

## Contenido

1	MARCO GEOGRÁFICO.....	16
1.1	Características Generales de la Región Caribe Continental.....	16
1.2	Características Generales de la Región Caribe Insular.....	24
1.3	Características Generales de la Región Pacífico Continental e Insular.....	26
1.4	Literatura Citada.....	31

## Estado del Medio Abiótico

2	ASPECTOS FÍSICOS DEL MEDIO MARINO.....	33
2.1	Región Caribe Continental.....	33
2.2	Región Caribe Insular.....	43
2.3	Región Pacífico Continental.....	44
2.4	Literatura Citada.....	50
3	LA CALIDAD AMBIENTAL MARINA Y COSTERA EN COLOMBIA.....	51
3.1	Caribe.....	54
3.2	Pacífico.....	70
3.3	Literatura Citada.....	81

## Estado de los Ecosistemas Marinos y Costeros

4	ESTADO DE LOS ARRECIFES CORALINOS EN COLOMBIA.....	84
4.1	Definición e Importancia de los Arrecifes Coralinos.....	84
4.2	Distribución y Extensión de los Arrecifes de Coral en Colombia.....	85
4.3	Estado de los Arrecifes en el 2002.....	87
4.4	Tensores e Impactos sobre los Arrecifes.....	107
4.5	Arrecifes en Áreas Marinas Protegidas.....	109
4.6	Conclusiones.....	109
4.7	Recomendaciones.....	111
4.8	Literatura Citada.....	112
5	ESTADO DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS EN COLOMBIA.....	114
5.1	Generalidades.....	114
5.2	Distribución de Praderas en el Caribe Colombiano.....	115
5.3	Diagnóstico.....	118
5.4	Tensores e Impactos.....	123
5.5	Estado del Conocimiento de las Praderas.....	126
5.6	Conclusiones.....	130
5.7	Recomendaciones.....	130
5.8	Literatura citada.....	126

6	ESTADO DE LOS MANGLARES EN COLOMBIA .....	134
6.1	Definición.....	134
6.2	Importancia.....	134
6.3	Distribución.....	135
6.4	Estado de los Manglares .....	142
6.5	Tensores e Impactos.....	143
6.6	Áreas Protegidas.....	144
6.7	Conclusiones .....	145
6.8	Recomendaciones .....	145
6.9	Literatura Citada.....	146
7	ESTADO DE LAS PLAYAS EN COLOMBIA.....	149
7.1	Definición.....	149
7.2	Importancia.....	150
7.3	Extensión y Ubicación.....	150
7.4	Estado.....	153
7.5	Áreas Protegidas.....	155
7.6	Recomendaciones .....	155
7.7	Literatura Citada.....	156
8	ESTADO DE LOS LITORALES ROCOSOS EN COLOMBIA: ACANTILADOS Y PLAYAS ROCOSAS.....	157
8.1	Generalidades.....	157
8.2	Litorales rocosos del Caribe.....	158
8.3	Litorales rocosos del Pacífico .....	160
8.4	Relaciones entre el hombre y los acantilados.....	164
8.5	Literatura citada.....	166
9	ESTADO DE LOS FONDOS BLANDOS EN COLOMBIA .....	168
9.1	¿Qué son?.....	168
9.2	¿Qué importancia tienen? .....	168
9.3	¿Dónde están? .....	169
9.4	Diagnóstico .....	171
9.5	¿Cuáles son los tensores de estos ambientes? .....	177
9.6	Conclusiones y Recomendaciones.....	180
9.7	Literatura Citada.....	180
10	LAGUNAS, COSTERAS Y ESTUARIOS.....	183
10.1	Conceptos y características.....	183
10.2	Principales Estuarios y Lagunas Costeras en la Región Caribe y Pacífico de Colombia.....	185
10.3	Estado de la Calidad Ambiental de los Principales Estuarios y Lagunas Costeras Colombianas.....	188
10.4	Tensores e Impactos.....	203

10.5	Consideraciones Generales .....	205
10.6	Literatura Citada.....	206

## Estado de la diversidad de Especies

11	DIVERSIDAD DE ESPECIES MARINAS EN COLOMBIA .....	208
11.1	Diagnostico de Especies Amenazadas .....	208
11.2	Especies Introducidas - Impactos.....	210
11.3	Efectos en la biodiversidad debidos a la pesca (captura incidental).....	222
11.4	Literatura Citada.....	225

