

Serie de Publicaciones Periódicas

Número 8



Septiembre de 2009

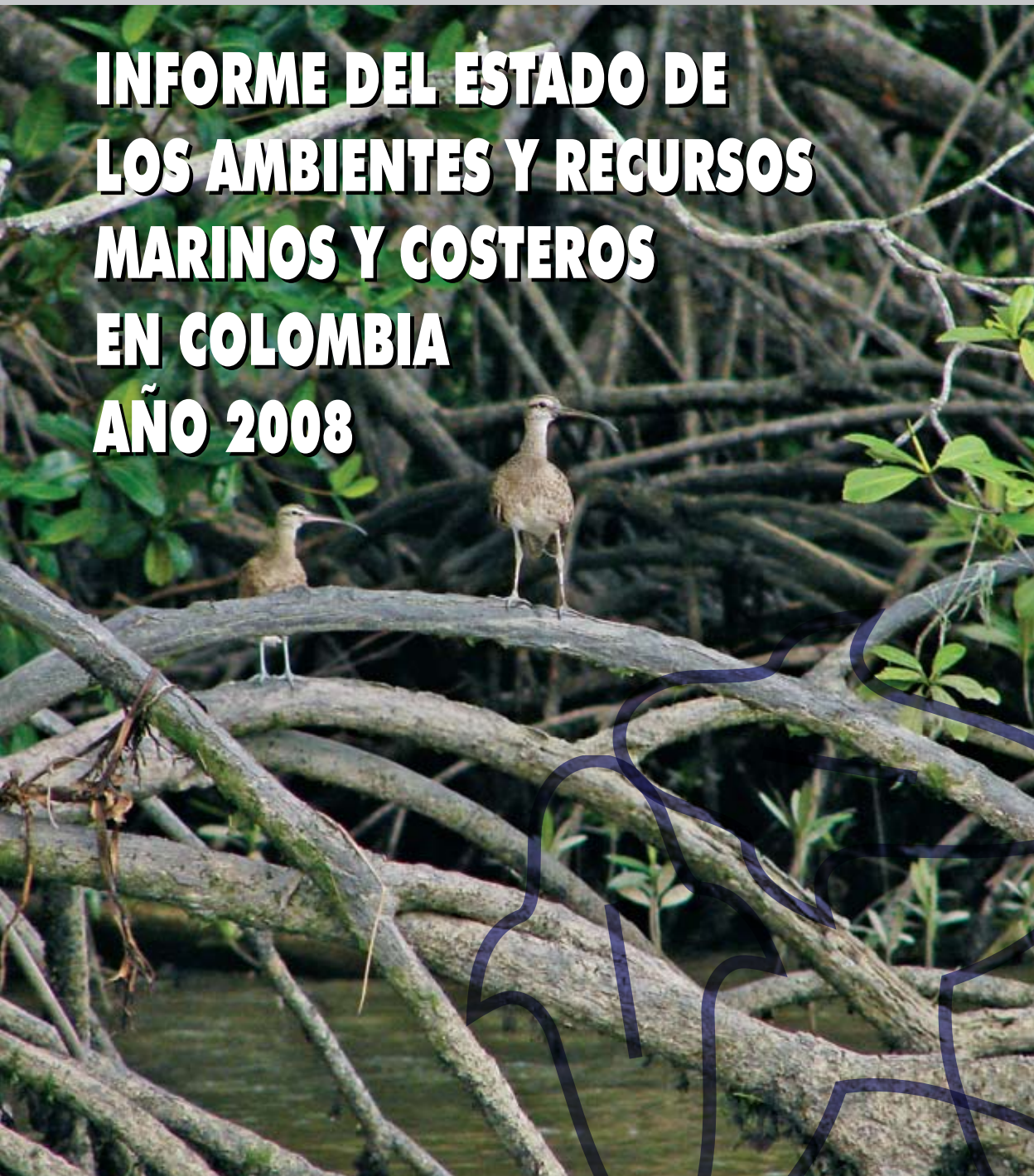
Santa Marta - Colombia

ISSN: 1692-5025

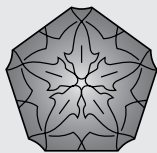
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis"

Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA AÑO 2008



**INFORME DEL ESTADO
DE LOS AMBIENTES Y
RECURSOS MARINOS
Y COSTEROS EN
COLOMBIA AÑO 2008**



INVEMAR

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
“Jose Benito Vives De Andréis”
INVEMAR

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 Aprovechamiento de Recursos (VAR)**

Mario E. Rueda Hernández

Coordinador Servicios Científicos (CSC)

Oscar David Solano Plazas

Santa Marta, 2009

Cerro Punta Betín, Santa Marta, DTCH

PBX (+57) (+5) 4380808 • Fax (5) 4233280 • A. A. 1016

www.invemar.org.co

Coordinación General

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirector Coordinación de Investigaciones

Autores

1. Blanca Oliva Posada, Daniel Mauricio Rozo, Jiner Bolaños y Anny Zamora
2. Programa Geociencias Marinas, INVEMAR
3. Walberto Troncoso O., Lizbeth Janet Vivas A., Silvia Narváez Florez, Luisa Fernanda Espinosa D.
4. Raúl Navas Camacho, Kelly Gómez Campo, Johana Vega Sequeda y Tomás López Londoño
5. Alianis Orjuela, Carlos Villamil, Laura Perdomo, Angela López Rodríguez, Paula Cristina Sierra Correa
6. Diana Isabel Gómez López
7. Angélica María Batista-Morales
8. Erika Montoya Cadavid
9. Martha Díaz, Luz Marina Mejía, Manuel Garrido, Natalia Ramírez y Jaime Cantera
10. Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos (VAR), INVEMAR

Compilación y producción editorial

Luisa Fernanda Santiago

Coordinadora Divulgación

Foto Portada

Zarapito Común (*Numenius phaeopus*) sobre las raíces aéreas de un árbol adulto de *Rhizophora* sp. en el Parque Nacional Natural Sanquianga. Fotografía tomada por Richard Johnston, Asociación Calidris.

Diagramación y montaje

John Aref Khatib/Carlos Iván González (Ediprint Ltda.)

Impresión

Alianza Ediprint Ltda - Guerra editores

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

Contribución No. 780 del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andréis” – INVEMAR

ISSN: 1692-5025

© Derechos reservados conforme a la ley,

los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente

Citar la obra completa:

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, 244p.

Citar Capítulos:

Autores. 2009. Título. Pp (intervalo de páginas). 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, 244p

Palabras Clave: Recursos Costeros, Recursos Marinos, Ecosistemas Marinos, Colombia

PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andréis” - 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.

Este año se realizaron ajustes a la forma de presentación de este Informe debido a que la información marina en Colombia especialmente la relacionada con estudios en ecosistemas, en muchos casos, se encuentra dispersa e inaccesible, muy abundante, muy poca o muy específica, lo cual no favorece un estudio que incorpore todo el conocimiento existente sobre ellos.

Por esta razón, se planteó la necesidad de contextualizar al lector a través de un compendio de referencias de los estudios relacionados en los anteriores Informes desde 1998 hasta la actualidad en cada una de las ecorregiones naturales del país.

De esta forma se pretende generar un seguimiento nacional e identificar vacíos de información a cualquier escala, para que de una forma práctica los tomadores de decisiones tengan una herramienta útil al momento de dirigir futuros esfuerzos en temas relacionados con ambientes y recursos marinos y costeros, de tal manera que se contribuya con su conservación y manejo sostenible.



FRANCISCO ARMANDO ARIAS ISAZA
Director General

AGRADECIMIENTOS

La Subdirección de la Coordinación de Investigaciones de INVEMAR agradece a las siguientes personas, quienes aportaron valiosa información, con la cual se actualizó para el año 2008 el estado de los ambientes y recursos marinos y costeros del país

Fondos Blandos:

Información del Pacífico: Luz Marina Mejía Ladino, mardeluz@invemar.org.co
Jaime Cantera, jcantera@univalle.edu.co

Información del Caribe: Johanna Medellín, johanna_medellin@invemar.org.co

Pastos Marinos:

Aminta Jauregui, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, aminta.jauregui@utadeo.edu.co

Arrecifes Coralinos:

Elvira María Alvarado Chacón	U. Jorge Tadeo Lozano	elvira.alvarado@utadeo.edu.co
Valeria Pizarro	U. Jorge Tadeo Lozano	valepizarro@yahoo.com
Alberto Acosta	U. Javeriana	laacosta@javeriana.edu.co
Juan Armando Sanchez	U. de los Andes	juansanc@uniandes.edu.co
Fernando Alberto Zapata Rivera	Universidad del Valle	fazapata@univalle.edu.co
Adolfo Sanjuan Muñoz	U. Jorge Tadeo Lozano	adolfo.sanjuan@utadeo.edu.co
Diego Luis Duque	UAESPNN - PNNCRSB	diegogorgonias@hotmail.com
Catalina González	U. Jorge Tadeo Lozano	caipora13@yahoo.com
Jorge Ivan Bermudez	U. Jorge Tadeo Lozano	jorgebermudez77@hotmail.com
Juan Francisco Carvajalino	U. Jorge Tadeo Lozano	juanfcalx@yahoo.com
Alejandra Ordoñez	U. Jorge Tadeo Lozano	shanna8525@yahoo.es
Jenny Carolina Rodríguez Villalobos	U. Jorge Tadeo Lozano	delivery@yousendit.com
Katrin Perilla Rocha	U. Jorge Tadeo Lozano	kagipe2@hotmail.com
Nelson Manrique Rodríguez	U. Jorge Tadeo Lozano	pseudoterogorgia@gmail.com
Alejandro Henao	U. Jorge Tadeo Lozano	alejo4010@hotmail.com
Milena Marrugo	U. Jorge Tadeo Lozano	milena_toi@hotmail.com

CONTENIDO

CAPÍTULO I

Marco geográfico

1.	Marco geográfico	19
1.1	Características generales de la región Caribe	19
1.1.1	Región Caribe continental.	20
1.1.1.1	Fisiografía	21
1.1.2	Hidrografía	22
1.2	Características generales de la región Caribe insular oceánica.	23
1.2.1	Fisiografía	23
1.2.2	Hidrografía	24
1.3	Características generales de la región Pacífico continental e insular	24
1.3.1	Fisiografía	25
1.3.2	Hidrografía	25
1.4	Literatura citada.	26

CAPÍTULO II

Estado del conocimiento del medio ambiente abiótico

2.	Aspectos físicos	29
2.1	Estado del arte en la investigación básica de la zona costera	30
2.1.1	Aspectos geológicos	30
2.1.2	Aspectos geomorfológicos	31
2.1.3	Aspectos hidrológicos	32
2.1.4	Aspectos climatológicos	32
2.1.5	Aspectos oceanográficos	34
2.2.	Estado de las investigaciones sobre amenazas costeras	36
2.2.1	Amenaza sísmica	36
2.2.2	Amenaza por tsunamis	36
2.2.3	Amenaza por erosión costera	38
2.2.4	Amenaza por inundaciones	41
2.3.	Propuestas de investigación	41
2.4.	Literatura citada.	42

3.	La calidad ambiental marina y costera	45
3.1.	Fuentes terrestres de contaminación marina	45
3.2	Estado actual de la calidad de las aguas marino-costeras.	48
3.2.1	Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para preservación de flora y fauna por medio de indicadores	49
3.2.2	Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para recreación y actividades pesqueras por medio de indicadores	51
3.3.	Conclusiones.	54
3.4.	Literatura citada.	54

CAPÍTULO III

Estado del conocimiento de los ecosistemas marinos y costeros

4.	Estado de los arrecifes coralinos	59
4.1.	Importancia, distribución y extensión de los arrecifes de coral	59
4.2.	Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia	59
4.3	Estado de los arrecifes de coral en las áreas de monitoreo SIMAC	60
4.3.1	Cobertura de los principales componentes del sustrato arrecifal	62
4.3.2	Ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales	65
4.3.3	Densidad de invertebrados vágiles	66
4.3.4	Peces arrecifales.	68
4.3.5	Instalación de estación SIMAC en Isla Fuerte.	73
4.4.	Conclusiones y recomendaciones Monitoreo SIMAC	76
4.5.	Otras contribuciones al estado del conocimiento de los arrecifes de coral	77
4.6.	Conclusiones y recomendaciones.	83
4.7	Literatura citada.	84
5.	Estado del conocimiento de los manglares	89
5.1	Definición e importancia	89
5.2	Normatividad vigente y manejo	93
5.3	Panorama nacional	97
5.4	Adelantos y esfuerzos investigativos durante 2008	99
5.4.1	Departamento de San Andrés y Providencia (Tomado de Villamil <i>et al.</i> , 2008).	99
5.4.2	Departamento del Magdalena	100
5.4.3	Departamento del Atlántico.	101

5.4.4	Departamento de Bolívar	103
5.4.5	Departamento de Córdoba	104
5.4.6	Departamento del Valle del Cauca	105
5.4.7	Departamento de Chocó	105
5.5	Conclusiones	106
5.6	Literatura citada.	107
6.	Estado de las praderas de pastos marinos.	109
6.1	Definición e importancia	109
6.2	Distribución de los pastos marinos en el Caribe colombiano.	110
6.3	Estado actual.	110
6.3.1	Monitoreo de <i>Thalassia testudinum</i> en la bahía de Chengue, PNN Tayrona: 1994-2008	118
6.3.2	Conclusiones.	118
6.3.3	Recomendaciones	118
6.4	Literatura citada.	120
7.	Estado de los litorales rocosos	125
7.1	Generalidades	125
7.2	Distribución de litorales rocosos en Colombia	126
7.3	Estado del conocimiento en litorales rocosos	129
7.4	Estado del ecosistema de litoral rocoso	146
7.5	Conclusiones.	147
7.6	Recomendaciones	148
7.7	Literatura citada.	149
8.	Estado del conocimiento de los fondos blandos en Colombia	157
8.1	Definición, localización e importancia.	157
8.2	Estado del conocimiento	158
8.2.1	Avances	158
8.2.2	Compendio de estudios relativos al ecosistema de fondos blandos	163
8.2.3	Listado de nuevos estudios	163
8.2.4	Listado complementario	166
8.3	Conclusiones.	168
8.4	Literatura citada.	169

CAPÍTULO IV

Estado del conocimiento de la diversidad de especies

9.	Diversidad de especies marinas	175
9.1	Introducción	175
9.2	Estado del conocimiento de la biodiversidad de especies de los principales grupos marinos en el Caribe y el Pacífico colombiano	176
9.3	Consejación y diagnóstico de especies amenazadas	187
9.4	Conclusiones	192
9.5	Literatura citada	194

CAPÍTULO V

Estado del conocimiento de los recursos sometidos a explotación

10	Estado de los recursos sometidos a explotación	209
10.1	Introducción	209
10.2	Recursos sometidos a explotación por pesca	209
10.2.1	Pesca industrial y artesanal del océano Pacífico	209
10.2.2	Pesca industrial y artesanal del Caribe colombiano	212
10.2.3	Pesquerías artesanales claves en Colombia	213
10.2.4	Efectos sobre la biodiversidad debidos a la pesca	227
10.3	Recursos sometidos a explotación por acuicultura y bioprospección	234
10.3.1	Acuicultura	234
10.3.2	Peces ornamentales	237
10.3.3	Bioprospección	238
10.4	Estado de avance en la valoración económica de bienes y servicios ambientales	240
10.5	Literatura citada	242

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Localización zona terrestre-costera de Colombia (Modificado de IGAC 2002)	20
Figura 2-1	Mapa de estaciones en los principales ríos colombianos, Se observa la escasez de estaciones en la zona costera (IDEAM en línea)	33
Figura 2-2	Red meteorológica de Colombia (IDEAM en línea)	35
Figura 2-3	Cartas náuticas disponibles para las costas de Colombia y la escala a la cual están representadas	36

Figura 2-4	Mapa de zonificación sísmica de Colombia. Se observa para el Caribe amenaza sísmica baja (verde) a intermedia (beige) y amenaza alta para todo el Pacífico (rojo) (Tomado de Ingeominas en línea).	37
Figura 2-5	Departamentos y municipios costeros del Caribe colombiano (modificado de Guzmán <i>et al.</i> , 2009)	39
Figura 2-6	Porcentaje de erosión costera por departamento para la costa Caribe, según su longitud línea de costa	39
Figura 2-7	a) Porcentaje de obras de protección costera por departamento; b) Porcentaje de habitantes en cada uno de los departamentos costeros, con respecto al total.	40
Figura 2-8	Línea de costa en erosión para cada uno de los departamentos costeros, con respecto al total.	41
Figura 3-1	Principales fuentes terrestres puntuales de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. Fuente: IGAC, 2002; DANE, 2008; Supertransporte, 2008.	47
Figura 3-2	Comportamiento histórico de las estaciones de muestreo en las que el índice de calidad de aguas marino-costeras para preservación de flora y fauna - ICAMPFF, ha mostrado bajas condiciones de calidad entre 2001 y 2008, en época seca y lluviosa.	49
Figura 3-3	Sitios de muestreo de la REDCAM, en los cuales durante el periodo 2001 -2008 han prevalecido las condiciones de baja calidad del agua (Tabla 3.1) para preservación de flora y fauna	52
Figura 3-4	Comportamiento histórico de las estaciones de muestreo en las que el índice de calidad de aguas marino-costeras para recreación, actividades náuticas y playas – ICAMRAP, han mostrado bajas condiciones de calidad entre 2001 y 2008, en época seca y lluviosa	53
Figura 3-5	Sitios de muestreo de la REDCAM, en los cuales durante el periodo 2001 -2008 han prevalecido las condiciones de baja calidad del agua (Tabla 3.1) para actividades de recreación y pesca.	55
Figura 4-1	Estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del SIMAC en áreas coralinas del Caribe y Pacífico colombiano.	61
Figura 4-2	Tendencias de la cobertura de corales duros y de algas en las áreas de monitoreo SIMAC del Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo	64
Figura 4-3	Tendencias de la cobertura de corales duros y de algas en áreas de monitoreo SIMAC del Pacífico colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo	64
Figura 4-4	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.	67
Figura 4-5	Tendencias de la densidad de erizos en las áreas de monitoreo del SIMAC del Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo	69
Figura 4-6	Tendencias de la densidad de erizos en las áreas de monitoreo del SIMAC del Pacífico colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo	69
Figura 4-7	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	70
Figura 4-8	Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Scaridae (SCA) y Lutjanidae (LUT), 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	71
Figura 4-9	Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Scaridae (SCA), Serranidae (SER), Acanthuridae (ACA) y Lutjanidae (LUT), en las áreas de monitoreo Urabá chocoano y San Andrés. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo	72
Figura 4-10	Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Serranidae (SER) y Carangidae (CAR), en las áreas de monitoreo Gorgona y Malpelo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo	73

Figura 4-11	Tendencias de la densidad de especies amenazadas en cinco áreas de monitoreo SIMAC: Tayrona (TAY), Santa Marta (SM), islas del Rosario (IROS), islas de San Bernardo (ISB) y San Andrés (SAI). Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo	74
Figura 4-12	Imagen del transecto cuatro en la estación Fondo Loco donde se observa la cadena de eslabones extendida sobre colonias coralinas para la evaluación de la cobertura del sustrato arrecifal.	75
Figura 5-1	Distribución espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano	90
Figura 5-2	Distribución espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano.	91
Figura 6-1	Pradera de <i>Syringodium filiforme</i> (a) y Pradera de <i>Thalassia testudinum</i> en medio de <i>Halimeda opuntia</i> (b) en el PNN McBean Lagoon, Isla de Providencia	109
Figura 6-2	Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Tomado de INVEMAR 2002	111
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 laboratorio Si-SIG del INVEMAR, a partir de la información registrada en Posada-Posada y Henao-Pineda (2007)	128
Figura 7-2	Mapa de distribución geográfica de litorales rocosos en la línea de la costa Pacífica. Elaborado en el laboratorio Si-SIG del INVEMAR, a partir de la información registrada según mapa de distribución de acantilados (López-Victoria <i>et al.</i> , 2004)	130
Figura 7-3	Distribución anual de publicaciones en litoral rocoso	131
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	158
Figura 8-2	Recuento histórico del número de trabajos relacionados con fondos blandos realizados entre 1998 y 2008 en Colombia.	159
Figura 9-1	Recuento histórico de los trabajos realizados por año en sistemática y taxonomía desde 1998 hasta la fecha en el Caribe colombiano. 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	183
Figura 9-2	Recuento histórico de los trabajos realizados por año en sistemática y taxonomía desde 1998 hasta la fecha en el Pacífico colombiano (a) y (b) otros estudios relacionados con biodiversidad. 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	185
Figura 10-1	Producción pesquera interanual industrial y artesanal para el Caribe y Pacífico colombiano (1990-2008). Datos tomados del liquidado INPA, del INCODER y del Convenio MADR - CCI 2008	210
Figura 10-2	Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2008. Fuente: Convenio MADR - CCI 2008	210
Figura 10-3	Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2008. Fuente: Convenio MADR - CCI 2008	211
Figura 10-4	Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2008. Fuente: Convenio MADR - CCI 2008	211
Figura 10-5	Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2008. Fuente: Convenio MADR-CCI-2008	212
Figura 10-6	Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2008. Fuente: Convenio MADR-CCI-2008.	213
Figura 10-7	Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano en el 2008. Fuente: Convenio MADR-CCI-2008.	213
Figura 10-8	Variación anual de las capturas comerciales en la CGSM por grupos de especies (2000-2008)	214
Figura 10-9	Composición de las capturas comerciales de moluscos y crustáceos (2000-2008)	215
Figura 10-10	Composición de las capturas comerciales de peces para la CGSM (2000-2008)	216

Figura 10-11	Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio \pm EE) multiespecífica de peces para la atarraya y trasmallo en la CGSM (2000-2008)	217
Figura 10-12	Variación anual de la captura promedio mensual (\pm EE) multiespecífica de peces y su ubicación respecto al PRL en la CGSM.	218
Figura 10-13	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)	219
Figura 10-14	Variación anual de la renta económica promedio mensual (\pm EE)	220
Figura 10-15	Variación anual de las capturas comerciales en ZDERS. Entre paréntesis se presenta el número de meses monitoreados por año. Fuente: SIPEIN [®] ; proyecto Plan de seguimiento y monitoreo de ZDERS	221
Figura 10-16	Composición de las capturas comerciales de peces. Fuente: SIPEIN “ZDERS”	222
Figura 10-17	Composición de las capturas de moluscos (a) y crustáceos (b). Fuente: SIPEIN “ZDERS”.	223
Figura 10-18	Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio \pm EE) de multiespecies de peces para la atarraya y trasmallo en la ZDERS (2001-2008). Fuente: SIPEIN “ZDERS”	224
Figura 10-19	Variación anual de la captura promedio (\pm EE) multiespecífica de peces y su ubicación respecto al PRL en la ZDERS. Fuente: SIPEIN “ZDERS”.	225
Figura 10-20	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”	225
Figura 10-21	Variación anual de la renta económica promedio (\pm EE) por pescador para los principales artes de pesca en la ZDERS y su ubicación con respecto a una renta umbral. Fuente: SIPEIN “ZDERS”	226
Figura 10-22	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.	229
Figura 10-23	Variación anual de la captura en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas	230
Figura 10-24	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	231
Figura 10-25	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.	232
Figura 10-26	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	233
Figura 10-27	Producción de camarón de cultivo en el Caribe y Pacífico colombiano (Com. Pers. ACUANAL-CENIACUA)	235
Figura 10-28	Valor (USD) de las exportaciones de camarón de cultivo <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> para Colombia (Com. Pers. ACUANAL-CENIACUA)	235
Figura 10-29	Publicaciones por año relacionadas con la búsqueda de sustancias bioactivas y estructuras químicas obtenidas de extractos de organismos marinos.	239

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia	19
Tabla 1-2	Algunas cifras importantes de las costas colombianas. Fuente: Censo DANE año 2005	20
Tabla 2-1	Planchas geológicas publicadas y la escala de las mismas para la zona costera colombiana	30
Tabla 2-2	Mapas geomorfológicos publicados y la escala de los mismos para la zona costera colombiana	31

Tabla 3-1	Escala de valoración de aguas marinas y estuarinas utilizando el índice de calidad -ICAM-	8
Tabla 4-1	Registro histórico de las áreas coralinas visitadas en los monitoreos de arrecifes coralinos desarrollados por el SIMAC	63
Tabla 4-2	Promedio (Prom) y error estándar (EE) de los componentes evaluados por el SIMAC en la estación instalada en el sector de Fondo Loco, Isla Fuerte, en octubre de 2008	74
Tabla 4-3	Promedio (prom) y error estándar (EE) de la abundancia (individuos/60 m2) de familias selectas en la estación Fondo Loco, instalada en octubre de 2008	76
Tabla 4-4	Organización temática de las contribuciones en el IEARMC y el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras sobre arrecifes coralinos desde 1998 al 2008	78
Tabla 4-5	Listado de registros de arrecifes coralinos por temáticas y ecorregiones naturales según el PNIBM (INVEMAR, 2000) de acuerdo a los registros del IEARMC y el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras	79
Tabla 5-1	Cobertura actual y distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianas	92
Tabla 5-2	Áreas estimadas de cobertura de manglar en Colombia	93
Tabla 5-3	Normatividad vigente para los ecosistemas de manglar	93
Tabla 5-4	Avances del proceso de zonificación y ordenamiento de los manglares en Colombia, de acuerdo a la normatividad vigente	94
Tabla 5-5	Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo, aprobadas mediante resolución 0721 de 2002 y 0442 del 2008 del MAVDT	96
Tabla 5-6	Investigaciones en bosques de manglar colombianos realizadas desde 1998, en temáticas de interés nacional	97
Tabla 5-7	Esfuerzos locales y regionales de investigación en bosques de manglar conforme a temáticas de interés nacional desde 1998	98
Tabla 5-8	Clasificación de las coberturas emergidas y sumergidas del Parque Regional Old Point. Ag: <i>A. germinans</i> , Rm: <i>R. mangle</i> , Lr: <i>L. racemosa</i> , Ce: <i>C. erectus</i>	99
Tabla 5-9	Distribución por sectores de las categorías de manejo empleadas en la zonificación de las áreas de manglar del departamento del Atlántico	102
Tabla 5-10	Atributos estructurales del bosque de mangle presente en el perímetro urbano de la ciudad de Cartagena	103
Tabla 5-11	Cobertura de bosques de manglar en el antiguo y nuevo Delta del río Sinú, durante los años 2000, 2003, 2005, 2006, 2007 y 2008	104
Tabla 5-12	Principales aspectos de las unidades de zonificación de bosques de mangle en el sitio Ramsar “Delta del río Baudó”	105
Tabla 5-13	Actualización de las áreas de manglar para el departamento del Cauca (estudios de INVEMAR, CRC y MAVDT, 2008)	106
Tabla 5-14	Áreas de manglar zonificadas en el departamento del Cauca (estudios de INVEMAR, CRC y MAVDT, 2008)	106
Tabla 6-1	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	112
Tabla 6-2	Ecorregiones naturales (INVEMAR, 2000) y Departamentos en los que se han llevado a cabo estudios sobre pastos marinos en Colombia entre 1998 y 2008	114
Tabla 6-3	Listado de estudios en pastos marinos entre 1974 y 1996, relacionados en las bases de datos de INVEMAR	115

Tabla 6-4	Instituciones que han apoyado las investigaciones realizadas sobre pastos marinos entre 1998 y 2008, de acuerdo con la filiación institucional de los autores que han reportado sus avances en el conocimiento de este ecosistema en el IEARMC	117
Tabla 6-5	Promedio (PROM) y error estándar (EE) de cada uno de los atributos evaluados de la pradera de <i>Thalassia testudinum</i> por fecha de monitoreo en la bahía de Chengue. Se incluyen los promedios globales entre 1994 y 2008 (PROM 94-08).	119
Tabla 7-1	Extensiones de los litorales rocosos según la composición de sus rocas para cada una de las costas y en los departamentos que se presentan.	127
Tabla 7-2	Resumen de las temáticas tratadas en los últimos 10 años, respecto al litoral rocoso	132
Tabla 7-3	Resumen de las temáticas tratadas en la década de los ochenta y noventa, respecto al litoral rocoso.	133
Tabla 7-4	Número de estudios por temáticas desarrollados en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe y Pacífico colombiano entre 1949 y 2009	135
Tabla 7-5	Publicaciones que contienen información acerca de litoral rocoso, realizadas entre el año 2008 y 2009	137
Tabla 7-6	Listado de referencias relacionadas con trabajos realizados en los litorales rocosos de Colombia	138
Tabla 8-1	Recuento histórico del número de trabajos realizados en los fondos blandos de Colombia entre 1998 y 2008 para las diferentes temáticas	160
Tabla 8-2	Número de estudios por temáticas desarrollados en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe y Pacífico colombiano entre 1998 y 2008	161
Tabla 8-3	Listado de los trabajos relacionados con fondos blandos realizados durante el año 2008 en el Caribe y Pacífico colombiano	163
Tabla 8-4	Relación de diferentes trabajos relacionados con fondos blandos en Colombia que no fueron incluidos en el listado de recopilación de referencias del año anterior	166
Tabla 9-1	Listados nacionales de fauna y flora marinas de Colombia	177
Tabla 9-2a	Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe colombiano entre 1998 y 2008	180
Tabla 9-2b	Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en los diferentes departamentos y ecorregiones del Pacífico colombiano entre 1998 y 2008.	182
Tabla 9-3	Recuento histórico de los trabajos realizados en sistemática y taxonomía por grupo desde 1998 hasta la fecha en el Caribe (C) y Pacífico (P) colombiano	184
Tabla 9-4	Trabajos realizados en sistemática y taxonomía en el 2008 en el Caribe y Pacífico colombiano.	186
Tabla 9-5a	Número de especies marinas y costeras 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).	188
Tabla 9-5b	Número de especies marinas y costeras 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).	189
Tabla 9-6	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	190
Tabla 10-1	Proyectos de investigación en temas de maricultura durante los años 2007-2008	236
Tabla 10-2	Listado de proyectos	238
Tabla 10-3	Listado de referencia bibliográficas.	239
Tabla 10-4	Indicador del estado de avance de la valoración económica de ecosistemas de la zona marino costera para el 2008	240

Capítulo I

Marco geográfico

1. MARCO GEOGRÁFICO

Blanca Oliva Posada, Daniel Mauricio Rogo, 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 terrestre¹ de 7.037 km² y un área de aguas jurisdiccionales de 532.162 km² (Tabla 1-1)

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

CARACTERÍSTICA		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
Línea costa km	Continental	1.779	1.545	3.513
	Insular del margen continental	86	25	
	Insular oceánico	72	7	
	Total	1.937	1.576	
Área emergida km ²	Continental	6.958	8.181	15.232
	Insular del margen continental	30	13	
	Insular oceánico	49	1	
	Total	7.037	8.195	
Área aguas jurisdiccionales km ²		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.

