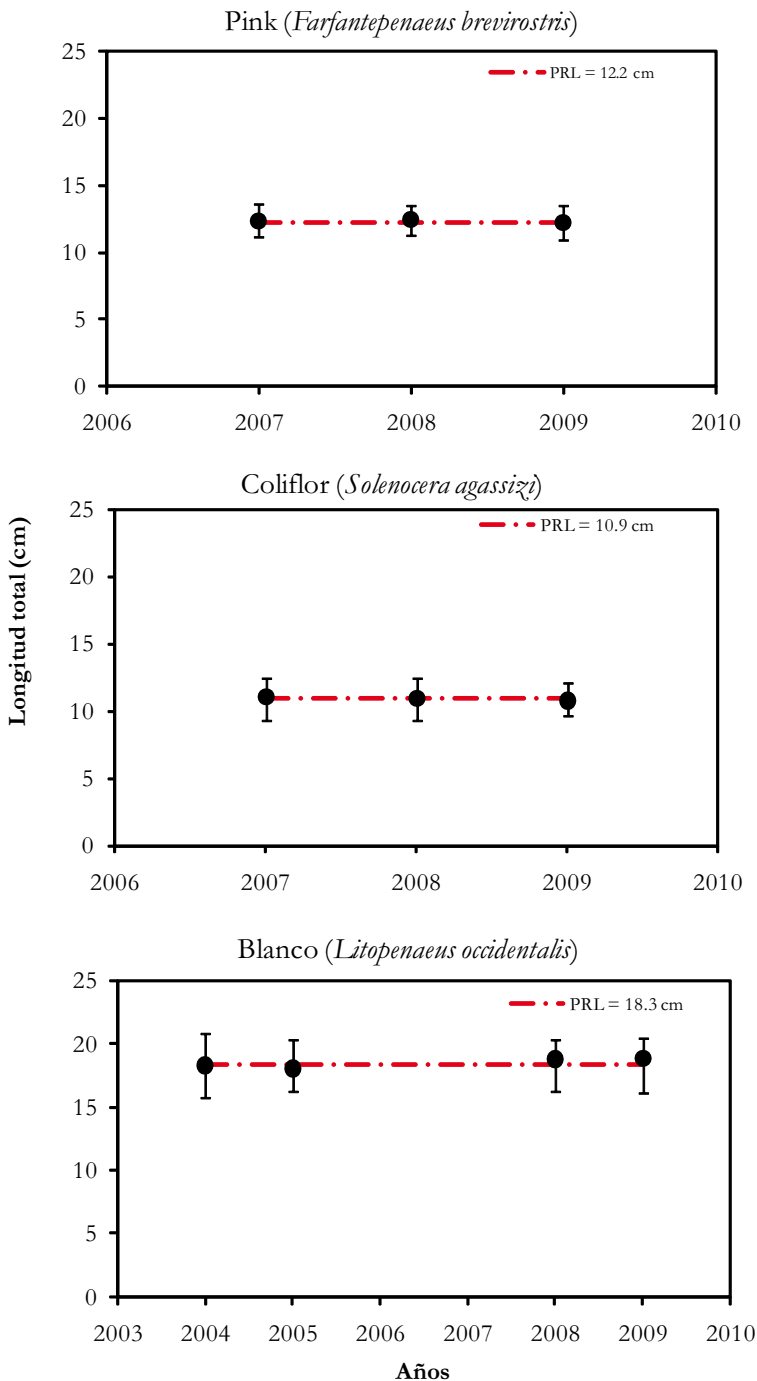
En el CAS la renta promedio de una faena fue de \$0,28 millones ( $\pm 28,3$  millones DE), superior a la observada en 2008 cuando su promedio indicaba un escenario de pérdidas económicas. Estos resultados indicaron que sólo en algunas faenas se superó el PRL estimado en 7,83 millones (punto de equilibrio aproximado; Figura 11.24a). Para el CAP la renta económica promedio disminuyó con respecto a 2008 en promedio de \$8,87 $\pm 26,89$  millones DE, ubicándose también por debajo del PRL estimado en \$10,67 millones (Figura 11.24b). Esta situación habla de un desempeño económico de la flota del CAP en que no hay mayor estímulo para aumentar el esfuerzo. No obstante, si se toma en cuenta ambas flotas, la importancia socio-económica de estas pesquerías se reflejó en los 37.228 jornales de trabajo generados en 2009.



**Figura 11.24.** Variación anual de la renta promedio ( $\pm$ DE) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a). Camarón de aguas someras y b). Camarón de aguas profundas. CT = Costos Totales.

#### 11.2.4.1.4 Talla media de captura (TMC)

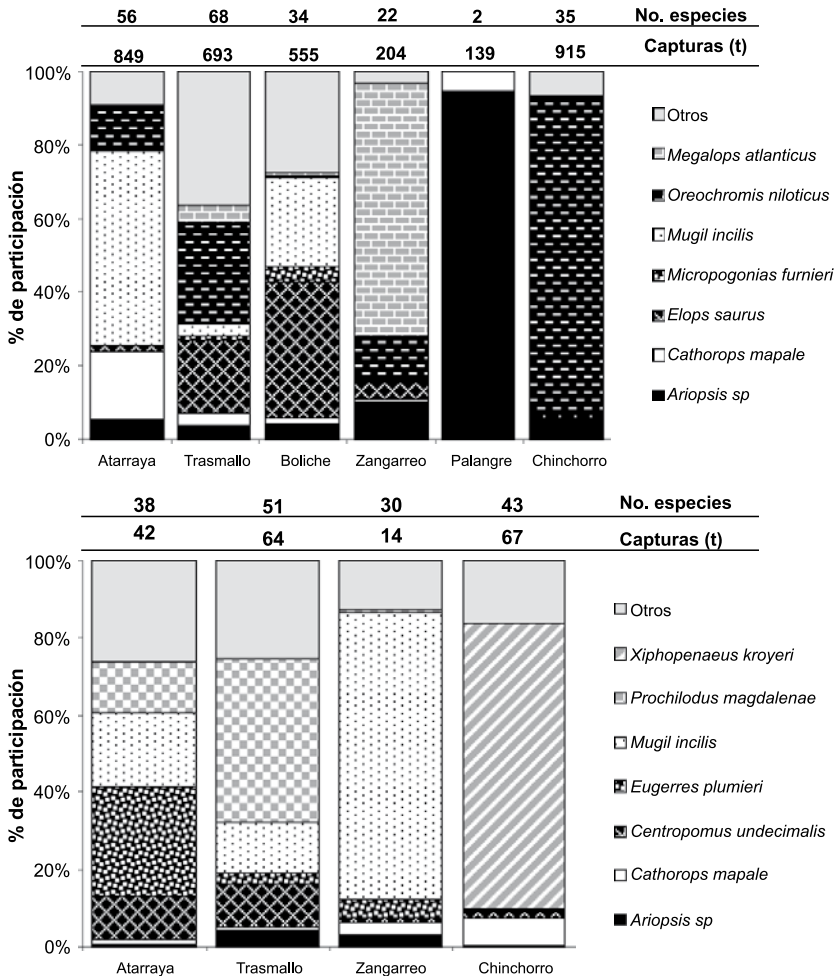
Se contrastaron las tallas medias de captura (TMC) de las hembras de las principales especies objetivos con su talla media de madurez sexual (TMM) reportada para cada especie (Ramírez, 1994; Andrade, 2000; Rueda *et al.*, 2009) y usada como PRL (Figura 11.25). Un riesgo bajo de sobrepesca por crecimiento lo presentaron las especies de camarón de aguas profundas (coliflor y pink), cuyas TMC se ubicaron ligeramente por debajo del PRL en 2009. Para el caso de las hembras de camarón blanco con valores de TMC estuvieron ligeramente por encima del PRL tanto en 2008 como en 2009 (Figura 11.25), lo cual es una condición descable para la conservación de la especie.



**Figura 11.25.** Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano y su ubicación con respecto al PRL (Talla media de madurez sexual). Fuente: SIPEIN versión Pesca industrial de camarón.

**Pesca artesanal: el caso de CGSM y ZDERS**

El efecto de la pesca sobre la biodiversidad en las pesquerías artesanales de CGSM y ZDERS, permitió encontrar para la CGSM que durante 2009 el trasmallo (red de enmalle fija) fue el arte que capturó más especies en la CGSM (68 especies), superando a la atarraya que capturó 56. Le siguieron el chinchorro con 35, el boliche con 34, el zangarreo con 22 y el palangre con 2 especies (Figura 11 - 26a). En cuanto a la eficiencia de los artes el trasmallo capturó el 36,4% del total capturado por todos los artes, seguido del boliche con el 27,7 % y la atarraya con el 8,8%. Con respecto a la ZDERS, se observó que el trasmallo fue el arte que capturó más especies (51), le siguieron el chinchorro con 43 especies, la atarraya con 38 especies, y el zangarreo que capturó 30 especies (Figura 11.26b).



**Figura 11.26.** Composición porcentual por especies de la captura en peso discriminada por arte de pesca en la CGSM (a) y la ZDERS (b) para 2008. Fuente: SIPEIN ® V.3.0.





Como se ha mencionado en informes anteriores (INVEMAR, 2008a), se recomienda hacer control en la selectividad de los artes con el fin de reducir el impacto sobre la biodiversidad íctica sin perjudicar significativamente los ingresos económicos de los pescadores. Medidas de manejo con la selectividad incluyen la regulación de mañanos de malla, de anzuelo, tamaño de los artes y uso facultativo en una temporada u otra.

### 11.3 Recursos Sometidos A Explotación Por Acuicultura Y Bioprospección

El desarrollo de la acuicultura en Colombia ha tenido un gran apoyo gubernamental y privado. La celebración de convenios y misiones ha permitido al país estructurar las bases científicas y tecnológicas para garantizar el manejo adecuado de sus recursos acuáticos. No obstante, el desarrollo alcanzado no es el ideal para un país que, como Colombia, es rico en recursos hídricos (marinos y continentales) y con personal calificado en biología marina, biología, ingeniería de alimentos, microbiología, tecnología pesquera, y zootecnia. Estos profesionales se encuentran investigando y/o asesorando los proyectos que se desarrollan en el país, tanto en el ámbito gubernamental como privado. Se observa un creciente nivel de especialización, con personal graduado, con cursos de entrenamiento y/o postgrado en el país y en el extranjero. Cada vez hay más universidades nacionales ofreciendo cursos de especialización y postgrado en el área, con lo cual se espera que el nivel científico alcanzado redunde en mejores resultados en producción acuícola y tecnológica; sin embargo factores como la falta de elaboración y difusión de los paquetes tecnológicos completos para especies nativas, la inadecuada canalización y fluidez de las líneas de crédito, las vías de transporte para la comercialización del producto y compra de insumos, la política de las entidades, la escasa publicación de resultados, la ausencia de publicidad que difunda los beneficios de los productos acuícolas, los problemas de violencia e inseguridad y el mito del “país subdesarrollado” que no cree en sí mismo, que no puede hacer más por falta de recursos, de tecnología y que está destinado a ser un país eternamente “en vías de desarrollo”, inciden en el freno al desarrollo de la maricultura.

En cuanto a bioprospección, se cree que la biodiversidad marina a nivel genético y bioquímico es superior a la continental, por lo que es de esperar que un país con dos océanos y con gran diversidad como Colombia ofrezca grandes perspectivas en bioprospección de sustancias activas, planteando así alternativas de desarrollo biotecnológico y económico. Sin embargo, para el inicio de tal desarrollo es necesario incrementar el conocimiento de las especies que residen en sus mares y determinar su potencial de uso (Mora Cristancho *et al.*, 2008). Los logros en bioprospección para Colombia se perciben como fruto de alianzas estratégicas que estarían dadas de acuerdo con las posibilidades y condiciones del momento.

### 11.3.1 Acuicultura

Se tuvo en cuenta información secundaria suministrada por la Asociación Nacional de Acuicultores de Colombia (ACUANAL), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, SENA y Universidad del Magdalena.

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).

El cultivo del camarón blanco *Penaus (Litopenaeus) vannamei* sigue siendo la actividad más importante en nuestro país en cuanto a Maricultura se refiere. En el litoral Caribe, en los últimos años (2007-2009) su producción ha disminuido de 22.182 a 17384, lo contrario con la Costa Pacífica que paso de 225 a 260 toneladas (Figura 11.27). La producción se concentra principalmente en Sucre y Bolívar y Nariño para el Pacífico (Tabla 11.1).

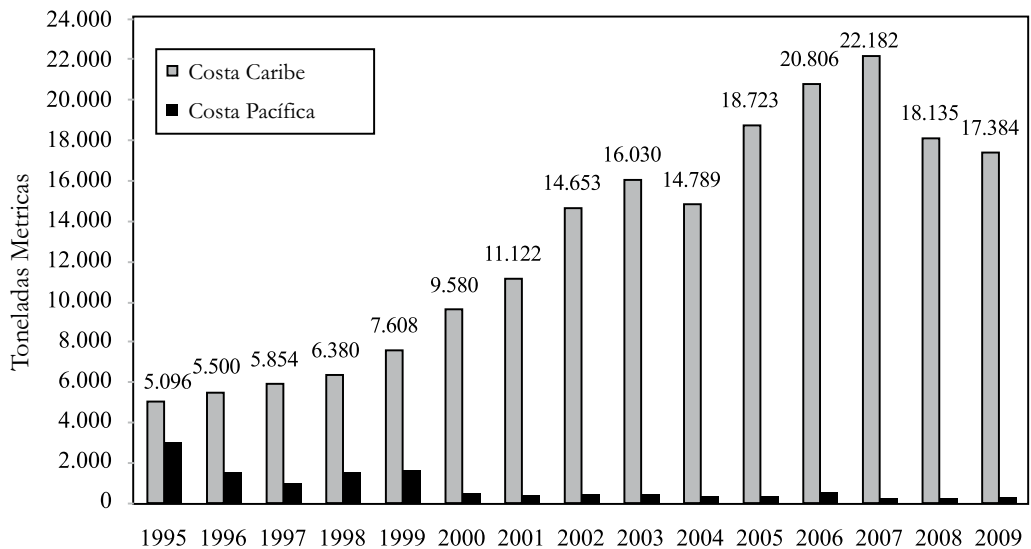
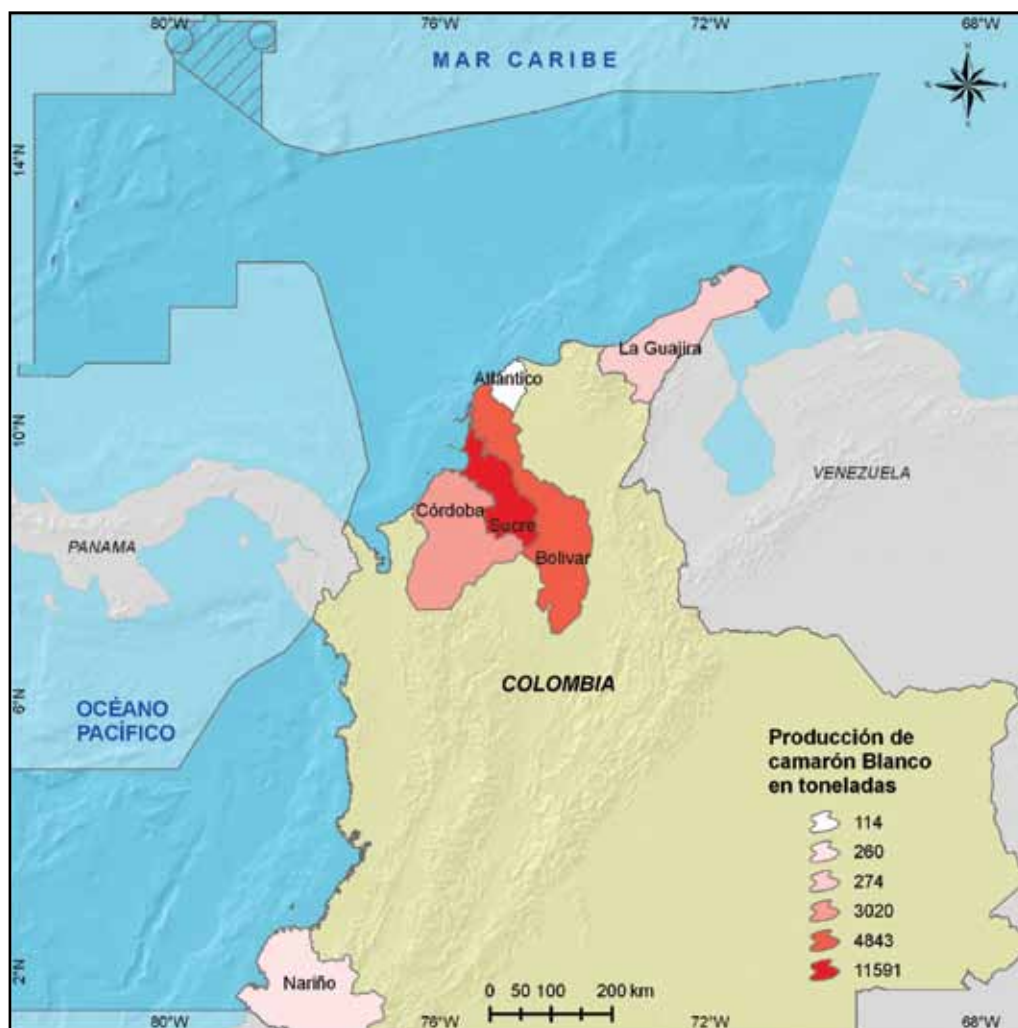


Figura 11.27. Producción de camarón de cultivo en el Caribe y Pacífico colombiano (Com. Pers. ACUANAL-CENIACUA).