## Estado de los Recursos Sometidos a Explotación

12	ESTADO DE LOS RECURSOS SOMETIDOS A EXPLOTACION EN COLOMBIA.....	227
12.1	Pesquerías.....	227
12.2	Acuicultura Marina y Estuarina en Colombia. ....	244
12.3	Bioprospección.....	248
12.4	Literatura Citada.....	250

## Introducción a los Indicadores

13	INTRODUCCIÓN A LOS INDICADORES AMBIENTALES DE ESTADO DE LOS RECURSOS MARINOS Y COSTEROS.....	253
13.1	Introducción.....	253
13.2	Indicadores de Estado .....	256
13.3	Indicadores de Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos.....	270
13.4	Indicadores de Presión Natural.....	273
13.5	Recomendaciones .....	274
13.6	Literatura Citada.....	275

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de áreas marinas y costeras de Colombia (Modificado de INVEMAR, 2000).	17
Figura 2. Unidades Geomorfológicas de la franja litoral Caribe colombiano	34
Figura 3. Efectos físicos sobre el sistema natural Caribe colombiano	40
Figura 4. Unidades geomorfológicas franja litoral Pacífico colombiano	45
Figura 5. Efectos físicos sobre el sistema natural Pacífico colombiano	48
Figura 6. Aportes en términos de caudal de los principales ríos de la cuenca del Caribe colombiano. Se incluyen ríos con caudales mayores a $1'500.000 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$ .	55
Figura 7. Comparación porcentual de la población que habita en los municipios costeros de los departamentos del Caribe colombiano.	57
Figura 8. Cargas orgánicas y contaminantes aportadas por los municipios de la costa del Caribe colombiano.	58
Figura 9. Composición física de los residuos sólidos de Cartagena.	62
Figura 10. Zonas de la costa del Caribe en las que se presentan valores altos recurrentes de contaminación de las aguas.	64
Figura 11. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Caribe durante la época seca de 2002.	65
Figura 12. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Caribe durante la época húmeda de 2002.	66
Figura 13. Niveles de Coliformes fecales (Cf) y Límite permisible (LMP) en la Playa Rodadero del departamento del Magdalena en los monitoreos realizados durante 1997 hasta 2003. El color gris representa los meses de época turística.	67
Figura 14. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la Playa Coveñas del departamento de Sucre en los monitoreos realizados durante 2000 hasta 2003. El color gris representa los meses de época húmeda.	67
Figura 15. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la Bahía de Cartagena, departamento de Bolívar, en los monitoreos realizados durante 1997 hasta 2002.	68
Figura 16. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la Ciénaga de Tesca, departamento de Bolívar, en los monitoreos realizados durante 2001 hasta 2002.	68
Figura 17. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la playa de Roky Cay del departamento de San Andrés en los monitoreos realizados durante 2001 y 2002	69
Figura 18. Aportes en términos de caudal de los principales ríos de la cuenca del Pacífico colombiana.	72
Figura 19. Comparación porcentual de la población que habita en los municipios costeros de los departamentos del Pacífico colombiano.	73