¹ 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 Marca 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 Marca Alta Promedio.

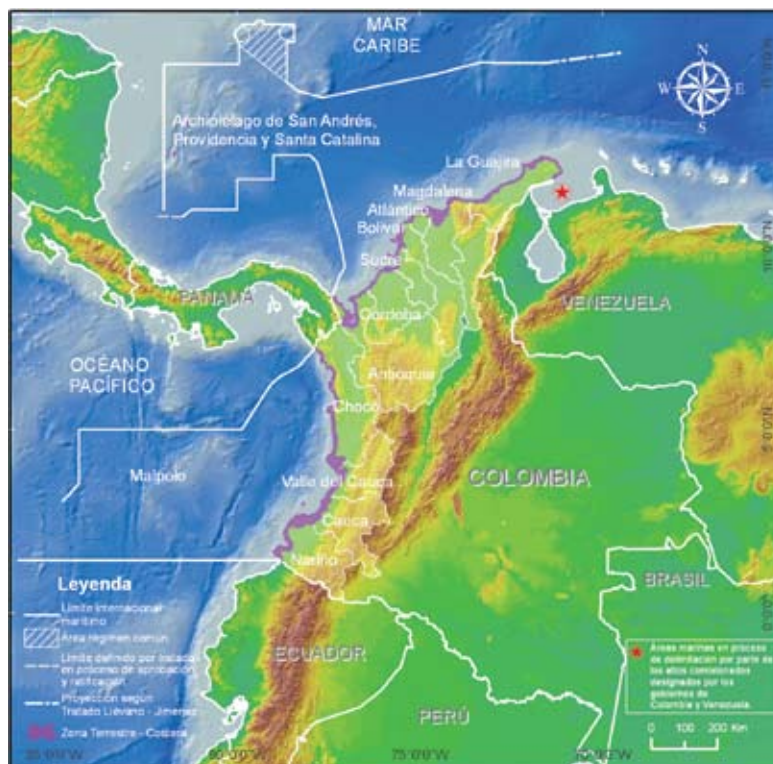


Figura 1-1. Localización zona terrestre-costera de Colombia (Modificado de IGAC 2002)

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 1865 km y un área terrestre*1 total de 6988 km².

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 5770 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 nor – noreste y de la plataforma sobresalen el archipiélago de islas del Rosario y el de San Bernardo, ambos originados por diapiroismo de lodo, colonizado por formaciones arrecifales de gran importancia (Vernette, 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).

1.1.2 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 (1543 km de longitud y 257000 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 15000 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 36000 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 2232 millones de m^3 ; le siguen, también en el departamento del

Magdalena, las ciénagas de Pajarales con 284 millones de m³ 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 m³, 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 1000; 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 Biosfera. 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 km² (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 1576 km, un área terrestre costera e insular de 8195 km² y un área de aguas jurisdiccionales de 359995 km², 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, Micay, 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 km²; recibe caudales entre 600 y 6000 m³/seg y sedimentos en suspensión del orden de 16 millones ton/año (Restrepo *et al.*, 1994; Restrepo y Kjerfve, 2000). El delta del río Patía es el más extenso de la costa Pacífica, con una cuenca de drenaje de 23000 km² y un caudal de 488 m³/seg (IGAC, 1992). La cuenca del río Micay tiene 2511 km² y un caudal promedio del río de 289 m³/seg (INVERMAR, 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.
- INVERMAR. 2001. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie documentos generales • 3. Santa Marta, 138 p.
- INVERMAR. 2002. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie documentos generales • 3. Santa Marta, 292p.
- INVERMAR, 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.
- INVERMAR. 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.
- INVERMAR. 2009. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia SIAM: 2009. www.invermar.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 caraïbe 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

2. ASPECTOS FÍSICOS

Programa Geociencias Marinas, INVEMAR

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo principal del Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia, que es poner a disposición de los interesados, la información necesaria para la formulación de políticas, toma de decisiones, elaboración de planes y proyectos dirigidos al manejo sostenible de los recursos marinos y costeros, se presenta aquí de manera clara y concisa, el estado del conocimiento en los aspectos físicos de los litorales. Se hace énfasis en la erosión costera, aspecto en el que se ha demostrado gran interés en los últimos años, tanto por los entes estatales como por la comunidad en general, y que involucra de manera directa el conocimiento integral en los campos de la geología, tectónica, geomorfología, hidrología, climatología y oceanografía de las áreas litorales y plataformas marinas.

Asociados con estos grandes temas, están todo el conocimiento y las herramientas necesarias para cumplir con los objetivos de investigación en estos temas; es el caso de las fotos aéreas e imágenes necesarias para los estudios cartográficos, la cartografía básica a escalas 1:25000 o mayores, la estandarización de la nomenclatura geomorfológica y sedimentológica, la red de mareógrafos y boyas necesarios para obtener los datos locales para los estudios oceanográficos, y de forma similar, la red de estaciones para medir caudales y parámetros climáticos, principalmente deficiente en la costa del Pacífico.

Como parte de las actividades que el INVEMAR ha desarrollado para responder a la Política Nacional Ambiental para el Ordenamiento y Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las zonas costeras e Insulares (PNAOCI), en lo relacionado con el programa de gestión para riesgos y atención de desastres, se está ejecutando el proyecto BPIN titulado “Diseño e implementación de un programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia”. Este proyecto inició en 2006 con la recopilación de la información existente, su evaluación y descripción actualizada de los aspectos físicos regionales de las costas del Caribe, Pacífico y áreas insulares del territorio colombiano; con esta base y en un taller de expertos a nivel nacional, se propuso un plan de acción a 10 años, donde se busca avanzar en el conocimiento necesario para entender la evolución de las zonas costeras y proponer medidas de manejo de la misma.

Este plan de acción, enmarcado dentro del “Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia (PNIEC)”, fue presentado en el marco de la Quinta Cumbre de Gobernadores del Caribe Colombiano, donde se suscribió un Acta de Intención entre Colciencias, Invemar, Dimar, y los departamentos de

Magdalena, La Guajira, Atlántico, Cesar, Bolívar, Sucre, Córdoba y San Andrés y Providencia, con el objeto de aunar esfuerzos para encontrar soluciones estructurales a la erosión costera e insular del Caribe colombiano, en el marco de la Agenda Caribe de Ciencia, Tecnología e Innovación. Esta iniciativa se cristaliza con la formulación del programa de COLCIENCIAS “Análisis y valoración de los procesos erosivos en la costa continental e insular del Caribe colombiano” al cual se le aporta un capital semilla y se firma un convenio entre Colciencias, Gobernación del Magdalena e Invemar.

El estado del conocimiento en el Caribe continental es uno de los más avanzados de las tres costas de Colombia; sin embargo, este conocimiento está representado a una escala general 1:100.000 o mucho menor hasta 1:500.000 en algunos aspectos como se verá más adelante. Estudios muy puntuales a escalas 1:25.000 y 1:10.000 se han logrado como resultado de consultorías para proyectos específicos y en general no están disponibles para consulta.

2.1 Estado del arte en la investigación básica de la zona costera

Se presenta a continuación una revisión general de las investigaciones básicas realizadas en la zona costera colombiana, en la que se consideran sólo los aspectos relacionados con la cartografía en las distintas temáticas, en vista de que ésta es la base sobre la cual se profundiza en el conocimiento sobre la evolución y el manejo de la zona costera.

2.1.1 Aspectos geológicos

Ingeominas tiene publicadas las planchas geológicas que abarcan gran parte de los municipios costeros a escala 1:100.000 y los departamentos, a excepción del Magdalena, a escalas 1:200.000 a 1:400.000, e inclusive tiene publicado el mapa geológico digital de Colombia a escala 1:500.000; para San Andrés la geología está publicada a escala 1:60.000 por autores como Geister & Gorin (2007) y Corpes - Ingeominas (1992) (Tabla 2.1). Esta cartografía permite tener el marco geológico regional, a partir del cual es necesario llegar a nivel de detalle si quiere profundizar en la evolución de la zona costera, sus procesos, los procesos de erosión y producción de sedimentos en las cuencas de drenaje que afectan directamente el litoral y la actividad tectónica local.

Tabla 2.1. Planchas geológicas publicadas y la escala de las mismas para la zona costera colombiana

Zona costera	Escala 1:200.000 o menor	Escala 1:100.000	Escala 1:25.000 ó mayor
Caribe	100%	±50%	±15%
Pacífico	100%	100%	±20%
Islas	NA	100%	±70%

Para la plataforma continental colombiana, se encuentran publicados por varios autores mapas tectónicos – estructurales a escalas regionales, que muestran los rasgos principales. Las investigaciones realizadas han permitido acercarse al conocimiento tectónico de la plataforma y su evolución y en menor proporción al conocimiento estratigráfico (Cediel *et al.*, 2003; Duque-Caro, 1990; Taboada *et al.*, 2000; Trenkamp *et al.*, 2002, Collot *et al.*, 2000). Campañas sísmicas llevadas a cabo principalmente por las compañías petroleras y pozos de exploración se han adelantado tanto en el Caribe como en el Pacífico, pero sólo una mínima parte de esta información está disponible para investigadores interesados en la evolución y amenazas sobre las zonas coteras.

La meta es llegar a tener una cartografía geológica de las costas colombianas a escala 1:10.000, la cual permitiría establecer la evolución local y definir en conjunto con estudios de otras disciplinas, el uso adecuado y el manejo relacionado con las amenazas que se ciernen sobre la población, infraestructura y ecosistemas en los litorales.

2.1.2 Aspectos geomorfológicos

Varias instituciones en el país han trabajado en el levantamiento de la geomorfología de la zona costera, pero la nomenclatura de los mapas no es uniforme, lo cual ha llevado a confusiones o malas interpretaciones de los mismos. Ingeominas publicó en 1998 los mapas geomorfológicos y de procesos de las zonas costeras a escala 1:100.000 y recientemente, para el litoral Pacífico, dentro de su investigación del Andén Pacífico Colombiano en conjunto con el IGAC (2007), los publicó de nuevo, a la misma escala, pero con variaciones en su contenido. Así mismo varias instituciones han hecho investigaciones locales a la misma escala o mayor 1:50.000 y 1:25.000, entre ellas el CIOH, CCCP, Universidad EAFIT, Universidad Nacional, corporaciones autónomas costeras y el Invenmar (Tabla 2.2). Estos mapas contienen información sobre los procesos de erosión y sedimentación, estructuras.

Tabla 2.2. Mapas geomorfológicos publicados y la escala de los mismos para la zona costera colombiana

Zona costera de los departamentos de	Escala 1:100.000	Escala 1:25.000 ó mayor
Caribe	100%	±25%
Pacífico	100%	±20%
Islas	100%	±70%

Una revisión cuidadosa muestra una situación similar a la de la Geología, con el agravante de que hay varias versiones para una misma localidad, lo que en general no ocurre

para la geología. Hay una mayor cantidad de mapas geomorfológicos a escala 1:50.000 y ocasionalmente 1:25.000. Para obras de ingeniería se levantan planos a escalas 1:10.000 o mayores, pero en general no están disponibles o su calidad es limitada.

2.1.3 Aspectos hidrológicos

Las cuencas son parte integral de la zona costera por cuanto los cambios en el uso del suelo a lo largo y ancho de ellas repercuten de una u otra forma en el litoral. Restrepo Ed. (2005) analizan ampliamente este fenómeno para el río Magdalena, en donde se han incrementado los procesos de erosión ocasionados por los cambios de uso forestal, agrícola o pecuario, por uso urbano; los cambios en el caudal, el aumento de sedimentos finos, la retención de sedimentos gruesos en represas o por extracción del cauce de los ríos, han alterado la dinámica costera, produciendo en algunos sectores un retroceso de la línea de costa.

Así mismo, procesos naturales relacionados o no con eventos tectónicos, movimientos de masa, avalanchas, inundaciones y el divagar mismo de los ríos, son los responsables de muchas de las geoformas presentes en la zona costera, como terrazas, abanicos, planicies, deltas, barras. De ahí que el estudio de las cuencas, sea de gran importancia en las investigaciones sobre la evolución y los procesos costeros.

La información mínima con la que debería contarse es con la cartografía básica a escala 1:25.000 o mayor y con los registros de caudales y precipitación. En tal sentido, el cubrimiento es muy limitado; la cartografía 1:25.000 cubre un porcentaje alto de la zona costera, pero la mayoría son planchas muy antiguas y las curvas de nivel en muchas de ellas están separadas 50 m; las estaciones para medir caudales y precipitaciones alcanzan sólo las principales cuencas en el Caribe y unas cuantas en el Pacífico (Figura 2.1).

De acuerdo con el IDEAM, son 891 las estaciones hidrológicas en el país (IDEAM en línea), de las cuales para la costa Caribe se tiene monitoreo para los ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, el Sinú y el Magdalena y en el Pacífico se monitorean los ríos Atrato, San Juan, Patía, Mira y Telembí.

2.1.4 Aspectos climatológicos

Los registros de series de tiempo de todos los parámetros del clima son necesarios para evaluar procesos, tanto en las cuencas como en la zona costera. Como se indicó en la parte de hidrología, son muy escasas las estaciones climatológicas, e inclusive las pluviométricas, lo que obliga a la generalización a la hora de describir el clima de una localidad.



Figura 2-1. Mapa de estaciones en los principales ríos colombianos, Se observa la escasez de estaciones en la zona costera (IDEAM en línea)

Aunque el país contaba en el año 2005 con una red de 1829 estaciones para medir diferentes parámetros climáticos (IDEAM, en línea), en la zona costera, principalmente del Pacífico, la cantidad es mínima. Se cuenta con aproximadamente 38 estaciones en la zona costera del Caribe y con cerca de 16 estaciones para el litoral Pacífico (IDEAM en línea) (Figura 2.2).

2.1.5 Aspectos oceanográficos

Han estado tradicionalmente a cargo de la Dimar, con sus institutos de investigación en el Caribe (CIOH) y Pacífico (CCCP); las cartas náuticas disponibles se encuentran a escalas entre 1:5.000, 1:1.000.000, pero la mayoría de ellas está a escalas 1:250.000, 1:100.000 y 1:50.000 y sólo unas cuantas a escalas de detalle (CIOH en línea) (Figura 2.3). Adicionalmente, hay mapas de repartición de facies sedimentarias a escala 1:300.000 que proporcionan información muy regional sobre la granulometría y composición de los sedimentos en el fondo marino de la plataforma continental (CIOH en línea).

En cuanto a parámetros como corrientes, oleajes, mareas, temperatura del agua, también se cuenta con información regional para el Caribe y el Pacífico, aunque algunas investigaciones locales, como en las bahías de Tumaco y de Cartagena y en el golfo de Morrosquillo, han mostrado el comportamiento local de todos estos parámetros. La Dimar está actualmente montando una red de boyas oceanográficas que permitirá obtener información más precisa de los parámetros oceanográficos de nuestras costas, de manera que no se tenga que recurrir únicamente, como hasta ahora, a la información de boyas en el Caribe operadas por la NOAA o a otros registros muy regionales.

Hasta ahora tienen instaladas 6 boyas de direccionamiento del oleaje en Barranquilla, Puerto Bolívar y la isla de Providencia en el Caribe y en Bahía Solano, Buenaventura y Tumaco en el Pacífico. La adquisición de información meteorológica la realizan por medio de estaciones automáticas digitales ubicadas en Turbo, Coveñas y Providencia para el Caribe y en convenio con el IDEAM estaciones en Bahía Solano, Juanchaco, Guapi, Isla Gorgona, Malpelo y Tumaco para el Pacífico (CIOH en línea).

Como se aprecia, aunque ha habido avances significativos en la instrumentación, aún continúa teniendo un carácter regional, por cuanto las investigaciones que se llevan a cabo para determinar el comportamiento de diferentes tramos de la línea de costa, requiere de estudios locales, que cuando se hacen, no responden a un monitoreo anual o multianual, que es lo recomendable, de ahí que muchas veces se obtengan efectos adversos como consecuencia de obras de protección o de infraestructura costera.

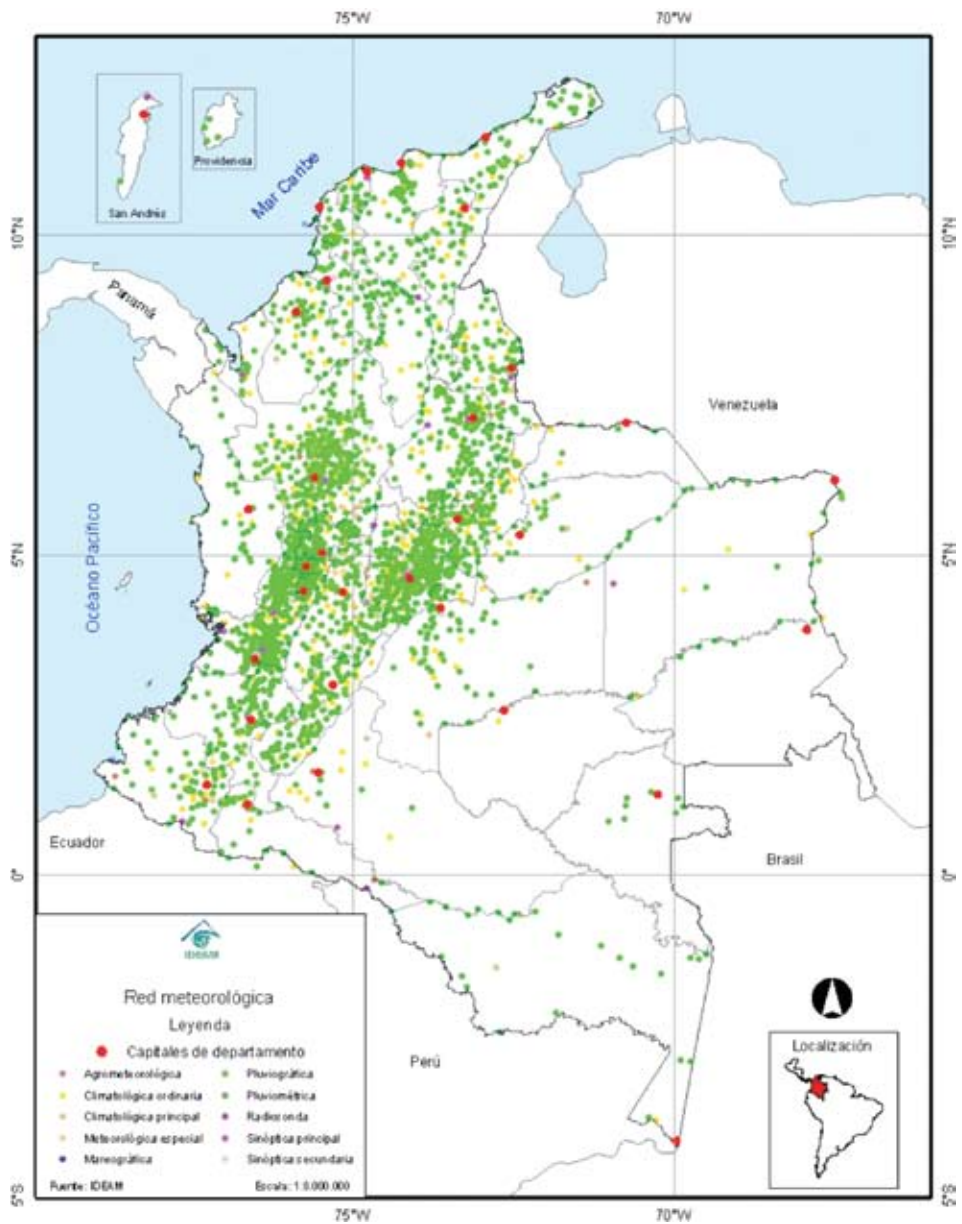


Figura 2.2. Red meteorológica de Colombia (IDEAM en línea)

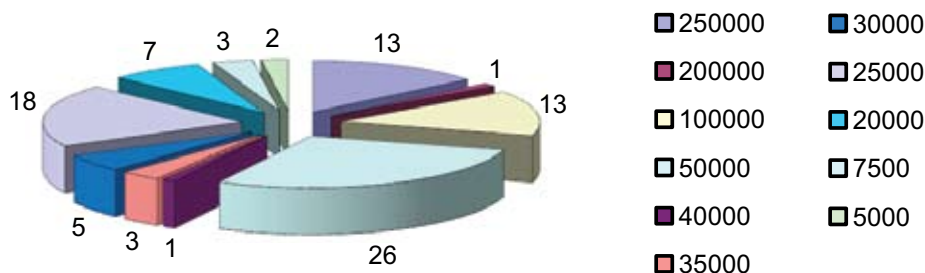


Figura 2.3. Cartas náuticas disponibles para las costas de Colombia y la escala a la cual están representadas.

2.2 Estado de las investigaciones sobre amenazas costeras

Dentro de las amenazas naturales que se ciernen sobre la zona costera colombiana, se presentan aquí unas estadísticas muy generales de las zonas que cuentan con esta clase de estudios y el grado de detalle de los mismos.

2.2.1 Amenaza sísmica

El país cuenta con una zonificación sísmica a nivel regional, representada en mapas a escala 1:2.000.000 (Ingeominas, 1997, 2004), dentro de los cuales es posible hacer acercamiento por departamentos. Para la zona costera del Caribe colombiano, en general se acepta que la amenaza sísmica es baja a moderada, mientras que para toda la zona costera del Pacífico ésta se ha considerado como alta. Los planes de ordenamiento territorial (POT) o los esquemas de ordenamiento territorial, para los municipios más pequeños (EOT), registran la amenaza sísmica con base en los mapas regionales publicados por Ingeominas (2000) (Figura 2.4).

Solamente las poblaciones costeras de Buenaventura y Tumaco cuentan con microzonificación; no obstante, sí se cuenta con una base de datos muy completa, tanto a nivel nacional como internacional, en donde se tienen registrados todos los sismos ocurridos, con su fecha, su magnitud, profundidad y en algunos casos con el reporte de los daños ocurridos y la pérdida de vidas (USGS, RSNC).

2.2.2 Amenaza por tsunamis

La zona costera del Pacífico colombiano cuenta con estudios de amenaza por tsunami a nivel regional y local. Estos estudios han estado principalmente a cargo del Observatorio Sismológico del Suroccidente Colombiano y del Centro de Control de la

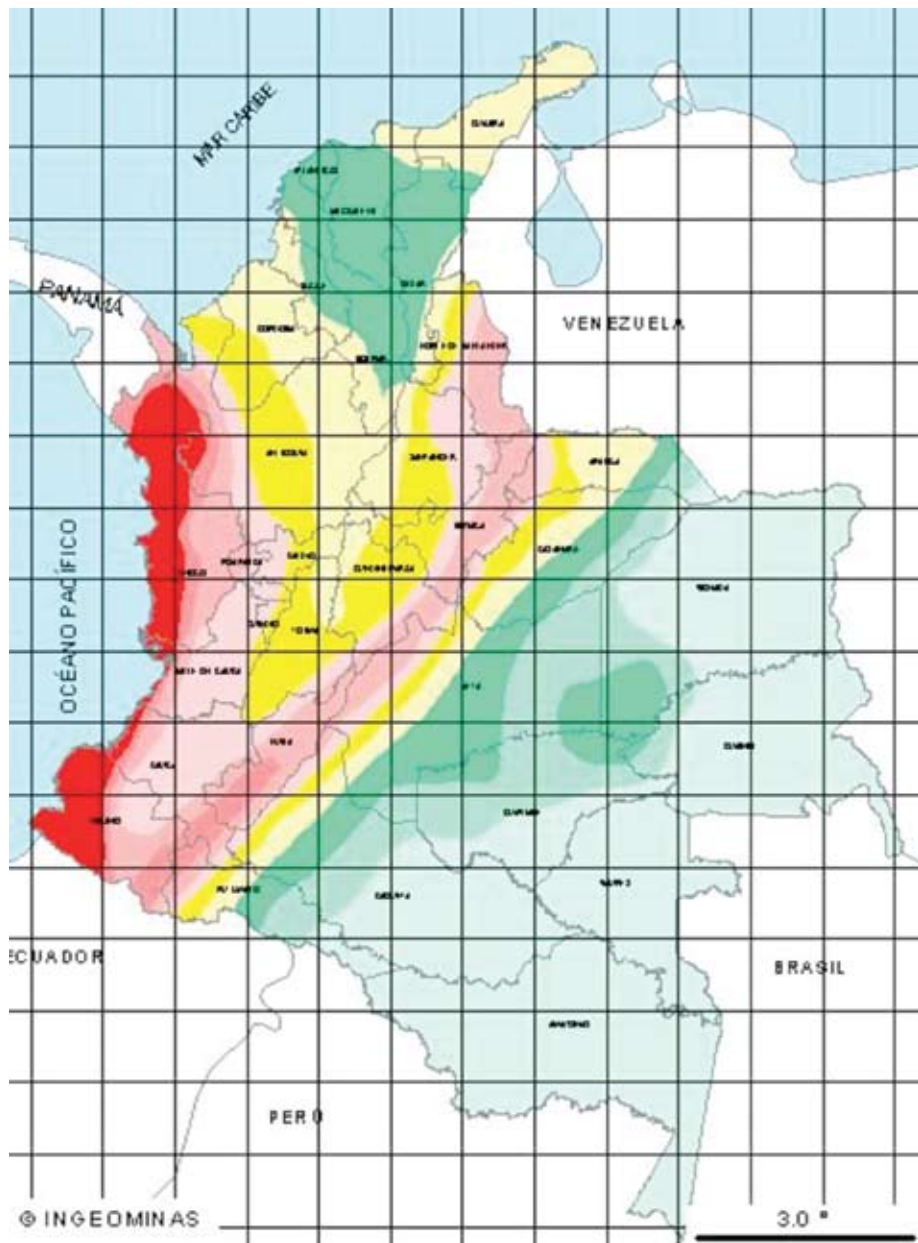


Figura 2.4. Mapa de zonificación sísmica de Colombia. Se observa para el Caribe amenaza sísmica baja (verde) a intermedia (beige) y amenaza alta para todo el Pacífico (rojo) (Tomado de Ingeominas en línea).

Contaminación del Pacífico -CCCP, quienes han presentado mapas de vulnerabilidad a los tsunamis, reproducidos en los POT y EOT, de todos los municipios costeros del Pacífico. Particularmente, el departamento de Nariño, cuenta con los estudios de esta amenaza en la mayor parte de su territorio, con énfasis en el municipio de Tumaco (Corporación OSSO, 2003); Buenaventura también cuenta con mapas de inundación por tsunami a escalas de detalle (CCCP Dimar, 2008). De esta forma, cada uno de los municipios costeros nariñenses, y la mayor parte de sus poblados, conocen la evaluación sobre su vulnerabilidad y las recomendaciones para protegerse de los efectos adversos de este fenómeno.

Para la costa del Caribe colombiano, sólo hay una referencia general acerca de la amenaza baja por efecto de tsunami que se tiene registrada (Caicedo *et al*, 1996; Meyer y Caicedo, 1998). Aunque hay estudios regionales de tsunamis que han ocurrido en el Caribe (O'Loughlin, 2004) y algunas anotaciones sobre registros de éstos en San Andrés (Geister y Gorin, 2007), no ha habido una investigación exhaustiva al respecto. Los POT y EOT de los municipios del Caribe no registran ésta como una amenaza en su zona costera.

2.2.3 Amenaza por erosión costera

El diagnóstico de la erosión costera ya había sido realizado por Ingeominas y publicado en el año de 1998. Con esta base y los estudios posteriores realizados por varias investigaciones, entre ellas del Invemar, se publicó en 2008 el diagnóstico de la erosión para el Caribe, que muestra los siguientes resultados generales:

La erosión costera es una problemática que se ha incrementado en los últimos años y que de alguna manera ha tenido consecuencias sociales, económicas y ambientales, poniendo en riesgo la calidad de vida de las poblaciones costeras por la afectación de la infraestructura física y las actividades productivas. Esto ha motivado estudios especialmente dirigidos a diagnosticar esta situación con el ánimo de que se adelanten las acciones de prevención y mitigación requeridas. Sin embargo, la escala de estas investigaciones aún es necesario llevarla a nivel de detalle, para poder proponer las soluciones adecuadas.

En la costa Caribe colombiana se encuentran ubicados 30 municipios correspondientes a los ocho departamentos costeros (figura 2.5); en las últimas décadas la erosión del litoral se ha amplificado por los impactos de las intervenciones antrópicas y los fenómenos naturales, principalmente relacionados con el aumento de fenómenos meteomarineros como tormentas tropicales, huracanes y mares de leva (Posada y Henao, 2008) (Figura 2.6).

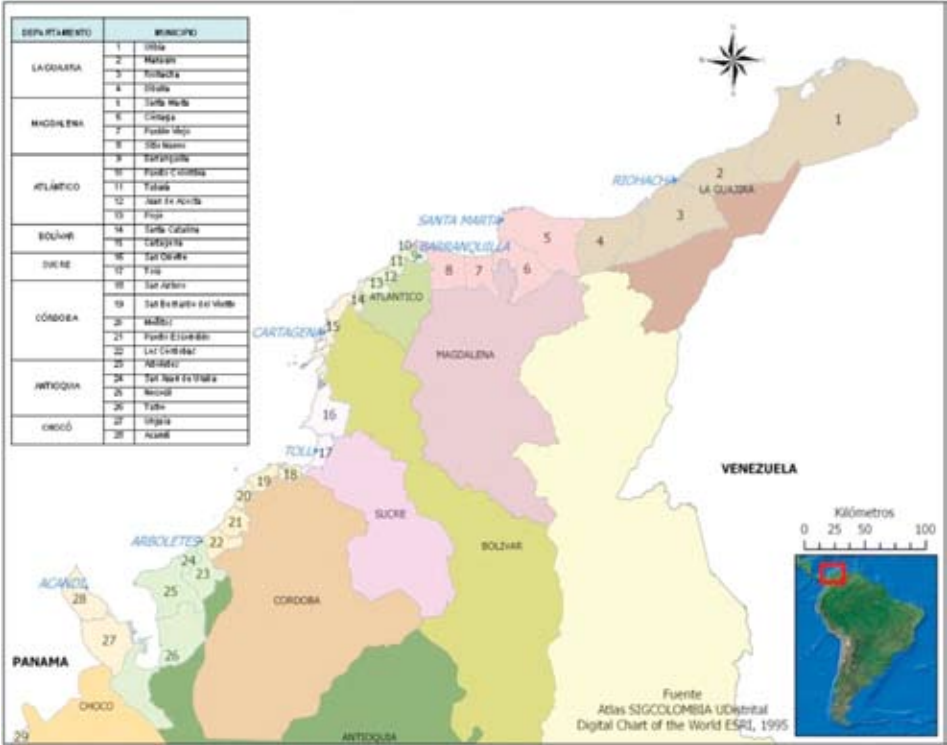


Figura 2.5. Departamentos y municipios costeros del Caribe colombiano (modificado de Guzmán *et al.*, 2009).