**Tabla 11.1.** Producción de camarón blanco *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* en Colombia (Fuente Com. Pers. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural).

Departamento	Producción (Ton)	Superficie en espejo de agua (ha)		
		Utilizada	No utilizada	Total
Atlántico	114	127	41	168
Bolívar	<b>4.843</b>	1.264	418	1.682
Córdoba	302	45	387	432
Guajira	274	11	89	100
Sucre	<b>11.591T</b>	793	0	793
Nariño	260			
<b>Total Nacional</b>	17.384	2.240	935	3.175



**Figura 11.28** Producción de camarón blanco en Colombia por departamento.

En los últimos años, el gran potencial de desarrollo económico y social que implica la maricultura en las comunidades costeras ha propiciado en nuestro país, importantes esfuerzos inter-institucionales dirigidos al desarrollo de investigaciones con el propósito de diversificar la maricultura. En este contexto el INVEMAR y la Universidad del Magdalena han desarrollado un paquete tecnológico de producción de semilla en laboratorio, fase de campo y un plan de negocios con buenas perspectivas. Actualmente, está en fase de ejecución el proyecto: Desarrollo del cultivo de pectínidos en el departamento del Magdalena, República de Colombia financiado por la Universidad del Magdalena, Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional (ACCI) y Japón- Chile Partnership Programme (JCPP). Es importante señalar que es necesario un compromiso nacional, apoyo de la industria privada y políticas institucionales para la consolidación de esta actividad.

Instituciones como la Corporación Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia (CENIACUA) en sinergia con el sector productivo, el Centro de Investigaciones, Educación y Recreación San Martín de Pajarales (CEINER), el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) han sumado recursos para implementar en Colombia la tecnología del cultivo de cobia desarrollada por la Universidad de Miami-Escuela Rosenstiel de Ciencias Marinas y Atmosféricas (UM-RSMAS), a través de dos fases de investigación: 1) Capacitación de investigadores nacionales en la UM-RSMAS, obtención de reproductores, obtención de desoves naturales, realización de los primeros ciclos de larvicultura en los laboratorios de CENIACUA y CEINER e identificación de sitios potenciales para el establecimiento de jaulas de cultivo y 2) Implementación del cultivo de cobia a escala comercial mediante dos proyectos: a) producción de alevinos en laboratorio y b) engorde de alevinos hasta talla comercial en jaulas flotantes. La cobia habita las aguas del Caribe colombiano y es reconocida como una de las especies de peces tropicales más promisorias para la acuicultura debido a la calidad de su carne, alto rendimiento, elevada fecundidad y disponibilidad de un paquete tecnológico de cultivo (fuente Com. Pers. ACUANAL-CENIACUA).

Resultados relevantes obtenidos a la fecha son: Se cuenta con un importante grupo de 396 ejemplares, conformado tanto por ejemplares de origen silvestre ( $n=16$ ) como por individuos F1 (primera generación producida en laboratorio;  $n=380$ ). De éstos últimos, 19 están en edad reproductiva y los 361 restantes en estadio de pre-adultos. Larvicultura: hasta el 2009 se produjeron en Colombia 10.425 alevinos a partir de desoves naturales de los reproductores silvestres. En el 2010 se obtuvieron los primeros desoves de ejemplares F1 (con una producción aproximada de 27.000 larvas) con lo cual se da inicio al ciclo cerrado de producción. Engorde en jaulas: Se obtuvo

una concesión marina de 4 Ha frente a la costa noroccidental de la Isla de Tierra Bomba por parte de la DIMAR para la operación de cuatro jaulas de pre cría y cuatro jaulas de engorde (fuente Com. Pers. ACUANAL-CENIACUA).

El INCODER realizó el montaje de un laboratorio en la estación de acuicultura en la Bahía Málaga, para la reproducción de pargos, mediante la evaluación y ajuste de las técnicas de desove inducido existentes en el pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*; con el fin de obtener semilla en forma regular y confiable, para fomentar su cultivo como alternativa productiva en el Pacífico colombiano. En esta estación el INPA y el INCODER desarrollaron tres fases (2002-2003, 2003-2006 y 2007-2008) para su implementación y puesta en funcionamiento, obteniendo hasta la fecha la construcción de la infraestructura necesaria (Vivienda y Laboratorio Húmedo de Ambiente Controlado) y en cuanto a los aspectos técnicos se han logrado avances para estandarizar el protocolo para la obtención de larvas y alevinos de pargo lunarejo, producción de alimento vivo para larvicultura (fito y zooplancton) y ensayos de crecimiento. Durante la vigencia de 2009 se adelantó la validación técnica y económica del cultivo de esta especie, tanto en estanques en tierra como en jaulas flotantes y se realizó la transferencia tecnológica para su fomento.

Es de resaltar que en el marco de los proyectos ejecutados, la cooperación inter-institucional ha sido la mayor fortaleza para la obtención de resultados; otras entidades que han prestado un apoyo fundamental al proyecto y con los cuales se espera afianzar vínculos en el futuro cercano son el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) a través de proyectos relacionados, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), la Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla (ENAP), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), SENA, INCODER y la Universidad del Magdalena.

Existen otros recursos con muy buenas perspectivas en acuicultura marina que se vienen desarrollando en los últimos años como el engorde de pulpo (*Octopus vulgaris*) en jaulas flotantes en la Bahía de Taganga y La Guajira y maricultura de algas como alternativa productiva a las comunidades costeras en La Alta Guajira y avances en la reproducción y mantenimiento de crías del caballito de mar, e inicio de la reproducción del loreto en condiciones de laboratorio (Tabla 11 - 2). Sin embargo, su desarrollo competitivo requiere avances en la investigación y estudios de comercialización que establezcan la viabilidad de potenciar la maricultura en nuestro país.

Pese a constar con un área marítima equivalente al 45% de la totalidad del territorio, el mar no ha sido plenamente aprovechado como fuente generadora de riqueza y bienestar. Así mismo, no se cuenta con una legislación para el tema de concesiones marinas.

**Tabla 11.2.** Proyectos de investigación en temas de maricultura en ejecución y aprobados durante el año 2009 (fuente. Com. Pers. SENA, Universidad del Magdalena y ACUANAL-CENIACUA)

Peces				
Proyecto	Entidad ejecutora	Investigador principal	Fuente de financiación	Área
Inicio al proceso de reproducción de dos especies de peces marinos ornamentales de interés comercial <i>C. loreto</i> e <i>H. reidi</i> en condiciones de laboratorio	INVEMAR <i>En ejecución</i>	Gabriel Navas	Ministerio de Agricultura, INVEMAR, Langostinos de Llano	Santa Marta (Magdalena)
Evaluación del uso de dietas alimenticias y nutricionales de dos especies de peces marinos ornamentales de interés comercial en diferentes estados de desarrollo		Diana Gómez	Ministerio de Agricultura, INVEMAR, Langostinos de Llano	Santa Marta (Magdalena)
Implementación del cultivo de cobia ( <i>Rachycentron canadum</i> ) en Colombia	GENIACUA <i>En ejecución</i>	Juan Sierra-De La Rosa	Colciencias, Acuana, Sena y Antillana	Cartagena - Punta Canoa (Bolívar)
Desarrollo y definición de tecnologías y estrategias para la producción de semilla de pargo lunaréjo ( <i>Lutjanus gatliffus</i> Steindachner, 1869), mediante el manejo optimizado de la reproducción y larvicultura en ciclo cerrado	INCODER ACODIAR-PE-, Secretaría de Agr. y Pesca del Valle y U. del Pacífico <i>En ejecución</i>		INCODER	Pacífico
Macroalgas				
Proyecto	Entidad ejecutora	Investigador principal	Fuente de financiación	Área
Desarrollo de la maricultura de algas como alternativa productiva a las comunidades costeras entre carrizal y cabo de la vela, departamento de La Guajira.	Fundación Terrazul <i>Aprobado</i>	Diego Andrés Moreno Tirado	SENA, Fundación Terrazul	Guajira

Continuación **Tabla 11.2**

<b>Crustáceos</b>				
Manejo eficiente de las post larvas de camarón <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> en sistemas de engorde	CENIACUA <i>En ejecución</i>	María A. Uzcátegui	Ministerio de Agricultura, CENIACUA	Cartagena - Punta Canoa (Bolívar)
Variabilidad espacio temporal del reclutamiento post-larvario y ensayos de engorde de langosta espinosa <i>Paralithys argus</i> en jaulas flotantes. Santa Marta, Colombia.	Universidad del Magdalena <i>En ejecución</i>	Pedro Eslava	Colciencias, Universidad del Magdalena	Santa Marta (Magdalena)
Evaluation of the nutritional quality of commonly available aquatic plants in northern Colombia, ( <i>Lemna</i> sp, <i>Wolffia</i> sp. and <i>Spirodela</i> sp.), and their suitability as cost-effective feed in the aquaculture	Universidad del Magdalena <i>En ejecución</i>	Yorcelis Cruz	Colciencias, Universidad del Magdalena	Santa Marta (Magdalena)
<b>Moluscos (bivalvos, pulpos)</b>				
Cultivo piloto de Pulpo <i>Octopus vulgaris</i> en la fase de engorde empleando jaulas flotantes como alternativa de aprovechamiento pesquero de la comunidad indígena Wayuu" en el Departamento de La Guajira al norte de Colombia	Fundación ECOSFERA <i>Aprobado</i>	John Ramirez	SENA, Fundación Ecosfera	Alta Guajira
Optimización de la producción de post-larvas del ostión <i>N. nodosus</i> y la conchuela <i>A. nucleus</i> en el Caribe colombiano	INVEMAR <i>En ejecución</i>	Javier Gómez León	Colciencias, Hidrocoltivios, INVEMAR	Santa Marta y Cartagena
Desarrollo de cultivo de pulpo en el Caribe colombiano: Bases biológicas para el cultivo de jaulas flotantes	Universidad del Magdalena <i>En ejecución</i>	Carlos Trujillo	Colciencias, Universidad del Magdalena	Santa Marta (Magdalena)



### 11.3.2 Publicaciones

Durante el 2009 se publicaron cinco trabajos relacionados en temas de acuicultura:

#### 11.3.2.1 Cartillas

- 1) Criadero de postlarvas de pectínidos de interés comercial en el Caribe colombiano. Por: Javier Gómez-León, Claudia Castellanos Romero, Ernesto, Acosta Ortiz, Katerine Carreño Hernández, Edgard Arias Ávila, María Fernanda Virgüez Serrato y Marisol Santos Acevedo. INVEMAR, COLCIENCIAS, HIDROCULTIVOS DE LA COSTA LTDA Y ASOPLAM. 60 pág. ISBN: 978-958-8448-08-4
- 2) Etapas para el cultivo de bivalvos marinos (pectínidos y ostras) en sistema suspendido en el Caribe colombiano. Por: J. Gómez-León, O. Lara y C. Romero. INVEMAR, SENA, Fundación Cerrejón para el progreso de la Guajira. 36 p. ISBN: 978-958-8448-06-0
- 3) Cartilla de consideraciones ambientales y normativas para el establecimiento de cultivos marinos Por: SENA, CENIACUA y CEINER. 44 pw

#### 11.3.2.2 Artículos científicos

- 4) Velasco L.A y Barros J.M. 2009. Survival and growth of hatchery-produced postlarvae and spat of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. Aquaculture Research 40: 362-375
- 5) Velasco L.A., Barros J. y Guerrero A. 2009. Effect of the density on the growth and survival of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus* in suspended culture. Aquaculture Research 40:687-695

### 11.3.3 Bioprospección

Con respecto al informe 2008 (INVEMAR, 2009), en este informe se incluyen investigaciones relacionadas con la búsqueda de compuestos con bioactividad de productos naturales marinos colombianos con usos potenciales y las publicaciones relacionadas.

#### 11.3.3.1 Proyectos de investigación

En la Tabla 11.3 se presentan los proyectos de investigación en ejecución durante el 2009.