Figura 20. Cargas orgánicas y contaminantes aportadas por los municipios de la costa del Pacífico colombiano.....	74
Figura 21. Zonas de la costa del Pacífico en las que se presentan valores altos recurrentes de contaminación de las aguas.....	78
Figura 22. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Pacífica durante la época seca de 2002.....	79
Figura 23. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Pacífica durante la época húmeda de 2002.....	80
Figura 24. Distribución de las áreas coralinas del Caribe colombiano y ubicación de las estaciones de monitoreo SIMAC.....	87
Figura 25. Distribución de las áreas coralinas del Pacífico colombiano y ubicación de las estaciones de monitoreo SIMAC.....	89
Figura 26. Promedios anuales y errores estándar de la cobertura de los corales duros, las algas y el sustrato abiótico en los diferentes niveles de profundidad de cuatro áreas de monitoreo SIMAC desde 1998 al 2002. Para Islas del Rosario no se pudieron obtener datos en el 2000.....	91
Figura 27. Promedios y errores estándar de la cobertura de los corales duros, las algas y el sustrato abiótico en los diferentes niveles de profundidad de las nuevas áreas de monitoreo SIMAC en el 2002.....	93
Figura 28. Promedios generales y errores estándar de la incidencia de enfermedades y blanqueamiento en corales pétreos de tres áreas de monitoreo SIMAC en el Caribe entre los años 1998 y 2002. No se tienen datos de I. del Rosario para el año 2000.....	95
Figura 29. Promedios generales y errores estándar de la incidencia de las enfermedades de lunares oscuros y plaga blanca entre los años 1998 y 2002, en corales pétreos de tres áreas de monitoreo SIMAC en el Caribe. No se incluyen datos de I. del Rosario para el año 2000.....	96
Figura 30. Abundancia promedio y error estándar de gorgonáceos en tres áreas monitoreadas por el SIMAC en el Caribe, expresada como el número de colonias que interceptan un transecto de 10 m en a) Nivel intermedio de profundidad en la Bahía de Chengue (años 1994-2002) y b) Los tres niveles de profundidad en Bahía de Chengue, Islas del Rosario y San Andrés (años 1999, 2001 y 2002).....	97
Figura 31. Promedio y error estándar de la densidad de erizos (expresada como número de individuos en 20m <sup>2</sup> ) en varias áreas monitoreadas del Caribe a) Densidad de todas las especies en el intervalo completo de profundidad. b) Densidad de <i>Diadema antillarum</i> en el nivel somero.....	101
Figura 32. Riqueza general de peces en las áreas de monitoreo SIMAC de las costas colombianas desde 1998 al 2002. No se presentan datos de 1998 y 2000 para San Andrés y para islas del Rosario del 2000. Los datos corresponden a promedios y error estándar del número de especies observadas en censos visuales de 30 minutos.....	102

Figura 33. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos 60 m <sup>-2</sup> ) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las estaciones de la Bahía de Chengue entre los años 1998 y 2002. ACA: Acanthuridae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; KYP: Kyphosidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae. ....	103
Figura 34. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos/60 m <sup>2</sup> ) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las estaciones de la Isla de San Andrés e Islas del Rosario entre los años 1998 y 2002. ACA: Acanthuridae; BAL: Balistidae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; KYP: Kyphosidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae. ....	104
Figura 35. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos 60 m <sup>-2</sup> ) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las estaciones de la Isla de Gorgona entre los años 1998 y 2002. ACA: Acanthuridae; BAL: Balistidae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; KYP: Kyphosidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae; TET: Tetrodontidae. ....	105
Figura 36. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos 60 m <sup>-2</sup> ) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las nuevas áreas de monitoreo SIMAC para el año 2002. ACA: Acanthuridae; BAL: Balistidae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; KYP: Kyphosidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae; TET: Tetrodontidae. ....	106
Figura 37. Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Tomado de INVEMAR 2002a. ....	117
Figura 38. Representatividad de los principales grupos taxonómicos a la riqueza de especies presente en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. Abreviaturas: Mol = Molusco, Crust.= Crustáceo, Esp = Esponjas, Cnid. =Cnidario. ....	121
Figura 39. Aporte de los principales grupos taxonómicos a la abundancia de organismos dentro de las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. Abreviaturas: Mol = Molusco, Crust.= Crustáceo, Esp = Esponjas, Cnid. =Cnidario, Equin.=Equinodermo. ....	121
Figura 40. Frecuencia de ocurrencia de organismos dentro de las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. ....	122
Figura 41. Tendencia de disminución de praderas de fanerógamas marinas desde la década de 1945 a 2001, en la bahía de Cartagena. El área subrayada corresponde al sector interno de la bahía. Tomado de Díaz y Gómez (2003). ....	126
Figura 42. Distribución de los manglares en la costa Caribe colombiana. ....	137
Figura 43. Distribución de los manglares en la costa pacífica colombiana. ....	140