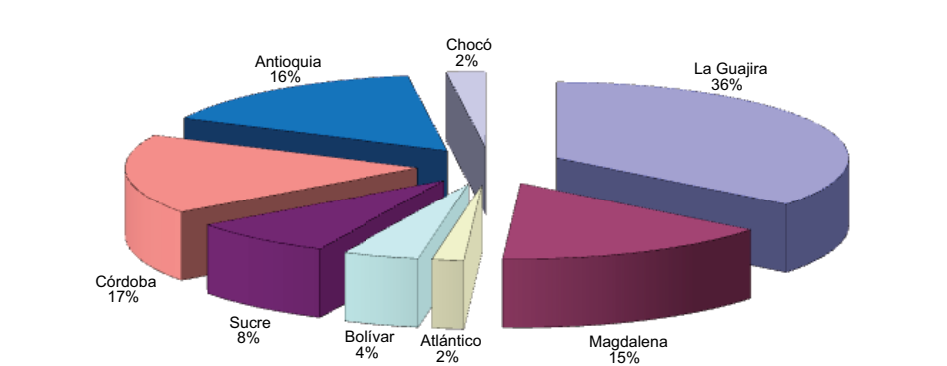


Figura 2.6. Porcentaje de erosión costera por departamento para la costa Caribe, según su longitud línea de costa.

En el litoral caribe se encuentran ubicadas importantes ciudades como Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Riohacha, que en los últimos años han mostrado gran interés en la construcción de grandes obras de infraestructura, desarrollo de nuevos puertos o ampliación de los mismos, facilidades turísticas y obras de protección costera, entre otros; en la Figura 2.7a se aprecia el porcentaje de obras de protección por departamento, que va muy de la mano con el número de habitantes de la zona costera que se observa en la Figura 2.7b

Para la zona costera del Pacífico, el mismo ejercicio, muestra las siguientes estadísticas (Posada *et al.*, en edición): de aproximadamente 1600 km de línea de costa, el 22% presenta procesos de erosión asociados al litoral propiamente dicho; este valor se incrementa si se tiene en cuenta la erosión a lo largo de ríos y esteros que hacen parte de la zona costera (Figura 2.8)

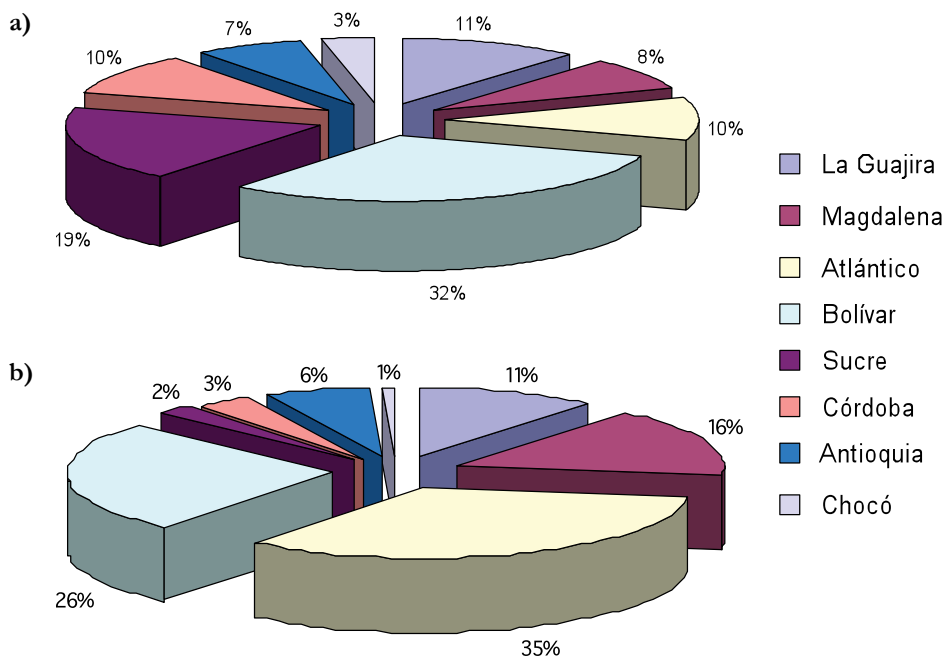


Figura 2.7. a) Porcentaje de obras de protección costera por departamento; b) Porcentaje de habitantes en cada uno de los departamentos costeros, con respecto al total.

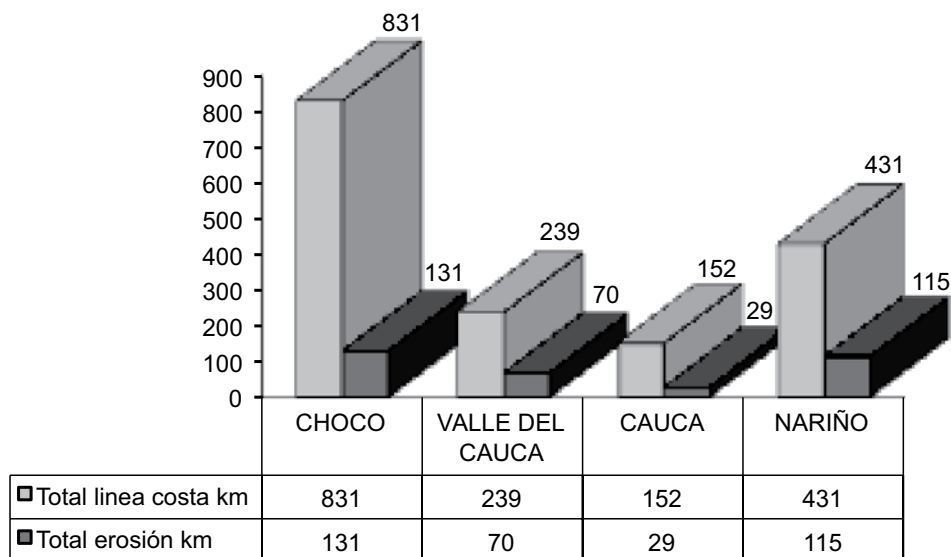


Figura 2.8. Línea de costa en erosión para cada uno de los departamentos costeros, con respecto al total.

2.2.4 Amenaza por inundaciones

Respecto a esta amenaza sólo se ha estudiado con relación al aumento del nivel del mar, en ningún caso asociada con el invierno y el desbordamiento de los ríos o los fenómenos meteomarineros como huracanes, tormentas tropicales y mares de leva.

La amenaza por inundación relacionada con el aumento del nivel del mar se estudió para las costas Caribe continental e insular y Pacífico (Invemar, 2003). Posteriormente se hicieron unos estudios de caso para Cartagena y Tumaco que permitieron un mayor detalle sobre las áreas que serían inundadas bajo los diferentes escenarios propuestos de aumento del nivel del mar (Invemar, 2004). En el Caribe resultaría inundados 4.920 km² con un escenario de un aumento de un metro y afectados 590.000 habitantes. La situación en el Pacífico mostró que se inundarían 6404 km², afectando 210.000 habitantes, para el escenario de un metro de aumento.

2.3 Propuestas de investigación

Para avanzar en el conocimiento sobre las zonas costeras, el PNIEC y el programa de COLCIENCIAS (2008), tienen claramente establecidos unas actividades que se desarrollarán en los próximos diez años en coordinación con todas las instituciones que trabajan el tema

de erosión costera en Colombia. Se resumen a continuación cinco de las propuestas técnicas contempladas:

- Propuesta técnica 1. Investigar en los temas de geología, tectónica, geomorfología e hidrología

Meta: Estandarizar la nomenclatura geomorfológica costera. Actualizar la línea base de geología, geomorfología e hidrología costera.

- Propuesta Técnica 2. Investigar en los aspectos climatológicos y oceanográficos

Meta: Actualizar y completar la línea base en oceanografía

- Propuesta Técnica 3. Valorar los impactos por la erosión costera

Meta 1: Evaluar la funcionalidad de las estructuras costeras

Meta 2: Cuantificar los impactos de la erosión costera

- Propuesta Técnica 4. Fortalecer la capacidad científica y tecnológica en los temas costeros

Meta: Formación de investigadores en programas de maestría y doctorado en Ciencias del mar

- Propuesta Técnica 5. Evaluar las políticas de uso y ordenamiento costero

Meta 1: Proponer ajustes a la legislación existente.

Meta 2: Proponer estándares, métodos y criterios de evaluación y licenciamiento de proyectos costeros.

2.4 Literatura citada

- Caicedo, J.H., B. Martinelli, HJ. Meyer, R. Steer (1996). Efecto de tsunami del Mar Caribe en la Costa de Colombia. Memorias, X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, Comisión Colombiana de Oceanografía y Colciencias, Bogotá.
- CCCC Dimar. 2008. Mapa de inundación por tsunami. Bahía de Buenaventura. Escala 1:17.000. [En línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. http://www.cccp.org.co/Descargas/tsunami/CCCC_Tsunami_Btura_Continente.pdf
- CCCC Dimar. 2008. Mapa de inundación por tsunami Isla Cascajal Buenaventura. Escala 1:5.000. [En línea]. Consultado mayo 9 de 2009. http://www.cccp.org.co/modules.php?name=Downloads&id_op=getit&lid=1109
- Cediel F., Shaw R. P. & Cáceres C. 2003. Tectonic Assembly of the Northern Andean Block. En: Bartolini C., Buffler R. T. and Blickwede J. (Eds.). The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics. AAPG Memoir 79, pp. 815-848.
- CIOH. Cartas Náuticas. [En línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. http://www.cioh.org.co/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=132.

- CIOH. Productos Náuticos. Cartas sedimentológicas. Cartas de repartición de facies sedimentarias [en línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. http://www.cioh.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=272&Itemid=342
- CIOH. Monitoreo del sistema de boyas oceanográficas en el Caribe colombiano. [En línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. http://www.cioh.org.co/index.php?Itemid=677&catid=18:oceanografooperacional&id=973:monitoreo-del-sistema-de-boyas-oceanografcas-en-el-caribe-colombiano&option=com_content&view=article.
- CIOH. Sistema de medición de parámetros oceanográficos y de meteorología marina SMPOM. [En línea]. Consultado mayo 9 de 2009. http://www.cioh.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=519:sistema-de-medicion-partros-oceanograficos-y-de-meteorologiamarina-smpom&catid=18:oceanografooperacional&Itemid=677.
- COLCIENCIAS. 2008. Análisis y valoración de los procesos erosivos en la costa continental e insular del Caribe colombiano. Documento técnico de soporte al convenio de cooperación técnica suscrito entre Colciencias-Gobernación del Magdalena e Inveimar.
- Collot, J. Y., Charvis, P., Operto, S. et l'équipe SISTEUR. 2000. La Campagne Sisteur, multichannel seismic line. INGEOMINAS REPORT
- Corpes - Ingeominas, 1992. Mapa geológico de la isla de San Andrés.
- Corporación OSSO. 2003. Proyecto Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño. Convenio de Cooperación Fondo Nacional de Calamidades y Corporación OSSO No 1005-04-408 de 2002. Informe Final. 115 p.
- Duque-Caro H. 1990. El Bloque Chocó en el Noroccidente Suramericano: Implicaciones estructurales, tectonoestratigráficas y paleogeográficas. Bol. Geol. Ingeominas. Vol. 31. No. 1. 1990. p 50-71.
- Geister, J. & Gorin, G., 2007. Evolution d'un archipel océanique des Caraïbes (San Andrés et Providencia, Colombie). 3ème Cycle Romand en Sciences de la Terre. Cours de terrain du 14 au 29 septembre 2007. Livret Guide. Univ. Genève.
- Guzmán, W., B.O. Posada, G. Guzmán. 2009. Programa Nacional de Investigación para la Prevención y Mitigación de la Erosión Costera en Colombia PNIEC: Plan de Acción 2009-2019. INVEMAR. 73 p. En imprenta
- IDEAM. Estaciones hidrológicas del país. Mapa [en línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. <http://www.ideam.gov.co/rios/mapa/index4.htm>
- IDEAM. Composición de la red de observaciones, mediciones y vigilancia Meteorológica nacional. (A Dic/2005) [en línea]. <http://www.ideam.gov.co/files/atlas/Red%20meteorologica.htm>.
- IDEAM. Series históricas. [en línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. <http://www.ideam.gov.co/series/index4.htm>.
- IDEAM. Atlas. Mapa 1 Red Meteorológica [en línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>.
- Ingeominas, 1997. Mapa de amenaza sísmica de Colombia. [En línea]. Consultado Mayo 9 de 2009. <http://seisan.ingegominas.gov.co/RSNC/amenaza.html>.
- Ingeominas. 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe Colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación Geológica Especial No. 21. Bogotá, 111p. y 32 mapas.
- Ingeominas, 2004. Mapa de Amenaza Sísmica y Valores de Aa de Colombia. [En línea] Consultado Mayo 9 de 2009. <http://tms.ingegominas.gov.co/web/2004/mapas/map2/index.html>
- Ingeominas - IGAC, 2007. Investigación Integral del Andén Pacífico Colombiano. Cuatro CD. Tomo I Geología, Tomo II Geomorfología, Tomo III suelos, Tomo IV Amenazas Naturales.
- INVEMAR. 2003. Programa Holandés de Asistencia para Estudios en Cambio Climático: Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. Resumen Ejecutivo, 103 p.

- INVEMAR. 2004. Capacity building to improve adaptability to sea level rise in two vulnerable points of the Colombian coastal areas (Tumaco-Pacific coast and Cartagena – Caribbean coast) with special emphasis on human populations under poverty conditions.
- Meyer, H. y J. H. Caicedo. 1998. Evaluation of tsunami source scenarios in the Caribbean Sea and Simulation of Wave heights. A TIME Project Activity. Poster presentado en OKUSHIRI TSUNAMI / UJNR WORKSHOP.
- O'Loughlin, K.F., Lander, James F., 2004. Caribbean Tsunamis. A 500-Year History from 1498-1998. Series: Advances in Natural and Technological Hazards Research , Vol. 20, 280 p.
- Posada, B., y W. Henao. 2008. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta, 124 p.
- Posada, B., W. Henao y G. Guzmán. En Edición. Diagnóstico de la erosión y la sedimentación en la zona costera del Pacífico colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. xx, Santa Marta, xxx p. En Edición.
- Restrepo, J.D. (Ed.). 2005. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín, 267 p.
- Taboada A. *et al.* 2000. Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia). En: TECTONICS. Vol. 19. No. 5. 2000. p. 787-813.
- Trenkamp R. *et al.* 2002. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America; CASA GPS observations. Journal of South American Earth Sciences. Vol 15. No. 2. 2002. p. 157-171.

3. LA CALIDAD AMBIENTAL MARINA Y COSTERA

Walberto Troncoso O., Lizbeth Janet Vivas A., Silvia Narváez Florez, Luisa Fernanda Espinosa D.

Muchos escritos inician hablando de la manera como los asentamientos humanos se ubicaron geográficamente desde tiempos pasados, para aprovechar el entorno en cuanto a oferta de alimentos y protección física. Hoy en día, esas funciones naturales se continúan usando por la presencia del agua y otros recursos. El agua es un recurso básico para la vida, irremplazable, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos (UNESCO, 2002), el cual se renueva a través del ciclo hidrológico. Actualmente en el panorama mundial, es un recurso estratégico por su escasez, ya que factores como el cambio climático y el inadecuado manejo de los vertimientos residuales, han puesto en crisis tanto su disponibilidad, como su calidad (Domínguez, 2006).

La sociedad moderna le da mayor importancia a los recursos naturales, entre los que se destaca el recurso hidrológico. El agua es parte integral del desarrollo cultural e industrial de los países del mundo actual, Colombia no es la excepción a este planteamiento y por esta razón, los principales centros urbanos e industriales se localizan alrededor de las fuentes de agua.

En la actualidad, el cuidado del recurso hídrico es una prioridad por todos los cambios que afronta el mundo en materia del uso de sus recursos naturales, ante los posibles eventos de cambios que los puedan afectar (por ejemplo el cambio climático) o por el uso excesivo por nuestra creciente sociedad.

3.1 Fuentes terrestres de contaminación marina

El crecimiento y desarrollo social en Colombia no sólo se ha reflejado en el aumento de las poblaciones humanas, sino también el crecimiento de procesos productivos, comercio, vías de comunicación, necesidades de insumos y otras múltiples actividades sin tener en cuenta que los ambientes pueden sufrir deterioro o daños irreversibles.

Las aguas costeras colombianas son susceptibles de afectarse por los vertimientos de aguas residuales urbanas o industriales, que pueden alterar sus condiciones naturales y la oferta ambiental que tienen ciertas regiones. En los diagnósticos de la calidad del agua marina en el país, la mayor fuente de contaminación la constituyen las aguas residuales domésticas (Troncoso *et al.*, 2008; Figura 3-1), ya que las poblaciones costeras no cuentan con una buena planificación de su crecimiento y desarrollo, por tal razón pocos municipios

depositan sus aguas residuales sin tratamiento previo sobre cuerpos de aguas naturales. La mayoría de ellos tienen un inadecuado manejo de residuos sólidos y líquidos, principalmente en las zonas donde hay viviendas nucleadas y dispersas, construidas en madera y estilo palafito cerca a la costa o en la ribera de ríos (Tejada *et al.*, 2003; Perdomo, 2008).

La zona costera colombiana tiene sólo el 47,6% en cobertura de alcantarillado (DANE, 2008), valor muy bajo para la extensión territorial y la cantidad de asentamientos ubicados en el Caribe y Pacífico. En el 2008, se vertieron aproximadamente 848.274 m³/día de aguas residuales municipales al océano de forma directa o a través de los ríos. Los 31 municipios de la cuenca Caribe descargaron 57.358 ton/año de DBO₅, 136.567 ton/año de DQO, 2.731 ton/año de nitrógeno inorgánico, 1.093 ton/año de fosfatos y 95.597 ton/año de sólidos suspendidos, siendo Barranquilla el mayor contribuyente, debido a su población, seguida de Cartagena y Santa Marta. Por otro lado, Buenaventura y Tumaco aportaron el 84% de la carga en el Pacífico con 7.975 ton/año de DBO₅, 18.988 ton/año de DQO, 380 ton/año de nitrógeno inorgánico, 152 ton/año de fosfatos y 13.292 ton/año de sólidos suspendidos (Troncoso *et al.*, 2008).

Otra fuente importante en el Caribe colombiano es el río Magdalena. La cuenca de este río contribuye con el 71,5% de la contaminación, debido a que contiene la mayor parte de la población del país (IGAC, 2002) y por ende recibe grandes descargas de residuos líquidos y sólidos en su recorrido, convirtiéndose en una de las principales vías de contaminantes.

El incremento en el uso de las zonas costeras como balnearios, para el disfrute del agua y en actividades de contacto directo, tales como natación, pesca y cultivo de mariscos, produce incremento de las cargas contaminantes. Los bañistas por ejemplo, pueden considerarse una fuente potencial de contaminación fecal, ya que estos arrojan microorganismos patógenos a través de la piel y las excretas, aumentando el riesgo de enfermedades gastrointestinales (Calderon *et al.*; 1991; Elmir *et al.*, 2007;).

En este sentido, las autoridades nacionales y locales competentes deben considerar los impactos al ambiente y a la salud pública que conllevan estas prácticas, para ajustar la normatividad vigente y evitar problemas relacionados con vectores infecciosos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas por lixiviados, producción de gas metano y CO₂ por la descomposición de los residuos, entre otras emisiones perjudiciales para el ambiente y la salud de la población (Garay-Tinoco *et al.*, 2006, Superservicios, 2008, Troncoso *et al.*, 2008).

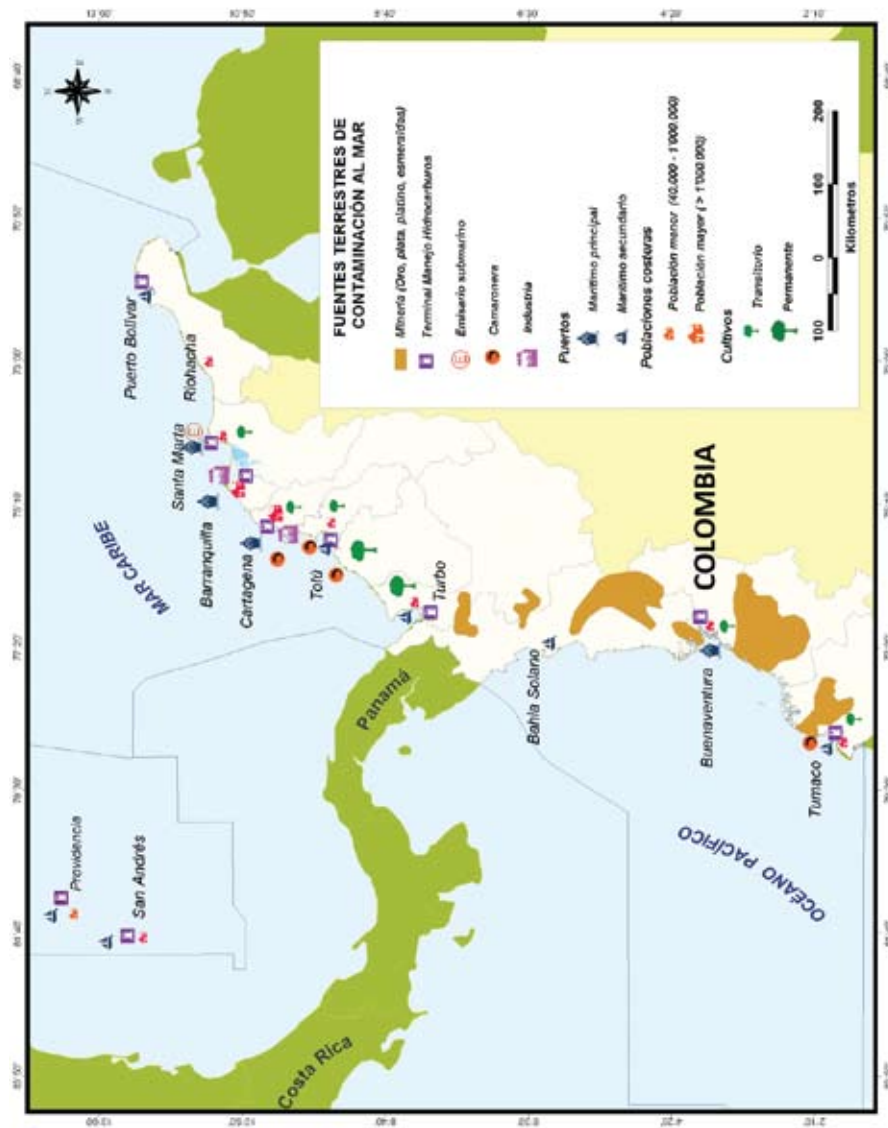


Figura 3.1. Principales fuentes terrestres puntuales de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. Fuente: IGAC, 2002; DANE, 2008; Supertransporte, 2008.

3.2 Estado actual de la calidad de las aguas marino-costeras.

El sistema de monitoreo de la REDCAM, tiene como objetivo recolectar información para hacer un diagnóstico anual de calidad de las aguas marino-costeras del país, pero la presentación de esta información puede resultar en informes técnicos extensos que pocas veces se consultan. Con el propósito de resumir esta información, el INVEMAR ha iniciado el desarrollo de indicadores que permitan integrar datos y simplificar la presentación de resultados de una forma sencilla, como es el caso del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM). Este índice parte de la ecuación 1, que integra los parámetros 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). Estos parámetros son ajustados mediante un sistema de curvas de calibración y factores de ponderación, según el tipo de agua (marina o estuarina) y los usos (preservación de flora y fauna -PFF- ó Recreación actividades náuticas y playas -RAP-).

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

Donde:

Q = es la calidad del agua en función de la concentración de cada parámetro considerado como variable del ICAM. Q_{fq} es la calificación de fisicoquímicos mientras que Q_{ct} es la de los contaminantes.

F_i = es el factor asignado a cada parámetro, según su importancia en la ecuación el cual se pondera entre cero y uno.

Cada parámetro 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 descriptiva de calidad del ICAM según el uso y el tipo de agua que se desee evaluar (Tabla 3.1).

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

Color	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 por medio de indicadores

Para evaluar la calidad del agua marino-costera, se deben tener en cuenta múltiples factores naturales o inducidos por el hombre que producen cambios en los ecosistemas e identificar un vínculo directo entre los generadores del cambio y el ecosistema afectado. Con el propósito de ver estos cambios, se calculó el índice de calidad del agua en las zonas costeras colombianas y su comportamiento histórico, en función del uso para preservación de flora y fauna ($ICAM_{PFF}$), entendido como el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas de las áreas donde se protege el hábitat de una especie o una comunidad de flora o fauna, así como las formaciones naturales de interés científico y paisajístico.

En la Figura 3-2 se muestra el número de estaciones en las que la calidad del agua ha estado por debajo de la calificación regular a deficiente (Tabla 3.1). En esta gráfica, se observa un descenso del $ICAM_{PFF}$ desde el 2001 hacia el 2008, con un claro patrón estacional donde predominan los valores bajos en época lluviosa, especialmente en aguas estuarinas influenciadas por una alta variación de los datos en esa temporada. Esta tendencia puede deberse al mejoramiento de las características físicas, químicas y microbiológicas a lo largo del monitoreo, aunque la época lluviosa presentó en promedio el mayor número de estaciones con índices de menor calidad del agua (<75; Tabla 3.1).

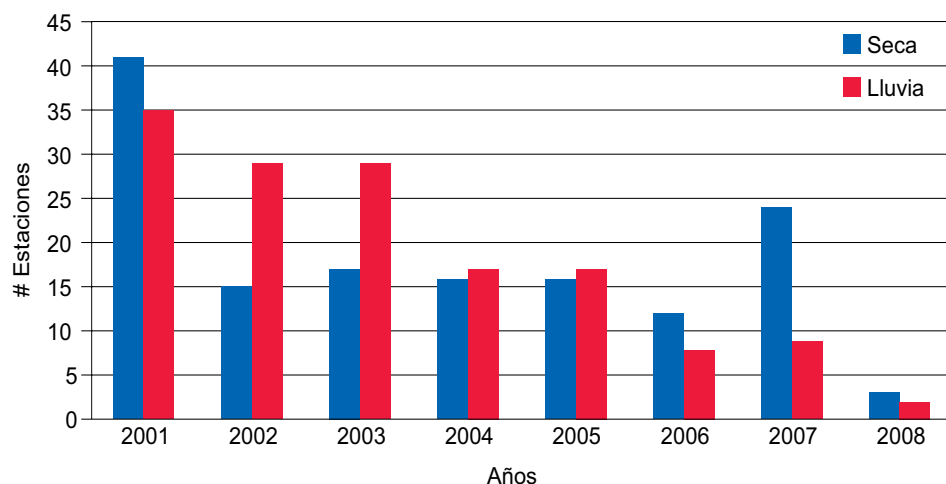


Figura 3.2. Comportamiento histórico de las estaciones de muestreo en las que el índice de calidad de aguas marino-costeras para preservación de flora y fauna - $ICAM_{PFF}$ ha mostrado bajas condiciones de calidad entre 2001 y 2008, en época seca y lluviosa.

Durante el 2001, el $ICAM_{PFF}$ mostró que el 26,7% de las 285 estaciones monitoreadas (51 estaciones), estuvieron dentro de la calificación *Mala o Inadecuada* (Tabla 3.1), indicando riesgo de contaminación del agua, principalmente la del tipo estuarina. Estas estaciones se ubicaron en los departamentos del Magdalena, La Guajira y Nariño. En el 2002, durante la época lluviosa el 21% de los índices ($ICAM_{PFF}$) calculados en las 210 estaciones de monitoreo estuvieron por debajo de la calificación de *Buena* calidad (Tabla 3.1), con la mayor representación en aguas estuarinas de Magdalena, San Andrés, Nariño y Sucre. Para el 2003 la calidad del agua fluctuó entre *Regular a Excelente*, el 13% de las 355 estaciones tuvieron las condiciones de calidad más bajas, principalmente en los departamentos de Magdalena, Sucre y Antioquia, durante el período de lluvias, en aguas de mezcla. Entre el año 2004 y 2007, alrededor del 10% de los sitios monitoreados mostraron índices con características de *Regular a Excelente* (Tabla 3.1), las cuales se ubicaron en Magdalena, Antioquia y Nariño durante la época seca.

Para el 2008, solamente en el 2% de los índices en las estaciones monitoreadas (aclarando que no se tiene el total de los datos para la época lluviosa), estuvieron por debajo de *Buenas* condiciones (Tabla 3.1), principalmente en Magdalena y Sucre. Lo anterior puede traducirse en recuperación de las condiciones ambientales del recurso hídrico que favorecen la preservación de la flora y la fauna.

A pesar de que la tendencia general del $ICAM_{PFF}$ muestra recuperación ambiental, existen sitios que durante los 8 años de monitoreo de la REDCAM han permanecido con condiciones inadecuadas (Tabla 3.1; Figura 3-3). En el análisis regional, se evidenció que las variables que mayor influencia tienen para disminuir el estado de la calidad de los índices, son producto de la escasa disponibilidad de oxígeno disuelto y los elevados niveles de sólidos suspendidos totales, Coliformes, hidrocarburos y ortofosfatos, que son las variables que afectan la mayor parte de los departamentos. En la región Caribe, en el departamento de Magdalena este comportamiento es observado principalmente en las estaciones de muestreo cercanas a la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), seguido de los ríos Don Diego, Piedras, Manzanares y frente a Costa Verde. En Atlántico, el mayor número de casos se encontró en las ciénagas de Balboa y Mallorquín, playa Santa Verónica y Bocas de Ceniza. Alrededor del Golfo de Morrosquillo, en Córdoba la estación en la que más prevalecen estas condiciones es San Bernardo del Viento. En Sucre, la Ciénaga La Caimanera y los caños Guainí, Alegría, Francés, Guacamayo y Zaragocilla. En La Guajira, el Cabo de la Vela, los ríos Ranchería, Jerez, Palomino y la termoelectrica “Termoguajira”.