Tabla 11.3. Listado de proyectos

Proyecto	Entidad/ Investigador principal	Fuente de Financiación	Área
Evaluación de la oferta natural y potencial de producción de metabolitos bioactivos de la esponja marina <i>D. dissoluta</i>	CECIMAR – U. Nacional de Colombia Sven Zea	Colciencias, U. Nacional de Colombia e INVEMAR	Santa Marta (Magdalena)
Cianobacterias bentónicas arrecifales: dinámica de los afloramientos y potencial aprovechable de sus toxinas	Universidad Jorge Tadeo Lozano Mónica Puyana	Colciencias, Universidad Jorge Tadeo Lozano, U. Nal. de Colombia.	Caribe colombiano
Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas	Universidad de Antioquia Alejandro Martínez	Universidad de Antioquia, Comité para el Desarrollo de la Investigación CODI.	Caribe colombiano
Evaluación del potencial antimicrobiano de extractos de ascidias del Caribe colombiano	INVEMAR Javier Gómez León	INVEMAR.	Alta Guajira (Magdalena)
Aislamiento de N-acilhomoserin-lactonas de bacterias del Caribe colombiano, como evidencia de la existencia de circuitos de quorum sensing	Universidad Nacional de Colombia Catalina Arévalo	Fundación Banco de la República, Universidad Nacional de Colombia	Caribe colombiano
Evaluación química de <i>Pseudoptergorgia elisabethae</i> , para la producción de extractos ricos en pseudopterosinas, potentes compuestos antiinflamatorios	Universidad Nacional de Colombia Carmenza Duque	Colciencias, U. Nacional de Colombia	San Andrés, Providencia y Santa Catalina
Valoración de las propiedades antifouling de especies vegetales y marinas y su posible aplicación en recubrimientos industriales géneros Agelas e Ircinia	Universidad Nacional de Colombia Carmenza Duque	Colciencias, U. Nacional de Colombia	Santa Marta (Magdalena)

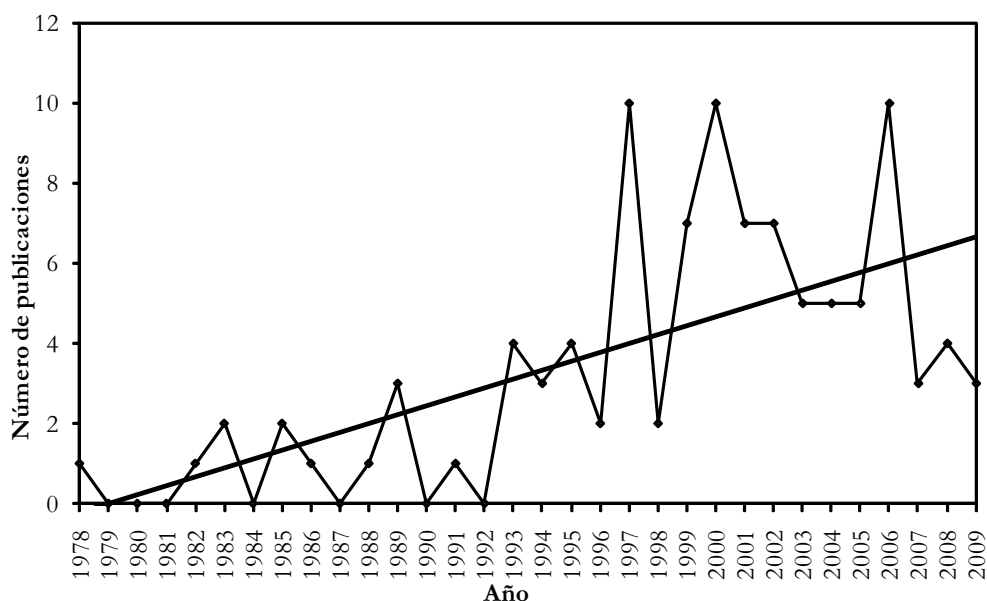
### 11.3.3.2 Publicaciones

En la Tabla 11.4, se listan las citas que se incluyeron este año en el informe para elaborar las gráficas de publicaciones en el tema.

Tabla 11 - 4. Listado de referencia bibliográficas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
Correa, H. <i>et al.</i> 2009	Tello, E. <i>et al.</i> 2009	Valle, H. y G. Santafé. 2009
Echavarría, B. <i>et al.</i> 2009	Valle-Zapata H. <i>et al.</i> 2009	

El esfuerzo de investigación en el tema medido como el número de publicaciones por año, muestra una tendencia a disminuir en el país (Figura 11.29).



**Figura 11.29** Publicaciones por año relacionadas con la búsqueda de sustancias bioactivas y estructuras químicas obtenidas de extractos de organismos marinos

Una de las principales fuentes de futuro para los colombianos es el mar. El nuestro es el único país de América del Sur que tiene costas sobre dos océanos, Atlántico y Pacífico. Tenemos 880.000 km<sup>2</sup> de espacios oceánicos lo que representa cerca del 82% de la superficie continental. Poseemos 1300 km de litoral en el Pacífico y 1600 km en el Caribe. Esto equivale a decir que el 50% de nuestro territorio son áreas marítimas e insulares, fuente de valiosísimos recursos de alimentación, maricultura, riquezas genéticas importantes para la biotecnología, miles de especies y ricos recursos no vivos como los energéticos y minerales. La realidad indica en forma contundente que hasta ahora no hemos sido conscientes del valor y de las posibilidades de esa riqueza. Su explotación es muy precaria además, muchas de nuestras zonas costeras y marinas enfrentan problemas de consideración ocasionados por un caótico e insostenible desarrollo urbano, turístico, industrial y pesquero.

Tenemos que poner el mar entre nuestras grandes prioridades para integrarlo a las estrategias fundamentales del desarrollo y al mismo tiempo para conservarlo y protegerlo adecuadamente. El desarrollo tecnológico nacional para el buen uso de los recursos marinos y la mitigación de impactos y restauración ambiental, es aún incipiente. Eso indica que tenemos que avanzar considerablemente en el conocimiento de nuestra biodiversidad marina, de los procesos que rigen la biodiversidad y productividad y del efecto que las diferentes acciones antropogénicas y el cambio global ejercen sobre los mismos.

#### 11.4 Estado de avance en la valoración económica de bienes y servicios ambientales

para adoptar las mejores decisiones con respecto al uso y manejo de los servicios ecosistémicos marinos y costeros, se deben evaluar su importancia para la sociedad humana a partir del valor de uso y no uso en términos económicos, ecológicos y sociales. A menudo, no se tienen en cuenta de manera apropiada o completa el valor de los bienes y servicios ambientales en la adopción de decisiones, o se valoran parcialmente, contribuyendo en muchas ocasiones a la degradación e incluso la destrucción de los ecosistemas. Este indicador documenta un listado de los valores económicos de los ecosistemas de la zona marino-costera tomando en cuenta los bienes y servicios ambientales que proveen. Esto con el fin de cuantificar su contribución monetaria y medir el papel de los atributos o funciones de un sistema para mantener su capacidad de resistencia. Se pretende mostrar el avance en el estado de conocimiento y la implementación de este instrumento de análisis; su alcance general es evaluar la contribución anual en el número de ejercicios de valoración económica con respecto a su aplicación en los diferentes ecosistemas (Tabla 11.5).

**Tabla 11.5.** Indicador del estado de avance de la valoración económica de ecosistemas de la zona marino costera para el 2009

Bien/Servicio Ecosistema	Valor Económico			Fuente
	Directo	Indirecto	No uso	
Manglar		Servicio de regulación climática		INVEMAR, 2009
Arrecifes				
Playas				
Pastos Marinos				
Litoral rocoso				
Fondos blandos				
Áreas Protegidas				

Para abordar las lagunas en la valoración de los servicios de los ecosistemas, el valor económico total (VET) representa el marco de análisis utilizado para cuantificar el valor monetario de los bienes y servicios ambientales, del cual se distinguen: los valores de uso (directo, indirecto)

y los valores de no uso (opción, existencia, legado). El valor de uso directo conocido como el extractivo o consuntivo, se obtiene de los bienes que se pueden consumir o disfrutar directamente, por ejemplo, pesca, madera, entre otros. El valor del uso indirecto se refiere a los servicios que proporcionan los ecosistemas en el sentido del sustento, apoyo o protección que estos realizan a las actividades económicas. Por ejemplo, los servicios ambientales que suministran para la protección de inundaciones, hábitat para especies, actividades recreativas, investigación, entre otros. Los valores de no uso son los beneficios que se obtienen sin que se utilice directa o indirectamente los recursos naturales. Por ejemplo, el valor opción es el valor atribuido a mantener “la opción” de aprovechar el bien o servicio en el futuro. Y el valor de legado, producto del deseo de transmitir los beneficios a las generaciones futuras (Dixon y Pagiola, 1998 y De Groot *et al.*, 2006).

En 2009 se cuantificó parcialmente el valor monetario por el uso del servicio de almacenamiento de carbono en el bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), con el propósito de establecer información base para las decisiones de uso y conservación de este ecosistema. Para tal fin, se estimó la biomasa aérea total, las existencias de carbono y de CO<sub>2</sub>-e (dióxido de carbono equivalente) según lo desarrollado por Solíz (1998), Soares y Schaeffer-Novelli (2005). Lo anterior se hizo con base en muestreo de campo de 15 árboles de manglar y en mediciones realizadas en cuatro estaciones de monitoreo de la CGSM (Caño Grande, Rinconada, Aguas Negras y Luna) por INVEMAR (2008c). Una vez determinado el almacenamiento de carbono, se realizó la valoración económica del servicio ambiental, utilizando tres criterios de valoración. Según los actuales precios internacionales promedio pagados por tonelada de CO<sub>2</sub>-e en los mercados de carbono de Chicago, Unión Europea y el Banco Mundial. Los resultados indicaron que en términos relativos los bosques de manglar de la CGSM almacenan entre 6,9 (la Luna) y 45,7 (Rinconada) t C ha<sup>-1</sup>, mientras que en otras regiones como la Florida los valores son 3,9 t C ha<sup>-1</sup> y 230 t C ha<sup>-1</sup> en Malasia. Las valoraciones monetarias del bosque de manglar de la CGSM por este servicio se encuentran entre US\$87,76 y 591,41 según los precios pagados por el Banco Mundial, correspondientes a los CERs forestales no permanentes. Los resultados de esta aproximación económica señalan la importancia de iniciar un proceso que permita evaluar los servicios ambientales provistos por este ecosistema y avanzar en la generación de propuestas de manejo que responda a los actuales esfuerzos de conservación.

También se avanzó en la construcción de un modelo dinámico para el uso directo de la CGSM. Con el propósito de diseñar estrategias de manejo y conservación para los ecosistemas de la CGSM, por medio de una herramienta que facilita la comprensión de las interacciones que ocurren en el uso y aprovechamiento de los ecosistemas marinos y costeros según lo propuesto por Serman (2000), a partir de una visión sistémica. Este proyecto fue ejecutado por la Universidad de los Andes con el apoyo científico y financiero del INVEMAR. El trabajo se organizó en tres fases: en la primera, se conceptualizaron las relaciones que surgen entre la pesca artesanal y el uso del bosque de manglar, en la segunda se desarrolló el modelo cuantitativo de uso directo de la CGSM, considerando los componentes de agua, manglar y pesca. Finalmente, se construyó un simulador para la CGSM, con la aplicación potencial para el manejo de los recursos en la ciénaga, correspondiente

al producto de los modelos conceptual y cuantitativo. Con el simulador, se realizaron socializaciones con representantes de entidades públicas y privadas y con actores claves de la comunidad, en el cual se validó el modelo cuantitativo y se generaron discusiones con respecto a la utilidad gradual del modelo para el diseño de estrategias de manejo y conservación de los ecosistemas de la ecorregión.

Con el objeto de aprovechar racional y sosteniblemente los recursos marinos y costeros en el Caribe Colombiano, el INVEMAR elaboró un plan de negocios para la producción y comercialización de la semilla y músculo de Scallops (*Argopecten nucleus* y *Nodipecten nodosus*). A partir de actividades como la producción de semilla en laboratorio, levante, engorde, cosecha y procesamiento del músculo de scallops. Con esta iniciativa se hizo también la transferencia de tecnología para las comunidades costeras de la región Caribe. Los resultados obtenidos muestran que la implementación de esta propuesta permitirá la generación de 10 empleos directos, la contratación de más de 1.000 jornales anuales, la producción anual de 7,8 millones de semilla de bivalvos y 9 toneladas de carne de scallops, la existencia de clientes potenciales para adquirir los productos, la integración y fortalecimiento de la cadena acuícola nacional. En lo que respecta a la maximización de beneficios, el punto de equilibrio para la operación de la empresa es de 3.8 millones de semillas o 4.173 kg de callos por año, lo que equivale a ventas de \$ 305,2 y 166,9 millones anuales, respectivamente. Ventas por encima de este nivel generarán ganancias; operaciones inferiores a este nivel representarán pérdidas. A su vez, indicadores de rentabilidad como la tasa interna de retorno y valor presente neto mostraron valores de alrededor del 20% y \$ 61,2 millones de pesos respectivamente, que en relación con el impacto social y ambiental de la propuesta su desarrollo se consideró factible. Por lo tanto, el desarrollo de esta iniciativa busca lograr el mayor compromiso social y ambiental de las instituciones y comunidades costeras de la región Caribe, a partir de esfuerzos en la implementación de tecnologías amigables con el uso de los recursos y el fortalecimiento de los procesos de asociación productiva que aporten a la seguridad alimentaria del país.

En el Pacífico de Colombia, la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano ejecutó el proyecto de Valoración Económica Ambiental del Pacífico Colombiano, liderado por Juan Pablo Romero Rodríguez y el C.N. Julián Augusto Reyna Moreno. Con este proyecto se evidenció, la necesidad de generar conocimiento económico ambiental del territorio como herramienta de decisión, que traduzca a términos económicos la mega diversidad biológica, los beneficios de los bienes y servicios ambientales suministrados por los ecosistemas y los efectos económicos que tienen las variables ambientales sobre los procesos productivos y extractivos de esta región del país. La primera fase del proyecto se basó en información secundaria, evidenciando la disponibilidad y calidad sobre los diferentes aspectos sociales, económicos y ambientales, insumo para la consecución de recursos económicos, técnicos, operativos y logísticos, que permitan desarrollar una segunda fase, ampliando el nivel de detalle y el alcance. Se generó un proceso participativo y dinamizador del que hicieron parte instituciones del orden local, regional, nacional e internacional, públicas y privadas, para realizar la caracterización social, ambiental y económica de la zona de estudio, concluyendo con el planteamiento de tres alternativas de caminos a seguir para valorar el Pacífico colombiano. Debido

al alarmante contraste entre la pobreza de la gente y la riqueza ambiental de la zona de estudio, se resalta el reto implícito de la valoración ambiental y del manejo de los recursos naturales, para traducir la riqueza ambiental en riqueza social. Es muy importante que las herramientas económicas y ambientales, empiecen a jugar un papel más protagónico en la toma de decisiones concernientes al manejo de recursos naturales renovables, entendiéndolas como un camino con la capacidad de llevar a buen término la construcción de la sostenibilidad social, económica y ambiental en Colombia.

## 11.5 Literatura citada

- Andrade, R. 2000. Evaluación de captura, esfuerzo y algunos parámetros poblacionales de los camarones café (*Penaeus californiensis*) y rojo (*Penaeus brevivirostris*) en el Pacífico colombiano. Tesis Universidad del Valle. 65 p.
- CCI. 2009. Pesca y acuicultura en Colombia. Informe técnico regional litoral Caribe y Pacífico 2008. CCI-MADR. Bogotá. 93 p.
- CCI. 2008. Pesca y acuicultura en Colombia. Informe técnico regional litoral Caribe y Pacífico 2007. CCI-MADR. Bogotá. 93 p.
- CCI. 2007. Informe Técnico Regional Litoral Caribe y Pacífico. Pesca y acuicultura Colombia. 93 p.
- Correa, H., A.L. Valenzuela, L.F. Ospina, C. Duque. Anti-inflammatory effects of the gorgonian *Pseudopterogorgia elisabethae* collected at the Islands of Providencia and San Andrés (SW Caribbean) *Journal of Inflammation*, 6, (5): 1-10.
- De Groot, R.S., M.A.M. Stuip, C.M. Finlayson y N. Davidson 2006. Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services, Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland & Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada. 58p
- Dixon, J. y S. Pagiola 1998. Economic analysis and environmental assessment. *Environmental Assessment Sourcebook Update*, abril de 1998, Número 23. Departamento de Medio Ambiente, Banco Mundial. 14p
- Echavarría, B., A. Franco, A. Martínez. 2008. Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del Caribe colombiano *VITAE*, 16, (1): 126-131.
- FAO. 2009. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008. FAO. Roma, 218 p.
- FAO. 2007. Creación de capacidad de adaptación al cambio climático. Políticas para mantener los medios de subsistencia y la pesca. Nueva orientación de la pesca – Serie de informes sobre temas del desarrollo. No. 08. Roma, 16 p.
- INVEMAR, 2009a. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 244 pág.
- INVEMAR. 2009b. Informe Banco de Proyectos de Inversión Nacional. MAVDT. Vigencia 2009. 101 p.
- INVEMAR, 2008a. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 380 pág.
- INVEMAR, 2008b. Informe técnico final BPIN VAR, actividad valoración. Santa Marta.
- INVEMAR, 2008c. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe técnico final. INVEMAR, 102 pp +Anexos. INVEMAR, 2007a. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 378 pág.
- INVEMAR. 2007b. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe técnico final. INVEMAR, 115 pp +Anexos.
- INVEMAR, 2007c. Informe técnico final. Proyecto “evaluación del uso potencial de peces marinos para cultivos ornamentales como una alternativa económica para las comunidades costeras del Caribe colombiano”. 54 p.