Figura 44. Mapa de la distribución de los acantilados rocosos en el Caribe colombiano. Elaborado en el Laboratorio SI-SIG del INVEMAR a partir de varias fuentes.....	159
Figura 45. Mapa de la distribución de los acantilados rocosos en el Pacífico colombiano. Elaborado en el Laboratorio SI-SIG del INVEMAR a partir de varias fuentes.....	161
Figura 46. Ubicación de los fondos blandos. Presentan una cobertura geográfica del 99,5% de los fondos marinos colombianos; representados por el polígono en azul claro. (Tomado de Laboratorio SIG-INVEMAR).....	170
Figura 47. Abundancia promedio de organismos de la infauna en diferentes localidades del Caribe y Pacífico colombiano. Guaj, Guajira; Mag, Magdalena; Bol, Bolívar; B. Car, Bahía de Cartagena; Tes, Ciénaga de Tesca; Morr, Golfo de Morrosquillo; Gor, Isla Gorgona. Las barras representan la desviación estándar.....	172
Figura 48. Riqueza promedio de la infauna en diferentes localidades del Caribe y Pacífico colombiano. Guaj, Guajira; Mag, Magdalena; Bol, Bolívar; B. Car, Bahía de Cartagena; Tes, Ciénaga de Tesca; Morr, Golfo de Morrosquillo; Gor, Isla Gorgona. Las barras representan la desviación estándar.....	172
Figura 49. Variaciones temporales en la densidad promedio de los organismos bentónicos en la plataforma del Magdalena y cambios anuales en la precipitación promedio. Los datos de precipitación son del aeropuerto Simón Bolívar. Las líneas verticales corresponden a la desviación estándar de la densidad.....	174
Figura 50. Variaciones temporales en la riqueza en la plataforma del Magdalena.....	174
Figura 51. Variaciones temporales de la densidad de los organismos bentónicos en el Golfo de Morrosquillo.....	175
Figura 52. Asociaciones definidas para la plataforma continental y talud superior. En azul se encuentran las asociaciones de 300 y 500 m de profundidad (talud superior). En rosado la asociación de 150 m y en los demás colores las asociaciones de 20 y 70 m de la plataforma.....	176
Figura 53. Áreas de arrastre de pesca industrial y esfuerzo pesquero en el área norte del Caribe colombiano, durante el año 2000 (Tomado de Viaña <i>et al.</i> , 2002).....	178
Figura 54. Efecto de los arrastres pesqueros sobre la diversidad de la epifauna en la plataforma de la Guajira y Palomino. X = Guajira 70 m, esfuerzo pesquero alto, ? Guajira y Palomino 70 m, esfuerzo pesquero bajo. Las estimaciones de diversidad de la epifauna se hicieron con base en la información colectada por los proyectos MACROFAUNA II.....	179
Figura 55. Efecto de los arrastres pesqueros sobre la riqueza de la epifauna en la plataforma de la Guajira (GUA) y Palomino (PAL). ES = Estimado de especies, n = número de individuos. Las estimaciones de riqueza de la epifauna se hicieron con base en la información colectada por los proyectos MACROFAUNA II; la sectorización del esfuerzo pesquero se basó en el trabajo de Viaña <i>et al.</i> (2002).....	179
Figura 56. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento de la Guajira.....	187
Figura 57. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento del Chocó.....	188
Figura 58. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento del Magdalena.....	192
Figura 59. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento de Bolívar.....	194

Figura 60. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento de Córdoba.....	196
Figura 61. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento de Antioquia.....	198
Figura 62. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento del Valle del Cauca.....	200
Figura 63. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento del Nariño.....	201
Figura 64. Principales estuarios y lagunas costeras del Departamento del Cauca.....	203
Figura 65. Variación mensual de las capturas comerciales de especies introducidas accidentalmente en la CGSM desde enero de 1994 a diciembre de 2002.....	218
Figura 66. Variación anual de la abundancia de especies totales y especies introducidas accidentalmente en la CGSM desde 1994 hasta diciembre de 2002.....	219
Figura 67. Variación anual de las capturas e ingresos en dólares para las especies nativas (Mojarra rayada y Lisa) y para la especie introducida accidentalmente (Mojarra Lora) en la CGSM.....	220
Figura 68. (a) Variación mensual de las capturas de la especie introducida accidentalmente (Mojarra Lora) en la ZDERS. (b) Variación anual de la abundancia de especies totales y la especie introducida (Mojarra Lora) en la ZDERS.....	221
Figura 69. Variación espacial de los descartes promedio (+DS) de peces discriminados por sectores geográficos (A: Palomino-Riohacha; B: Riohacha-Cabo de la Vela; C: Cabo de la Vela-Punta Espada). Datos tomados de Medina (2002).....	223
Figura 70. El pastel representa la composición porcentual de las capturas obtenidas con boliche en la CGSM, destacando la captura incidental. Composición de la abundancia relativa de especies de peces retenidas por el boliche. Las barras negras indican las especies objetivo y las barras blancas corresponden a las principales especies capturadas incidentalmente. Figura modificada de Rueda y Defeo (2003).....	224
Figura 71. Producción pesquera industrial y artesanal en el Caribe y Pacífico colombiano (1990-2001). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	228
Figura 72. Producción pesquera industrial y artesanal en el Pacífico colombiano por grupo de especies (1990-2001). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	229
Figura 73. Producción pesquera industrial y artesanal de peces en el Pacífico colombiano (1990-2001). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	229
Figura 74. Producción pesquera industrial y artesanal de crustáceos en el Pacífico colombiano (1990-2001). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	230
Figura 75. Producción pesquera industrial y artesanal de moluscos en el Pacífico colombiano (1990-2001). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	231