En el Golfo de Urabá, adicionalmente se observó la influencia de los metales pesados (Cd y Pb), los cuales contribuyen en la disminución de la calidad de las aguas en

las desembocaduras de los ríos Volcán, Necoclí, Mulatos, León, Turbo, y en las playas Arboletes (Antioquia) y Triganá (Chocó Caribe). En San Andrés los sitios cercanos a la salida del alcantarillado, las bahías Hooker y El Cove se han visto afectados además, por las concentraciones de plaguicidas organoclorados.

En la costa Pacífica las estaciones ubicadas en Estero Tribugá, frente a Nuquí (Chocó), la zona litoral de los ríos Guapi y Guajú, playa Blanca-Gorgona (Cauca), Estero Chanzará, Ensenada Tumaco y los ríos Mataje, Iscuandé y Chagüi (Nariño) no mostraron buenas condiciones ambientales y disminuyeron su calidad en función del pH, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, Coliformes, hidrocarburos del petróleo y cadmio.

3.2.2 Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para recreación y actividades pesqueras por medio de indicadores

El estado de la calidad del agua para actividades de recreación y pesca fue analizado con base en los resultados de la ponderación de los parámetros microbiológicos establecidos en el $ICAM_{RAP}$. Teniendo en cuenta, que los Coliformes termotolerantes y totales son las variables de mayor importancia y tienen el factor de ponderación más alto en el cálculo del Índice (Marín *et al.*, 2003).

Históricamente las estimaciones del componente microbiológico en los principales balnearios del país, han mostrado variaciones temporales entre la época seca y lluviosa de los años 2001-2008 (Figura 3.4). De manera general los estados de calidad *Regular* y *Malo* (Tabla 3.1) son más recurrentes en la época lluviosa, generados por el arrastre de materiales a través de las escorrentías y resuspensión de los sedimentos en la columna de agua (Noble *et al.*, 2003; Brownell *et al.*, 2007).

Las estaciones de monitoreo en las cuales el $ICAM_{RAP}$ muestra categoría *Regular* y *Mala*, han presentado una tendencia a la disminución. En el año 2001, el 18,9 % de las 111 estaciones tuvieron un nivel de riesgo de medio a alto. Estas estaciones estuvieron localizadas principalmente en los departamentos de Antioquia, San Andrés y Providencia, y Valle del Cauca. Durante los años 2002 y 2003 se presentaron los máximos porcentajes, con el 38,7% de 168 estaciones y el 29,6% de 152 estaciones, respectivamente. En estos dos años, a excepción de San Andrés y Providencia en el 2002, en todos los departamentos costeros evaluados se evidenciaron estaciones con al menos un nivel de riesgo de cualificación medio. Posteriormente y hasta el año 2008, el número de casos ha permanecido por debajo del 17%, mostrando una recuperación en las condiciones sanitarias de los cuerpos de agua.

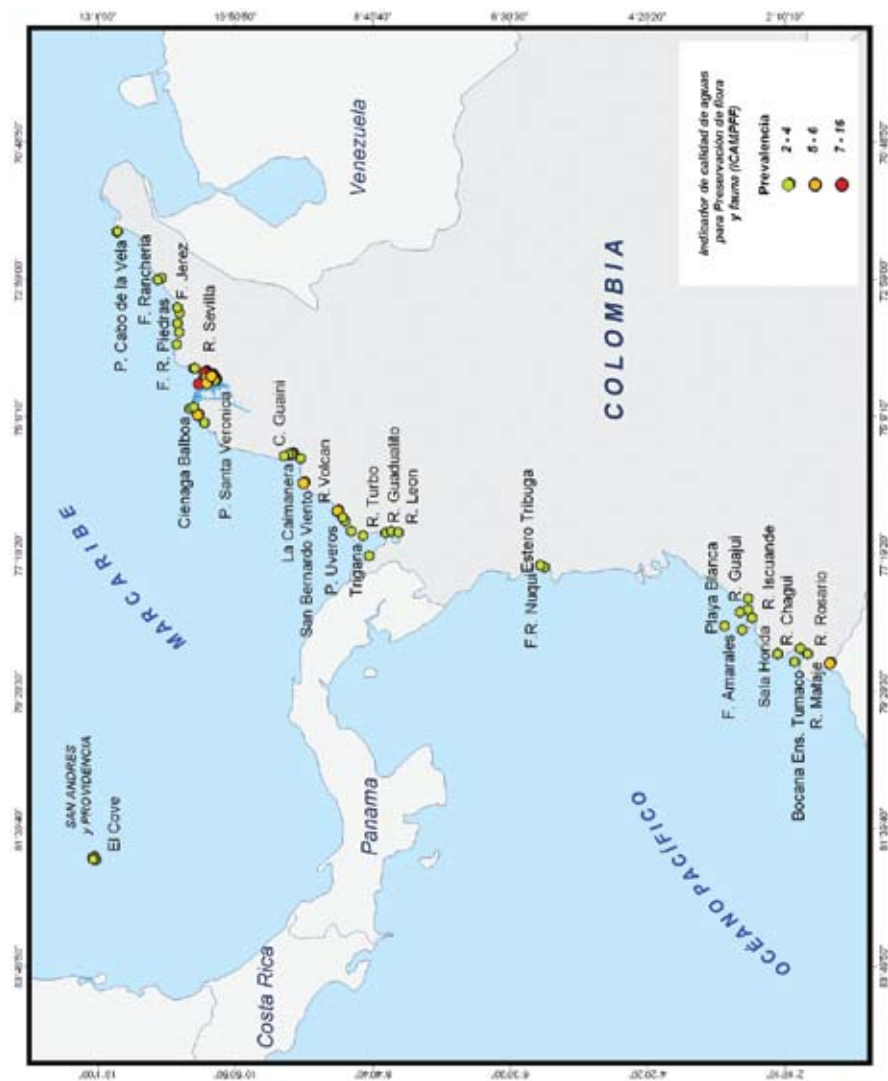


Figura 3.3. Sitios de muestreo de la REDCAM, en los cuales durante el periodo 2001-2008 han prevalecido las condiciones de baja calidad del agua (Tabla 3.1) para preservación de flora y fauna.

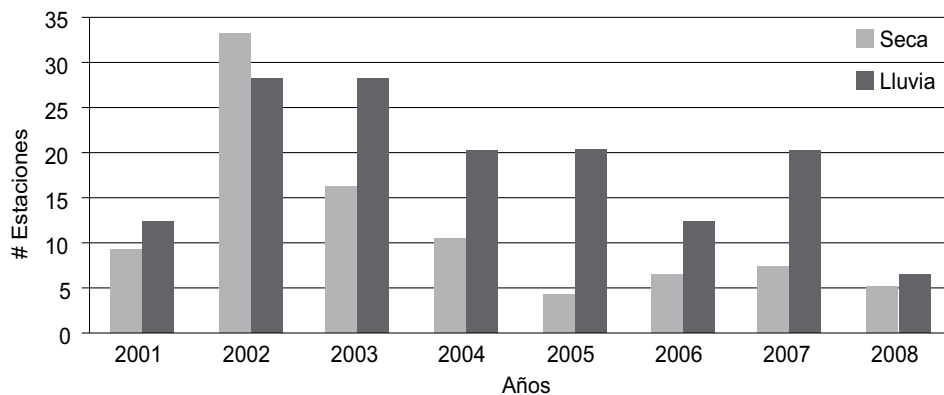


Figura 3.4. Comportamiento histórico de las estaciones de muestreo en las que el índice de calidad de aguas marino-costeras para recreación, actividades náuticas y playas – ICAM_{RAIP} han mostrado bajas condiciones de calidad entre 2001 y 2008, en época seca y lluviosa.

A nivel regional, en la costa Caribe el departamento de Sucre ha presentado la mayor frecuencia de casos con baja calidad de agua para actividades de contacto primario y secundario ($n=40$), destacándose la zona de Coveñas Coquerita, que desde el año 2002 ha registrado en todos los monitoreos un estado deficiente o inadecuado. En esta misma categoría también en Sucre se han encontrado durante cuatro años las Playas de Punta Rincón y Hotel Playa Mar. En orden descendente, las estaciones en las cuales se ha registrado baja calidad de las aguas se encuentran los departamentos de Magdalena y Antioquia. En Magdalena sobresalen por su baja calidad las playas Batallón y Buritaca y en Antioquia, las playas de Arboletes y Totumo. En Córdoba, las estaciones con riesgo por su calidad del agua son los balnearios de Moñitos y Puerto Escondido. En la Guajira, la playa Riohacha es la que presenta baja calidad, la cual cuenta con la principal afluencia de bañistas en la zona. San Andrés y Providencia, cuentan con pocos casos históricos de baja calidad (Figura 3.5).

En la región Pacífica, en el Valle del Cauca, ha prevalecido la mala calidad del agua, principalmente en la estación frente al muelle – Bocana. Otras estaciones de importancia sanitaria son frente al Hotel La Bocana, cabañas Carvajal y diagonal al Hotel Palm View. En orden descendente, el departamento de Chocó ocupa el segundo lugar, sobresaliendo las estaciones bahía Solano y playa Almejal. En Nariño, la estación de mayor relevancia debido a la repetitividad en la categoría de baja calidad es playa Sala Honda.

3.3 Conclusiones

De acuerdo con los indicadores calculados en las estaciones de muestreo de la REDCAM, la calidad de las aguas marinas y costeras del país muestran recuperación en el periodo 2001-2008. Sin embargo, el estado general de la calidad del agua se vio afectada por la presión de los vertimientos de aguas residuales reflejada en los elevados niveles de sólidos suspendidos, Coliformes, hidrocarburos, ortofosfatos y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

En el 2008, el 98% de los ICAM calculados para las estaciones monitoreadas estuvieron en la categoría *Excelente* mostrando un ambiente adecuado para la preservación de flora y fauna, así como para actividades recreativas y pesqueras, principalmente en la costa Pacífica de los departamentos de Cauca y Nariño. En el Caribe, algunos sitios de Magdalena, Córdoba y San Andrés, se destacaron por ser ejemplo permanente de óptima calidad desde el punto de vista ambiental.

3.4 Literatura citada

- Brownell, M.J., V.J. Harwooda, R.C. Kurzb, S.M. McQuaiga, J. Lukasik y T.M. Scottc. 2007. Confirmation of putative stormwater impact on water quality at a Florida beach by microbial source tracking methods and structure of indicator organism populations. *Water Research*, 41: 3747 – 3757.
- Calderon, R.L., E.W. Mood, y A.P. Dufour. 1991. Health effects of swimmers and nonpoint sources of contaminated water. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 1: 21–31.
- DANE - (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2008. Censo general 2005. Información básica DANE Colombia. Procesado con Redatam+SP, CEPAL/CELADE 2007...<http://www.dane.gov.co/>. 28/10/2008.
- Domínguez, F. 2006. Aplicación de métodos de preconcentración/determinación de metales pesados en sedimentos y aguas: membranas líquidas-espectroscopía atómica y voltametría de redisolución. Tesis doctoral, Ciencias y Tecnologías Químicas, Universidad de Cádiz, 313 p.
- Elmir S., M.E. Wright, A. Abdelzahr, H.M., Solo-Gabriele, L.E., Fleming, G., Millerc, M., Rybolowik, M.P., Shih, S.P., Pillaid, J.A. Cooper, y E.A. Quayc. 2007. Quantitative evaluation of bacteria released by bathers in a marine water. *Water Research*, 41: 3 – 10.
- Garay-Tinoco, J.A., D.I. Gómez-López y J. R. Ortiz-Galvis (Eds). 2006. Diagnóstico integral del impacto biofísico y socioeconómico relativo a las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un Plan de Manejo. Proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA - Programa de Acción Mundial PAM) y Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR- Centro Control Contaminación del Pacífico CCCP- Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO. Santa Marta, 262 p.
- IGAC, 2002. Atlas de Colombia. 5 ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 320 p.
- INVEMAR. 2009. 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>. 4/3/2009.

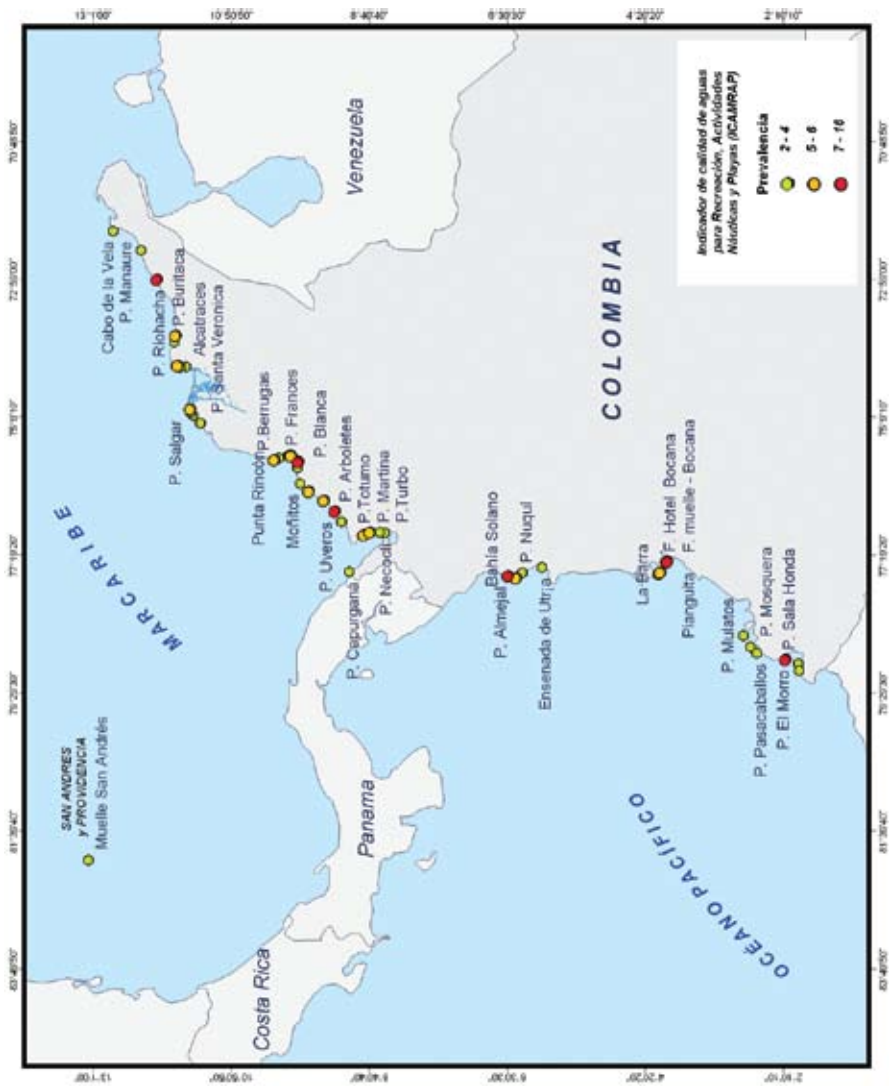


Figura 3.5. Sitios de muestreo de la REDCAM, en los cuales durante el periodo 2001 -2008 han prevalecido las condiciones de baja calidad del agua (Tabla 3.1) para actividades de recreación y pesca.

- 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.
- Noble, R., S. Weisberg, M. Leecaster, C. McGee, J. Dorsey, P. Vainik y V. Orozco-Borbón. 2003. Storm effects on regional beach water quality along the southern California shoreline. *Journal of Water Health*. 1: 23-31.
- Perdomo, L. (Ed). 2008. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe técnico. INVEMAR. Santa Marta, 102 p.
- Superservicios - Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2008. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia 2008. 14 p. www.superservicios.gov.co. 8/11/2008.
- Supertransporte - Superintendencia de puertos y servicios. 2008. Anuario estadístico 2007. www.supertransporte.gov.co. 30/11/2008.
- Tejada, C., L. Castro, A. Navarrete, T. Cardona, L. Otero, F. Afanador, A. Mogollón y W. Pedroza. 2003. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. Centro Control Contaminación del Pacífico. Ed. DIMAR. Serie Publicaciones Especiales Vol. 3, San Andrés de Tumaco, 120 p.
- Troncoso, W., L.J. Vivas-Aguas, S. Narváez y, J. Sánchez (Eds). 2008. 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. 296 p.
- UNESCO. 2002. Water interactions: System at risk and social challenges. International Hydrological Programme. Draft strategic plan for the 6th Phase 2002-2007. Paris, 34 p. http://www.unesco.org/water/ihp/ihp_six_es.shtml. 28/01/2009.
- 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

Capítulo III

Estado del conocimiento de los ecosistemas marinos y costeros

4. ESTADO DE LOS ARRECIFES CORALINOS

Raúl Navas-Camacho, Kelly Gómez-Campo, Johana Vega-Sequeda y Tomás López-Londoño

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 potenciales de bienestar para la humanidad (Wells y Hanna, 1992). Se desarrollan en aguas claras de los mares tropicales, modificando notablemente el relieve submarino. Se generan principalmente por la precipitación de carbonato de calcio que los pólipos coralinos secretan para elaborar su esqueleto externo de soporte, acumulándose y ofreciendo así una enorme variedad de hábitats para el asentamiento y proliferación de la vida marina (Birkeland, 1997). Los arrecifes protegen las costas y los asentamientos humanos del embate de las olas y tormentas. Muchas poblaciones costeras subsisten por la extracción de recursos de gran valor como langostas, cangrejos, pulpos, caracoles y peces, no obstante, el mayor potencial económico que poseen los arrecifes coralinos está en el desarrollo turístico, pues son destino por excelencia para miles de personas en todo el mundo (Buddemeier *et al.*, 2004). Sin embargo, muchos arrecifes han sufrido una extensa degradación como resultado de perturbaciones de tipo antropogénicas y naturales (Hughes, 1994; Grigg y Dollar, 1998), con las consecuentes implicaciones que eso tiene para millones de seres humanos que viven de la explotación sustentable de los arrecifes.

Según Díaz *et al.* (2000), Colombia posee cerca de 2.900 km² de áreas coralinas (Figura 4-1). Esto representa menos del 0,4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001). Solo una pequeña fracción (15 km²) se encuentra en la costa del Pacífico, en la isla Gorgona, ensenada de Utría, punta Tebada e isla Malpelo (Díaz *et al.*, 2000; Barrios y López-Victoria, 2001). En el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina está el 77% de las áreas coralinas del país donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados (Díaz *et al.*, 2000).

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). Inicialmente,

el SIMAC contó con estaciones de monitoreo en cuatro áreas geográficas del Caribe (Isla de San Andrés, Santa Marta, Parque Nacional Natural Tayrona e Islas del Rosario) y una en el Pacífico (Isla Gorgona) (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a). Tras diez años de actividad continua, el programa de monitoreo ha expandido su cobertura y actualmente cubre los principales ambientes arrecifales de los mares colombianos, con siete áreas geográficas en el mar Caribe y tres en el Pacífico (Figura 4-1).

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 y la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Las actividades en el último año de monitoreo se realizaron con el apoyo 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-; el apoyo del Banco de Programas y Proyectos de Inversión -BPIN/PNIBM- y del convenio con la UNEP.

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. Con el fin de dar una visión general, sólo se mostrarán 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 y para el área de Santa Marta los de la localidad El Morro. Los resultados del monitoreo realizado en las estaciones de CORALINA en San Andrés y Providencia, en las que se aplica la misma metodología SIMAC, no se analizaron ni incluyeron en el presente diagnóstico.

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



Figura 4-1 Estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del SIMAC en áreas coralinas del Caribe y Pacífico colombiano.

datos obtenidos se encuentran almacenados en la base de datos sistematizada (base SISMAC) 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.

4.3.1 Cobertura de los principales componentes del sustrato arrecifal

La variación en el tiempo de la cobertura de tejido coralino vivo sobre la superficie del arrecife es un buen indicador del estado de salud de los arrecifes coralinos, a causa de la funcionalidad de estos organismos como constructores fundamentales del ecosistema (Birkeland, 1997).

Algunos comportamientos de relevancia ecológica se hicieron evidentes a partir de las salidas gráficas (Figura 4-2 y Figura 4-3), los cuales se describen a continuación:

Exceptuando Urabá, se observó una tendencia generalizada a la disminución de la cobertura de tejido coralino vivo en todas las áreas geográficas de monitoreo. Adicional a ésta condición, algunas áreas presentaron un aumento de cobertura de algas, como es el caso de Tayrona, Islas del Rosario y San Andrés en el Caribe, y Gorgona en el Pacífico. No fue posible hacer ninguna inferencia de este tipo en Utría (Pacífico) ya que sólo se dispone de una evaluación puntual en el año 2002.

Los valores de cobertura de tejido coralino obtenidos en el último año de monitoreo fueron los más bajos obtenidos históricamente en algunas áreas del Caribe (Islas del Rosario, San Andrés, Tayrona y Santa Marta). Por el contrario, el Urabá chocoano evidenció el mayor valor en el último año de monitoreo.

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
CARIBE	Santa Marta	x				x	x	x			x
	Tayrona	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Islas del Rosario	x	x	x	x	x	x		x		x
	Islas de San Bernardo				x	x	x		x		x
	Urabá chocoano				x	x	x		x		
	San Andrés	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Isla Fuerte										x
PACÍFICO	Utría				x						
	Gorgona	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Malpelo					x			x	x	x

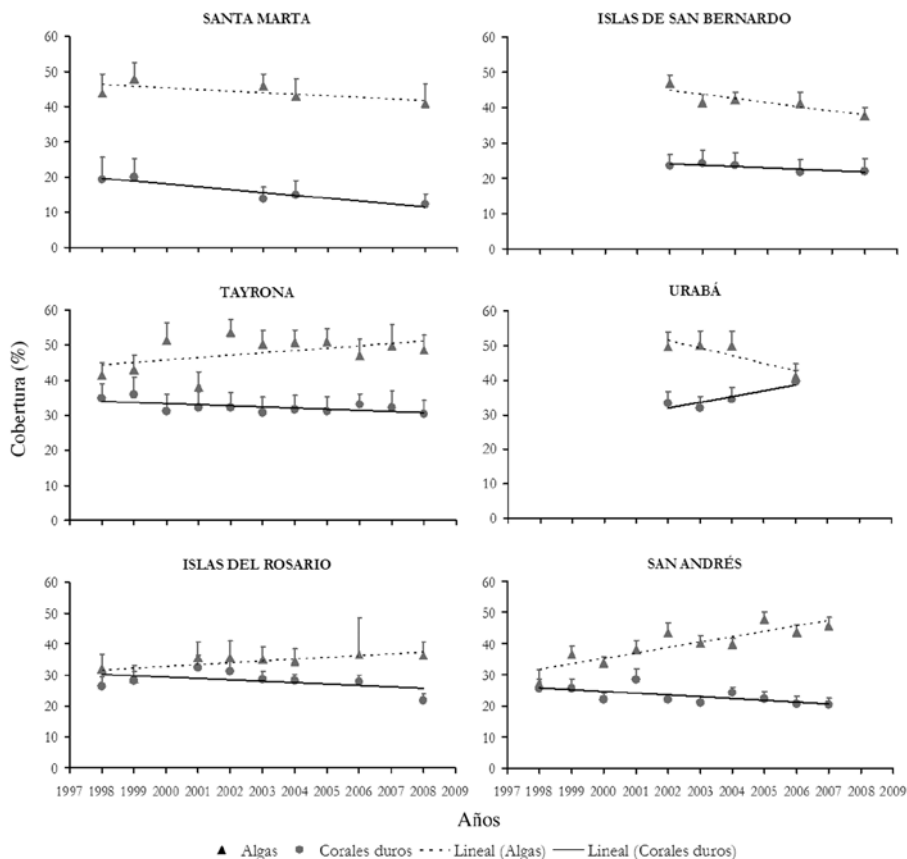


Figura 4-2. Tendencias de la cobertura de corales duros y de algas en las áreas de monitoreo SIMAC del Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

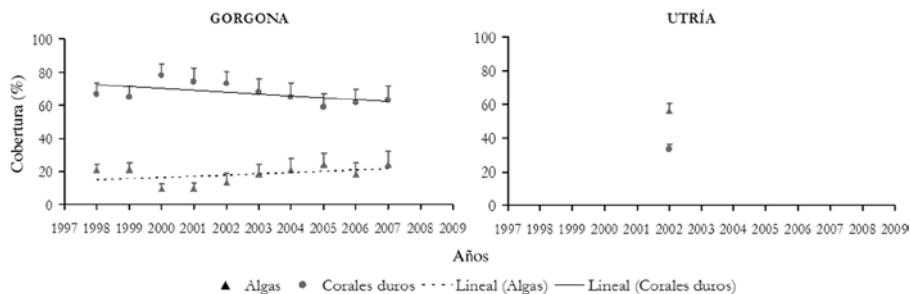


Figura 4-3. Tendencias de la cobertura de corales duros y de algas en áreas de monitoreo SIMAC del Pacífico colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

Exceptuando Gorgona (Pacífico), la cobertura relativa de algas predominó sobre la de corales en todos los años y áreas de monitoreo. En Islas del Rosario ésta dominancia fue relativamente menor a la observada en el resto de áreas. En Urabá, los valores de cobertura de tejido coralino y algas fueron muy similares en el último año, en el que las tendencias de ambos grupos de organismos casi convergen.

En general, la superioridad y/o tendencia al incremento de las algas así como la tendencia a la disminución de la cobertura de corales, podrían indicar un progresivo estado de deterioro de las formaciones coralinas en algunas áreas geográficas de Colombia (principalmente en Santa Marta y San Andrés). Por su parte, las áreas con tendencias casi imperceptibles o incluso opuestas a las mencionadas, podrían indicar una relativa estabilidad y/o mejoría del estado de salud en el arrecife durante los años de monitoreo (como en el caso de Islas de San Bernardo y Urabá).

4.3.2 Ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales

Las enfermedades y los eventos de blanqueamiento 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. 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 (Pahl, 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).

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 4-4). Aunque con valores muy bajos, el área de San Andrés ha presentado la mayor ocurrencia de enfermedades, conservando los mayores valores relativos a lo largo del tiempo y en comparación a otras áreas monitoreadas. Es importante resaltar el aumento de la ocurrencia de enfermedades en Islas del Rosario durante el último año, dominada por la enfermedad de la Plaga Blanca. Paradójicamente, durante el primer año de monitoreo se presentó un comportamiento opuesto, donde tras haber registrado uno de los mayores valores de ocurrencia de enfermedades ocurrió una marcada disminución registrada en la siguiente evaluación.

En lo referente al blanqueamiento coralino respuesta fisiológica de los corales ante condiciones ambientales desfavorables, se identificaron claramente dos picos de mayor ocurrencia que coinciden en escala espacial y temporal. Uno de ellos, en los años 1998-1999 se presentó en las áreas Tayrona, Islas del Rosario, San Andrés y Santa Marta (siendo las únicas áreas monitoreadas en los primeros años de monitoreo SIMAC); y el segundo, entre los años 2005-2006 para todas las áreas en las que se realiza el monitoreo (para el área de Santa Marta no fue posible identificar ningún comportamiento debido a que no se realizó el monitoreo durante éstos dos años). Los picos de mayor frecuencia de afección por blanqueamiento registrados por el SIMAC coinciden con los dos últimos eventos masivos de blanqueamiento ocurridos en el Caribe colombiano.

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. La presión ejercida por el hombre a causa de la sobreexplotación de recursos, así como la mortalidad masiva y extensiva de algunos herbívoros como la del erizo *Diadema antillarum* ocurrida en la década de los 80, han llevado a una desaparición casi total de muchos invertebrados arrecifales y generado cambios funcionales y estructurales importantes al interior del ecosistema coralino (Brown, 1997; Garzón-Ferreira, 1997; Díaz *et al.*, 2000). El área de Utría en el Pacífico colombiano fue excluida del análisis debido a los escasos registros de invertebrados en el arrecife evaluado.

La abundancia de erizos en las estaciones de monitoreo SIMAC en el Caribe colombiano ha sido muy variable. En las áreas Islas del Rosario, San Andrés y Urabá, la línea de tendencia indicó un aumento en la abundancia de erizos en el tiempo; sin embargo, se resalta lo observado en San Andrés donde desde el año 2002 hasta el 2006 se presentó una disminución anual progresiva. En Islas de San Bernardo, por el contrario la tendencia encontrada indica una disminución de la abundancia de erizos en el tiempo. En el área de monitoreo Tayrona y Santa Marta, la abundancia de erizos ha sido muy baja y sin cambios evidentes a través de los años (Figura 4-5).

A nivel general, la variación de la abundancia de erizos en las áreas de monitoreo está determinada por tres especies del género *Echinometra* -erizo de arrecife-; a excepción de Urabá y Tayrona, donde *Diadema antillarum* -erizo negro- y *Eucidaris tribuloides* -erizo lápiz- han sido predominantes para cada área respectivamente. Aunque no se pueden definir con certeza las causas de la variación anual y tendencias de la abundancia de erizos registrada, se sugiere que puede ser resultado de un conjunto de factores tales como desplazamientos localizados,

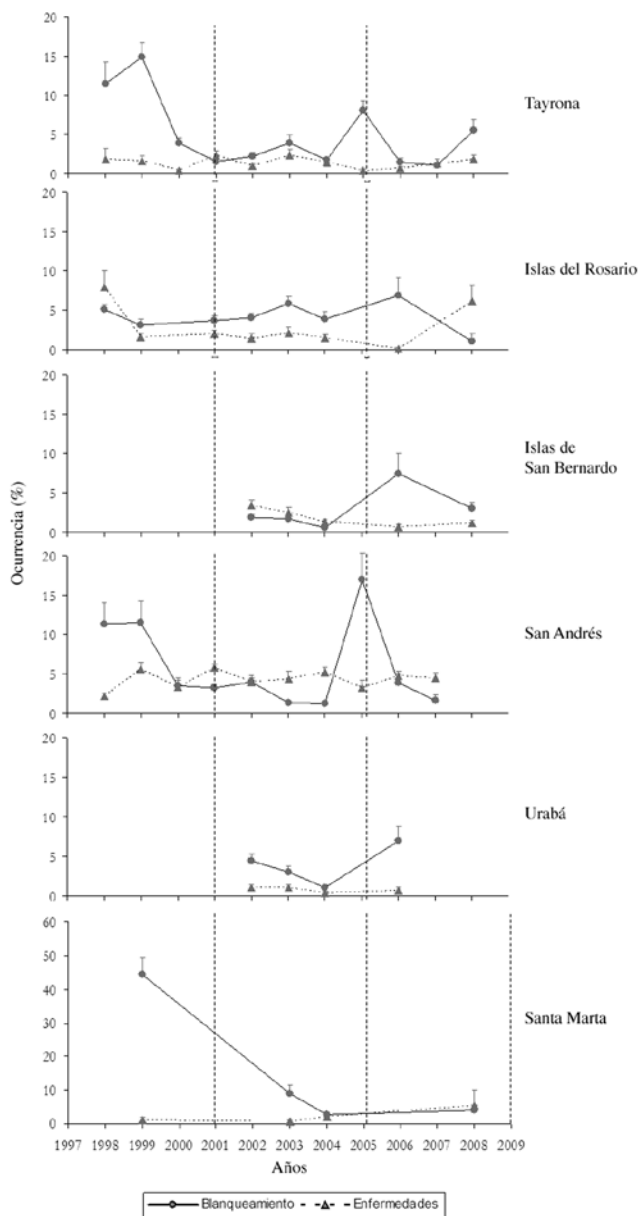


Figura 4-4. Comportamiento de la ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales pétreos, para las áreas geográficas monitoreadas por el SIMAC en el Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

depredación, reclutamiento e interacciones inter-específicas. Aunque no hay información en Colombia sobre la abundancia de *D. antillarum* previo a la mortandad masiva a mediados de la década de los 80, los cambios y tendencias observadas podrían indicar una lenta e irregular recuperación de la especie herbívora en al menos algunas áreas de monitoreo.