- INVEMAR, 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. (Serie de publicaciones periódicas/ INVEMAR; No. 8) Santa Marta. 360 p.
- INVEMAR, 2005. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2004 (Eds). Panamérica Formas e Impresos 2005. 213 p. (Serie de publicaciones periódicas INVEMAR; no. 8).
- INVEMAR, 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2003 (Eds). Medellín: Servigráficas, 2004. 329 p. (Serie de publicaciones periódicas; no. 8).
- INVEMAR, 2003. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2002 (Eds). Medellín: Servigráficas, 2003. 292 p. (Serie de publicaciones periódicas; no. 8).
- Lewison, R.L., L.B. Crowder, A.J. Read y S.A. Freeman. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *TREE*, 19: 598-604.
- Mora-Cristancho, J.A., F. Newmark, M. Santos-Acevedo y J. Sánchez-Nieves. 2008. Evaluación de extractos de esponjas marinas como nuevas fuentes de sustancias antimicrobianas *Rev. Esp. Quimioter.* 21(3):174-179
- Morgan, L.E y R. Chuenpagdee. 2003. Shifting Gears. Addressing the Collateral Impact of Fishing Methods in U.S. Waters. *Pew science series on conservation and the environmental*, Washington, 42 p.
- 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.
- Ramírez, A. 1994. Evaluación biológico-pesquera del camarón de aguas someras del Pacífico colombiano (*P. occidentalis*) durante el periodo enero de 1993 y febrero de 1994. En: *Boletín científico del INPA No. 2.* 1994. 83-93 p.
- Rueda, M., F. Rico-Mejía, W. Angulo, A. Rodríguez, A. Girón, N. Martínez, L.M. García y L.N. Arenas. 2009. Evaluación biológico-pesquera del estado de las poblaciones de camarón de aguas profundas, mediante la aplicación de métodos directos (prospección pesquera) e indirectos (estadísticas de captura y esfuerzo) en el Pacífico colombiano. Tercer Informe Técnico de Avance. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - INVEMAR. Santa Marta. 35 p.
- Soares, M.L.G., Y. Schaeffer-Novelli. 2005. Above-ground biomass of mangrove species. I. Analysis of models. *East. Coast Shelf Sci.* 65: 1-18.
- Soliz S.B.G. 1998. Valoración económica del almacenamiento y fijación de carbono en un bosque sub-húmedo estacional de Santa Cruz, Bolivia. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Tesis de Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 113p + Anexos. *Species. I. Analysis of models. East. Coast Shelf Sci.* 65: 1-18.
- Sterman, J.D. 2000. *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.* Boston: McGraw-Hill.
- Tello, E., L. Castellanos, C. Arévalo-Ferro, C. Duque. 2009. Cembranoid diterpenes from the Caribbean sea whip *Eunicea knighti* *J. Nat. Prod.* 72, 1595-1602.
- Valle-Zapata H., S. Ospina-Guerrero, E. Galeano-Jaramillo, A. Martínez-Martínez, M. Márquez-Fernández, J. López-Ortiz. 2009. Obtención de una fracción antimotilicida del extracto etanólico de la macroalga *Digenia simplex*. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38, (2): 109-117.
- Valle, H. y G. Santafé. 2009. Esteroles libres de la esponja marina *Mycale laevis* *VITAE*, 16, (1): 103-109.





## Capítulo VI

# **ESTADO DEL MANEJO DE LOS AMBIENTES MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA**



## 12. ESTADO DE LA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS EN EL ESCENARIO NORMATIVO

*Marlenny Díaz Cano*

### 12.1 Introducción

La normatividad entendida como el establecimiento y aplicación de reglas tendientes a prohibir, permitir o incentivar conductas por parte de una autoridad reconocida, capaz de exigir su cumplimiento coactivamente, es un aspecto a tener en cuenta al indagar sobre el estado de los ambientes y recursos marino costeros, dado que a través del instrumento normativo el Estado desarrolla parte de su función pública en aspectos como el aprovechamiento, uso, investigación y conservación de los mismos.

No puede decirse sin embargo, que exista una relación de proporcionalidad entre regulación y estado del recurso donde a mayor regulación mejor estado del mismo, pero si es posible identificar qué normas han sido eficaces y que regulaciones faltarían para optimizar la gestión orientada a un mejor aprovechamiento o conservación de los ecosistemas marinos y costeros.

El “Estado de la Protección de los ecosistemas marinos y costeros en el escenario normativo” como capítulo del presente informe responde a la necesidad de revisar con que cuenta el país en cuanto herramientas aplicables a la protección de dichos ecosistemas, presentando un panorama concreto para normas derivadas del derecho internacional y las de derecho interno que en algún sentido las desarrollan o implementan.

### 12.2 Metodología

La selección de las normas que a continuación se presenta responde al criterio de jerarquía jurídica según el cual la Constitución y las leyes, tienen una aplicación preeminente en el derecho interno.

A través de la revisión realizada se determinan diferentes tipos o vías de protección seleccionando los aspectos directa o indirectamente relacionados con los ecosistemas marinos y costeros,<sup>1</sup> arrecifes coralinos, ecosistemas de manglar y bosques de transición, sistemas de playas y acantilados, estuarios, deltas y lagunas costeras, lechos de pastos marinos o praderas de fanerógamas y fondos blandos sedimentarios de la plataforma continental, atendiendo la identificación que de

<sup>1</sup> se presenta un resumen de la generalidad de la norma sino lo que en el texto integral hace alusión específicamente a dichos ecosistemas

los mismos presenta la Política Nacional Ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia, en adelante PNAOCI.

### 12.3 Resultados

La Constitución Política no alude de manera específica a los ecosistemas marinos y costeros pero sus determinaciones sobre aspectos referentes a la protección de los recursos naturales, asociado al derecho y disfrute de un ambiente sano y el deber del estado en procurarlo, es el fundamento de todo el marco regulador que incluye estos ecosistemas.

Los artículos 79 y 366 indican el principal marco de acción que rige las acciones de conservación y usos sostenible de los recursos naturales *“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de esos fines”*. Es por esto que el Estado deberá proteger la diversidad e integridad del ambiente, y conservar las áreas de especial importancia ecológica (...).

### 12.4 Vía control sobre actividades antrópicas

**La Ley 9 de 1961.** Por la cual se aprueba la Convención sobre la Plataforma Continental, suscrita en Ginebra el 29 de abril de 1958. En el texto de la convención se determina los derechos y deberes de los países ribereños a construir, mantener y hacer funcionar en esta área las instalaciones y dispositivos necesarios para explorarla y explotar sus recursos naturales, establecer zonas de seguridad alrededor de la infraestructura colocada para tal fin y adoptar las disposiciones necesarias para protegerla. Por otro lado, indica como una obligación del país que realiza la explotación adoptar en las zonas de seguridad todas las medidas adecuadas para proteger los recursos vivos del mar contra agentes nocivos.

**Ley 119 de 1961.** Esta ley aprueba la “Convención sobre Pesca y Conservación de los Recursos Vivos de la Alta Mar”. Dentro de esta convención se entiende por “conservación de los recursos vivos de la alta mar”, el conjunto de medidas que permitan obtener un rendimiento óptimo constante de estos recursos, de manera que aumente hasta el máximo el abastecimiento de alimentos y de otros productos marinos. Al formular los programas de conservación tiene en cuenta la necesidad de asegurar en primer lugar el abastecimiento de alimentos para el consumo humano.

Los aspectos pertinentes para el tema de la protección de los ecosistemas marinos se conectan con las determinaciones sobre la actividad pesquera manifestando la necesidad de aunar esfuerzos para lograr una ordenación racional de las pesquerías en alta mar por parte de los Estados que realizan faenas en lugares comunes. Así mismo exhorta a los estados a adoptar medidas que

puedan ser necesarias para la conservación de los recursos vivos de la alta mar (peces u otros recursos vivos marinos) dejando a su consideración las mismas sin especificar posibles vías.

**Decreto Ley 2811 de 1974.** Código Nacional de Recursos Naturales, dado su doble carácter de decreto ley y Código, su jerarquía normativa lo ubica dentro del rango de ley.

Su reglamentación protege vía declaración de inalienable e imprescriptible a) el alveo o cauce natural de las corrientes, b) el lecho de los depósitos naturales de agua, c) las playas marítimas, fluviales y lacustres, y d) una franja paralela a la línea de mareas máximas e incluye como objetos de protección y control especial los criaderos y hábitats de peces, crustáceos y demás especies que requieran manejo especial las fuentes, cascadas, lagos, y otros depósitos o corrientes de aguas, naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección.

Su artículo 278 restringe el uso de las playas marinas y fluviales a los pescadores, en los casos en que estas no constituyan áreas de reproducción de especies silvestres, parques Nacionales o balnearios públicos. (Art 278.).

El Título XI dedica su parte IV al mar y su fondo indicando que corresponde al Estado la protección del ambiente marino, constituido por las aguas, por el suelo, el subsuelo y el espacio aéreo del mar territorial y el de la zona económica, y por las playas y recursos naturales renovables de la zona. Esta protección se realizará con las medidas necesarias para impedir o provenir la contaminación de la zona con sustancias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos hidrobiológicos y menoscabar las posibilidades de esparcimiento o entorpecer los demás usos legítimos del mar. (Art. 164). Aunado a este criterio indica que cualquier actividad que tenga por objeto explotar recursos marinos, deberá llevarse a cabo en forma que no cause perjuicio o deterioro sobre los demás recursos ya fuere por agotamiento, degradación o contaminación. (art166).

Dentro de las medidas indicadas como necesarias para alcanzar el objetivo estatal de proteger el ambiente marino enuncia:

- Determinar la calidad, los límites y concentraciones permisibles de desechos que puedan arrojarse al mar y establecer cuáles no pueden arrojarse;
- Reglamentar, en coordinación con el Ministerio de Minas y energía, el ejercicio de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos u otros recursos minerales marinos y submarinos o existentes en las playas marítimas, para evitar la contaminación del ambiente marino en general.

El Código aporta a la protección de las especies vinculadas a los ecosistemas marino costeros siendo la primera norma en determinar de manera integral actividades y prácticas prohibidas (arponeo, dinamita, barbazo entre otras) en el medio marino, y avanzando en la normatividad ambiental de tipo sancionatorio.

**Ley 45 de 1985.** Por medio de la cual se aprueban tres instrumentos: el “Convenio para la protección del medio marino y la zona costera del Pacífico Sudeste”, el “Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras sustancias Nocivas en casos de emergencia”<sup>2</sup>, y el “Protocolo para la protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación proveniente de Fuentes Terrestres. Dichos acuerdos se adoptan con el objeto de tomar medidas encaminadas a preservar los ecosistemas de la región y a proteger el medio marino restringiendo la descarga de sustancias tóxicas, perjudiciales y nocivas causada por buques y la proveniente de todos los otros dispositivos e instalaciones que funcionen en el medio marino. Asimismo, la ley en mención establece el compromiso de las partes contratantes de adoptar todas las medidas apropiadas para prevenir, reducir y controlar la erosión de la zona costera del Pacífico Sudeste, resultante de la actividad del hombre. Como acción derivada de este convenio Colombia adopta la disposición del Acuerdo de Galápagos de aceptar como norma interna el código de pesca responsable de la FAO.

**Ley 56 de 1987.** Por medio de la cual se aprueban el “Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe” y el “Protocolo relativo a la Cooperación para Combatir los derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe”.

La norma aporta a la protección de los ecosistemas marino costeros exigiendo a los países firmantes tomar las medidas adecuadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación causada por descargas de buques, aeronaves o estructuras, las cuales deberán aplicar todos los estándares que para control de la contaminación determina la Organización Mundial del Comercio OMI.

Su artículo séptimo hace alusión a la contaminación procedente de fuentes terrestres causada por la evacuación de desechos en las zonas costeras o por descargas provenientes de ríos, estuarios, establecimientos costeros, instalaciones de desagüe o cualesquiera otras fuentes situadas en sus territorios, y hace una alusión específica a la protección de los fondos marinos en su artículo octavo indicando la necesidad de adoptar las medidas adecuadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación de la zona resultante directa o indirectamente de la exploración y explotación de los fondos marinos y de su subsuelo.

---

2 Genera el protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste aprobado por la ley 12 de 1992 el cual será revisado en un ítem posterior.

**Ley 55 de 1989.** Aprueba el tratado de responsabilidad civil por daños causados por contaminación de aguas de mar por hidrocarburos y su protocolo 1976 sobre estrategia regional de biodiversidad países andinos.

Resalta en el tratado el entendido que el daño abarca toda contaminación resultante de derrames o descargas procedentes del barco, dondequiera que ocurran tales derrames o descargas, e incluye el costo de las medidas preventivas y las pérdidas o daños causados por tales medidas preventivas con responsabilidad mancomunada en caso que sean varios los involucrados.

**Ley 1 de 1991.** Por la cual se expide el Estatuto de Puertos Marítimos y se dictan otras disposiciones. Aporta a la protección de las playas marítimas prohibiendo a toda autoridad de asignar permisos de construcción de vivienda en las mismas.

**Ley 253 de 1996.** Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Postula mecanismos de coordinación entre Estados para el manejo ambientalmente racional de este tipo de desechos o de otros desechos, que puedan afectar los ecosistemas o salud humana por esta vía transfronterizo.

**Ley 660 de 2001.** Por medio de la cual se aprueba el “Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares”, adoptado en la Asamblea General de las Naciones Unidas, de mil novecientos noventa y seis (1996). Dentro de las obligaciones básicas contenidas en su artículo 1 encontramos la que insta a los países signatarios a no realizar ninguna explosión de ensayo de armas nucleares o cualquiera otra explosión nuclear y a prohibir y prevenir cualquier explosión nuclear de esta índole en cualquier lugar sometido a su jurisdicción o control. Cada Estado parte se compromete asimismo a no causar ni alentar la realización de cualquier explosión de ensayo de armas nucleares o de cualquiera otra explosión nuclear, ni a participar de cualquier modo en ella.

**Ley 685 de 2001.** Expide el Código de Minas el cual hace referencia a la preservación del medio marino anotado que los trabajos y obras de exploración y explotación de minerales en el fondo y subsuelo de las aguas marinas sometidas a la jurisdicción nacional se ajustarán a todas las regulaciones internas sobre preservación, mitigación, corrección y manejo del medio marino. Los que se realicen a nombre y representación del Estado en el fondo y el subsuelo de aguas internacionales, se someterán además a las normas ambientales que sobre la misma materia adopte la Autoridad internacional de los fondos marinos. Alude a la minería marina exigiendo concepto previo favorable de la DIMAR en el proceso de licencia ambiental para las concesiones que adelanten actividades de exploración y explotación de minerales en las playas y espacios marítimos jurisdiccionales.