Figura 76. Producción pesquera industrial y artesanal en el Caribe colombiano (1990-2001). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	232
Figura 77. Producción pesquera industrial y artesanal de peces en el Caribe colombiano (1990-2001). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	232
Figura 78. Producción pesquera industrial y artesanal de crustáceos en el Caribe colombiano (1990-2000). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	233
Figura 79. Producción pesquera industrial y artesanal de moluscos en el Caribe colombiano (1990-2000). Tomado de servicio nacional de estadísticas pesqueras del INPA ( <a href="http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf">http://www.inpa.gov.co/inpa.nsf</a> ).....	234
Figura 80. Variación anual de las capturas comerciales en la CGSM discriminadas por grupos de especies.....	235
Figura 81. Composición por especies de las capturas comerciales entre años para la CGSM.....	235
Figura 82. Variación anual de la CPUE promedio (+EE) de multiespecies de peces para la atarraya y el trasmallo en la CGSM.....	236
Figura 83. Variación anual de la captura promedio (+EE) multiespecífica y su ubicación respecto al punto de referencia límite (PRL) en la CGSM. Valores por encima del PRL están en un área no deseada.....	237
Figura 84. Variación anual de las tallas medias de captura para las principales especies ícticas de la CGSM y su ubicación con respecto al PRL (talla media de madurez sexual).....	238
Figura 85. Variación anual de los ingresos económicos (IT) por pescador en la CGSM y su ubicación con respecto a los costos variables (CV) y una renta umbral, equivalente al salario mínimo vigente en el País.....	239
Figura 86. Variación anual de las capturas comerciales en la ZDERS discriminadas por grupos de especies.....	240
Figura 87. Composición por especies de las capturas comerciales entre años para la ZDERS.....	240
Figura 88. Variación anual de la CPUE promedio (+EE) de multiespecies de peces con atarraya y trasmallo en la ZDERS.....	241
Figura 89. Variación anual de la captura promedio (+EE) multiespecífica y su ubicación respecto al PRL en la ZDERS.....	242
Figura 90. Variación anual de las tallas medias de captura para las principales especies ícticas de la ZDERS y su ubicación con respecto al PRL (talla media de madurez sexual).....	243
Figura 91. Variación anual de los ingresos económicos (IT) percibidos por la pesca en la ZDERS y su ubicación con respecto a los costos variables (CV) y una renta umbral.....	244
Figura 92. Área de cultivo y producción de camarón en Colombia (1985 – 2002).....	245

Figura 93. Tendencia de la producción de camarón con respecto al área de cultivo.....	246
Figura 94. Variación histórica del crecimiento anual (%) de la producción y de las exportaciones de camarón cultivado.....	246
Figura 95. Esquema de ambientes marinos y costeros. Tomado de taller interno Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos-(BEM-INVEMAR, 2002).....	256
Figura 96. Sistema de manejo hipotético basado en indicadores pesqueros para la CGSM. RMS: rendimiento máximo sostenible; p: probabilidad.....	271