En las áreas de monitoreo del Pacífico colombiano, Gorgona muestra una tendencia al aumento de la abundancia a través de los años, con valores muy superiores a los registrados en el Caribe colombiano (Figura 4-6). Las variaciones corresponden a las fluctuaciones en el número de individuos de *Diadema mexicanum* –erizo negro–.

Teniendo en cuenta la escasa abundancia de organismos de importancia comercial en las estaciones de monitoreo y el valor económico que varios de estos invertebrados han representado para la población humana, se puede evidenciar la sobre-explotación y el agotamiento del recurso en el Caribe. 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.

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 con: el grado de importancia económica (pargos, meros, roncós, etc) o ecológica (loros, damiselas, mariposas, etc.) y en las cuales se han observado mayores abundancias o tendencias a través del tiempo. Adicionalmente, se seleccionó la abundancia de especies amenazadas (Mejía y Acero, 2002) observadas en las áreas de monitoreo para evaluar tendencias en una escala de tiempo determinada.

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; donde al igual que en San Andrés, se observó una tendencia al aumento de estos organismos. El área Tayrona ha presentado los valores de abundancia más bajos y no se evidenció una tendencia o cambios en el tiempo, mientras que en islas de San Bernardo se observó una disminución gradual en la abundancia de damiselas (Figura 4-7).

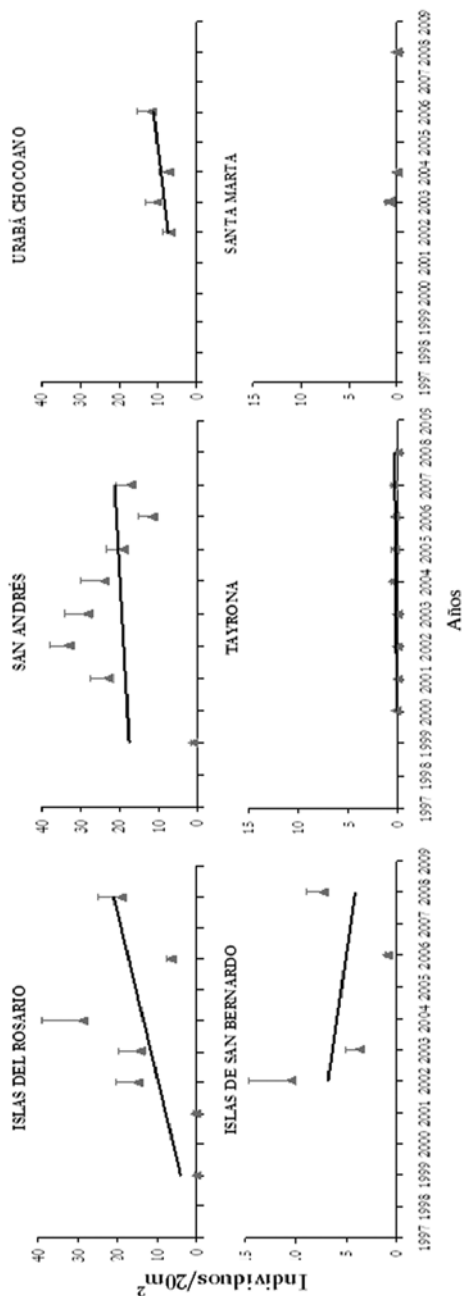


Figura 4-5. Tendencias de la densidad de erizos en las áreas de monitoreo del SIMAC del Caribe colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

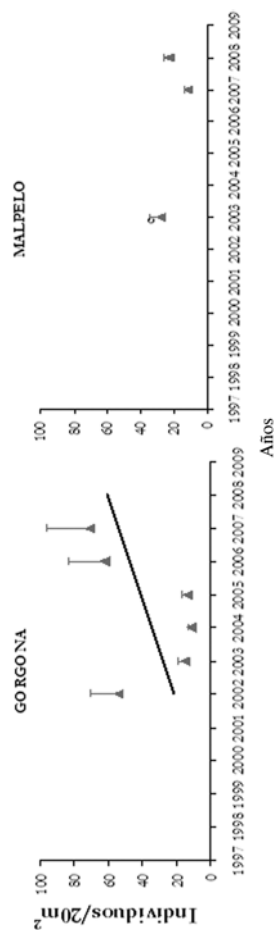


Figura 4-6. Tendencias de la densidad de erizos en las áreas de monitoreo del SIMAC del Pacífico colombiano. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

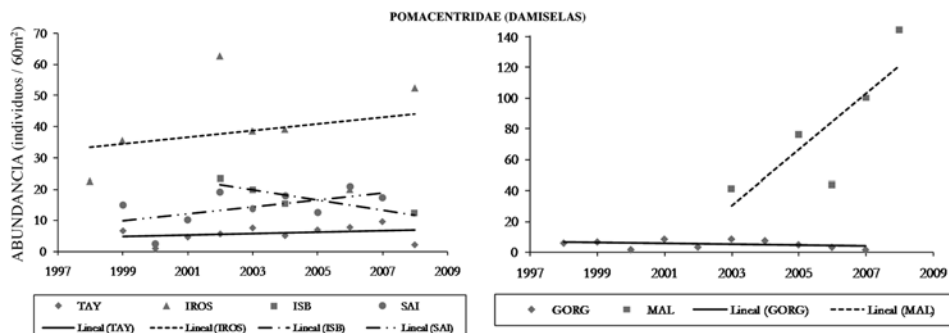


Figura 4-7. Tendencias de la abundancia de la familia Pomacentridae en áreas de monitoreo SIMAC: Tayrona (TAY), islas del Rosario (IROS), islas de San Bernardo (ISB), San Andrés (SAI), Gorgona (GORG) y Malpelo (MAL). Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

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 alteraciones en los arrecifes coralinos durante las últimas décadas, han ocurrido cambios en la estructura de las comunidades como la aparente proliferación de esta familia reflejada 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. 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 un aumento progresivo en la abundancia de las damiselas; sin embargo, a diferencia del Caribe, la dominancia de la familia Pomacentridae está determinada por la especie *Stegastes arcifrons* caracterizada por tener territorios en colonias coralinas. En Gorgona no se evidenció una tendencia o cambios en el tiempo (Figura 4-7).

Las familias selectas por su importancia económica como recurso pesquero han presentado históricamente abundancias muy bajas. En la familia Haemulidae (roncos) se observó una tendencia generalizada a la disminución de la abundancia en algunas áreas de monitoreo en el Caribe (Figura 4-8). Asimismo, en Islas del Rosario y San Bernardo se presentaron tendencias similares; donde los lutjanidos (pargos), familia de mayor importancia económica, mostró una tendencia a la disminución de su abundancia (Figura 4-8). Teniendo en cuenta que las poblaciones de pargos arrecifales han presentado mayores densidades en sitios completamente protegidos o con límites de extracción del recurso en otras regiones

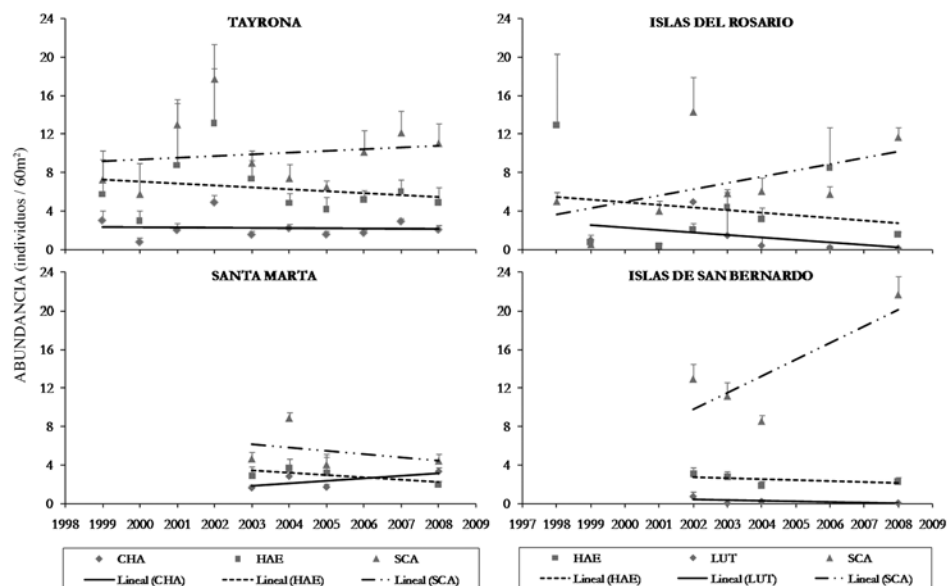


Figura 4-8. Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Scaridae (SCA) y Lutjanidae (LUT), en las áreas de monitoreo Tayrona, Santa Marta, Islas del Rosario e Islas de San Bernardo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

del Caribe (Koslow *et al.*, 1998; Polunin y Roberts, 1993), es probable que los resultados reflejen los efectos de la pesca intensiva y el agotamiento del recurso en áreas protegidas y no protegidas. En el área San Andrés se observó una tendencia al aumento de la abundancia de pargos, aunque también ha presentado valores históricos muy bajos (Figura 4-9).

En las estaciones de monitoreo SIMAC-Caribe, la abundancia de la Familia Serranidae (meros y chernas) se ha caracterizado por presentar valores muy bajos, y en algunas áreas como San Andrés y Urabá, una tendencia a la disminución (Figura 4-9). 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).

En referencia a la familia Scaridae (peces loro) -principales consumidores de algas en la actualidad-, se ha presentado un comportamiento contrario que reflejó una tendencia al aumento en la abundancia (Figura 4-8) en Áreas Protegidas. Dentro de los principales depredadores de los peces loro, se encuentran algunas poblaciones de importancia comercial

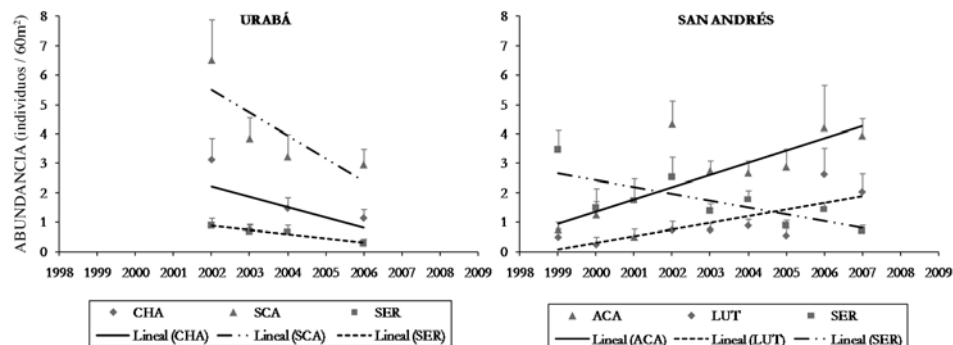


Figura 4-9. Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Scaridae (SCA), Serranidae (SER), Acanthuridae (ACA) y Lutjanidae (LUT), en las áreas de monitoreo Urabá chocoano y San Andrés. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

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).

En el Pacífico colombiano, las abundancias de las familias selectas fueron mucho más altas que en el Caribe (Figura 4-10). Los pargos han sido históricamente más abundantes en Malpelo y Gorgona; sin embargo, no se identificaron tendencias en el tiempo por lo cual no se incluyó en las salidas gráficas. En la familia Serranidae se observó una tendencia a la disminución de los valores de abundancia a través del tiempo.

Entre los grupos ecológicamente más reconocidos se encuentran las mariposas de la Familia Chaetodontidae, 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).

En la mayoría de estaciones monitoreadas por el SIMAC que se encuentran en Áreas Protegidas, los peces mariposa se han destacado por presentar abundancias muy bajas que se ha mantenido a través del tiempo; a excepción de Gorgona, donde se ha observado un aumento gradual de 1998-2007 (Figura 4-10). 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 el Urabá chocoano la familia presentó una tendencia a la disminución de la abundancia.

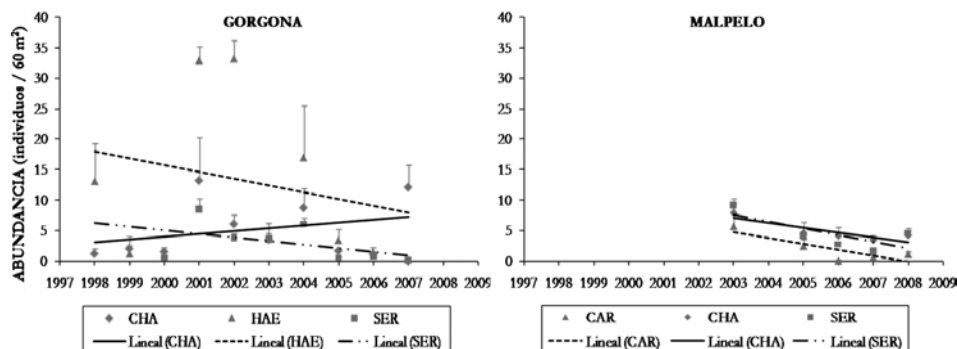


Figura 4-10. Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Serranidae (SER) y Carangidae (CAR), en las áreas de monitoreo Gorgona y Malpelo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

En la Figura 4-11 se presentó la densidad del total de especies amenazadas observadas en las estaciones SIMAC y que fueron evaluadas mediante censos visuales con la técnica de buceo errante. Para efectos de este análisis se tuvo en cuenta la densidad ponderada de las especies: ballesta *Balistes vetula*, mero guasa *Epinephelus itajara*, la cherna *E. striatus*, el hamlet *Hypoplectrus providencianus*, el pargo pluma *Lachnolaimus maximus*, los pargos *Lutjanus analis* y *L. cyanopterus* y el loro *Scarus guacamaia*.

En las área de monitoreo Tayrona e islas de San Bernardo se observó una tendencia al aumento de la densidad de estas especies amenazadas (Figura 4-11) mientras que en Santa Marta y San Andrés se ha observado una disminución de la densidad a través del tiempo.

4.3.5 Instalación de estación SIMAC en 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 realizó un reconocimiento de las formaciones coralinas en Isla Fuerte (Bolívar) para la instalación de estaciones de monitoreo. Se visitaron zonas adyacentes a la isla, incluyendo Canal del Inglés, Los Venados y Bajo Alicia, donde se observó un deterioro considerable influenciado por las descargas continentales provenientes de río Sinú.

La estación se instaló en el lugar conocido como Fondo Loco (9°22'48.4" N - 76°12'27.5" W) con características que integran las necesidades de una parcela SIMAC: 10 m de profundidad, buena cobertura coralina (36.5%, ee=3.3; Tabla 4-2), colonias en buen estado donde sobresalieron *Colpophyllia natans*, *C. breviserialis*, *Montastraea faveolata*, *M. cavernosa* y *M. annularis*. (Figura 4-12).

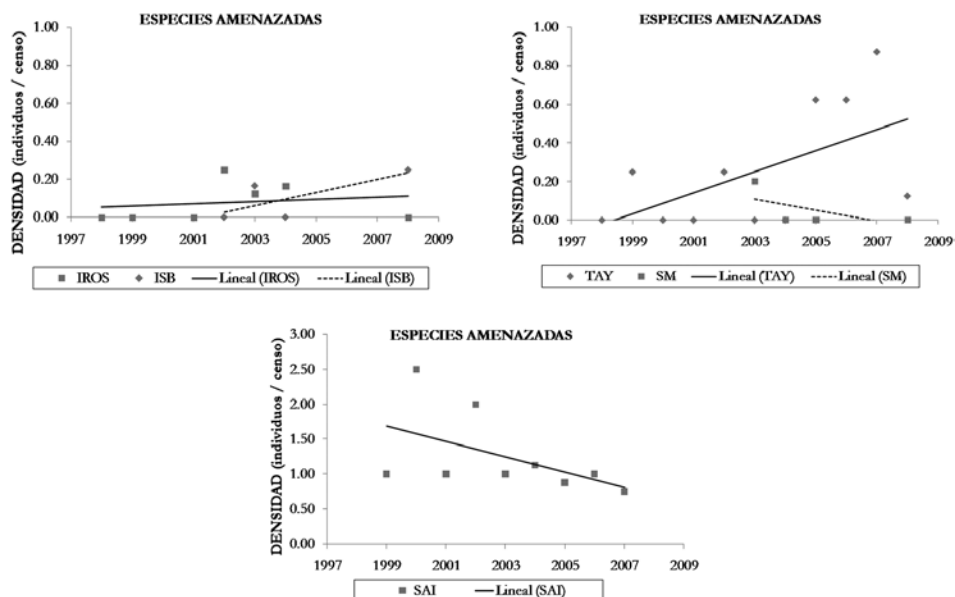


Figura 4-11 Tendencias de la densidad de especies amenazadas en cinco áreas de monitoreo SIMAC: Tayrona (TAY), Santa Marta (SM), islas del Rosario (IROS), islas de San Bernardo (ISB) y San Andrés (SAI). Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

Tabla 4-2. Promedio (Prom) y error estándar (EE) de los componentes evaluados por el SIMAC en la estación instalada en el sector de Fondo Loco, Isla Fuerte, en octubre de 2008. ELO = enfermedad de lunares oscuros; EPB = enfermedad de plaga blanca y SAC = serratisis de acroporidos o white pox

Componente		Prom	(EE)
Cobertura del sustrato arrecifal (%)	Corales duros	39.80	(3.30)
	Algas	36.50	(3.40)
Salud coralina (% de ocurrencia)	Enfermedades	ELO	0.40 (0.00)
		EPB	0.80 (0.00)
		SAC	0.20 (0.00)
	Blanqueamiento	5.70	(0.00)
Densidad de invertebrados vágiles (individuos / 20 m ²)	Caracol pala	0.20	(0.20)
	Erizos	4.60	(0.60)
	Langosta	0.80	(0.50)
Densidad de gorgonáceos (individuos / 10 m ²)		18.40	(4.30)

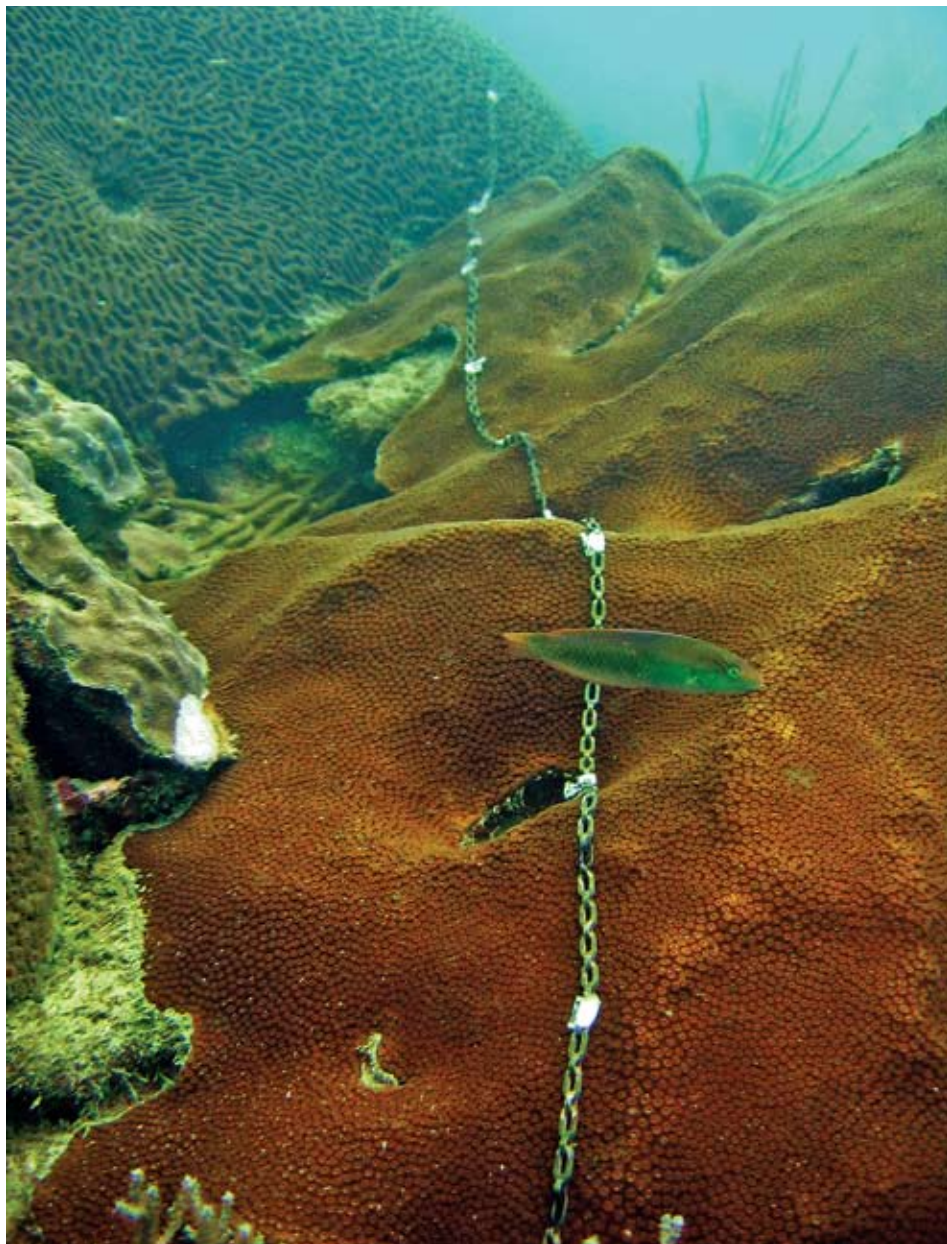


Figura 4-12. Imagen del transecto cuatro en la estación Fondo Loco donde se observa la cadena de eslabones extendida sobre colonias coralinas para la evaluación de la cobertura del sustrato arrecifal.

La ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en la nueva estación registró valores bajos que se encuentran en los promedios históricos para otras estaciones SIMAC en el Caribe colombiano. El promedio general de ocurrencia de enfermedades coralinas fue de 1.4% (ee=0) y 5.7% (ee=0) para blanqueamiento (Tabla 4-2). Se observaron tres enfermedades afectando colonias de corales pétreos: plaga blanca (mayor ocurrencia), lunares oscuros y serratisis de acroporidos o white pox.

La abundancia de peces arrecifales fue muy baja con respecto a otras áreas monitoreadas. La familia Pomacentridae fue nuevamente la más abundante (5.20 individuos/60m², ee= 0.82), seguida de Scaridae y Haemulidae en proporciones muy similares (Tabla 4-3). La diferencia entre la abundancia de familias selectas es mínima y aún no se tiene un registro histórico para observar tendencias en el tiempo.

Tabla 4-3. Promedio (prom) y error estándar (EE) de la abundancia (individuos/60 m²) de familias selectas en la estación Fondo Loco, instalada en octubre de 2008.

Familia	Prom	(EE)	Familia	Prom	(EE)
Acanthuridae	2.46	(0.40)	Pomacentridae	5.20	(0.82)
Chaetodontidae	2.78	(0.55)	Scaridae	3.52	(0.47)
Haemulidae	3.29	(0.93)	Serranidae	1.20	(0.20)
Lutjanidae	2.00				

4.4 Conclusiones y recomendaciones Monitoreo SIMAC

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:

Una tendencia a la disminución de la cobertura de coral vivo y valores históricamente más bajos durante el 2008 en la mayoría de estaciones. Por el contrario, los valores de algas fueron generalmente mayores y ocasionalmente con una tendencia al aumento. Esta condición podría reflejar un progresivo estado de deterioro en dichas áreas, principalmente Santa Marta y San Andrés donde se observaron las tendencias más marcadas.

La ocurrencia de enfermedades en las áreas coralinas del Caribe colombiano ha sido generalmente baja, encontrando en el área de San Andrés los mayores valores y en islas del Rosario los valores más extremos de variación. Asimismo, se observaron picos de

alta ocurrencia de blanqueamiento coralino que coinciden con eventos de blanqueamiento masivo en el Caribe. La ocurrencia de enfermedades fue especialmente alta en islas del Rosario durante el 2008 determinada por la enfermedad plaga blanca.

El comportamiento en la densidad de los erizos al parecer es independiente y particular de cada área evaluada, resaltando el aumento en la densidad de erizos en las islas de San Bernardo, donde además se observa por primera vez la especie *D. antillarum*.

La abundancia de peces arrecifales de importancia comercial (pargos, meros y chernas) presentó valores muy bajos y con una tendencia a la disminución, a excepción de San Andrés donde solo la familia Lutjanidae presentó una tendencia al aumento. 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.

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 tensores 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.

4.5 Otras contribuciones al estado del conocimiento de los arrecifes de coral

Siguiendo el objetivo del presente capítulo de contextualizar a los lectores sobre el estado del conocimiento respecto a los ecosistemas marino-costeros, se presenta a continuación un compendio de los trabajos relacionados con los arrecifes coralinos que se han registrado en los Informes del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros de Colombia y en el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras entre los años 1998 y 2008.

Hasta la fecha se cuentan con un total de 47 aportes al conocimiento sobre el estado de los arrecifes coralinos en Colombia, enfocados principalmente a las temáticas de Caracterización y Biología de organismos, mientras que las temáticas sobre Filogenia, Taxonomía y Estrategias de Manejo no han sido tratadas por los investigadores en los

informes y el boletín (Tabla 4-4). A partir del año 2005 se expande el número de temáticas objeto de estudio incluyendo también Función ecosistémica e Impactos. Cabe aclarar que no se mencionan aquí los avances registrados sobre arrecifes coralinos en el país plasmados en otras publicaciones e informes, la cual estaremos actualizando en la producción del año siguiente (2009), por lo que lo que aquí se muestra es solo una primera aproximación a lo que sería el estado del conocimiento que se tiene sobre este ecosistema en el país a lo largo de éstos años.

Tabla 4-4 Organización temática de las contribuciones en el IEARMC y el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras sobre arrecifes coralinos desde 1998 al 2008.

Temática	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
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
Conservación											2
Rehabilitación /restauración /mitigación											
Impactos								1			1

En la temática Conservación, existen dos estudios realizados por Alonso *et al.* (2008a y 2008b), en el que analizan las prioridades de conservación para el Caribe y Pacífico colombiano y realizan avances en el diseño de una red de áreas marinas protegidas teniendo en cuenta entre otros objetos de conservación a los arrecifes coralinos someros y de profundidad, así como la propuesta de metas cuantitativas de conservación para este ecosistema en cada una las ecorregiones, con base en atributos ecológicos claves de tamaño, condición y contexto paisajístico principalmente.

En la Tabla 4-5 se puede observar como las ecorregiones Tayrona, Archipiélagos coralinos y San Andrés han sido las áreas que más atención académica han recibido por parte de las Universidades Jorge Tadeo Lozano, Universidad de los Andes y Universidad Javeriana especialmente, así como de INVEMAR, CORALINA y la UAESPNN. Un esfuerzo por

Tabla 4-5. Listado de registros de arrecifes corallinos por temáticas y ecorregiones naturales según el PNIBM (INVEMAR, 2000) de acuerdo a los registros del IEARMC y el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 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 Océánico), PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Océánico). Sub ecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsm (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá)

Departamentos	Pacífico	Pacífico oceánico	PAO				
		Nariño	TUM				
			SAQ				
		Cauca	MAL				1
			GOR		2		
			NAY				
		Valle del Cauca	BUE				
			BAU		1		
		Chocó	PAN				
Caribe	Caribe oceánico	COC					
	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	SAN				4	
	Antioquia y Chocó	DAR	cap	1	2		
	Córdoba		atr				
			arb				
	Sucre	MOR					
	Bolívar, Sucre y Córdoba	ARCO		2		9	
	Atlántico y Bolívar	MAG	gal	1	1		
	Magdalena		cgs				
			sal				
	TAY		2		3		
	Guajira	PAL					
		GUA					
	ECORREGIONES		Subcorregiones	Caracterización (Comprende qué, cómo y dónde)	Distribución (Comprende únicamente dónde y cuánto)	Función (Conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo).	
	TEMÁTICAS						

Continuación de la Tabla 4.5	Pacífico			Caribe							Departamentos	
	Pacífico oceánico		PAO									
	Nariño		TUM									
			SAQ									
	Cauca		MAL									
			GOR									
			NAY									
	Valle del Cauca		BUE									
			BAU									
	Chocó		PAN									
	Caribe oceánico		COC									
	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina		SAN					1				1
	Antioquia y Chocó		DAR	cap								
	Córdoba			atr								
				arb								
	Sucre		MOR									
	Bolívar, Sucre y Córdoba		ARCO					2				
	Atlántico y Bolívar		MAG	gal								
	Magdalena			cgsm								
				sal								
			TAY					7	2			
	Guajira		PAL						2	2		
			GUA						2			
	ECORREGIONES			Subecorregiones TEMÁTICAS								
					Filogenia (Relaciones genéticas)							
				Taxonomía (Identificación de especies)								
				Biología de organismos (Ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología etc.)								
				Conservación								
			Rehabilitación/ Restauración/ Mitigación									
			Impactos: Contaminación									

mantener información representativa de las demás áreas coralinas del país ha sido realizada a través del SIMAC en algunos casos permanentemente y en otros intermitente debido a que los desplazamientos hacia las zonas determinadas y la ejecución del ejercicio de evaluación, es un compromiso que requiere para implementarse de altos presupuestos, además de otros problemas de orden público (Utría) y dificultades en el acceso.