Ley 1382 de 2010. Modificatoria de la ley 685 supedita la exclusión de áreas protegidas a la actividad minera a un procedimiento de delimitación geográfica

**Tabla 12.1.** Protección de ecosistemas Marinos y Costeros vía Regulación de Actividades Antrópicas Fuente: revisión de autor

NORMA	Alusión General	Alusión Específica	Ecosistema referenciado	Actividades reguladas		Decretos relacionados con su implementación
				Exploración/ explotación en plataforma continental	Pesca	
Ley 9/1961	X			Exploración/ explotación en plataforma continental		Decreto 1541/78: Regula los vertimientos a fuentes hídricas de las zonas costeras utilizadas para recreación.
Ley 119/1961	X			Pesca		Decreto 1875 de 1979: Regula actividades potencialmente dañinas realizadas por barcos, buques u otras fuentes contaminantes para el medio marino o fluvial, asignando competencia para su control a la Dirección General Marítima a través de las Capitanías de Puerto.
D Ley 2811/1974	X	X	Ecosistemas de Manglar y Bosques de Transición, Sistemas de Playas y Acantilados, pastos	Obras de ingeniería, explotación y ocupación de los Cauces, Playas y Lechos/Exploración y explotación minera/Pesca.		Decreto 1876 de 1979: Adopta medidas en materia de recursos naturales marinos, asignando al Ministerio de Minas y Energía adoptar la política nacional en materia de explotación, transporte, procesamiento y comercialización, de los recursos naturales no vivos que se encuentren en el lecho o en el subsuelo del mar territorial, en la zona económica adyacente y en la plataforma continental de Colombia.
LEY 45 / 1985	X			Transporte vía marítimo / pesca		Decreto 1877 de 1979: Dicta normas para el aprovechamiento integral de los recursos marinos, autoriza a la nación a participar en la constitución de una o más sociedades de economía mixta cuyo objeto social sea el aprovechamiento de los recursos naturales vivos y no vivos que se encuentren en las áreas marítimas especialmente con relación a las siguientes actividades: 1) La pesca y la acuicultura, 2) El transporte marítimo, 3) La construcción naval, 4) La investigación científica marina, 5) La explotación de minerales del suelo y subsuelo marinos.
Ley 56 / 1987	X	X	Fondos marinos	Transporte marítimo y sus vertimientos así como los vertidos terrestres al mar.		Decreto 1594 de 1984. Indica que cuando quiera que en el Decreto se refiera a recurso, se entenderá por tal las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarias, incluidas las aguas servidas, deltas y Lagunas lsteras. Prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de gas natural. Prohíbe el vertimiento de residuos líquidos no tratados provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, en aguas superficiales dulces, marinas y estuarias y en aquellos cuerpos de agua total o parcialmente protegidos.
Ley 55 / 1989	X			Transporte marítimo		Decreto 2190 de 1995: implementa el Plan Nacional para la Atención y prevención de desastres por derrame de hidrocarburos. Crea el Comité técnico con la función de elaborar el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres. Indica que en casos de derrames de hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas que puedan afectar cuerpos de agua, el responsable de la instalación, operación, dueño de la sustancia o actividad de donde se originó el derrame, lo será así mismo integralmente de la atención del derrame
Ley 1 / 1991	X			Portuaria		Decreto 321 de 1999. Introduce el tema de la responsabilidad a la protección de los ecosistemas marinos. Indica que de no presentarse una acción pronta por parte de la empresa directamente causante las entidades que conozcan de la ocurrencia del derrame o las personas que tengan entrenamiento en la atención de este tipo de emergencias se harán cargo del manejo del evento pero en ningún momento serán responsables por los daños causados por el siniestro.
Ley 253 de 1996	X			Generación de desechos y eliminación vía movimiento transfronterizo.		
ley 660 / 2001	X			Ensayos nucleares		
Ley 685 / 2001/modificada por Ley 1382 de 2010	X	X	Fondos blandos ,	Trabajos y obras de exploración y explotación de minerales en el fondo y subsuelo de aguas marinas.		



## 12.5 Vía asignación de recursos

**Ley 1 de 1991.** Por la cual se expide el Estatuto de Puertos Marítimos y se dictan otras disposiciones. Asigna una fuente de recursos vía concesión portuaria que pueden ser usados por las administraciones locales para implementar acciones de manejo en playas, terrenos de bajamar y zonas accesorias a ellas. Indica que la Concesión portuaria, es un contrato administrativo en virtud del cual la Nación, por intermedio de la Superintendencia General de Puertos, permite que una sociedad portuaria ocupe y utilice en forma temporal y exclusiva las playas, terrenos de bajamar y zonas accesorias a aquéllas o éstos, para la construcción y operación de un puerto a cambio de una contraprestación económica a favor de la Nación, y de los municipios o distritos donde operen los puertos.

**Ley 99 de 1993.** Su art 18 alude a la asignación de recursos para la investigación sobre lo marino costero indicando que la Nación apropiará anualmente en el capítulo correspondiente al Ministerio del Medio Ambiente los recursos y transferencias necesarios para atender los gastos de funcionamiento e inversión del INVEMAR y fijará los aportes que las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción sobre los litorales y áreas marítimas del territorio nacional deberán hacer a la constitución de este Instituto .

Su artículo 88 dedicado a los recursos del Fondo nacional Ambiental, indica que este Fondo es un instrumento financiero de apoyo a la ejecución de las políticas ambiental y de manejo de los recursos naturales renovables. Como tal estimula la descentralización, la participación del sector privado y el fortalecimiento de la gestión de los entes territoriales, con responsabilidad en estas materias. Para el efecto, informa que se podrá financiar o cofinanciar, según el caso, a entidades públicas y privadas en la realización de proyectos, dentro de los lineamientos de la ley 99.

**Ley 165 de 1994.** Aprobatoria del Convenio de Biodiversidad CDB en cuyo texto encontramos que cada Parte Contratante se compromete a proporcionar, con arreglo a su capacidad, apoyo e incentivos financieros respecto de las actividades que tengan la finalidad de alcanzar los objetivos del Convenio, conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, de conformidad con sus planes, prioridades y programas nacionales.

Por otro lado refiere que las Partes que son países desarrollados proporcionarán recursos financieros nuevos y adicionales para que las Partes que son países en desarrollo puedan sufragar íntegramente los costos incrementales convenidos que entrañe la aplicación de medidas en cumplimiento de las obligaciones contraídas en virtud del Convenio y beneficiarse de las disposiciones del mismo. (Art. 20)

El mecanismo financiero creado para esta asignación de recursos consiste en el establecimiento de subvenciones en condiciones favorables para los países en desarrollo por conducto de la estructura institucional que decida la Conferencia de las Partes.

**Ley 141 de 1994.** Ley del Fondo Nacional de regalías. Su Art 1 Parágrafo 5°. (Modificado por la Ley 756 de 2002) y su artículo 7° determina que las dos terceras partes (2/3) de los recursos asignados a la preservación del medio ambiente tendrán la siguiente destinación: No menos del veinte por ciento (20%) se canalizarán hacia la financiación del saneamiento ambiental en la Amazonía, Chocó, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, la Ciénaga Grande de Santa Marta, la Laguna de Sauso en el Valle del Cauca, el embalse del Guájaro en el Atlántico, el Parque Nacional Tayrona, la Laguna de Tota y la Ciénaga de Sapayá, y el saneamiento ambiental y el desarrollo sostenible de tierras de resguardos indígenas ubicadas en zonas de especial significación ambiental.

El excedente, hasta completar el ciento por ciento (100%), se asignará a la financiación de proyectos ambientales que adelanten las Corporaciones Autónomas Regionales en las entidades territoriales.

Dentro de las áreas de preservación y saneamiento ambiental del FNR están las siguientes: Ordenamiento territorial, Áreas de manejo especial, bosques de flora y fauna, ecosistemas no boscosos como paramos y arrecifes coralinos, ecosistemas acuáticos, sistema de monitoreo de la calidad ambiental, suelos y protección del paisaje. (Manual Financiero para las entidades del sector ambiental DNP 1998)

**Ley 344 de 1996.** Dicta normas tendientes a la racionalización del gasto público, elevando al 1% el porcentaje del mismo destinado al Fondo Nacional de Regalías del cual se asigna un 20 % como mínimo, a la promoción de la minería y a la preservación del medio ambiente.

**Ley 1602 de 1996.** Indica como áreas de financiación del Fondo nacional Ambiental FONAM la ejecución de actividades, estudios, investigaciones, planes, programas, e inversiones en obras y proyectos, que sean de utilidad pública e interés social, encaminados al fortalecimiento de la gestión ambiental, a la preservación, conservación, protección, mejoramiento y recuperación del medio ambiente y al manejo adecuado de los recursos naturales renovables y de desarrollo sostenible.

**Ley 788 de 2002.** En su Art. 117 crea la sobretasa ambiental del cinco por ciento (5%) para las vías que afecten o se sitúen sobre parques naturales nacionales, parques naturales distritales, sitios Ramsar, y/o reservas de la biosfera.

**Ley 981 de 2005.** Implementa la Sobretasa Ambiental bajo los mismos parámetros de la ley 788 ampliando su radio de aplicación a las áreas de Amortiguación

Sitios Ramsar, Áreas de Conservación y Protección Municipal, y Reservas de la Biosfera definidas como zonas de ecosistemas terrestres o costeras/marinas, o una combinación de las mismas, reconocidas en el plano internacional como tales en el marco del programa hombre y biosfera-MaB de la UNESCO, de acuerdo con el Marco Estatutario, de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera.

**Ley 344 de 2006.** Fondo de compensación ambiental. Los recursos de este fondo se destinan a la financiación del presupuesto de funcionamiento, inversión y servicio de la deuda de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible de menor presupuesto total vigente. La asignación de los recursos tiene en cuenta que los proyectos presentados para financiación estén orientados al manejo, recuperación y conservación de áreas estratégicas de carácter regional y local.

TABLA 12.2. Matriz resumen Protección de ecosistemas marino costeros vía asignación de recursos Fuente. Revisión de autor

NORMA	Alusión General	Alusión Específica	Ecosistema referenciado	Fuente de recursos	Decretos relacionados con su implementación
Ley 1 de 1991	x			Concesión portuaria	Decreto 321 de 1999 adopta el "Plan Nacional de Contingencia PNC contra derrames de Hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres". Señala como obligación de todas las entidades públicas del orden nacional que deban cumplir alguna función en el Plan, aportar lo que el Comité Técnico Nacional del PNC estime anualmente como presupuesto necesario para la implementación y mantenimiento del PNC.
ley 99 de 1993	x			Apropiación presupuesto general de la nación./ Fondo Nacional Ambiental	Decreto 1100 de 2003, Reglamenta la apropiación de los recursos de la sobretasa a la gasolina en áreas de reserva, parques nacionales, sitios Ramsar o reservas de la biosfera indicando que el total de los recursos recaudados por las entidades administradoras de los peajes por concepto de la sobretasa ambiental, se consignará en una cuenta especial que para estos efectos establezca la autoridad ambiental distrital respectiva. Estos recursos se ejecutarán mediante proyectos presentados ante el Fondo Nacional Ambiental, Fonam.
Ley 165 de 1994	x			Estados signatarios del CDB	Decreto 155 de 2004 Reglamenta las tasas por utilización de aguas continentales, subterráneas y estuarias. Incluye dentro de estas los acuiferos litorales. Indica que no se incluyen para efectos de cobro por tasa de uso las aguas marítimas y en su artículo 18 describe la destinación del recaudo de la tasa hacia la protección y recuperación del recurso hídrico de conformidad con el respectivo plan de ordenamiento y manejo de la cuenca.
Ley 141 de 1994	x	x	Arrecifes de coral y ecosistemas acuáticos, Estuarios, Deltas y Lagunas Costeras	Fondo nacional de Regalías	
Ley 344 de 1996	x			Fondo Nacional de Regalías	
Ley 1602 de 1999	x			Fondo Nacional Ambiental FONAM	
Ley 788 de 2002	x	x	Humedales y especies de flora o fauna vinculadas, así como lagunas, estuarios, deltas	Sobretasa ambiental	
Ley 981 de 2005	x	x	Humedales y especies de flora y fauna vinculadas así como lagunas, estuarios, deltas	Sobretasa ambiental	
ley 344 de 2006	x			Fondo de Compensación ambiental	

## 12.6 Vía Investigación.

**Ley 56 de 1987.** El convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe vinculado a la normativa nacional mediante esta ley, alude a los temas de investigación indicando compromisos de las partes vía cooperación, en la investigación científica, la vigilancia y el intercambio de datos y otras informaciones científicas relacionadas con los objetivos del Convenio. Así mismo que deben establecer, en asocio con las organizaciones competentes, los vínculos necesarios entre sus centros o institutos de investigación, con miras a producir resultados compatibles en investigación sobre los ecosistemas del área y la vigilancia en materia de contaminación.

**La ley 9 de 1991.** Aprobatoria de la Convención sobre la Plataforma Continental, la cual hace referencia a la solicitud de permiso de investigación en mar territorial por parte de otro estado, lo cual indica que el país ribereño no negará normalmente su consentimiento cuando la petición sea presentada por una institución competente, en orden a efectuar investigaciones de naturaleza puramente científica referentes a las características físicas o biológicas de la Plataforma Continental.

**Ley 99 de 1993.** En su título V del apoyo Científico y técnico al Ministerio, asigna al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR la investigación ambiental básica y aplicada de los recursos naturales renovables y el medio ambiente y los ecosistemas costeros y oceánicos de los mares adyacentes al territorio nacional. En ejercicio de esta función el INVEMAR emitirá conceptos técnicos sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos marinos, y prestará asesoría y apoyo científico y técnico al Ministerio, a las entidades territoriales y a las Corporaciones Autónomas Regionales.

Indica también la creación de una red de centros de investigación marina, en la que participan todas las entidades que desarrollen actividades de investigación en los litorales colombianos, propendiendo por el aprovechamiento racional de toda la capacidad científica de que ya dispone el país en ese campo. Dicha RED fue reglamentada a través de la resolución 2275 de 2007.

**Ley 357 de 1997** aprobatoria de la Convención RAMSAR la cual indica en su artículo 3 que cada Parte Contratante tomará las medidas necesarias para informarse lo antes posible acerca de las modificaciones de las condiciones ecológicas de los humedales incluyendo los costeros, en su territorio, y que se hayan producido o puedan producirse como consecuencia del desarrollo

tecnológico, de la contaminación o de cualquier otra intervención del hombre. Todos los Estados Parte mantendrán un sistema permanente de monitoreo e intercambio de información sobre el estado de los humedales en todo su territorio y no solo de sus sitios de importancia internacional.

**Ley 165 de 1994** Por medio de la cual se aprueba el “Convenio sobre la Diversidad Biológica”. Su artículo 7 sobre “identificación y seguimiento” determina que cada Parte Contratante, a) Identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, y en su literal que cada parte contratante identificará los procesos y categorías de actividades que tenga o sea posible que tengan efectos perjudiciales importantes para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, procediendo mediante muestreo u otras técnicas, al seguimiento de estos efectos. Así mismo avanzará en la identificación y seguimiento sobre ecosistemas y hábitats que contengan una gran diversidad, un gran número de especies endémicas o en peligro, o vida silvestre; sean necesarios para las especies migratorias; tengan importancia social, económica, cultural o científica; sean representativos o singulares o estén vinculados a procesos de evolución u otros procesos biológicos de importancia esencial.