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunas cifras importantes de las áreas marinas y costeras de Colombia (Tomado de INVEMAR, 2002).....	18
Tabla 2. Cargas que aportan los ríos al Caribe colombiano.....	56
Tabla 3. Cargas aportadas por la industria a la bahía de Cartagena (2000).....	59
Tabla 4. Rangos en que se registraron las variables en el Caribe.....	63
Tabla 5. Cargas que aportan los ríos al Pacífico colombiano.....	71
Tabla 6. Rangos de las variables registradas en el Pacífico.....	76
Tabla 7. Tipo de formación predominante y extensión (km <sup>2</sup> ) de las áreas coralinas en los territorios colombianos del Caribe y del Pacífico. Se incluye la extensión total y la extensión ocupada por fondos con cobertura coralina viva relevante (tomado de Díaz <i>et al.</i> , 2000). Las áreas que se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) se señalan con un asterisco.....	86
Tabla 8. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis) de densidad de invertebrados móviles importantes (expresados en número de individuos por 20 m <sup>2</sup> ) en todo el intervalo de profundidad de cada una de las áreas evaluadas. DAN: <i>Diadema antillarum</i> (solo nivel somero); ERI: Erizos (todas las especies); CAN: Cangreja; LAN: Langostas; PUL: Pulpos; CAR: Caracol.....	99
Tabla 9. Lista de amenazas naturales y antropogénicas que han estado afectando la biodiversidad de los arrecifes coralinos de las costas colombianas del Caribe y el Pacífico durante las últimas tres décadas, calificadas según su severidad de la siguiente forma: 0=amenaza ausente; 1=amenaza baja generalizada; 2=amenaza baja localizada; 3=amenaza media; 4=amenaza alta localizada; 5=amenaza alta generalizada. Tomado de Garzón-Ferreira <i>et al.</i> (2000).....	108
Tabla 10. Localización y extensión de praderas de Fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. %AMP= Porcentaje de Ha de pastos cubiertas por el sistema de Áreas Marinas Protegidas con respecto al total de praderas del Caribe colombiano.....	116
Tabla 11. Principales atributos estructurales y ambientales de las asociaciones resultantes en la prueba de clasificación. Densidad de vástagos=N°vástagos m <sup>-2</sup> . Biomasa rizoidal= gramos de peso seco m <sup>-2</sup> . Biomasa foliar= gramos de peso seco m <sup>-2</sup> . Área foliar=área en cm <sup>2</sup> . Epífitos= porcentaje (%) en peso de los epífitos.	

Pastoreo= frecuencia (presencia-ausencia) de hojas pastoreadas. Los valores marcados en negrilla son los más representativos de cada asociación.....	123
Tabla 12. Resumen de las principales causas de deterioro en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. El valor obtenido para cada atributo ambiental, estructural o biótico corresponde al promedio de la información colectada y expresa la suma de incidencia y permanencia en el tiempo. Categorías de 0 a 5 (0= insignificante, 1=valor muy bajo, 2= bajo, 3=medio, 4=alto, 5=muy alto o importante). El grado de intervención antrópica en la última fila resulta de promediar los valores de los atributos marcados con asterisco (*). Dado que se aproximó a la siguiente unidad por encima de cinco, los valores de "0" dentro de la tabla corresponden a promedios menores a 0,5 (rango 0-0,5). A=Urabá, B=isla Fuerte, C=Tortuguilla, D=San Bernardo, E=Morrosquillo, F=San Bernardo-Canal del Dique, G=Barú-Islas del Rosario, H=Cartagena, I=isla Arena, J=Tayrona, K=Cabo de la Vela-Rioacha, L=bahía Portete, M=Puerto López, N=San Andrés, O=Providencia.....	124
Tabla 13. Análisis comparativo del avance en el estado del conocimiento sobre praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. LB= línea de base sobre localización, extensión y distribución. MAP= mapas básicos. INV= estudios biológicos e inventarios. EST= estado de salud ambiental. MON= programas de monitoreo sobre el estado ambiental de las praderas. ECO= estudios sobre ecología. TENS= posibles tensores que afectan las praderas (P= pesca, C= contaminación del agua y/o sedimentación, D= destrucción física de las praderas por dragados, actividades náuticas u otras causas antrópicas). Interpretación del grado de conocimiento de 1 a 3* (1=escaso, 2=existe información pero debe ser complementada o actualizada, 3=la información existente es buena y sólo requiere ser integrada, 3*= información integrada a nivel de praderas con otras áreas y con otros ambientes).....	127
Tabla 14. 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 generales para Chengue entre 1994 y 2002 (PROM 94-02). *= No hay dato para el año 2002. ....	129
Tabla 15. Cobertura estimada de manglar (Ha) vivo y muerto por departamento para las costas colombianas según datos de Sánchez-Páez <i>et al.</i> , 1997; Zambrano-Escamilla y Rubiano, 1997; IGAC, 1998; Sánchez-Páez <i>et al.</i> , 2000; INVEMAR, 2001; CVC, 2001; CORPOURABÁ, 2002. n d= dato no disponible. ....	136
Tabla 16. Desarrollo de actividades que afectan las áreas de manglar en las costas colombianas, modificada de Ocampo-Aguirre, (1997). ....	143
Tabla 17. Áreas protegidas que poseen bosques de manglar en las costas de Colombia. n.d = dato no disponible. Abreviatura: PNN: Parque Nacional Natural y SFF:Santuario de Flora y Fauna. ....	144
Tabla 18. Localización y extensión (km lineales) de 181 playas importantes para las tortugas marinas en el Caribe colombiano (Ceballos, 2002). Abreviaturas: PNN	