Las temáticas preferidas se centran en caracterización, biología de organismos (fauna asociada) y función (reproducción, conectividad, ecología, monitoreo), siendo esta última la que más se ha desarrollado en el archipiélago coralino ARCO correspondiente al área del PNN Corales del Rosario e islas de San Bernardo. El resto de las ecorregiones naturales, no poseen significativamente representación de áreas coralinas por lo que no se registran estudios en estas áreas. En el caso excepcional de la Guajira (GUA-Bahía Portete) por ser la única zona con representación masiva de corales del departamento, un seguimiento a mediano plazo sería recomendable con el fin de poder establecer el estado actual de la bahía cuyo espacio es de carácter especial por ser de confluencia industrial (área de transporte y almacenaje de carbón y de tránsito de buques) y ecosistémica (dunas, lagunas salares, manglares, arrecifes coralinos, playas arenosas, litorales rocosos y pastos marinos).

En cuanto a los estudios reportados en el 2008, Alvarado *et al.* en su estudio denominado “Estructura de talla de poblaciones de especies de coral amenazados, vulnerables y sin riesgo en el Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario (AMP)”, resaltan la dominancia de especies como *Porites astreoides*, *Montastraea annularis* y *Acropora cervicornis* en distintas islas y ambientes en el Archipiélago, así como variación de tallas entre sitios y especies. Encontrándose que *P. astreoides* y *A. palmata* dominaron las colonias pequeñas, para *M. annularis* fueron las tallas mayores las más abundantes. Los autores concluyen que *Mussa angulosa* y *A. palmata* se hallan en peligro crítico por presentar poblaciones muy poco abundantes, que *M. annularis* es una especie vulnerable por tener solo colonias grandes y bajo reclutamiento, al contrario de *P. astreoides* que presenta abundancia y diversidad de tallas, se encuentra fuera de peligro.

Por otra parte, Carrillo *et al.* presentan una investigación denominada “Estado actual de la fertilidad y fecundidad de *Montastraea annularis* (anthozoa: scleractinia) en Isla Grande (Parque Nacional Natural Corales del Rosario), encontrando que para *M. annularis* la liberación de gametos tuvo lugar los días 21 y 22 de septiembre entre las 9:30 y 10:30 pm registrándose un bajo porcentaje en la fecundidad y fertilidad, explicada en parte por la descarga de sedimentos terrígenos al sistema arrecifal de las islas. Los investigadores hallaron que no hay relación entre la talla y la fecundidad al reportar colonias fecundas sin haber alcanzado la talla mínima reproductivas. *Montastraea annularis* desova en condiciones limitantes

y de su bajo éxito reproductivo se infiere un bajo reclutamiento para Isla Grande. Concluyen recomendando la implementación de estrategias de conservación y manejo para proteger esta especie y monitoreo del éxito de reclutamiento y sobrevivencia de esta especie.

En un tercer estudio efectuado por Alvarado y Acosta, llamado “Lesiones Naturales en la población de *Montastraea annularis* en un arrecife degradado del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo” se determinó que las lesiones naturales mas frecuentes fueron debidas a depredadores pero las que menos recuperación presentaron fueron las de interacción por algas, llegando incluso a afectar su sobrevivencia y reproducción.

Alvarado *et al.* en su estudio titulado “Estructura de tallas de seis especies de corales (scleractinia: anthozoa) dentro y fuera del área marina protegida parque nacional natural Tayrona: análisis preliminar” encontraron que no existe una relación entre las tallas de seis especies coralinas ampliamente distribuidas en el Parque y región de Santa Marta y el hecho de estar dentro o fuera del Área Marina Protegida. Sin embargo hay una leve tendencia a que tallas mayores se ubiquen al interior del AMP lo que se ajusta a los resultados obtenidos en la literatura consultada. Finalmente se menciona la mayor abundancia de *Porites astreoides* al interior de la AMP, que se explica por la tendencia general de cambiar corales formadores de arrecife por otros de crecimiento más rápido y no formadores de arrecife (ej: *A. palmata* vs *P. astreoides*).

En otro estudio de Alvarado y Acosta con título “Fecundidad del coral *Montastraea annularis* en un arrecife degradado del caribe colombiano” utilizó análisis histológicos para el conteo de gónadas en las colonias estudiadas. El estudio arrojó como resultados una alta sincronía en la liberación de gametos, un porcentaje inferior a 35% de ramets fértiles así como baja abundancia de gametos masculinos. El bajo reclutamiento en la zona, se explica por el bajo porcentaje de ramets liberadores y la baja fecundidad de los mismos, teniendo en cuenta que las especies liberadoras formadoras de arrecife requieren de una alta concentración de esperma liberada al medio.

Un estudio sobre “Reproducción sexual del coral hermatípico *Solenastrea bournonii* (scleractinia-faviidae) en la bahía de Gaira, Santa Marta, Caribe colombiano” llevado a cabo por Villalobos *et al.*, evidenció separación de sexos y tipo de reproducción de desovadores para la especie estudiada. El desarrollo de oocitos se evidenció para el mes de julio en tanto que solo hasta octubre se observó desarrollo de gametos masculinos. Debido a estos datos y a estudios previos de la familia Faviidae se presume, aún cuando debe ser comprobado, que el proceso de desove para esta especie tiene lugar a partir de septiembre. Se recomiendan estudios de reclutamiento para la especie.

Finalmente Henao *et al.*, presentan un estudio denominado “Composición de la comunidad bentónica asociada a parches coralinos someros dentro y fuera del Área Marina Protegida Parque Nacional Natural Tayrona: Análisis preliminar” donde concluyen que la mayor cobertura es de sustrato arenoso con algas filamentosas, un importante aporte de corales escleractíneos al interior del AMP y dominancia de gorgonáceos, esponjas y zoantideos fuera del AMP. Los análisis de similaridad no mostraron claras diferencias entre áreas al interior o por fuera del AMP y entre zonas turísticas y sin turismo, pero sí separaron en grupos exclusivamente al interior o exterior del AMP. Se separaron grupos dominados por *Siderastrea siderea*, *Acropora palmata* y grupos mixtos de *Porites astreoides* y *Montastraea annularis*. Es claro que los corales al interior del parque no presentan alteraciones por aguas residuales, ni turismo, lo que no ocurre en el área de Santa Marta y Rodadero. La acción de los buzos certificados no demostró ser causal de deterioro considerable. Se recomienda realizar monitoreo continuos para verificar el estado de especies como *A. palmata*, *A. cervicornis* catalogadas en peligro y de las formadoras de arrecife *Montastraea annularis*, *M. faveolata* y *M. cavernosa*.

De los siete estudios cinco (60%) fueron llevados a cabo en el PNNCRSB y los dos restantes fueron efectuados en el PNN Tayrona. Los temas desarrollados por estos estudios se centraron en la caracterización y biología de organismos y fueron conducidos en gran parte por investigadores de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, con participación de la Universidad de los Andes y la Universidad Javeriana.

4.6 Conclusiones y recomendaciones

Teniendo en cuenta que los resultados están basados únicamente en los registros del IEARMC y Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, se debe tener precaución sobre el alcance de estos al llegar a concluir sobre el estado actual de conocimiento de los arrecifes coralinos en el país.

Desde el año 2005 se ha venido registrando un aumento en el número de investigaciones y una diversificación en las temáticas tratadas para los arrecifes coralinos.

Las ecorregiones TAY, ARCO y SAN son las que presentan el mayor número de investigaciones especialmente enfocadas en función y biología de organismos asociados al ecosistema o para los mismos corales.

Aunque especialmente para el Pacífico la probabilidad de tener ambigüedades con la taxonomía de los corales es aún mayor que en el Caribe, es necesario implementar esta temática con el fin de aclarar la presencia o ausencia de especies en los litorales del país.

Estudios sobre conectividad (genética y espacial) son una herramienta fundamental con la cual se pueden llegar a desarrollar avances en cuanto al conocimiento funcional de los arrecifes coralinos especialmente en lo que se refiere a fuentes larvales en redes de AMP's, así como también para medidas de adaptación al Cambio climático.

4.7 Literatura citada

- Achituv, Y. y Z. Dubinsky. 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. (25): 550p.
- Acosta, A. 2008. Conectividad y evolución de poblaciones de *Palythoa caribaeorum* en el Caribe colombiano. 61-66. En: INVEMAR. 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 380p.
- Acosta, A., J.K. Bernal, J. Jaramillo-González, D. Mariño-Correa, M. Ordoñez, J. Camacho, M. Ruíz y D. Alvarez. 2006. Investigaciones desde la perspectiva de la conectividad y el reclutamiento coralino para el entendimiento del estado, estructura y dinámica de los arrecifes coralinos (Caribe). 96-100. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- Alonso, D., L. F. Ramírez, C. Segura- Quintero, P. Castillo-Torres, J. M. Díaz y T. Walschburger. 2008a. Prioridades de conservación *in situ* para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, The Nature Conservancy –TNC y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques nacionales Naturales –UAESPNN. Santa Marta, Colombia, 20p.
- Alonso, D., C. Segura- Quintero, P. Castillo-Torres y J. Gerhantz. 2008b. Avances en el diseño de una red de áreas marinas protegidas: Estrategia de conservación para el norte del Caribe continental colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 37(1) 129-156.
- Alzate, A. y F.A. Zapata. 2007. Estructura de la comunidad de peces en dos formaciones coralinas de isla Malpelo, Pacífico colombiano. 98-104. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378p.
- Alzate, A., T.J. Llanes, M. Rodríguez-Moreno y F.A. Zapata. 2006. Contribuciones al conocimiento del estado, funcionamiento y dinámica de las comunidades de peces en formaciones coralinas del Pacífico colombiano. 127-134. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- Angel, I.F. y J. Polanía. 2001. Estructura y distribución de pastos marinos en San Andrés Isla, Caribe colombiano. Boletín Ecotrópica, 35: 1-24.
- Aronson, R.B. y W.F. Precht. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. Hydrobiology. 460: 25-38.
- Baez, D.P., J.C. Márquez y M. López-Victoria. 2002. Una salacuna para los peces arrecifales del Archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 31: 243-246
- Barrios, L.M. y M. López-Victoria (Eds). 2001. Gorgona Marina: contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 7, Santa Marta, 160p
- Birkeland, C. (Ed). 1997. Life and death of corals reefs. Chapman and Hall, New York, 536p.
- Brown, B.E. 1997. Disturbances to reefs in recent times. 354-379. En: Birkeland, C. (Ed) Life and death of corals reefs. Chapman and Hall, New York. 536p
- Buddemeier, R.W., J.A. Kleypas y R.B. Aronson. 2004. Coral reefs and global climate change: potential contributions of climate change to stress on coral reefs ecosystems. Pew Center on Global Climate Change report, 424p.

- Cáceres, S., J. Cadena y J.A. Sánchez. 2007. Estado actual del crecimiento coralino en el Caribe colombiano: coral lechuga *Agaricia tenuifolia* (Dana 1846) y la pluma de mar *Pseudopterogorgia acerosa* (Pallas, 1766). 77-84. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378 p.
- Camargo, C., J.A. Sánchez, J. Maldonado, R. Moreno, E. Alvarado, J.D. Osorio, A. Mogollón, N. Manrique. 2007. Estado de la efectividad en el manejo del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo: tendencias preliminares. 87-96. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378p.
- Chasqui, L. y F.A. Zapata. 2007. Tamaño y composición de dos formaciones coralinas del Santuario de Fauna y Flora Malpelo, Pacífico colombiano. 96-98. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378p.
- Chávez-Fonnegra, A., M. López-Victoria, F. Parra-Velandia y S. Zea. 2005. Ecología química de las esponjas excavadoras *Cliona aprica*, *C. caribbaea*, *C. delitrix* y *C. tenuis*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 34: 43-67.
- 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. Marine Ecology Progress Series. 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. 45p.
- 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. 176p.
- Díaz-Pulido, G. A. Rangel-Campo, M. Díaz-Ruíz, L. Flórez-Leiva y D.E. Venera-Pontón. 2006. Efectos sinérgicos de la sedimentación, herbivoría, asentamiento algal y localidad, sobre el reclutamiento y desarrollo de algas en los arrecifes del Parque Tayrona, Caribe colombiano. 111-113. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- 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. y J.H. Pinzón. 1999. Evaluación rápida de estructura y salud de las formaciones coralinas de la isla de Malpelo (Pacífico colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 28: 137-154
- Garzón-Ferreira, J. 1997. Arrecifes coralinos: un Tesoro camino a la extinción? Colombia: Ciencia y Tecnología 15(1): 11-19.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez, S. Bejarano-Chavarro, R. Navas-Camacho y C. Reyes-Nivia. 2003a. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 84-113. En: INVEMAR. 2003. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2002. Serie de publicaciones periódicas. No. 8. Santa Marta, 148p.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez, S. Bejarano-Chavarro, R. Navas-Camacho, M.C. Reyes-Nivia, P. Herrón, F. Zapata, J. Rojas y O. Caucaí. 2004. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 79-135. En: INVEMAR. 2004. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2003. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 329p.
- 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. 2002. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2001. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 178p.
- 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.

- Gil-Agudelo, D.L., J. Garzón-Ferreira, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia, R. Navas-Camacho, D.E. Venera-Pontón, G. Díaz-Pulido, J.A. Sánchez, M.C. Hurtado y C. Orozco. 2006. Blanqueamiento coralino en Colombia durante el año 2005. 83-87. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- Giraldo, A.M., D. Salazar, D. Rodríguez, E. Alvarado y J.A. Sánchez. 2007. Estado actual de las poblaciones de *Acropora cervicornis*, *A. palmata*, *Diploria labyrinthiformis* y *Siderastrea siderea* en el área marina protegida Corales del Rosario y San Bernardo. Uso como indicadores biofísicos de efectividad de manejo. 84-87. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378p.
- 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.
- Gómez-Soto, C., T. Rico Buitrago, A. Sanjuan Muñoz y A. Franco Herrera. 2006. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados bioerosionadores y fauna asociada a esqueletos de corales masivos en la bahía de Gayra. 124-127. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- Grigg R.W. y S.J. Dollar. 1990. Natural and anthropogenic disturbance on coral reefs. 439-452. En: Dubinsky, Z. (Ed). Ecosystems of the world. Coral Reefs. Elsevier Science B.V. Amsterdam, The Netherlands, (25): 550p.
- 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 T.P. 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 to the Marine Science 31: 1-25.
- Koslow, J.A., F. Hanley y R. Wicklund. 1988. Effects of fishing on reef fish communities at Pedro Bank and Port Royal Cays, Jamaica. Marine Ecology Progress Series, 43: 201-212.
- López-Londoño, T., R. Navas-Camacho y D.L. Gil-Agudelo. 2006. Corales escleractinios juveniles como evidencia del mantenimiento y renovación de las formaciones coralinas en el archipiélago de las islas del Rosario. 73-77. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 378p
- López-Victoria, M., J.M. Díaz y J.C. Márquez. 2000. Las formaciones coralinas de Isla Tortuguilla (Caribe colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 29: 51-58
- Manrique, N., A. Sanjuan Muñoz, M.A. Salcedo, K. Perilla y E. Gómez. 2008. Reproducción del Abanico de mar, *Gorgonia ventalina* (Cnidaria: Gorgoniidae) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. 69-70. En: INVEMAR. 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 380p.
- Manrique-Rodríguez, N., S. Bejarano-Chavarro y J. Garzón-Ferreira. 2006. Crecimiento del abanico de mar *Gorgonia ventalina* (Linnaeus, 1758) (Cnidaria: Gorgoniidae) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 35: 77-90.
- McCook, L.J., J. Jompa y G. Díaz-Pulido. 2001. Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. Coral Reefs 19: 400-417.
- Mejía L.E. 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 Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. 174p.
- Mejía-Niño, N. y J. Garzón-Ferreira. 2003. Dinámica de las interacciones alga-coral en dos bahías de la región de Santa Marta (Caribe colombiano) con distinto grado de influencia antropogénica. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 32: 243-261.

- Molina-Tinjacá, B., I. Galvis-Galindo y A. Sanjuan Muñoz. 2007. Supervivencia, crecimiento y salud de *Acropora cervicornis* en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNN-T) y el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB). 69-71. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378p.
- Montenegro, J. y A. Acosta. 2008. Preferencia de hábitat de *Zoantharia* según morfología de Esponja hospedera. 67-68. En: INVEMAR. 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 380p.
- Mumby, P.J., A. Hastings y H.J. Edwards. 2007. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature* 450: 98-101.
- Navas-Camacho, R. y A. Rodríguez-Ramírez. 2008. Estado de los arrecifes coralinos: 53-73. En: INVEMAR. 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 380p.
- Navas-Camacho, R., A. Rodríguez Ramírez, C. Reyes-Nivia, N. Santodomingo, K. Gómez-Campo, K. Bernal, J. Vega-Seaqueda, 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: INVEMAR. 2007. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 329p.
- Perilla-Rocha, K., A. Santacruz Castro y A. Sanjuan Muñoz. 2007. Reproducción sexual de los corales hermatípicos *Eusmilia fastigiata* y *Solenastrea buxononii* (Scleractinia: Caryophyllidae-Faviidae) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. 71-73. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378p.
- Pinzón, J.H., A.M. Perdomo y J.M. Díaz. 1998. Isla Arena, una formación coralina saludable en el área de influencia de la pluma del Río Magdalena, plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 27: 21-37
- Polunin, N.V.C. y C.M. Roberts. 1993. Greater biomass and value of target coral-reef fishes in two small Caribbean marine reserves. *Marine Ecology Progress Series*, 100: 167-176.
- 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. y J. Garzón-Ferreira. 2003. Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la bahía de Chengue (Caribe colombiano) 1993-1999. Serie de publicaciones especiales No. 8. Santa Marta, 170p.
- Rodríguez-Ramírez, A. y M.C. Reyes-Nivia. 2006. Evaluación rápida del impacto del huracán Beta sobre los ecosistemas marinos y costeros en la isla de Providencia. 87-92. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. (Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- 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: INVEMAR. 2005. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2004. INVEMAR Serie Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 213p.
- Rodríguez-Ramírez, A., M.C. Reyes-Nivia, N. Santodomingo, J. Olaya-Restrepo, J. Vega-Sequeda, R. Navas-Camacho, K. Gómez-Campo y K. Bernal. 2006. Estado de las formaciones arrecifales y sus comunidades de peces en el área de Santa Marta. 58-67. En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 378p.
- 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. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- Rodríguez-Ramírez, A., R. Navas-Camacho, M.C. Reyes-Nivia, S. Bejarano-Chavarro y J. Garzón-Ferreira. 2007. Implementación del SIMAC en la isla de Malpelo. En: DIMAR-CCCP y UAESPNN-DTSO. 2007. Santuario de Fauna y Flora Malpelo: descubrimiento en marcha. Dirección General Marítima-Centro Control Contaminación del Pacífico y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales-Dirección Territorial Suoccidente. Ed. DIMAR, Serie Publicaciones Especiales. Bogotá, 5: 142.

- Sánchez, J.A., C. Camargo, A. Grajales, I. Torres, I. Porto, C. Aguilar, N.J. Cadena, M. Cárdenas, M. García Carrillo, M.C. Hurtado, C. Umaña, D. Dorado, M.P. Roza, S. Cáceres, N. Manrique, N. Ardila, V. Piñeros. 2006. Investigaciones desde la perspectiva de la biología molecular marina que apoyan al conocimiento del estado, funcionamiento y dinámica de los arrecifes coralinos (Caribe). 113-124. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.
- Santodomingo, N., A. Rodríguez-Ramírez y J. Garzón-Ferreira. 2002. Territorios del pez *Stegastes planifrons* en formaciones coralinas del P.N.N. Tayrona, Caribe colombiano: un panorama general. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 31: 65-84.
- 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). Anales del Instituto de Investigaciones Marinas, Punta Betín. 22: 97-111p.
- Spalding, M.D., C. Ravilious y E.P. Green. 2001. World atlas of coral reefs. University. California Press, Berkeley, USA. 424p.
- Sutherland, K.P., J.W. Porter, y C. Torres C. 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. Marine Ecology Progress Series 266: 273-302.
- Valderrama, D. y S. Zea. 2003. Esquemas de distribución de esponjas arrecifales (Porifera) del noroccidente del golfo de Urabá, Caribe sur, Colombia. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 32: 37-56.
- 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. Bulletin of Marine Science. 69(1): 111-132.
- 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, 160p.
- Wilkinson, C. 2008. Status of Coral Reefs of the World: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia. 296p.
- Zapata, F.A. 2001. Formaciones coralinas de isla Gorgona. 27-41. En: Barrios L.M. y M. López-Victoria (Eds). Gorgona Marina: contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No.7, Santa Marta, 160p.
- Zapata, F.A., B. Vargas-Angel y J. Garzón-Ferreira. 2001. Salud y conservación de las comunidades coralinas. 41-51. En: Barrios L.M. y M. López-Victoria (Eds). Gorgona Marina: contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No.7, Santa Marta, 160p.
- Zea, S. y F. Duque. 1990. Bleaching of reef organisms in the Santa Marta region, Colombia: 1987 Caribbean-wide event. Trianea. 3: 37-51.
- Zea, S., M. López-Victoria, E. Weil, A. Chavez-Fonnegra, J.C. Marquez, C. Duque y L. Castellanos. 2006. Socavado esquelético y mortalidad coralina por esponjas excavadoras incrustantes en San Andrés e islas del Rosario. 93-96. En: INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 360p.

5. ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LOS MANGLARES

*Alianis Orjuela, Carlos Villamil, Laura Perdomo,
Ángela López Rodríguez, Paula Cristina Sierra Correa*

A partir de la necesidad de hacer seguimiento a los ecosistemas marinos y costeros, este capítulo actualiza el estado del conocimiento de los manglares en aspectos como: legislación, zonificación, manejo, caracterización, función, rehabilitación, cambio climático 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 (CAR), la Universidad del Valle, la Organización no Gubernamental WWF y consultores externos vinculados a las instituciones mencionadas. 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 asociaciones vegetales costeras tropicales y subtropicales que tienen características morfológicas, fisiológicas y reproductivas comunes, que les permiten habitar en ambientes salinos, anóxicos, inundados e inestables (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983; Sánchez-Páez *et al.*, 2000). Entre las adaptaciones más importantes se destaca, la marcada tolerancia a la salinidad, la presencia de raíces zancos con lenticelas o poros respiratorios, la presencia de neumatóforos en algunas especies y la alta producción de semillas vivíparas que germinan aún unidas a la planta y se dispersan por el agua, ya que tienen la capacidad de flotar por largos periodos de tiempo (Field, 1997).

Estos ecosistemas son considerados estratégicos, por su papel en procesos naturales, sociales, económicos y ecológicos, como el aporte de materia y energía a otros sistemas, su valor como evapotranspiradores y como agentes detoxificadores (trampas naturales de contaminantes), como amortiguadores de inundaciones y protectores de la erosión del viento y las olas, en la línea de costa (Field, 1997; Sánchez-Páez *et al.* 1997, 2000).

Debido a la poca penetración de la marea en el litoral Caribe, los manglares se limitan 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 extensiones del Caribe 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 de la costa Pacífica 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 Prah, 1989) (Figura 5-2). En Colombia, los manglares cubren una superficie aproximada de 300.907 ha, de las cuales 67.504 ha se encuentran en el Caribe y 233.403 ha en el Pacífico (Tabla 5-1 y 5-2).

En el Caribe existen solamente cinco de las nueve especies de mangle reportadas para Colombia (Tabla 5-1), de las cuales, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, son las más importantes y de mayor uso, seguidas por *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelliciera rhizophorae*. De esta última, sólo se tienen registros puntuales en la Bahía de Cispatá en Córdoba, sector occidental de la Bahía de Barbacoas en Bolívar, Ciénaga Honda y de Pable en Sucre, en el Golfo de Morrosquillo y en la Bahía de Marirrí en el Urabá antioqueño (MMA,

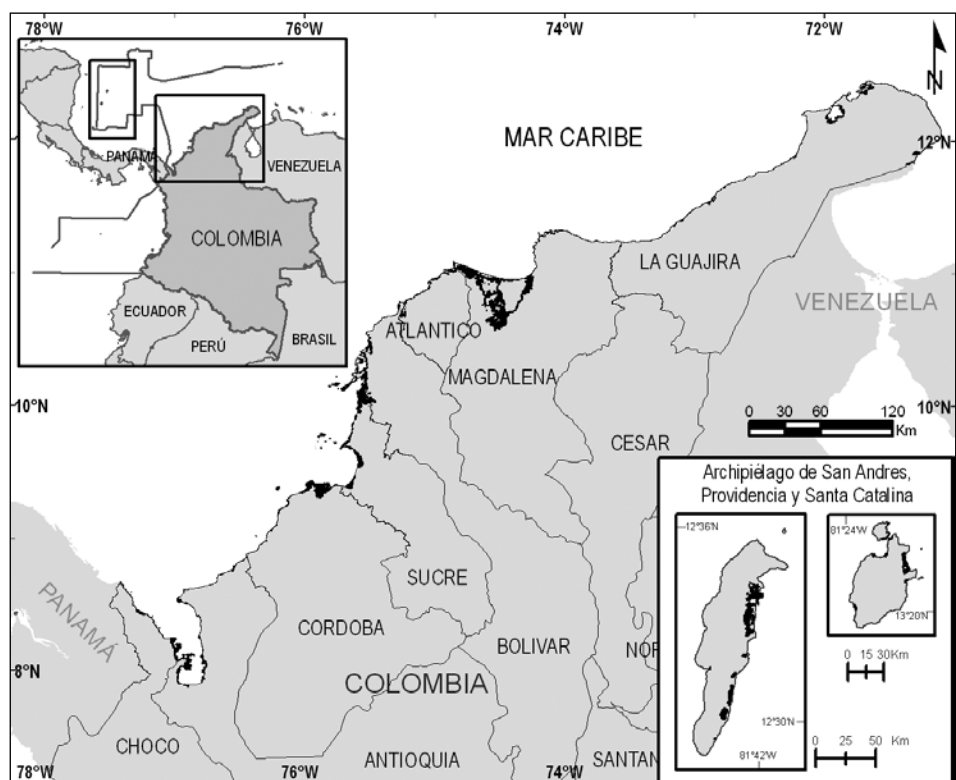


Figura 5-1. Distribución espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano

2002). En el Pacífico colombiano, además de las especies mencionadas para el Caribe, se hallan *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia bicolor* y *Mora oleífera* (Tabla 5-1).

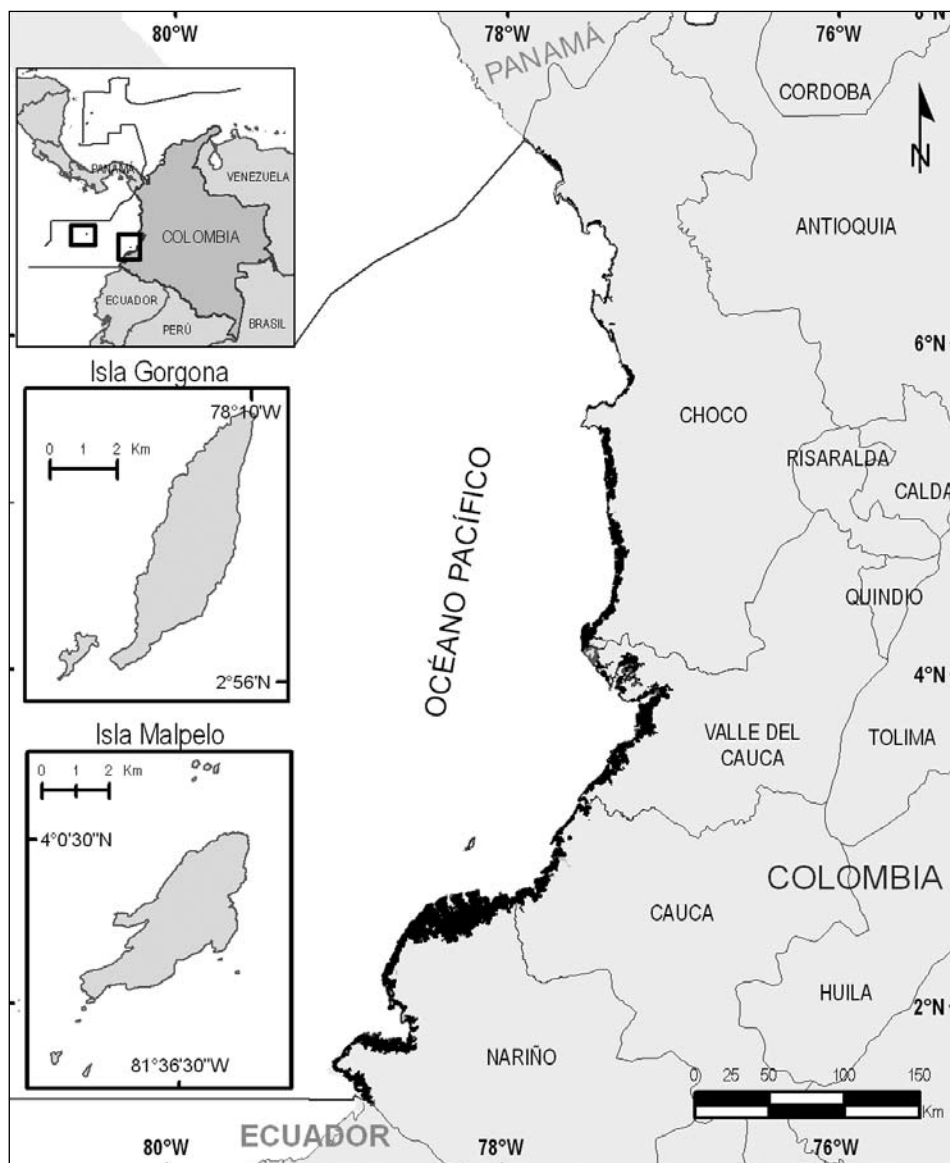


Figura 5-2. Distribución espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano

Tabla 5-1. Cobertura actual y distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianos. Datos tomados de 1CORPOURABÁ, 2002; 2MMA, 2002; 3Sanchez-Páez *et al.*, 2004; 4INVEMAR, 2005; 5INVEMAR, CRC, CORPONARINO; 2006; 6Restrepo, 2007; 7MAVDI, 2008a; 8Perdomo, 2008; 9Solano *et al.*, 2008. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, TAY : Tayrona, MAG: Magdalena, MOR: Morrosquillo, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BAU: Baudó, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, GOR: Gorgona, MAL: Malpelo, SAQ: Sanquianga, TUM: Tumaco

Nariño	TUM		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	SAQ												
Cauca	MAL												
	GOR												
Valle del Cauca	NAY		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	BUE		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chocó	BAU												
	PAN		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	SAN		x				x	x	x	x			
Chocó	DAR	cap	x				x	x	x	x			
Antioquia y Chocó		atr	x				x	x	x	x			
Córdoba y Sucre		arb	x				x	x	x	x		x	
Bolívar, Sucre y Córdoba	ARCO		x				x	x	x	x		x	
Sucre y Córdoba	MOR		x				x	x	x	x		x	
Atlántico y Bolívar	MAG	gal	x				x	x	x	x		x	
Magdalena		cgsm	x				x	x	x	x			
		sal	x				x	x	x	x			
	TAY		x				x	x	x	x			
Guajira	PAL		x				x	x	x	x			
	GUA		x				x	x	x	x			
DEPARTAMENTO	ECORREGIONES	Subecorregiones											
	TEMATICAS												
	Rhizophora mangle												
	Rhizophora harrisonii												
	Rhizophora racemosa												
	Laguncularia racemosa						x	x	x	x			
	Conocarpus erectus						x	x	x	x			
	Avicennia germinans						x	x	x	x			
	Avicennia bicolor												
	Pelticera rhizophorae												
	Mora oleifera												

Tabla 5-2. Áreas estimadas de 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; 7MAVDT, 2008a; 8Perdomo, 2008; 9Solano *et al.*, 2008

Departamento	Ecorregión natural	Área (ha)
San Andrés y Providencia ³	SAN	197
La Guajira ³	GUA y PAL	3.131
Magdalena ⁷	MAG y TAY	31.560
Atlántico ⁶	MAG	613,6
Bolívar ^{2,3}	MAG y ARCO	7.001
Sucre ³	MOR y ARCO	9.303
Córdoba ⁸	MOR y ARCO	9.180
Antioquia ¹	DAR	6.518
Total Caribe		67.504
Chocó ³	PAN	64.750
Valle del Cauca ⁵	BUE y NAYA	31.374
Cauca ⁴	NAYA	19.703
Nariño ⁴	TUM	117.576
Total Pacífico		233.403
Total Colombia		300.907

5.2 Normatividad vigente y manejo

En Colombia, la degradación de los ecosistemas de manglar ha sido en algunos casos, alarmante, principalmente a causa de actividades antrópicas, motivo por el cual el MAVDT ha generado desde 1995 una serie de normas de carácter legal. Éstas 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 (Tabla 5-3).