La COP CEDB 4 /II anota como recomendación a los países signatarios promover enfoques basados en los ecosistemas para la utilización sostenible de los recursos marinos y costeros vivos, a través de las actividades siguientes: a) Compilar los resultados de las investigaciones sobre aspectos pertinentes de las zonas marinas y costeras protegidas mediante publicaciones, bibliografías y redes de información pertinentes ya existentes; b) Facilitar el intercambio de informaciones sobre medidas de incentivos apropiadas, con inclusión del mecanismo de facilitación y mediante talleres, regionales; c) Contribuir al desarrollo de la creación de capacidad nacional y regional; d) Facilitar información sobre cuestiones jurídicas e institucionales pertinentes, teniendo presente la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar y otros acuerdos internacionales conexos.

Tabla 12.3 Matriz resumen Protección de ecosistemas marino costeros vía investigación

NORMA	Alusión General *	Alusión Específica	Ecosistema referenciado	Acción Investigativa	Decretos relacionados con su implementación
					Investigación científica o tecnológica marina.
Ley 56 de 1987	X			Investigación científica o tecnológica marina.	Decreto 1874 de 1979 Crea el Cuerpo de Guardacostas incluyendo dentro de sus funciones la de colaborar en las investigaciones oceanográficas e hidrográficas.
Ley 9 / 1991	X			Investigación científica en plataforma continental	Decreto 1876 de 1979 En materia de recursos naturales marinos informa que compete al Ministerio de Minas y Energía realizar, en coordinación con las entidades estatales que tengan esta función, investigaciones geológicas, exploraciones técnicas y los estudios legales y económicos para conocer las posibilidades mineras que puedan existir en las zonas del mar territorial, plataforma continental o económica exclusiva.
Ley 99 / 1993	X			Investigación básica aplicada—red de centros de investigación marina	Decreto 2349 de 1971 y 2324 de 1984. Asigna a la Dirección Marítima funciones e Investigación científica en los litorales jurisdiccionales.
Ley 165 / 1994		X	Humedales (incluye los marino costeros y sus ecosistemas asociados lagunas , pas-tos, fondos, corales)	Investigación/ sistemas de información	Decreto 644 de 1990 Investigación científica o tecnológica marina. Establece el trámite de las solicitudes para realizar investigaciones científicas o tecnológicas marinas en los espacios marítimos jurisdiccionales, en el que incluye un estudio de seguridad nacional luego del cual el Ministerio de defensa conceptúa. Indica que la salida del país de material recolectado o especies solo podrá realizarse bajo autorización de la Dirección marítima DIMAR. Condiciona el zarpe de la nave extranjera al cumplimiento de todos los requisitos del decreto.
Ley 357 de 1997 aprobatoria de la Convención RAMSAR	X	X	Manglares	Sistema permanente de monitoreo e intercambio de información sobre el estado de los humedales en todo su territorio	Decreto 1420 de 1997 Investigación ante CJTES. Designa las autoridades Científicas de Colombia ante la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres –CITES. El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” -INVEMAR; asume dentro de sus funciones lo que en este tema refiere a recursos y ecosistemas marinos.  Decreto 309 de 2000. Dispone que las personas naturales o jurídicas que pretendan adelantar un proyecto de investigación científica en diversidad biológica que involucre alguna o todas las actividades de colecta, recolección, captura, caza, pesca, manipulación del recurso biológico y su movilización en el territorio nacional, deberán obtener permiso de estudio, el cual incluirá todas las actividades solicitadas.  Decreto 302 de 2003. Investigación en diversidad biológica. Modifica el decreto 309 en el sentido de incluir a los centros de investigación adscritos o vinculados al MAVDT dentro de las entidades eximidas de la presentación del permiso de estudio para adelantar trabajos de investigación científica sobre diversidad biológica, entre ellos el INVEMAR.



## 12.7 Vía Preservación y Conservación

**Ley 119 de 1961.** Por la cual se aprueba la “Convención sobre Pesca y Conservación de los Recursos Vivos de la Alta Mar”, suscrita en Ginebra el 29 de abril de 1958 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar.

El texto de la convención indica en su artículo 7 que el Estado ribereño podrá adoptar unilateralmente las medidas de conservación que procedan para toda reserva de peces u otros recursos marinos en cualquier parte de la alta mar adyacente a su mar territorial.

De presentarse un litigio por no aplicación de las medidas de conservación sobre un recurso hidrobiológico que un Estado considere necesario aplicar en el área del Convenio, tendrá que determinarse a) si las conclusiones científicas demuestran la necesidad de adoptar medidas de conservación, b) si las medidas concretas se basan en conclusiones científicas y son factibles, y c) si las medidas no tienen carácter discriminatorio, de hecho ni de derecho, contra pescadores de otros Estados.

**Decreto Ley 2811 de 1974.** Código de Recursos Naturales que asume la preservación y el manejo de los recursos naturales renovables como una acción de utilidad pública e interés social. Su artículo 196 establece que se deberán tomar las medidas necesarias para conservar o evitar la desaparición de especies o individuos de la flora que por razones de orden biológico, genético, estético, socioeconómico o cultural deban perdurar.

De acuerdo con su artículo 258 corresponde a la administración pública velar por la adecuada conservación, fomento y restauración de la fauna silvestre; Indica que los artículos 266 y siguientes tienen por objeto asegurar la conservación, el fomento y el aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos y del medio acuático, así mismo, lograr su disponibilidad permanente y manejo racional.

**Ley 17 de 1981.** Por la cual se aprueba la “Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres “CITES”, suscrita en Washington, D.C. el 3 de marzo de 1973 (reglamentada en la resolución 584 de 2002), incluye en su anexo 1 ciertas familias de corales como especies amenazadas.

Determina que las actividades de investigación, uso sostenible y demás medidas de manejo para la conservación que se pretendan adelantar sobre especies amenazadas y sus hábitats serán autorizadas o negadas por las autoridades ambientales competentes, con el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes en la materia, previo análisis de las consideraciones técnicas y científicas que permitan asegurar la recuperación y protección de dichas especies y de los hábitats que las albergan.

**Ley 56 de 1987.** Por medio de la cual se aprueban el “Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe” y el “Protocolo relativo a la Cooperación para Combatir los derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe. Indica en su artículo 10

-Zonas especialmente protegidas- que las partes contratantes adoptarán, individual o conjuntamente, todas las medidas adecuadas para proteger y preservar en la zona de aplicación del Convenio los ecosistemas raros o vulnerables, así como el hábitat de las especies diezgadas, amenazadas o en peligro de extinción y con este objetivo las Parte Contratantes procurarán establecer zonas protegidas intercambiando información respecto de la administración y ordenación de tales zonas, sin afectar los derechos de otras Partes Contratantes o de terceros Estados.

**Ley 12 1992** Por medio de la cual se aprueba el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste.

El texto del protocolo que se aprueba mediante esta ley se considera uno de los que más claramente aporta a la búsqueda de la conservación y protección de ecosistemas marino costero frágiles y vulnerables o de valor único amenazado por el agotamiento y extinción.

Bajo este propósito los Estados signatarios (Colombia, Panamá, Ecuador, Perú y Chile) se comprometen a adoptar medidas para proteger y preservar estos ecosistemas sin posibilidad de manifestar reserva alguna pues esta opción quedo excluida específicamente en el documento final.

Entre las medidas que contempla el convenio se encuentran la realización de estudios orientados a la reconstrucción de hábitats con un énfasis especial en flora y fauna; por otro lado ,el establecimiento de áreas bajo su protección, en la forma de parques, reservas, santuarios de fauna y flora u otras categorías de áreas protegidas, en las que se establecerá un manejo íntegro, sobre la base de estudios e inventarios de sus recursos, con miras al desarrollo sostenido de ellos, prohibiendo toda actividad que pueda causar efectos adversos sobre el ecosistema, fauna y flora así como su hábitat. Contempla también la creación de zonas de amortiguación en el radio de influencia de las áreas protegidas y la exigencia de los estudios de impacto ambiental cuando quiera que se proyecten obras en las áreas bajo protección.

**Ley 99 de 1993.** Dentro de las funciones del Ministerio del Medio Ambiente-MAVDT estipuladas en el artículo 5 se encuentra la de regular la conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, en las zonas marinas y costeras, y coordinar las actividades de las entidades encargadas de la investigación, protección y manejo del medio marino, de sus recursos vivos, y de las costas y playas; así mismo, le corresponde regular las condiciones de conservación y manejo de ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos continentales.

La jurisdicción asignada a Coralina en su artículo 37 incluye el mar territorial y la zona económica de explotación del área del Archipiélago, lo cual ha permitido que esta Corporación aporte desde su función institucional a la preservación y conservación de los ecosistemas marinos en el territorio del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina teniéndose como ejemplo la creación del área marina protegida de la Reserva de la Biósfera Seaflower.



**Ley 165 de 1994.** Aprobatoria del Convenio de Biodiversidad. Para el presente ítem encontramos en el texto aprobado por la ley los siguientes aspectos pertinentes.t

Su artículo 8 titulado -Conservación in situ- indica que cada parte contratante:

- Establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;
- Cuando sea necesario, elaborará directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;
- Reglamentará o administrará los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, ya sea dentro o fuera de las áreas protegidas, para garantizar su
- Promoverá la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales;
- Promoverá un desarrollo ambientalmente adecuado y sostenible en zonas adyacentes a áreas protegidas, con miras a aumentar la protección de esas zonas;
- Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación;
- Establecerá o mantendrá medios para regular, administrar o controlar los riesgos derivados de la utilización y la liberación de organismos vivos modificados como resultado de la biotecnología que es probable tengan repercusiones ambientales adversas que puedan afectar a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana;
- Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies;
- Procurará establecer las condiciones necesarias para armonizar las utilidades actuales con la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes;
- Respetará, preservará y mantendrá los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y promoverá su aplicación más amplia, con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas, y fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente.
- Establecerá o mantendrá la legislación necesaria y/u otras disposiciones de reglamentación para la protección de especies y poblaciones amenazadas;

Así mismo su artículo 9 -Conservación Ex Situ- asigna para los países firmantes medidas tendientes a fortalecer la estrategia de conservación in situ a través de:

- (...) medidas para la conservación ex situ de componentes de la diversidad biológica, preferiblemente en el país de origen de esos componentes;
- Establecimiento y mantenimiento de instalaciones para la conservación ex situ y la investigación de plantas, animales y microorganismos, preferiblemente en el país de origen de recursos genéticos;
- Adopción de medidas destinadas a la recuperación y rehabilitación de las especies amenazadas y a la reintroducción de éstas en sus hábitats naturales en condiciones apropiadas;
- Reglamentación y gestión de la recolección de recursos biológicos de los hábitats naturales a efectos de conservación ex situ, con objeto de no amenazar los ecosistemas ni las poblaciones in situ de las especies, salvo cuando se requieran medidas ex situ temporales especiales y
- Cooperación en el suministro de apoyo financiero y de otra naturaleza para la conservación ex situ a que se refieren los Apartados a) a d) del artículo así como el establecimiento y mantenimiento de instalaciones para la conservación ex situ en países en desarrollo.

Muy importante en relación con los ecosistemas marinos y costeros resulta el desarrollo de la reunión de las partes del CDB en 1995, producto de la cual se generó el Mandato de Yakarta y su programa de trabajo, relacionado con la biodiversidad costera y marina, cuyos elementos estratégicos son:

- El manejo integrado de las zonas costeras y marinas;
- El uso sostenible de los recursos marinos vivos;
- La promoción del establecimiento de áreas marinas y costeras protegidas;
- La acuicultura sostenible, y
- El control a la introducción de especies y genotipos invasores y exóticos

Su decisión II/10; en cuyos considerandos se encuentra el apoyo a la iniciativa Internacional de protección a los arrecifes de coral como medio de abordar la cuestión de sus amenazas y las que recaen sobre sus ecosistemas conexos, indica que

los hábitats críticos de recursos marinos vivos deben constituir un criterio importante para la selección de zonas marinas y costeras protegidas, en el marco de la ordenación integrada de las zonas marinas y costeras.

**Ley 357 de 1997** Aprueba la suscripción por parte de Colombia del Convenio Ramsar de preservación de humedales. Dentro de la convención se entiende por humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

Al adherir a la Convención, Colombia se compromete a designar por lo menos un humedal para ser incluido en la lista de humedales de importancia internacional, el uso racional de todos esos ecosistemas, la creación de reservas naturales y las consultas mutuas entre Estados cuando comparten alguno.

Así mismo acepta las determinaciones derivadas de la COP8 Ramsar sobre principios y lineamientos para incorporar las cuestiones concernientes a los humedales en el manejo integrado de las zonas costeras (MIZC) reconociendo su alcance como principal instrumento para la conservación y del uso racional de los ecosistemas costeros a los cuales aplica la siguiente clasificación de humedales costeros (resolución VIII):

Clase A. Aguas marinas someras permanentes, en la mayoría de los casos de menos de seis metros de profundidad en marea baja; se incluyen bahías y estrechos.

Clase B. Lechos marinos submareales; se incluyen praderas de algas, praderas de pastos marinos, praderas marinas mixtas tropicales.

Clase C. Arrecifes de coral.

Clase D. Costas marinas rocosas; incluye islotes rocosos y acantilados.

Clase E. Playas de arena o de guijarros; incluye barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena; incluye sistemas y hondonales de dunas.

Clase F. Estuarios; aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarinos de deltas.

Clase G. Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos (“saladillos”).

Clase H. Pantanos y esteros (zonas inundadas) intermareales; incluye marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófilas, salitrales, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.

Clase I. Humedales intermareales arbolados; incluye manglares, pantanos de “nipa”, bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.

Clase J. Lagunas costeras salobres/saladas; lagunas de agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar.

Clase K. Lagunas costeras de agua dulce; incluye lagunas deltaicas de agua dulce.

Clase L. Sistemas cársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, marinos y costeros.

En el párrafo 45 de la citada resolución VIII se enfatiza que deberá darse prioridad especial a la designación de los manglares que forman parte de un ecosistema intacto y que funcionan de modo natural incluyendo otros tipos de humedales, como los arrecifes de coral, las praderas de pastos marinos, los bancos de marea, lagunas costeras y/o complejos de estuarios, puesto que estos elementos son esenciales para mantener las partes de manglares del ecosistema.

Los arrecifes de coral aparecen en los *Humedales marinos y costeros* dentro de la clase C (arrecifes de coral) del Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales de la Convención de Ramsar. Los pastizales húmedos están incluidos en tipos de humedales del Sistema de Clasificación de Ramsar presentándose como un *componente de llanuras de inundación* en el tipo Ts (pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos, incluidas praderas inundadas estacionalmente y pantanos de ciperáceas). Los *hábitat de pastizales húmedos* pueden aparecer también en otros tipos conexos de humedales: E (playas de arena o guijarros, incluido sistemas y hondonales de dunas) y H (pantanos intermareales, incluidas praderas halófilas, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea).

Finalmente es importante anotar dentro de los documentos que se incorporan a la legislación nacional en virtud de esta ley aprobatoria de la Convención Ramsar, la Resolución IX. "Para la conservación, producción y uso sostenible de los recursos pesqueros" que en su párrafo. 35, insta a cada signatario con arrecifes de coral, prados de pastos marinos y otros ecosistemas asociados en su territorio a que aplique programas nacionales de protección de estos ecosistemas mediante el establecimiento de áreas protegidas, programas de monitoreo, programas de concienciación y cooperación efectivos para proyectos innovadores de restauración de arrecifes de coral, prados de pastos marinos y ecosistemas asociados.

**Ley 45 de 1985.** aprobatoria del Convenio para la protección del medio marino y la zona costera del Pacífico Sudeste" integra el Acuerdo Marco para la conservación de los recursos vivos marinos en la alta mar del Pacífico Sudeste denominado "Acuerdo de Galápagos, con especial referencia a las poblaciones de peces transfronterizos y a las poblaciones de peces altamente migratorias.

El texto de la convención determina que los Estados Partes deberán identificar las especies que requieran acciones especiales de conservación teniendo en cuenta aquellas que por su interés comercial requieran un manejo preferente.

Destaca como uno de sus principios de conservación relacionado con el uso sostenible, la necesidad de tener en cuenta el efecto de la pesca sobre poblaciones de especies asociadas o dependientes de aquéllas y sobre el ecosistema marino en su conjunto.

**Tabla 12.4** Matriz resumen protección de ecosistemas marino costeros vía acciones de preservación y conservación  
Fuente: Revisión de autor.

Norma	Alusión General	Alusión Específica	Ecosistema referenciado	Acción de preservación o conservación	Decretos relacionados con su implementación
Ley 119 de 1961	X			Límites de pesca, reservas vedas.	Decreto 622 de 1974. Sistema de parques nacionales naturales. Bonificación, actividades prohibidas en áreas protegidas, esquema sancionatorio.
Decreto Ley 2811 de 1974	X			Indica como uno de sus postulados asegurar la conservación, el fomento y el aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos y del medio acuático, así mismo, lograr su disponibilidad permanente y manejo racional	
Ley 17 de 1981	X	X	Corales	Incluye en su anexo 1 como especies amenazadas algunas familias de corales indicando medidas de limitación a su comercio y explotación.	Decreto 1741 de 1978. Crea el Área de Manejo Especial de la Bahía de Cartagena y del Canal del Dique"
Ley 45 de 1985	X	X	Ecosistemas marinos	Alude a la necesidad de tener en cuenta el efecto de la pesca de determinadas poblaciones de peces sobre poblaciones de especies asociadas o dependientes de aquéllas y sobre el ecosistema marino en su conjunto.	Decreto 1667 de 2002. Designa el Delta del río San Juan y el Delta del río Baudó, para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional RAMSAR.
Ley 119 de 1991	X			Acciones de conservación sobre toda reserva de peces u otros recursos marinos en cualquier parte de la alta mar adyacente al mar territorial que se encuentre sobreexplotada por otro estado.	
Ley 165 de 1994	X	X		Aplica por COP para las partes signatarias el Mandato de Yakarta y su programa de trabajo, relacionado con la biodiversidad costera y marina, cuyos elementos estratégicos son: a) El manejo integrado de las zonas costeras y marinas; b) El uso sostenible de los recursos marinos vivos; c) La promoción del establecimiento de áreas marinas y costeras protegidas	
Ley 357 de 1997	X	X	Humedales (incluye los marino costeros y sus ecosistemas asociados, lagunas, pastos, fondos, corales.	Asigna al estado la responsabilidad específica de conservar y proteger los humedales y sus ecosistemas asociados.	

## 12.8 Vía Ordenamiento Ambiental Territorial y Limítrofe

**Ley 32 de 1975.** Por medio de la cual se aprueba el Convenio sobre delimitación de Áreas Marinas y Submarinas y Cooperación Marítima entre las Repúblicas de Colombia y del Ecuador.

Dentro del texto aprobado se indica que es deber de los signatarios propiciar la más amplia cooperación internacional para coordinar las medidas de conservación que cada Estado aplique en las zonas de mar sometidas a su soberanía o jurisdicción, particularmente en referencia a las especies que se desplazan mas allá de sus respectivas zonas jurisdiccionales, tomando en cuenta las recomendaciones de los organismos regionales pertinentes y los datos científicos más veraces y actualizados.

**Ley 10 de 1978.** Por medio de la cual se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva y plataforma continental. Establece un área adyacente al mar territorial, denominada zona económica exclusiva cuyo límite exterior llegará a 200 millas náuticas medidas desde las líneas de base desde donde se mide la anchura del mar territorial; en dicha zona la Nación colombiana ejercerá derechos de soberanía para efectos de la exploración, explotación, conservación y administración de los recursos naturales vivos y no vivos del lecho y del subsuelo y de las aguas adyacentes; así mismo, ejercerá jurisdicción exclusiva para la investigación científica y para la preservación del medio marino

**Ley 7 de 1980.** por medio de la cual se aprueba el Convenio de Incorporación de Colombia al Sistema del Pacífico Sur Chile Ecuador y Perú, La temática del convenio apunta a asegurar mediante el ejercicio de soberanía y jurisdicción en la zona marítima de 200 millas, el derecho de los estados firmantes a disponer de los recursos naturales del mar, su suelo y subsuelo; una soberanía exclusiva que tiene efectos para la exploración, conservación y administración de los recursos naturales vivos y no vivos del lecho y subsuelo del mar y de las aguas adyacentes Así mismo un ejercicio de la jurisdicción, con respecto a la investigación científica y la preservación del medio marino.

**Ley 164 de 1994.** Por medio de la cual se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático donde se reconoce el Manejo Integrado de Zonas Costeras como el proceso más apropiado para direccionar a corto y largo plazo las medidas de manejo costero, incluidos la pérdida de hábitat, la degradación de la calidad del agua, los cambios en los ciclos hidrológicos, el agotamiento de recursos costeros, y la adaptación a cambios del nivel del mar, entre otros impactos del cambio climático global.

Indica que dentro de los componentes cruciales de la ordenación integrada de las zonas marinas deben incluirse actividades sectoriales pertinentes, como la construcción y la minería en las zonas costeras, la maricultura, la ordenación de los manglares, el turismo, la recreación, las prácticas de pesca y las actividades realizadas en tierra, incluida la ordenación de cuencas hidrográficas.

**Ley 165 de 1994.** Aprobatoria Convención de Biodiversidad Biológica: El convenio aprobado insta a las partes contratantes a promover la protección de ecosistemas y hábitat natural y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales.

Aspecto a resaltar de la Decisión VII/5 (COP 7) que aplica para los signatarios es el de la solicitud para las partes de avanzar en el establecimiento y/o fortalecimiento de sistemas regionales y nacionales de áreas marinas y costeras protegidas, integrándolos a la red mundial como una contribución al logro de objetivos globales de conservación de la biodiversidad marina y costera.

**Ley 388 de 1994.** Su artículo 10 determina la incorporación de los determinantes ambientales dentro de todo plan o esquema de ordenamiento territorial.

**Ley 357 de 1997.** Aprobatoria de la Convención Ramsar. Al constituirse en un compromiso internacional, esta ley permite que haya un mayor interés por desarrollar todas las temáticas relacionadas con los humedales, incluyendo la ordenación de sus ecosistemas asociados como estrategia de manejo.

**Decreto 1436 de 1984** establece las líneas de base a partir de las cuales se mida la anchura del mar territorial y la zona económica exclusiva de la nación.

**Tabla 12.5** Matriz resumen de la protección de ecosistemas marino costeros vía ordenamiento ambiental territorial y limítrofe

Fuente: Revisión de autor

Norma	Alusión General	Alusión Específica	Ecosistema referenciado	Acción de ordenamiento
<b>Ley 32 de 1975</b> delimitación de Áreas Marinas y Submarinas y Cooperación Marítima entre Colombia y Ecuador	X			Delimita para conservar y administración de los recursos naturales vivos y no vivos del lecho y subsuelo del mar y de las aguas adyacentes.
<b>Ley 10 de 1978</b> sobre mar territorial, zona económica exclusiva, y plataforma continental,	X			Delimita la zona económica exclusiva.
<b>Ley 7 de 1980</b> aprueba el Convenio de Incorporación de Colombia al Sistema del Pacífico Sur donde ya se encuentra Chile, Ecuador y Perú	X			Marca soberanía exclusiva para efectos de conservación y administración de los recursos naturales vivos y no vivos del lecho y subsuelo del mar y de las aguas adyacentes. Así mismo un ejercicio de la jurisdicción, con respecto a la investigación científica y la preservación del medio marino.
<b>Ley 164 de 1994</b> aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	X	X	Ordenación de manglares	ordenación integrada de las zonas marinas reconociendo el MIZC como proceso válido a seguir en ellas
<b>Ley 165 de 1994</b> aprobatoria Convención de Biodiversidad Biológica	X	x	Ecosistemas marino costeros	Insta a las partes al establecimiento y/o fortalecimiento de sistemas regionales y nacionales de áreas marinas y costeras protegidas
<b>Ley 388 de 1994</b>	X			Determinantes ambientales como principio de ordenamiento ambiental del territorio.
<b>Ley 357 de 1997</b> aprobatoria de Convención RAMSAR	X	X	Manglares	Como principio rector indica la necesidad de aplicar esquemas de ordenamiento de manglares

## 12.9 Vía acción judicial, trámite gubernativo o función policiva

**Ley 55 de 1989.** Aprobatoria del Tratado de responsabilidad civil por daños causados por contaminación de aguas del mar por hidrocarburos y su protocolo 1976 sobre estrategia regional de biodiversidad en países andinos.

Dentro de las determinaciones que aplican para Colombia en virtud de esta ley aprobatoria encontramos que cuando un siniestro haya causado daños por contaminación en el territorio, inclusive el mar territorial, de uno o más Estados contratantes, podrán interponerse acciones en demanda de indemnización ante los tribunales de ese o esos Estados contratantes. Cada Estado contratante hará lo oportuno para garantizar que sus tribunales gocen de la necesaria jurisdicción para entender de tales acciones en demanda de indemnización.

Planea la creación de un Fondo para indemnizaciones, siendo competentes para manifestarse sobre el uso de los dineros allí consignados los Tribunales que cada Estado signatario determine para el efecto.

**Ley 84 de 1989.** Adopta el Estatuto Nacional de Protección de los Animales y se crean unas contravenciones que buscan prevenir el maltrato a todo animal, comprendiendo dentro de esta expresión los silvestres, bravíos o salvajes y los domésticos y domesticados, cualquiera sea el medio físico en que se encuentren o vivan, en libertad o en cautividad. Exceptúa de lo dispuesto los actos de aprehensión o apoderamiento en la caza y pesca deportiva, comercial, industrial, de subsistencia o de control de animales silvestres, bravíos o salvajes. Determina sanciones consistentes en multa, arresto o suspensión de licencias

**Ley 1 de 1991.** Ley de actividad Portuaria cuyo artículo 9 fue declarado parcialmente inexecutable a través de la Sentencia No. C-526 /94 del 24 de noviembre de 1994 Dicho artículo indicaba en relación al contrato que otorga una concesión portuaria que: *'no será necesario permiso de funcionamiento ni acto adicional alguno de la autoridad administrativa del orden nacional'*. La ley 99 subroga tácitamente este artículo al determinar que sin perjuicio de la competencia legal de la Superintendencia General de Puertos de otorgar concesiones portuarias la licencia ambiental es prerrequisito para el otorgamiento de concesiones portuarias.

**Ley 99 de 1993** Su artículo 49 indica la obligatoriedad de la Licencia Ambiental. Para ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje. Este requerimiento se enfatiza para aspectos relacionados con lo marino en el artículo 52 que atribuye la competencia privativa del Ministerio del Medio Ambiente para otorgar licencia para la ejecución de obras y actividades de exploración, explotación, transporte, conducción y depósito de hidrocarburos, y construcción de refinerías, ejecución de proyectos de gran minería, construcción o ampliación de puertos marítimos de gran calado, proyectos que afecten el Sistema de Parques Nacionales Naturales e introducción al país de parentales para la reproducción de especies foráneas de fauna y flora silvestre que puedan afectar la estabilidad de los ecosistemas o de la vida salvaje.



**Decreto Ley 2811 de 1974.** Código nacional de los recursos naturales. Sus artículos 99 y siguientes, incluidos en el capítulo sobre explotación y ocupación de los Cauces, Playas y Lechos, contienen aspectos que por su conexión aportan a la conservación de ecosistemas de Manglar y bosques de transición, Sistemas de Playas y acantilados, estuarios, deltas y lagunas costeras. Determina que requiere permiso la extracción por particulares, de materiales de arrastre de los cauces o lechos de las corrientes o depósitos de aguas, como piedras, arena, y cascajo. Así mismo que cuando se autoricen trabajos en cauces o lechos de ríos o lagos, las concesiones para la exploración o explotación mineral, no podrán ser otorgadas sin previa autorización de la entidad que debe velar por la conservación del cauce o lecho. Su artículo 165 determina que el ejercicio de cualquier actividad que pueda causar contaminación o depredación del ambiente marino requiere permiso, aludiendo también a lo marino en su artículo 169 donde anota que la nación se reserva el dominio de la energía que pudiere llegar a generarse con las corrientes marinas o con las mareas sin perjuicio de derechos adquiridos.

**Ley 599 de 2000.** Código Penal. Su título XI, contempla los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente; Relevantes para lo marino resultan los delitos que incluyen dentro de su protección los recursos hidrobiológicos: “Ilícito aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables”, el cual requiere para su tipificación, que la actividad se realice de forma ilícita y que la especie en cuestión se encuentre declarada como amenazada o en vía de extinción, el “Daño a los recursos naturales” aplicando penas de 32 a 108 meses de prisión a quien destruya, inutilice, haga desaparecer o de cualquier otro modo dañe los recursos naturales causándoles una grave afectación o a los que estén asociados con éstos o se afecten áreas especialmente protegidas y finalmente “La pesca ilegal” y la Contaminación de fuentes hídricas.