Tabla 5-3. Normatividad vigente para los ecosistemas de manglar

Resolución	Contenido
1602 de 1995 y 020 de 1996	Dictan las medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia, previo estudios de diagnóstico y estado de los ecosistemas de manglar por parte de las CAR. Establecen y aclaran las prohibiciones extractivas y de aprovechamiento en ecosistemas de manglar del país.

Resolución	Contenido
924 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.
233 de 1999	Extiende el plazo para entregar los estudios ordenados por la resolución 924 de 1997.
0694 y 1082 del 2000 y 0721 del 2002	Se pronuncian sobre los estudios y propuestas de zonificación en áreas de manglar, presentados por las CAR. Proponen medidas relacionadas con orientaciones y pautas para elaborar planes de manejo integral en áreas de manglar

Fuente: Plan de acción de manglares 2008 – 2009 (INVE-MAR-MAVDT, 2007)

Desde el año 2002 hasta la actualidad, el Ministerio ha aprobado la zonificación de los departamentos de Bolívar, Valle del Cauca, Atlántico, Sucre, Córdoba y Antioquia, formulándose para cada uno de ellos planes de ordenamiento, a excepción del departamento del Atlántico, cuya zonificación fue aprobada hasta el 2008. Las CAR de los restantes departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombiano, se encuentran adelantando las acciones necesarias a través de convenios que permitan realizar los estudios para la zonificación y la ordenación de las áreas de manglar de su jurisdicción (Tabla 5-4).

Tabla 5-4. Avances del proceso de zonificación y ordenamiento de los manglares en Colombia, de acuerdo con la normatividad vigente

Corporación	Estado	Avance
CORPAMAG	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	No se encontró información disponible.
CRA	Zonificación aprobada mediante resolución, pendiente el plan de manejo formulado.	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.
CVS	Zonificación y plan de manejo aprobados mediante resolución 0721 y en ejecución	Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá. 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”. INVE-MAR ha realizado estudios de sensoramiento remoto y análisis multitemporales de los cambios en la cobertura de manglar en la Zona deltaico estuarina del río Sinú.

Corporación	Estado	Avance
CVC	Zonificación y plan de manejo aprobados mediante resolución 0721 y en ejecución	Se expidió la resolución 0857 del 2008, por la cual se modifica la zonificación establecida en la resolución 0721 del 2002.
CARDIQUE	Zonificación aprobada mediante resolución 0721 y plan de manejo formulado y en ejecución	Se llevó a cabo el proyecto “Establecimiento y mantenimiento de la especie <i>Rhizophora mangle</i> en el sector denominado el Trupillo, zona de recuperación y vegetalización de los sectores Bahía Barbacoas y caños Matunilla y Lequerica”
CODECHOCÓ	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral	Se está trabajando en la Zonificación y formulación del plan de manejo del ecosistema de manglar del departamento del Chocó. Ordenamiento de 1.500 ha de mangle del Golfo de Tribugá en el municipio de Nuquí. Formulación del plan de manejo del sitio Ramsar “Delta del río Baudó”
CORPOURABÁ	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución	Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares del Golfo de Urabá, departamento de Antioquia. 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”.
CORPOGUAJIRA	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral	Formulación de la Unidad de Manejo Integrado UMI, Bahía Portete, Costa Caribe colombiana. Actualmente el INVEMAR en convenio con el MAVDT, viene apoyando técnicamente a CORPOGUAJIRA en el ajuste y finalización del proceso de ordenamiento de los manglares de este Departamento.
CRC	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	El MAVDT a través de la resolución No. 1082 del 26 de 2000, aprobó parcialmente el estudio y la zonificación de los manglares de Guapi, y posteriormente requirió a la CRC mediante la resolución No. 0721 de 2002 que presentara ante el MAVDT para su aprobación, la totalidad de los estudios sobre el estado de los manglares en el territorio de su jurisdicción y las propuestas para su zonificación. Actualmente el INVEMAR a través de convenios de cooperación con el MAVDT y con la CRC se encuentra adelantando los estudios para la zonificación de los manglares de Timbiquí, López de Micay y la actualización de la zonificación de los manglares de Guapi. Dicho estudio incluye la elaboración del plan de manejo de los manglares de Timbiquí y lineamientos de manejo para Guapi y López de Micay.

Corporación	Estado	Avance
CORPONARIÑO	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	Se encuentra en ejecución un contrato entre CORPONARIÑO y el MAVDT, para el ordenamiento de 59.977 ha de manglar.
CARSUCRE	Zonificación aprobada mediante resolución 0721 y plan de manejo formulado y en ejecución	Implementación del plan de manejo integral de la zona de uso sostenible Ciénaga de la Caimanera, enmarcado en el proyecto <i>“Recuperación y manejo de los manglares de la zona costera de Sucre”</i> .
CORALINA	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	En el 2008 se ejecutó el proyecto <i>“Actualización de la línea base de flora y fauna marina y costera del Parque Regional Old Point”</i> para dar los lineamientos en la elaboración del plan de manejo del parque. Actualmente el INVEMAR en convenio con el MAVDT, viene apoyando técnicamente a CORALINA en el ajuste y finalización del proceso de ordenamiento de los manglares de este Departamento.

Hasta la fecha, las áreas de manglar zonificadas y aprobadas cubren una superficie aproximada de 146.131 ha, de las cuales 42.698 ha, se encuentran en el Caribe y 32.073 ha en el Pacífico. De la totalidad de áreas de manglar zonificadas el 20,36 % corresponden a Zonas de Preservación, el 38,33 % a Zonas de Recuperación y el 41,29 % son Zonas de Uso Sostenible (Tabla 5-5). Las áreas reportadas para los departamentos de Sucre y Córdoba corresponden a las superficies zonificadas, contemplando otras formaciones vegetales asociadas.

Tabla 5-5. Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo, aprobadas mediante resolución 0721 de 2002 y 0442 del 2008 del MAVDT

Entidad	Departamento	Zonas			Total
		Uso sostenible	Recuperación	Preservación	
CARDIQUE	Bolívar	2.100	3.820	1.081	7.001
CARSUCRE	Sucre	5.223	3.425	4.035	12.683
CVS	Córdoba	9.933	4.315	1.635	15.883
CORPOURABÁ	Antioquia	2.285	2.087	2.146	6.518
CRA	Atlántico	-	55	558	613
CVC	Valle del Cauca	11.079	14.787	6.207	32.073
Total		30.620	28.489	15.662	74.771

5.3 Panorama nacional

De los estudios que involucran el recurso manglar desarrollados desde 1998 en el país, se encontraron un total de 165 estudios (Tabla 5-6), enfocados principalmente en aspectos relacionados con función ecosistémica y manejo de los recursos, los cuales han sido en muchos casos la línea base de nuevas investigaciones en ciencia básica o aplicada que han permitido evaluar y monitorear impactos naturales o antrópicos en ecosistemas de manglar. Es evidente el mayor número de trabajos realizados en el 2001 como consecuencia de las resoluciones expedidas por el MAVDT, especialmente las resoluciones 924 y 233, en las que se fijaron los plazos para entregar los resultados de los estudios de diagnóstico.

El mayor esfuerzo en investigación se evidencia en los manglares del Caribe colombiano, con el 58,2 % de los estudios, especialmente en los departamentos de Magdalena, La Guajira y Córdoba. En el Pacífico, a pesar de poseer mayor cobertura de mangle, se ha desarrollado tan solo el 24,8 % del total de los estudios (Tabla 5-7). Son importantes las investigaciones que abarcan el área total de los litorales, en las cuales el Pacífico presenta mayor número de estudios que el Caribe (7 y 3 respectivamente), sin embargo, éstos en su mayoría corresponden solamente a una temática. Más significativos aún son los trabajos realizados para ambas costas (14 %) en temas como manejo, caracterización y función (Tabla 5-7).

Tabla 5-6. Investigaciones en bosques de manglar colombianos realizadas desde 1998, en temáticas de interés nacional

Temática	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
Caracterización	1	1	3	6	1	3	4	3	1	1	4	28
Función	16	3	5	9	5	6	8	3	1	4	2	62
Genética	-	-	-	3	-	3	-	-	-	1	1	8
Rehabilitación	3	1	1	2	-	2	-	-	-	-	-	9
Manejo	9	3	4	8	6	5	4	3	5	1	1	49
Impactos	-	-	-	-	1	2	3	-	-	1	2	9
Total	29	8	13	28	13	21	19	9	7	8	10	165

Tabla 5-7. Esfuerzos locales y regionales de investigación en bosques de manglar conforme a temáticas de interés nacional desde 1998. 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

Departamentos	Guajira	Magdalena	Atlántico	Bolívar	Sucre	Córdoba	Antioquia	San Andrés y Providencia								
Ecorregiones	GUA y PAL	MAG y TAY	MAG/gal	MAG/gal y ARCO	MOR y ARCO	MOR y ARCO	DAR	SAN	Caribe colombiano	PAN	BUE y NAY	NAY	TUM	NAY y TUM	Pacífico colombiano	Ambas costas
Caracterización	7	3	-	4	-	-	-	2	-	-	3	2	-	2	1	4
Función	4	28	1	-	-	6	-	5	6	3	1	-	2	-	-	4
Genética	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1
Rehabilitación	1	2	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1
Manejo	2	-	1	4	1	8	3	-	3	2	3	2	2	2	-	12
Impactos	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1

Es necesario intensificar esfuerzos de investigación en manglares impactados del país, principalmente en temas como contaminación, cambio climático y rehabilitación, especialmente en el Pacífico, no solo porque contiene el 77,6 % 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 la formulación de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), Pago por Servicios Ambientales (PSA) e inventarios forestales, entre otros; de tal modo que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de manglar y al mismo tiempo se puedan generar actividades productivas de beneficio social.

5.4 Adelantos y esfuerzos investigativos durante 2008

Durante 2008 se dieron a conocer 10 trabajos relacionados con ecosistemas de manglar, siete de ellos realizados en el Caribe, dos en el Pacífico y uno en ambas costas. A continuación se presenta la síntesis de éstos.

5.4.1 Departamento de San Andrés y Providencia (Tomado de Villamil *et al.*, 2008)

Como parte de la actualización del inventario de flora y fauna del Parque Regional Old Point en sus ecosistemas terrestres, marinos y costeros, INVEMAR y CORALINA realizaron la evaluación ambiental de los manglares del Parque, a través de mediciones y verificaciones de campo, revisión y análisis de información secundaria e interpretación espacio temporal de coberturas mediante sensoramiento remoto. Con este estudio, se determinó que el 40,77 % de la cobertura de todo el parque (291,55 ha) corresponde a áreas emergidas representadas principalmente por bosques de manglar (Tabla 5-8).

Tabla 5-8. Clasificación de las coberturas emergidas y sumergidas del Parque Regional Old Point. Ag: *A. germinans*, Rm: *R. mangle*, Lr: *L. racemosa*, Ce: *C. erectus*

Clases de cobertura	Área (ha)	Cobertura (%)
Área construida	39,05	32,85
Bosque de Ag	0,74	0,62
Bosque de Ce	0,62	0,52
Bosque de Rm	20,38	17,14
Bosque mixto de Lr y Ag	0,25	0,21
Bosque mixto de Rm y Ag	0,97	0,82
Bosque mixto de Rm y Ce	1,25	1,05
Bosque mixto dominado por Ag	20,34	17,11
Bosque mixto dominado por Rm	9,54	8,02
Bosque seco	1,12	0,94
Laguna	0,44	0,37
Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	20,76	17,46
Pastos y rastrojos	3,13	2,63
Suelo desnudo	0,12	0,10
Zonas de inundación	0,15	0,13
Total area emergida	118,88	100
Total Bosque de Manglar	54,09	45,50

En el parque se presentan las 4 especies de mangle reportadas para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (*R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus*), formando bosques monoespecíficos o asociaciones entre dos o más especies. La especie más representativa es *R. mangle* que cubre un área de 20,38 ha formando bosques monoespecíficos y 11,76 ha en asociación con otras especies. Los bosques de *R. mangle* con mayor desarrollo se encuentran entre Bahía Hooker y la laguna interna y en la parte oriental del parque, con árboles de $8,9 \pm 4,2$ cm de DAP y $11,3 \pm 3,8$ m de altura. Al extremo opuesto (al norte de Haines Bight) se localiza un bosque monoespecífico de *R. mangle* altamente denso de aproximadamente 4,68 ha, con individuos de bajo porte (1,5 m de altura).

En el sector norte del parque (Bahía Hooker y estribaciones del Muelle Departamental) se encuentra el único bosque monoespecífico de *C. erectus*, en muy buenas condiciones de desarrollo, con una cobertura de 0,62 ha y árboles de $28,34 \pm 8,56$ cm de DAP y $30,38 \pm 5,53$ m de altura.

A. germinans forma bosques mixtos principalmente con *R. mangle*, ocupando un área de 20,34 ha. Es la especie dominante en el bosque con mayor desarrollo del parque, con árboles de $10,86 \pm 4,94$ cm de DAP; $8,33 \pm 2,4$ m de altura.

A partir del análisis multi-temporal de los cambios en las coberturas de mangle, se determinaron incrementos en la cobertura de *R. mangle* (1,27 ha), principalmente en la franja costera o por la formación de pequeños rodales en zonas de poca profundidad al interior del mar.

Los bosques de mangle del Parque Regional Old Point son los más representativo de la Isla de San Andrés, no obstante, son bosques de bajo desarrollo estructural, que evidencian un proceso de recuperación importante a través del tiempo, a pesar de los impactos antrópicos que han soportado.

5.4.2 Departamento del Magdalena

Durante el 2008, 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”, el cual pretende evaluar de manera integral el impacto del régimen hidrológico sobre el proceso de recuperación ecológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), incluyendo entre otros aspectos, la influencia del hidroperiodo, la salinidad y la concentración de nutrientes sobre el establecimiento y desarrollo de los bosques de mangle en áreas con diferentes niveles de deterioro (Perdomo, 2008).

El monitoreo ha mostrado que la salinidad es uno de los tensores que han contribuido a la degradación del bosque de manglar en el sistema lagunar CGSM. Los aportes de agua dulce proveniente del río Magdalena por efecto de la reapertura de los caños (1996-1998) y las fuertes precipitaciones en años La Niña, han contribuido al descenso de la salinidad (< 30) en la mayoría de sectores de la CGSM. No obstante, en las áreas más deterioradas la salinidad es mayor, aunque no supera los límites tolerables para el normal desarrollo de las especies de mangle. Con el mejoramiento de las condiciones salinas, se evidenció la reactivación de la regeneración natural a partir del 2001, con alta producción de propágulos en años de altas precipitaciones y el establecimiento y desarrollo de plántulas de mangle (Espinosa, 2005; Villamil, 2006; Espinosa, *et al.*, 2007).

Es alentador el aumento del área basal del manglar en algunos sectores de la CGSM, incrementándose hasta 15 veces en los sitios más deteriorados. En este proceso, *L. racemosa* es considerada especie “pionera”, por su alta producción de propágulos, capacidad de colonización y las elevadas tasas de crecimiento, desempeñando un papel fundamental en la rehabilitación de zonas degradadas, especialmente en áreas con influencia de los canales reabiertos.

El proyecto Manglares de Colombia en el año 2000 realizó algunos esfuerzos exitosos de reforestación con *R. mangle* en sectores de la CGSM, actualmente, los individuos sembrados no solo contribuyen al aumento en el área basal y la cobertura del bosque de mangle, sino también a la reactivación de la regeneración natural actuando como núcleos de dispersión de propágulos y como hábitat para un sinnúmero de organismos acuáticos y terrestres. En general, producto de siembras y de regeneración natural, para el año 2008 en la CGSM se calculó una ganancia de manglar de 190 h.

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 2008 no se presentaron cambios estructurales en el bosque de mangle y las condiciones ambientales permitieron su normal desarrollo (Navas y Vega-Sequeda, 2009).

5.4.3 Departamento del Atlántico

El MAVDT mediante la resolución 0442 del 2008 (MAVDT, 2008a), aprobó la propuesta de zonificación contenida en el documento “*Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del departamento del Atlántico, Caribe colombiano*”,

desarrollado por el INVEMAR y CRA en el año 2005, en el cual fueron zonificadas todas las áreas de manglar del departamento, a partir de la caracterización y diagnóstico de los bosques, para lo cual se tuvieron en cuenta aspectos biológicos, físicos y socioeconómicos y sus relaciones entre sí. Se zonificó el territorio con cobertura de mangle en zonas de preservación y recuperación (Tabla 5-9), cada una con acciones y usos permitidos, en aras de proporcionar herramientas para el ordenamiento del recurso (INVEMAR, 2005).

Tabla 5-9. Distribución por sectores de las categorías de manejo empleadas en la zonificación de las áreas de manglar del departamento del Atlántico

Sectores diagnosticados	Zona de preservación (ha)	Zona de recuperación (ha)	Zonas de uso sostenible (ha)
Astilleros	24,51	-	-
Bocatocino	6,35	-	-
Punta Velero	10,06	-	-
Cerro Punta de Piedra	7,1	-	-
Ciénaga de Mallorquín	158,49	19,4	
Ciénaga de Manatíes	18,62	28,85	
Ciénaga de Balboa	22,09	-	-
Ciénaga del Totumo	240,12	-	-
Ciénaga el Rincón	11,39	-	
Ciénaga Hato Viejo	5,12	-	-
La Represa	0,7	-	-
Arroyo Cascabel	-	3,91	-
Playa Turipaná	1,14	1,41	-
Punta Morropelao	9,92	-	-
Rincón Hondo	7,54	-	-
Salgar	6,55	0,34	-
Pradomar (Noreste Ciénaga Balboa)	28	-	-
Santa Verónica	-	1,99	-
Total	557,7	55,9	0

Con la declaración del 91% de las áreas de manglar como zonas de preservación (Tabla 5-9), se busca garantizar el mantenimiento o mejoramiento de las condiciones actuales de los bosques a través de acciones que reduzcan los factores de intervención, teniendo en cuenta que los manglares del departamento del Atlántico son muy frágiles y están en proceso de extinción (MAVDT, 2008a).

5.4.4 Departamento de Bolívar

En el estudio “*Caracterización de los manglares localizados en los caños y lagunas interiores del perímetro de la ciudad de Cartagena de Indias*”, se determinó la composición, estructura, regeneración natural y grado de alteración del bosque de mangle del sector (EPA, 2008). El estudio mostró que los manglares ubicados en el perímetro de la ciudad de Cartagena se caracterizan por la dominancia de *R. mangle*, seguido de *A. germinans* y *L. racemosa*, formando en su mayoría bosques mixtos. *R. mangle* fue la especie de mayor importancia biológica (IVI= 142) y con mayor desarrollo, seguida de *A. germinans* con individuos de gran porte (DAP=14,0-60, 2 cm) (Tabla 5-10).

Tabla 5-10. Atributos estructurales del bosque de mangle presente en el perímetro urbano de la ciudad de Cartagena. Frec: Frecuencia, Den: Densidad, Dom: Dominancia, IVI: Índice de Valor de Importancia

Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal	Densidad (0,1ha)	Frec. absoluta	Den. relativa	Frec. relativa	Dom. relativa	IVI
<i>R. mangle</i>	32,4-60,9	5,5-16,0	0,244	112,2	45	56,6	50,2	35,2	142
<i>A. germinans</i>	14,0-60,2	2,3-7,5	0,218	87	32	40,5	30,1	28,1	98,7
<i>L. racemosa</i>	7,7-81,0	3,3-9,0	0,153	26,33	25	2	15,2	22,2	39,4
<i>C. erectus</i>	15,0-31,0	3,0-4,0	0,0012	10	15	0,9	4,2	14,5	19,6

En los manglares aledaños al perímetro urbano de la ciudad de Cartagena se encuentran formaciones en buen estado, a pesar de la presión a las que se han visto sometidos como consecuencia de impactos causados por deforestación, vertimientos de aguas servidas, desechos industriales, mal uso de agroquímicos y construcción de obras civiles principalmente. Sin embargo, en sectores como la Quinta se encuentran muy degradados, debido a la acumulación de residuos sólidos al interior del bosque.

5.4.5 Departamento de Córdoba

A través del proyecto de consultoría “*Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltaico estuarina del río Sinú*” ejecutado por el INVEMAR para la empresa URRRA S.A, desde noviembre del 2000 se ha realizado la caracterización y el análisis multitemporal de cobertura de los manglares para los años 2000, 2003, 2005, 2006, 2007 y 2008 a través del procesamiento de imágenes satelitales (Solano *et al.*, 2008).

Desde el 2000 se han evidenciado variaciones importantes en la cobertura de manglar presente en el antiguo y nuevo delta del río Sinú, principalmente como consecuencia de tala por actividades agrícolas (cultivos de arroz, pastizales y cultivos mixtos) y pérdida por procesos erosivos. No obstante, se ha registrado también ganancia por recuperación del bosque de mangle. 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 5-11 se resumen las áreas totales de las coberturas que incluyen bosques de mangle, se observa que a pesar de la dinámica del bosque en términos de ganancia y pérdida, la cobertura actual de bosque de manglar es similar a la del año 2000, revelando estabilidad en el recurso, no obstante, es importante el incremento actual en el bosque mixto (casi tres veces mayor a la cobertura entre 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.

Tabla 5-11. Cobertura de bosques de manglar en el antiguo y nuevo Delta del río Sinú, durante los años 2000, 2003, 2005, 2006, 2007 y 2008

Unidades de cobertura	Año 2000	Año 2003	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008
Bosque de Manglar	8134	8033,7	8089,9	8022,3	7827,3	8153,7
Bosque de Manglar alternado con otros sistemas	474,4	470,3	451,5	453,6	450,6	306,2
Bosque Mixto	253,3	270,7	249,2	244,8	250,4	720,3

En el último año se evidenció un proceso de recuperación de los bosques de manglar en el antiguo y nuevo delta del río Sinú, representado en un incremento de cobertura de 326,4 ha.

5.4.6 Departamento del Valle del Cauca

El 28 de mayo de 2008, mediante la resolución 0857, se modificó la zonificación para el manejo sostenible del bosque de mangle presente en el Pacífico vallecaucano, anteriormente aprobada en las resoluciones 0721 de 2002 y 696 de 2006 (MAVDT, 2008b). La modificación actual corresponde al cambio en la categoría Recuperación por Uso sostenible, con el fin de realizar actividades industriales y portuarias en un área de 10,07 ha. En dicho acto administrativo se indica la localización de los sectores objeto de la modificación.

5.4.7 Departamento de Chocó

El MAVDT y la WWF Colombia con la participación de los Consejos Comunitarios de Pizarro, Usaragá y Sivirú, formularon durante 2008 el plan de manejo del sitio Ramsar “Delta del río Baudó”, para establecer de manera concertada acuerdos de manejo de los recursos. Los bosques de manglar se clasificaron en dos zonas de preservación, tres de recuperación y una de uso sostenible (Tavera, 2009) (Tabla 5-12).

Tabla 5-12. Principales aspectos de las unidades de zonificación de bosques de mangle en el sitio Ramsar “Delta del río Baudó”

Aspectos	Zona		
	Uso sostenible	Recuperación	Preservación
Ubicación	Los bosques de mangles que se encuentran entre los esteros Perecedero y Mico Pizarro, en los márgenes de los esteros Miquitos, Mico Grande, Mico José, Mico Rosendo, el Padre y el Brazo, en las riberas de los ríos Juratagá, Dotenedó y Ordó.	Los bosques al norte del estero el Roto, entre los esteros Secadero y Del Medio, en el margen sur de la desembocadura del río Baudó. Los bosques que se emplazan en los esteros la Herradura y las Contreras Los manglares al sur del estero el Roto, en los márgenes de los esteros: Hondo, Secadero y Castrillón, también los de los márgenes del estero Doperadó y del río Usaragá	Los bosques que se localizan entre el río Ordó – Sivirú y el estero Brazo Largo, y, que incluye los de la isla Playa Nueva. Los bosques que se ubican al “interior” de la isla barrera, playa Sivirú – Dotenedó.
Área (ha.)	3.271 ha	1.304 ha	1.008 ha
Densidad promedio	989 individuos ha ⁻¹	1.151 individuos ha ⁻¹	1.035 individuos ha ⁻¹
Área basal promedio	20,7 m ² ha ⁻¹	17,2 m ² ha ⁻¹	20,1 m ² ha ⁻¹

Entre el 2007 y el 2008 el INVEMAR y la Corporación Autónoma Regional de Cauca – CRC, realizó el proceso de ordenamiento de 18.687 ha de manglar en los municipios

de Guapi, Timbiquí y López de Micay, en el departamento de Cauca. Con este fin se realizó la evaluación ecológica de los bosques con relación al estado de la vegetación en sus aspectos estructurales y de composición, suelos y fauna asociada, siendo estos elementos fundamentales para la definición de áreas de manejo para la preservación, recuperación y uso sostenible de los manglares (Tabla 5-13, Tabla 5-14).

Tabla 5-13. Actualización de las áreas de manglar para el departamento del Cauca (estudios de INVEMAR, CRC y MAVDT, 2008).

Departamento	Municipio	Cobertura Vegetal	Extensión (ha)
Cauca	Guapi	Bosque de manglar	5.214
		Bosque de manglar y cultivo	205
		Total Guapi	5.420
	Timbiquí	Bosque de manglar	7.473
		Bosque de manglar y cultivo	1.439
		Total Timbiquí	8.912
	López de Micay	Bosque de manglar	4.216
		Bosque de manglar y cultivo	140
		Total López de Micay	4.355
Total bosque de manglar			16.900
Total Bosque de manglar y cultivos			1.784
Total manglares Cauca			18.684

Tabla 5-14. Áreas de manglar zonificadas en el departamento del Cauca (estudios de INVEMAR, CRC y MAVDT, 2008).

Municipios	Preservación (ha)	Recuperación (ha)	Uso sostenible (ha)
Guapi	4.993	205	221
Timbiquí	2.998	1.452	4.461
López de Micay	658	1.829	1.869

5.5 Conclusiones

Del total de Corporaciones Autónomas Regionales Costeras del país, solo la mitad (seis) cuentan con estudios de zonificación o plan de manejo aprobados y en ejecución. En este sentido, en el 2007 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el INVEMAR, realizaron el Plan de acción para los manglares 2008 – 2010, con el fin

de establecer las prioridades de actuación que permitieran complementar el proceso de ordenamiento de este ecosistema en el país. Este plan fue avalado por todas las Corporaciones costeras y a partir de allí durante el 2008 se avanzó principalmente en los procesos de Cauca, Nariño, Guajira y el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, los cuales están en proceso de culminación y aprobación por parte del MAVDT.

En los últimos 11 años el esfuerzo de investigación se ha enfocado en aspectos relacionados con la función ecosistémica y el manejo de los recursos, lo cual ha permitido evaluar y monitorear impactos causados por actividades antrópicas. Es recomendable plantear nuevas investigaciones para evaluar los efectos causados por contaminación y el papel de los manglares en cambio climático. También es importante proponer estrategias de rehabilitación de áreas degradadas en el Caribe como en el Pacífico. En adición, se debe prestar atención a la formulación de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), Pago por Servicios Ambientales (PSA) e inventarios forestales, entre otros, de tal modo que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de manglar y al mismo tiempo se puedan generar actividades productivas de beneficio social.

El mayor número de investigaciones realizadas en la última década, se han desarrollado en el Caribe colombiano en temas como caracterización, función y manejo. Es necesario intensificar esfuerzos de investigación principalmente en la costa del Pacífico que posee el 77,6 % de los manglares del país.

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, Magdalena y Córdoba, se han registrado incrementos en las coberturas de mangle y en la regeneración natural, se encuentran sectores aún degradados por tala y contaminantes (i.e. residuos sólidos), como es el caso de algunos sectores en el antiguo y nuevo Delta del río Sinú y en los caños y lagunas interiores del perímetro de la ciudad de Cartagena.