**Ley 1333 de 2009.** Procedimiento sancionatorio ambiental. Reglamenta el daño ambiental indicando que será también constitutivo de infracción ambiental la comisión de un daño al medio ambiente, con las mismas condiciones requeridas para configurar la responsabilidad civil extracontractual establece el Código Civil y la legislación complementaria; a saber: el daño, el hecho generador con culpa o dolo y el vínculo causal entre los dos. Cuando estos elementos se configuren darán lugar a una sanción administrativa ambiental, sin perjuicio de la responsabilidad que para terceros pueda generar el hecho en materia civil. Incluye dentro de las causales de agravación de la responsabilidad en materia ambiental. Realizar la acción u omisión en áreas de especial importancia ecológica y que la infracción sea grave en relación con el valor de la especie afectada, el cual se determina por sus funciones en el eco-sistema, por sus características particulares y por el grado de amenaza a que esté sometida. Entiende por especie amenazada, aquella que ha sido declarada como tal por tratados o convenios internacionales aprobados y ratificados por Colombia o haya sido declarada en alguna categoría de amenaza por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

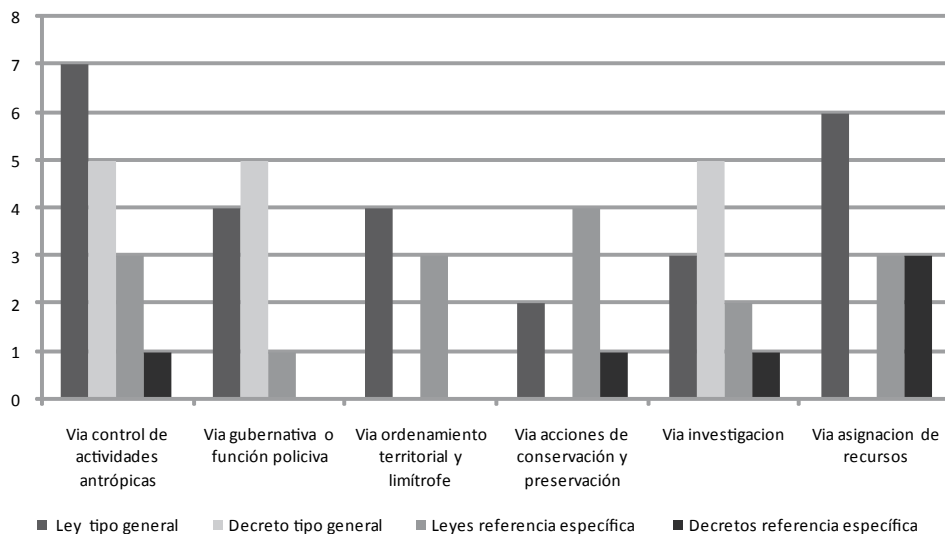
Tabla 12.6 Matriz Protección de ecosistemas marino costeros vía gubernativa o función policiva

Norma	Alusión General	Alusión Específica	Ecosistema referenciado	Acción gubernativa o policiva	Decretos relacionados con su implementación
Ley 55 de 1989	X			Sanciones pecuniarias y restricciones.	Decreto 1541 de 1978. Indica que el dominio sobre las aguas de uso público no prescribe en ningún momento. Incluye las aguas de los lagos, lagunas, ciénagas, pantanos, que involucraría los humedales. Determina que salvo concesión hay objeto ilícito en la enajenación de las aguas de uso público y sobre ellas no puede constituirse derechos independientes). Exige como requisito para la obtención de la licencia para obras hidráulicas en playas cauces o lechos un estudio ecológico y ambiental previo, para determinar los efectos de obras sobre el recurso hídrico, los recursos hidrobiológicos y los demás recursos relacionados,
Ley 1 de 1991	X			Exigencia de licencia ambiental	
Ley 99 de 1993	X			Competencia para otorgar y casos en los cuales se exigen licencia ambiental	Decreto 1875 de 1979. Regula la contaminación al medio marino por barcos a través de una póliza de responsabilidad civil o garantía bancaria para amparar los daños por contaminación que pudieran ocasionar a la nación o a terceros durante el tiempo de permanencia en puerto o en aguas jurisdiccionales colombianas. Faculta a la autoridad marítima del área para negar el zarpe a toda nave o artefacto naval que haya causado contaminación, salvo que se haya constituido y aceptado la garantía de póliza y ella cubra todos los daños causados por efectos de la misma contaminación
Decreto Ley 2811 de 1974	X	X	Cauces, Playas y Lechos, por extensión manglares	Exigencia de permiso para exploración y explotación, en o cualquier actividad que pueda causar contaminación o depredación del ambiente marino. Regulación de concesión minera.	Decreto 1601 de 1984. Sanidad portuaria y vigilancia epidemiológica en naves y vehículos terrestres con el objeto de evitar la entrada, salida y propagación de enfermedades que afecten a la población humana, a los animales o vegetales y sus productos o deterioren el ambiente. Exige como requisito para la localización de terminales portuarias (...). Obtener concepto favorable del instituto de recursos naturales renovables, para tomar las medidas precautelativas necesarias por las posibles implicaciones ecológicas que pueda originar.
Ley 599 de 2000 Código Penal	X			Típica conductas que atentan contra el medio ambiente.	Decreto Ley 2324 de 1984. Atribuye a la Dirección General Marítima (DIMAR) la función de aplicar, fiscalizar y hacer cumplir las normas nacionales e internacionales sobre prevención y protección del medio marino. Su división de litorales atiende las labores de planeación, inspección, construcción, administración, mantenimiento y operación del material y equipo de señalización marítima y propone el Director General la adopción de políticas y técnicas para el manejo, control y la administración de la zona costera. A las Capitanías de Puerto, como dependencia regional o seccional le compete Investigar, los siniestros y accidentes marítimos, las infracciones a la ocupación de espacio público en playa, e imponer las sanciones respectivas y contribuir a los programas generales de preservación y conservación del medio marino a través de sus actividades de control y vigilancia.
Ley 1333 de 2009	x			Indica el procedimiento de la acción asancionatoria ambiental que esta a cargo de las autoridades ambientales competentes.	Decreto 1220 de 2005. Licencias ambientales determina con mayor claridad los casos en que la autoridad ambiental asume competencia para negar u otorgar la licencia en el sector marítimo y portuario que incluye a) La construcción, ampliación y operación de puertos marítimos que no sean de gran calado, los dragados de profundización, La estabilización de playas y entradas costeras; y la creación de playas artificiales y de dunas.



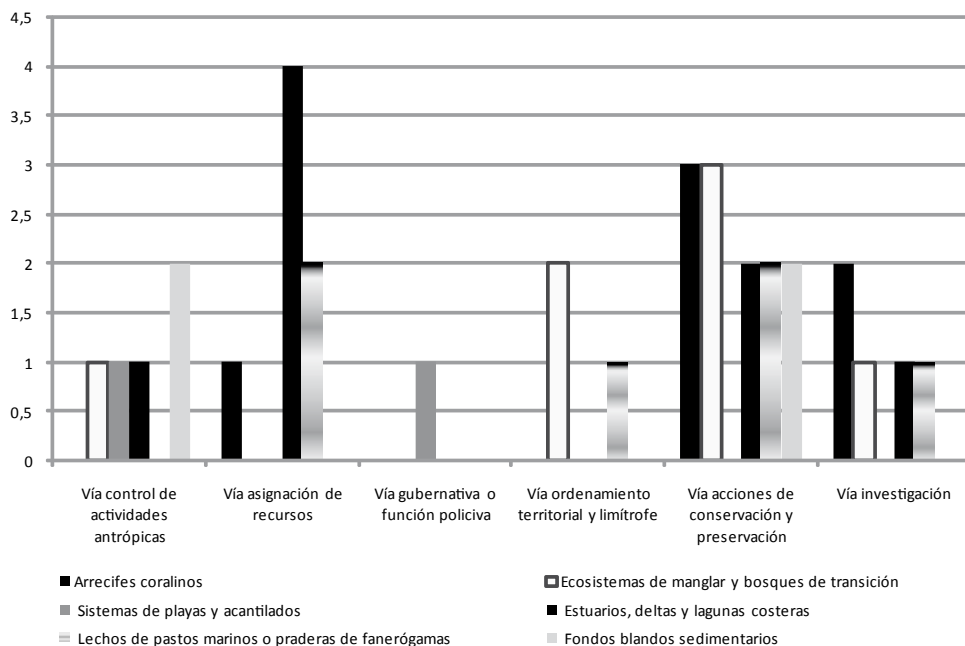
**Figura 12.1** Protección normativa de ecosistemas marinos y costeros.

Fuente análisis de autor

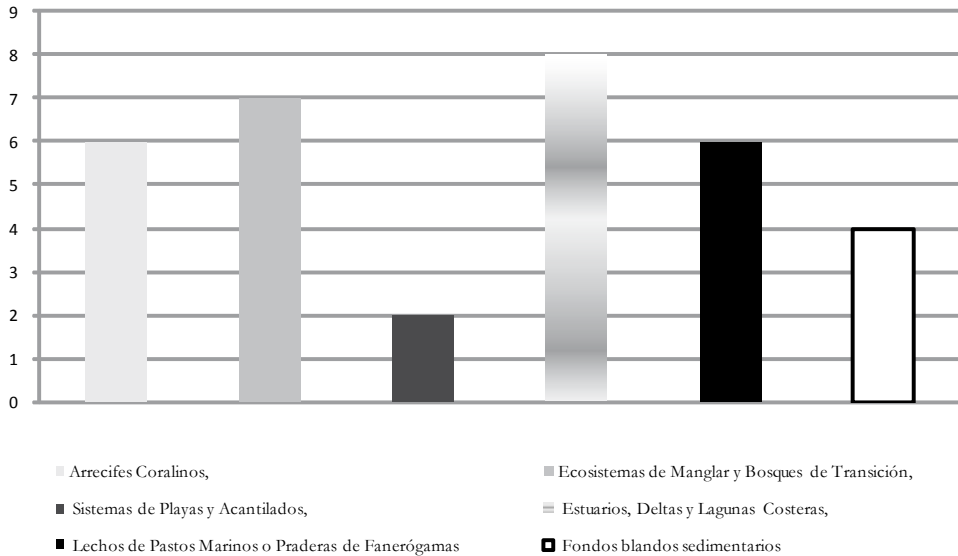


**Figura 12.2** Relación Vía de Protección de ecosistema marino costero y referencia específica en la norma

Fuente revisión de autor



**Figura 12.3** Índice de referencia específica de Ecosistemas marino costeros en las diferentes vías de protección  
Fuente: revisión de autor



## 12.10 Retos normativos para la protección

De acuerdo con el panorama anteriormente planteado se identifican tres niveles de acción en cuanto a retos normativos: de derecho internacional, de regulación interna y de implementación de lineamientos de política.

En lo que atañe al primer nivel se enuncian a continuación aquellos instrumentos que se consideran propicios para la protección de los ecosistemas marinos y costeros pero que aun no tienen un desarrollo en el país, ya sea porque Colombia no participa en las reuniones preparatorias o porque habiéndolo hecho no se ha expedido ley aprobatoria que introduzca al ordenamiento normativo interno las determinaciones tomadas en la convención. Para otras si bien se ha avanzado en algunos pasos del protocolo diplomático aun faltan algunos para su final entrada en vigor.

- Convenio Internacional para el control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los buques. Omi 2004 Ninguno de los países del Pacífico Sudeste es parte del Convenio Internacional sobre control y gestión del agua de lastre (BWM) 2004.
- Convención para la protección e la naturaleza y preservación de la vida silvestre en el hemisferio occidental (Washington) 17 de enero de 1941.
- Convención sobre el mar abierto (Ginebra Suiza) Abril 25 1958.
- Protocolo opcional concerniente al establecimiento obligatorio de disputas a partir de las convenciones de la ley del Mar (UNCLOS) Ginebra sept. 30 de 1962.
- Convención internacional relacionada con la intervención en caso de ocurrencia de conta-

minación por hidrocarburos en alta mar (Bélgica 1969).

- Protocolo para enmendar la convención sobre humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat acuático 1982.
- Convención Park cuyo objetivo es prevenir la contaminación marina por el arrojado de desechos y otros materiales al mar (Washington, Londres México Moscú 27 de dic. de 1972).
- Anexo III de Marpol reglas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel y reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por vía marítima empacadas.
- Anexo IV opcional MARPOL Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques (Londres 1973).
- Convención para la prevención de la contaminación marina por fuentes terrestres (Paris Francia) 1974.
- Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (Bonn Alemania) A la fecha 6 países (Argentina, Chile, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay) son países miembros.
- Protocolo Plan de acción para la protección ambiental del Caribe (Montego Bay Jamaica).
- Convención para la protección de los recursos naturales y del ambiente en la región pacífico sudeste; protocolo concerniente a la cooperación para combatir emergencias de contaminación del pacífico sudeste por basuras (Noumea 1986).
- Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho al mar (Jamaica 1982)
- Apéndice y anexos al protocolo concerniente a áreas y vida silvestre especialmente protegidas de la región del Gran Caribe (Martinica) 1991.
- Protocolo relativo a la contaminación procedente de fuentes y actividades terrestres de la convención para la protección y el desarrollo del ambiente marino de la región del gran Caribe (Aruba 1999).
- Acuerdo para establecer límites de reserva de peces altamente migratorios (producto Río + 10 1992).

En el nivel de reglamentación debe anotarse que al existir un mayor porcentaje de leyes y decretos que aluden de forma general a todo el conjunto de recursos naturales, que las que referencian directamente a ecosistemas marinos y costeros, se presenta una situación de vacío normativo no por ausencia sino por no especificidad; lo cual genera que las medidas aplicadas en cada vía de protección sean de un desarrollo más lento y dispendioso, y en algunos casos se imposibilite la implementación de medidas de protección. Tal es el caso de las multas y sanciones que como acciones de la vía policiva han tenido una muy baja eficacia en el cumplimiento de su objetivo el cual es disuadir la realización de conductas que puedan afectar los ecosistemas marinos y costeros en su particularidad.

Si bien la revisión de las jerarquías normativas seleccionados dio como resultado un marco legislativo importante en lo que a leyes aprobatorias de tratados se refiere, con un nivel general o específico de protección para todos los ecosistemas marino costeros, debe anotarse que su implementación sigue siendo incipiente sobre todo en lo que respecta a regulaciones específicas para estos ecosistemas. Este hecho genera una situación de limbo jurídico para las medidas incluidas en el texto de la ley aprobatoria del Convenio, pues su concreción a través de acciones solo es posible a partir de una regulación vía administrativa evidenciada en el decreto reglamentario.

En el tercer y último nivel de análisis de los retos normativos debe hacerse necesaria alusión a la reglamentación de los programas y acciones determinados en la Política Nacional Ambiental de Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras PNAOCI la cual, sin ser un instrumento normativo en estricto sentido, representa uno de los principales marcos de acción para la protección de los ecosistemas marinos y costeros.

Teniendo en cuenta que derivar conclusiones sobre todo el escenario de implementación de la Política desbordaría los parámetros metodológicos definidos previamente para este capítulo, se hace alusión aquí a dos aspectos que se plantean como retos normativos en el tema tratado.

Dichos aspectos son en primer término la inclusión de los ecosistemas marinos y costeros dentro del ordenamiento territorial de la nación, reconociéndolos como parte integral y estratégica del territorio, para armonizar sus usos y las actividades que allí se realicen, lo cual requiere de un trabajo legislativo o reglamentario vía acto administrativo; y en segundo lugar el establecimiento de las áreas marinas y costeras del pacífico y el Caribe como regiones integrales de planificación y ordenamiento ambiental territorial adoptando y caracterizando unidades ambientales en cada una de ellas bajo un enfoque de planificación estratégica regional. (PNAOCI 2000).

Ya sea que se reglamente vía legislativa (donde pueden alcanzar un status de ley orgánica dado que involucran medidas de ordenación del territorio y asignación o reasignación de funciones a entes territoriales en relación quizá a un nuevo tipo de suelo costero), o que se opte por reglamentar vía decreto particular para temas como Unidades ambientales Costeras o delimitación de zona costera, estas dos metas de la Política se constituyen en “llaves” normativas que abren la puerta para avanzar en las demás acciones incluidas en la Política y que aportan definitivamente al actual escenario de protección de los ecosistemas marinos y costeros, el cual como se observó en la revisión realizada requiere aun fortalecerse para seguir avanzando.

### **12.11 Literatura consultada y citada.**

Navarrete-Le Bas F. Evaluación y Perspectivas del Código Nacional de Recursos naturales de Colombia en sus 30 años de vigencia. Universidad Externado de Colombia. 2008.

Melgarejo, L. M., J. Sánchez, A. Chaparro, F. Newmark, M. Santos Acevedo, C. Burbano y C. Reyes. Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia Bogotá: Cargraphics, 2002. 334p.--(Serie de Documentos Generales INVEMAR No.10)

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. DNP Manual Financiero para las Entidades del Sector Ambiental. 2002



MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Dirección de Ecosistemas, Uso Sostenible, manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar. Julio de 2002.

Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e insulares de Colombia. 2000

Uribe Vargas, D. Mares de Colombia, Ediciones Universidad Jorge Tadeo Lozano 2001.

Normatividad citada <http://www.banrep.gov.co/juriscal/>



Sede principal: Cerro Punta Betín - Santa Marta, Colombia • A.A. 1016 • Teléfono: (57) (5) 432860 • Telefax: (57) (5) 4328694  
Sede Pacífico: Km 17 recta Cali-Palmira (CIAT) - Colombia • A.A. 6713 casillero 36 • Teléfono: (57) (2) 4450112  
Oficina Bogotá D.C.: Calle 44 N° 45 - 67 • Unidad Camilo Torres, of. 501 - 502 Bloque C - Módulo 4 • Teléfono: (57) (1) 221 5742