5.6 Literatura citada

- 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.
- EPA, 2008. Caracterización de los manglares localizados en los caños y lagunas interiores del perímetro de la ciudad de Cartagena de Indias. Informe Técnico. Cartagena– Bolívar. 34 p.
- Espinosa, L.F. (Ed). 2005. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios funcionales de las comunidades vegetales y los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. MAVDT, INVEMAR, UAESPNN, CORPAMAG. Informe Técnico Final. Santa Marta. 90 p.

- Espinosa, L.F., M. Gómez y J.A. Acosta. (Eds). 2007. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe técnico final. INVEMAR, MAVDT, CORPAMAG. Santa Marta. 122 p
- Field, C. 1997. La restauración de ecosistemas de manglar. Organización Internacional de Maderas tropicales- OIMT, Sociedad Internacional para los Ecosistemas de manglar. ISME. Managua. 211 p.
- 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.
- 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). 2008a. Resolución 0442.
- MAVDT (Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial). 2008b. Resolución 0857.
- Navas, R. y J. Vega-Sequeda. 2009. Programa *CARICOMP Caribbean Coastal Marine Productivity*. Informe técnico año 2008. INVEMAR, Santa Marta.
- Perdomo, L. (Ed), 2008. 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, MAVDT, CORPAMAG. 102 p.
- Restrepo, J. (Ed). 2007. Monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y la fauna asociada con énfasis en las aves y especies de importancia económica como la piangua y el cangrejo azul. Informe Técnico. 152 p.
- Sánchez-Páez H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A.S. Sánchez-Alfárez, J.C. Pino-Renjifo, I. García-Hansen y M.T. Acosta-Peñaloza. 1997. Diagnostico y Zonificación Preliminar de los 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.
- Solano, O.D., D. Vega, F. Cortés, F. Herrera, F. Estela, H.F. Sáenz, M. Rueda y W.O. Gil. 2008. Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltaica estuarina del río Sinú (Noviembre 2000 a Diciembre de 2008). INVEMAR. Informe Final, Fase XI, Octavo año, para la empresa Urrá S.A. E.S.P., Santa Marta. 446 p.
- Tavera, H. 2009. Los manglares y el plan de manejo del sitio Ramsar Delta del río Baudó, Pacífico colombiano. Tomado de “Plan de manejo del sitio Ramsar Delta del río Baudó, Pacífico colombiano”, Inf. Tecnico Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – WWF Colombia. Cali, 230 pag.
- Villamil, C. (Ed). 2006. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Informe Técnico Final. INVEMAR, MAVDT. Santa Marta. 95 p.
- Villamil, C., P. Reyes, D. Rozo. y A. Blanco. 2008. Informe técnico final. Actualización de la línea base de flora y fauna marina y costera del Parque Regional Old Point: Componente manglares. Informe técnico final. INVEMAR-Coralina. Santa Marta. 44 p.
- Von Prah, H. 1989. Manglares. Villegas Editores. Bogotá Colombia. 207 p.

6. ESTADO DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS

Diana Isabel Gómez López

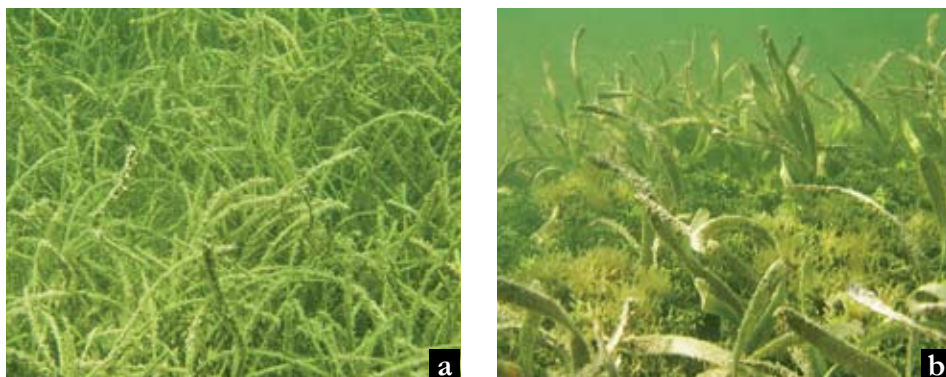


Figura 6-1. Pradera de *Syringodium filiforme* (a) y Pradera de *Thalassia testudinum* en medio de *Halimeda opuntia* (b) en el PNN McBean Lagoon, Isla de Providencia Foto: Diana Isabel Gómez López Archivo INVEMAR

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 está 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%.

6.3 Estado actual

De acuerdo con la tabla 6-1, de los 34 estudios registrados 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

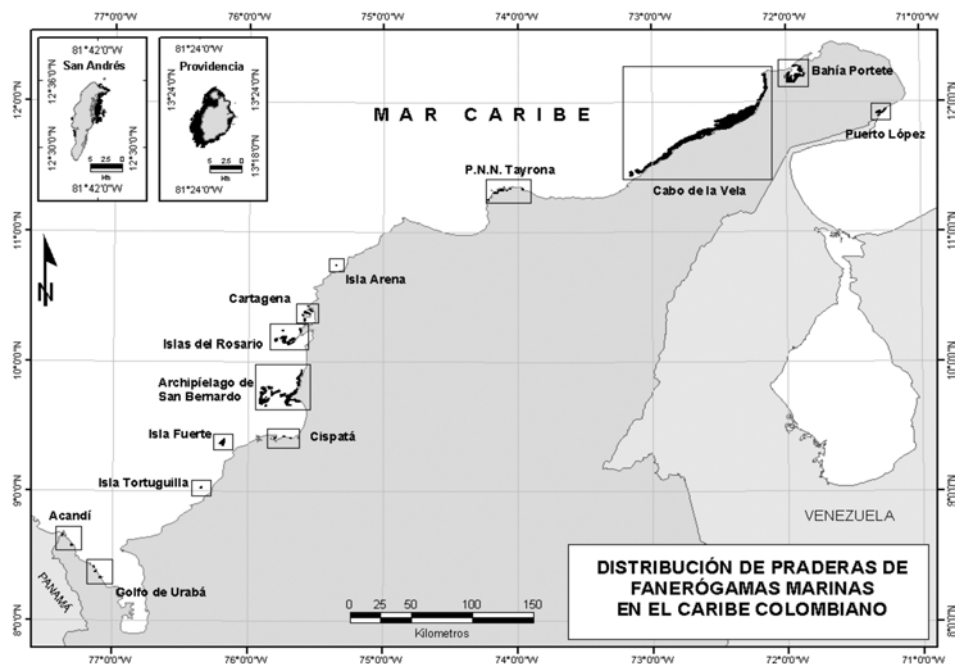


Figura 6-2. Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Tomado de INVEMAR 2002.

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.

Es de resaltar también que son pocos los trabajos que han realizado una visión general del ecosistema para todo el Caribe, como los de Díaz *et al.*, 2003 (abordando temáticas generales como caracterización, distribución, estructura y fauna asociada) y las de Alonso *et al.*, 2008a y b en el contexto de la identificación de áreas para Conservación en el Caribe colombiano (objetos de conservación), mientras que la mayoría de estudios se han enfocado en localidades específicas, que teniendo en cuenta la complejidad de los pastos marinos, hacen difícil su extrapolación a un contexto general.

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. Es el caso de la Universidad Nacional (Centro de Estudios del Caribe)

sede San Andrés quienes en los últimos años han venido avanzado en las investigaciones de función ecosistémica al desarrollar el proyecto relacionado con los cambios temporales y espaciales en isótopos estables para determinar las relaciones tróficas en ecosistemas pastos marinos, el cual se encuentra en fase de análisis. Por su parte, investigaciones sobre el impacto por agentes contaminantes o por extracción y pérdida de este valioso ecosistema costero, no han sido realizados con éxito, debido a la falta de registros históricos en un 90% de las áreas que son ocupadas espacialmente por los pastos marinos.

Al observar los resultados de esta tabla, podría destacarse que prácticamente se han desarrollado estudios sobre este ecosistema por la oportunidad que han tenido varias instituciones al estar logísticamente cerca del mismo (Cartagena, PNNCR y SB y Santa Marta - Universidad Jorge Tadeo Lozano; San Andrés Isla, Universidad Nacional; Golfo de Morrosquillo - Universidad de Antioquia) o por ser objeto de interés de algunos investigadores (San Andrés Isla – Universidad Javeriana y Universidad Jorge Tadeo Lozano).

Tabla 6-1. 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	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Caracterización (comprende qué, cómo y dónde)	1	1		1	1	1			1	1	1
Distribución (Únicamente dónde y cuánto)	1			x		x			x		
Función (Comprende conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo, etc...)	1	1	1	2	2	2	3	2	1	1	2
Filogenia (Relaciones genéticas)											
Taxonomía (Identificación de especies) ¹						x					
Biología de organismos (Esto incluye ciclos de vida, alimentación, reproducción, teología, etc) ²				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

Sin embargo 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 tímidamente 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.

En la tabla 6-2 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's, 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.

Se debe resaltar el papel de la Universidad del Magdalena- UAESPNN en 2008 al involucrar el PNN Tayrona dentro de la red global de seguimiento de pastos marinos SEAGRASSNET, actividad dentro del cual se pretenden determinar alertas tempranas de cambios que puedan considerarse a nivel regional como relevantes en el contexto del cambio climático o por enfermedades, entre otros.

Para el año 2008, se reportaron cuatro estudios uno de los cuales corresponde al monitoreo CARICOMP realizado ininterrumpidamente en la bahía de Chengue del PNN Tayrona desde 1994, el cual se describirá más adelante. El segundo se relaciona con el seguimiento de los pastos marinos desde el año 2001 hasta 2008 por parte de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Jáuregui, en preparación) en la que relaciona los efectos ambientales antrópicos en las variaciones de la estructura de las especies de *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens*, *Halophila baillonis* y *Syringodium filiforme* presentes en la bahía del Rodadero, Santa Marta y cómo éstos efectos pueden dificultar las probabilidades de que la especie *Thalassia testudinum* considerada como la especie climax del ecosistema, pueda lograr establecerse en el área como históricamente lo había sido.

El tercero corresponde a un inventario de flora realizado en el Parque Regional Old Point de San Andrés Isla en el que se reporta por primera vez la existencia de cuatro de las nueve especies presentes de pastos en el gran Caribe (Mejía-Ladino *et al.*) y finalmente, Alonso

Tabla 6-2. Ecorregiones naturales (INVEMAR, 2000) y Departamentos en los que se han llevado a cabo estudios sobre pastos marinos en Colombia entre 1998 y 2008. Las X en las temáticas indicadas indican que es un tema secundario de algún otro documento ya mencionado como número en la tabla

DEPARTAMENTO	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Choco	Antioquia y Chocó	Córdoba y Sucre	Bolívar, Sucre y Córdoba	Sucre y Córdoba	Atlántico y Bolívar	Magdalena	Guajira	Caribe oceánico COC
ECORREGIONES	San Andrés SAN	Darién DAR			Archipiélagos coralinos ARCO	Morrosquillo MOR	Magdalena MAG		Palomino PAL	
Temáticas		Capurganá cap	Atrato atr	Arboletes arb			Galera-zamba gal			
							Cienaga Grande de Santa Marta cgsm	Golfo de Salamanca sal		
Caracterización (comprende qué, cómo y dónde)		1			1	1			2	
Distribución (Únicamente dónde y cuánto)	4	x			x	x			1	
Función (Comprende conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo, etc.)	2x				x				x	
Filogenia (Relaciones genéticas)										
Taxonomía (Identificación de especies)*	x	x			x	x			x	
Biología de organismos asociados (Esto incluye ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología etc.)	x	x			x	1	x		1x	
Conservación	2	2			2	2	2		2	
Rehabilitación/Restauración/Mitigación										
IMPACTOS: Contaminación	1	x			x	x			x	
Explotación										
Cambio climático										
Pérdida/Extracción								1		

et al. a y b Presenta las prioridades de conservación *in situ* de la biodiversidad para el Caribe y Avances en el diseño de una red de áreas marinas protegidas: Estrategia de conservación para el norte del Caribe continental colombiano entre las que involucran las áreas de pastos marinos como probables sitios para establecer alguna figura de conservación determinada por la UAESPNN.

Los 23 estudios registrados en las bases de datos de INVEMAR antes de 1998, se remontan hasta 1974 e 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 (Tabla 6-3).

Tabla 6-3. Listado de estudios en pastos marinos entre 1974 y 1996, relacionados en las bases de datos de INVEMAR

Estudio ó Proyecto	Autor(es)	Año	Departamento/ Localidad	Temática
Algunos grupos presentes del macrobentos en fondos con <i>Thalassia testudinum</i> dentro de la bahía de Cartagena.	Londoño, J.A.	1974	Bolívar	Biología de organismos
Observaciones ecológicas de una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> en la bahía de Nenguanje, Parque Nacional Tayrona, Colombia. Tesis, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.	Acero, A.	1977	Magdalena- PNN Tayrona	Función
Estudio preliminar del macrobentos y sus condiciones medioambientales en la bahía de Cartagena.	Mora, J.H. y G. Prieto.	1979	Bolívar-Bahía de Cartagena	Biología de organismos
Estructura de una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> y la fauna de invertebrados asociada en bahía Neguange, Parque Nacional Tayrona.	Aubad, M.	1981	Magdalena- PNN Tayrona	Caracterización y biología de organismos
Estudio de la fauna de invertebrados de una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> Kónig - Biomasa e Incidencia de algunos factores ambientales sobre el ecosistema - en la bahía de Neguanje, Parque Nacional Tayrona.	Echeverry, B. E.	1982	Magdalena	Caracterización y biología de organismos
Diversidad de moluscos en una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> en el PNN Tayrona	J. M. Díaz	1985	Magdalena	Biología de organismos

Estudio ó Proyecto	Autor(es)	Año	Departamento/ Localidad	Temática
Monitoreo del golfo de Morrosquillo.	Laverde, J., R. Araújo, G. Vargas y E. Patiño.	1987	Córdoba, Sucre	Caracterización
Las islas de Providencia y Santa Catalina, ecología regional.	Márquez, G.	1987	Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina	Caracterización
Diagnóstico actual de las comunidades marinas de la bahía Portete, análisis de efectos reales por la construcción y operación de las instalaciones portuarias	INVEMAR. 1988. Editado por J.M. Díaz, O.D. Solano, R. Dueñas y J. Garzón-Ferreira.	1988	Guajira	Biología de organismos
Estructura y composición de las poblaciones de camarones (Crustácea, Decápoda, Natantia) asociadas a las praderas de <i>Thalassia testudinum</i> Bank ex König de la región de Santa Marta.	Puentes, L.G.	1990	Magdalena	Biología de organismos
Los ecosistemas marinos de la zona costera de Santa Marta y su distribución.	Garzón-Ferreira, J. y M. Cano,	1990	Magdalena	Distribución
Ecofisiología de una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> Banks ex König.	Vélez, M.	1990	Magdalena	Función
Macrofauna marina.	Bula-Meyer, G.	1990	General	Caracterización y biología de organismos
Descripción inicial de unidades de monitoreo de ecosistemas marinos en la bahía de Portete	Editado por J.M. Díaz, J. Garzón- Ferreira, M. Puyana, y C. Obregón	1992	Guajira	Caracterización
Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Natural Tayrona.	Garzón-Ferreira, J. y M. Cano.	1992	Magdalena	Caracterización y distribución
Notas preliminares sobre la ictiofauna en una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> Koning (Cocoliso, Caribe colombiano).	González, E., A. Mora, Y. Restrepo y C. Valencia.	1992	Bolívar y Sucre	Biología de organismos
Ecología y distribución de <i>Thalassia testudinum</i> en el Parque Nacional Natural Tayrona.	Laverde-Castillo, J.J.A.	1992	Magdalena	Distribución y función
Los camarones (Crustácea, Decápoda) asociados a praderas de <i>Thalassia testudinum</i> Bank ex König, en la región de Santa Marta, Caribe colombiano.	Puentes, L.G. y N.H. Campos.	1992	Magdalena	Biología de organismos

Estudio ó Proyecto	Autor(es)	Año	Departamento/ Localidad	Temática
Microhábitats en lechos de <i>Thalassia testudinum</i> : su papel en la evaluación de la abundancia de la macrofauna.	Laverde-Castillo, J.J.A.	1992	Magdalena	Biología de organismos
Estudio ecológico del golfo de Morrosquillo.	Patiño, F. y F. Flórez.	1993	Córdoba, Sucre	Función
Crecimiento y productividad primaria foliares de <i>Thalassia testudinum</i> Bank ex König, 1805 en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe colombiano.	Fresneda, A., W. Gualteros y J.J.A. Laverde.	1994	Bolívar y Sucre	Función
Cartografía de las praderas de fanerógamas en la bahía de Taganga, Magdalena, Caribe colombiano.	Rojas, V., J.C. Jaimes, C.M. Sánchez, C.A. Trujillo y F. Parra. 35.	1994	Magdalena	Distribución
Ictiofauna béntica asociada a praderas de <i>Thalassia testudinum</i> Banks ex Koning 1805 en isla Grande e isla Rosario, estación seca (Caribe colombiano): relación entre la estructura íctica y la de las praderas.	Rodríguez-Ramírez, A.	1996	Bolívar y Sucre	Biología de organismos

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 2008, de acuerdo con 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
CORPOGUAJIRA	UNIMAG	UTADEO	UTADEO	INVEMAR UAESPNN y TNC	CORALINA
INVEMAR UAESPNN y TNC	UTADEO UNAL INVEMAR UAESPNN y TNC UAESPNN	INVEMAR UAESPNN y TNC	UAESPNN UNAL INVEMAR UAESPNN y TNC UDEA		UNAL UAESPNN INVEMAR UAESPNN y TNC UJAVERIANA

6.3.1 Monitoreo de *Thalassia testudinum* en la bahía de Chengue, PNN Tayrona: 1994-2008

Los atributos monitoreados que contribuyen al programa de monitoreo de Caribbean Coastal Marine Productivity Program (CARICOMP) no han mostrado un patrón de cambio drástico durante 15 años de evaluación. Entre el 2007 y 2008 se encontraron algunas variaciones los cuales pueden ser considerados normales debido a que los resultados de 2008 están dentro de los promedios históricos de la pradera evaluada, con excepción de un notable incremento en la tasa de renovación y biomasa de algas calcáreas en el transcurso del monitoreo (Tabla 6-5). 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) sugiriendo que esta pradera se ha caracterizado a lo largo del monitoreo por su vitalidad y buen estado de conservación (Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, 2003). Según lo anterior, la pradera de pastos marinos estudiada en la bahía de Chengue contó con las condiciones que le permitieron desarrollarse adecuadamente durante el último año (2007-2008).

6.3.2 Conclusiones

Entre las temáticas de las que más se dispone de información a nivel general sobre este ecosistema es el de caracterización y distribución, mientras que las de ecología y monitoreo aunque representan la mayor frecuencia han sido realizadas en áreas de estudio muy locales.

Los años 2001 a 2003 representan el mayor número de contribuciones y en especial del conocimiento sobre los pastos marinos para el país.

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) 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.

6.3.3 Recomendaciones

Se hace necesario implementar otro tipo de investigaciones relacionadas con el monitoreo del estado, aspectos fisiológicos, conectividad, vulnerabilidad al cambio climático y dinámica de poblaciones (entre las mas importantes), con el fin de ahondar en su conocimiento

Tabla 6-5. Promedio (PROM) y error estándar (EE) de cada uno de los atributos evaluados de la pradera de *Thalassia testudinum* por fecha de monitoreo en la bahía de Chengue. Se incluyen los promedios globales entre 1994 y 2008 (PROM 94-08). *=No hay dato

FECHA	BIOMASA TOTAL g/m ²		ÍNDICE ÁREA FOLIAR m ² hojas/m ² superficie		LONGITUD HOJA cm		ANCHO HOJA mm		N° VÁSTAGOS en 200 cm ²		TASA DE RENOVACIÓN %/día		PRODUCTIVIDAD HOJAS g/m ² /día		BIOMASA ALGAS CALCÁREAS g/m ²	
	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	5.6	0.6	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	3.2	0.5	13.8	1.3	14.1	0.4	13.1	0.8	5.4	0.2	6.4	0.5	605.6	220.4
PROM 94-08	1056.9	56.3	4.6	0.4	15.2	0.6	13.9	0.3	13.5	0.4	4.0	0.3	3.3	0.3	57.5	39.7

y así mismo, otorgar las mejores herramientas científico-técnicas a los tomadores de decisiones y otros entes decisorios a todo nivel en el momento de tomar acciones en su conservación y protección.

Por ser el departamento de La Guajira el que posee en su jurisdicción marino costera mas 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's, 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 literatura citada) 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 informe del año 2009 para fines de gestión y conocimiento del estado actual.

6.4 Literatura citada

- Acero, A. 1978. Observaciones ecológicas de una pradera de *Thalassia* en la Bahía de Nenguanje, Parque Nacional Tayrona, Colombia. Bolm. Inst. Oceanogr. Sao Paulo, 29(2): 5-8.
- Acosta, A., L. Dueñas, M. Rueda-Páramo y M. Rojas-Laserna. 2005. Monitoreo de la estructura y función de *Thalassia testudinum* en San Andrés Isla desde el año 2001 hasta el presente. Pags. 163-169. En: Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros de Colombia Año 2005. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. ISSN 1692-5025
- Alonso, D., Ramírez, L. F., Segura-Quintero, C., Castillo-Torres, P., Díaz, J.M. y T. Walschburger. 2008a. Prioridades de conservación *in situ* para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, The Nature Conservancy –TNC y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales –UAESPNN. Santa Marta, Colombia, 20p.
- Alonso, D., Segura-Quintero, C., castillo-torres, p.y j. Gerhantz-muro. 2008b. Avances en el diseño de una red de áreas marinas protegidas: Estrategia de conservación para el norte del Caribe continental colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 37(1) 129-156
- Angel, I.F. y J. Polanía. 2001. Estructura y distribución de pastos marinos en San Andrés Isla, Caribe colombiano. Bol. Ecotrópica, 35: 1-24.
- Angel, I. 1998. Estructura y distribución de las Praderas de Fanerógamas Marinas en la Isla de San Andrés, Caribe Colombiano (Trabajo de Pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 74 p.
- Ángel, I.F. y J. Polanía. 2001. Estructura y distribución de pastos marinos en San Andrés Isla, Caribe colombiano. Bol. Ecotrópica, 35: 1-24.
- Aubad, M. 1981. Estructura de una pradera de *Thalassia testudinum* y la fauna de invertebrados asociada, Bahía de Nenguanje, Parque Nacional Tayrona. Tesis Biología, Univ. Antioquia, Medellín, 117 p.
- Barrios, L y D. I. Gómez-López. 2002. Estado de las Praderas de pastos marinos. 41-51p. En: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2001. Ospina, G y A. Acero (Ed.s). Medellín: Cuartas Impresores Ltda. Serie Publicaciones Periódicas N° 8. 178p. INVEMAR.
- Barrios, L y A. Rodríguez. 2003. Estado de las praderas de pastos marinos en Colombia. 115-136p. En: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2003. Rodríguez, D. J. (Ed.). Medellín: Servigráficas. Serie Publicaciones Periódicas N° 8. 292p. INVEMAR.

- Bula-Meyer, G. 1990. Macroflora marina. 135-153 pp. En: M.C. Jimeno (ed). Caribe Colombia. Fondo para la protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" - Fen-Colombia, Bogotá.
- CARICOMP. 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the CARICOMP network. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., 1: 663-668.
- CORPES. 1992. El Caribe colombiano realidad ambiental y desarrollo. Editorial Corpes Costa Atlántica, Santafé de Bogotá, 275 p.
- 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.
- Echeverry, B. 1983. Estudio de la fauna de invertebrados de una pradera de *Thalassia testudinum* König, biomasa e incidencia de algunos factores ambientales sobre el ecosistema en la Bahía de Neguanje, Parque Nacional Tayrona. Tesis de Grado Biología, Univ. de Antioquia. Medellín, 80 p.
- Fresneda, A., W. Gualteros y J. Laverde-Castillo. 1994a. Crecimiento y productividad primaria foliares de *Thalassia testudinum* Banks ex König, 1805 en el Parque Natural Nacional Corales del Rosario, Caribe colombiano. Memorias IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Medellín. CCO, p. 32.
- Fresneda, A., W. Gualteros y J. Laverde-Castillo y E. Alvarado. 1994b. Transplante de cespedones de *Thalassia testudinum* Banks ex König 1805 en el Parque Natural Corales del Rosario. Memorias IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Medellín. CCO, p. 33. 61
- Garzón-Ferreira, J y A. Rodríguez-Ramírez. 2003. Diez años de monitoreo en una pradera de *Thalassia*: 71-74. En Díaz, J.M., L.M. Barrios y D.I. Gómez-López (Eds). Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No.10, Santa Marta, 159p.
- 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.
- Gómez-López, D. I; A. Rodríguez y L. M. Barrios. 2004. Estado actual de las Praderas de pastos marinos en Colombia. 137-158p. En: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2003. Espinosa, S. (Ed.). Medellín: Servigráficas. Serie Publicaciones Periódicas N° 8. 329p. INVEMAR.
- González, E., A. Mora, Y. Restrepo y C. Valencia. 1992. Notas preliminares sobre la ictiofauna en una pradera de *Thalassia testudinum* König (Cocoliso, Caribe colombiano). Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, Santa Marta, CCO, 2: 630-639.
- Grosse, E., M. Vives y R. Schnetter. 1994. Algas rodoíceas y pasto marino de la costa Caribe de Colombia como posible fuente comercial de agar y suplemento alimenticio de animales. Resúmenes IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO, Medellín: 37.
- Guillot, G. y G. Márquez. 1978. Estudios en la vegetación bentónica marina del parque Nacional Tayrona, costa Caribe Colombiana, I: relaciones vegetación-zonación-sustrato. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 10:133-148.
- Herrera-Martínez, J. 1995. Biomasa y producción primaria en una pradera de *Thalassia testudinum* en la bahía de Neguanje, parque Tayrona, Mar Caribe, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 9: 147-157.
- INVEMAR. 1988. Diagnóstico actual de las comunidades marinas de la bahía de Portete, análisis de efectos reales por la construcción y operación de las instalaciones portuarias. Informe final, Invemar, Santa Marta, 156 p.
- INVEMAR, 2002a. Determinación de la distribución y del estado de conservación de las tortugas marinas en el Caribe colombiano. Informe final para el Ministerio del Medio Ambiente. Convenio SECAB - INVEMAR No. 152-029/01. 159 p.

- INVEMAR et al., 2002b. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia año 2001. INVEMAR Serie de Publicaciones Periódicas No 8. 250 p.
- INVEMAR et al., 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia año 2005. INVEMAR Serie de Publicaciones Periódicas No 8. 360 p.
- Jáuregui, A. Evaluación Ambiental de las poblaciones de pastos Marinos en el Balneario turístico “El Rodadero”, Santa Marta: Recopilación y análisis temporal entre los años 1988 y 2004. Informe técnico. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. En preparación.
- 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.
- Laverde-Castillo, J.J.A. 1990. Comparación de comunidades de poliquetos infaunales y epifaunales asociados a lechos de *Thalassia testudinum* Banks ex Koenig. 379 p. En: J.M Díaz (de). Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Informe final INVEMAR.
- Laverde-Castillo, J.J.A. 1992a. Ecología y distribución de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Natural Tayrona. Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, Santa Marta, CCO: 2: 606 (resumen).
- Laverde-Castillo, J. J. A. 1992b. Microhábitats en lechos de *Thalassia testudinum*: Su papel en la evaluación de la abundancia de la macrofauna. Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO, Santa Marta: 2: 628 (resumen).
- Laverde-Castillo, J. J. A. 1994. Estado del conocimiento de las praderas de fanerógamas marinas en Colombia. Memorias del Taller de Expertos Sobre el Estado del Conocimiento y Lineamientos para una Estrategia Nacional de Biodiversidad en los Ecosistemas Marinos y Costeros, Minca-Magdalena. CCO/ENB/Colciencias, Santafé de Bogotá: 132-141 pp.
- Lynton, D. y T. Fisher (Eds.). 2004. CARICOMP. Caribbean Coastal Marine Productivity Program. 1993-2003. CARICOMP, 91p.
- Márquez, G.E. 1987. Las Islas de Providencia y Santa Catalina, Ecología Regional. Fondo Fen Colombia- Univ. Nacional de Colombia. Bogotá. 110 p.
- Márquez, G.E. 1990. Ecosistemas marinos. 115-133 pp. En: M.C. Jimeno (ed). Caribe Colombia. Fondo para la protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis” - Fen-Colombia, Bogotá.
- Márquez, G.E. 1992. Estudios ecológicos en el complejo arrecifal de Providencia isla, Caribe occidental colombiano: Ecología arrecifal y vegetación marina. Memorias VIII Sem. Nal. de Cienc. y Tec. del Mar, CCO, Santa Marta, 1: 397-422.
- Márquez, G.E. y G. Guillot. 1983. La vegetación marina del Parque Nacional Tayrona, costa Caribe Colombiana, II: tipos de vegetación. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 13:17-51.
- Mejía-Ladino, L. M., D.I. Gómez-López, E. Montoya-Cadavid, R. Navas Camacho, A. Blanco y D. Roza. 2008. Actualización del inventario de flora y fauna del parque regional Old Point, San Andrés Isla. Informe técnico final Convenio CORALINA-INVEMAR 010/2007. INVEMAR, Santa Marta. 40 Págs.
- Ortíz, V., E. Arteaga, M. Avila y L. Avila. 1990. Crecimiento, productividad foliar y biomasa de *Thalassia testudinum* König 1805, de la costa suroccidental de Isla Grande, Archipiélago Islas del Rosario (Cartagena, Colombia). Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO, Cali: 275-238 p.
- Palacios, D., G. Díaz-Pulido y P. Rodríguez. 1992. Producción primaria de *Thalassia testudinum* y relación de su biomasa con el peso de epífitos, Isla Grande (PN.N.C.R.), Caribe colombiano. Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO, Santa Marta, 2: 607-618.
- Patiño, F. y F. Flórez. 1993. Estudio ecológico del Golfo de Morrosquillo. Univ. Nacional de Colombia - Fondo ‘FEN’ Colombia, Santafé de Bogotá, 109 p.
- Puentes, L. G. y N. Campos. 1992. Los camarones (Crustacea:Decapoda: Natantia) asociadas a praderas de *Thalassia testudinum* Banks ex König, en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Caldasia, 17:121-131.
- Rojas, V., J.C. Jaimes, C.M. Sánchez, C.A. Trujillo y F. Parra. 1994. Cartografía de las praderas de fanerógamas en la Bahía de Taganga, Magdalena, Caribe colombiano. Resúmenes IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO, Medellín: p. 35.