= Parque Nacional Natural, VPIS = Vía Parque Isla de Salamanca, B/quilla = Barranquilla, C/gena = Cartagena, SPSC = San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	151
Tabla 19. Estimación del área (Km <sup>2</sup> ) de las unidades geomorfológicas del Caribe y Pacífico colombiano (Molina <i>et al.</i> , 1998) que son compatibles con la definición de playas arenosas importantes para las tortugas marinas (Ceballos, 2002). .....	153
Tabla 20. Cuantificación de 6 amenazas que deterioran las playas (n = 181) del Caribe colombiano, con escala 0-3, siendo 0 su ausencia y 3 el valor mas alto (Modificado de Ceballos, 2002). Abreviaturas: n = número de playas, PNN = Parque Nacional Natural, VPIS = Vía Parque Isla de Salamanca, SPSC = San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	154
Tabla 21. Extensión lineal (Km) de las playas importantes para las tortugas marinas ubicadas dentro del sistema de Nacional de Áreas Protegidas de Colombia (SINAP). (Fuente: Modificado de Ceballos, 2002). Abreviaturas: PNN = Parque Nacional Natural, ? = información no determinada. ....	155
Tabla 22. Estuarios y Lagunas costeras del Caribe y Pacífico colombiano .....	185
Tabla 23. Listado de especies marinas y costeras amenazadas del Caribe colombiano. Las categorías de amenaza son: CR, en peligro crítico; EN, en peligro; VU, vulnerable; NC, casi amenazada; LC, en bajo riesgo; DD, datos insuficientes. La distribución de la especie se presenta por las eco-regiones definidas en el Plan Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina PNIBM (INVEMAR, 2000): SAN, archipiélago de San Andrés y Providencia; GUA, Guajira; PAL, Palomino; TAY, Tayrona; MAG, Magdalena; ARCO, archipiélagos coralinos de San Bernardo e Islas del Rosario; MOR, golfo de Morrosquillo; DAR, Darién. ....	212
Tabla 24. Listado de especies marinas y costeras amenazadas del Pacífico colombiano. Las categorías de amenaza son: CR, en peligro crítico; EN, en peligro; VU, vulnerable; NC, casi amenazada; LC, en bajo riesgo; DD, datos insuficientes. La distribución de la especie se presenta por las eco-regiones definidas en el Plan Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina PNIBM (INVEMAR, 2000): PAN, Pacífico norte; BAU, Baudó; BUE, Buenaventura; NAY, Naya; SAQ, Saquianga; TUM, Tumaco; GOR, isla Gorgona; MAL, Isla Malpelo; PAO, Pacífico oceánico.....	215
Tabla 25. Capturas en peso y proporción respecto a la captura total de los grupos no ícticos retenidos en 51 lances de faenas comerciales de la flota industrial arrastrera del Caribe colombiano. Datos tomados de Medina (2002).....	223
Tabla 26. Tipo de productos naturales extraídos de organismos marinos. ....	248
Tabla 27. Organismos marinos estudiados en bioprospección.....	249
Tabla 28. Escala de valoración del indicador de fragmentación (IF) (Steenmans y Pinborg, 2000). ....	260
Tabla 29. Valores de IBI y escala de de deterioro asociado. ....	261
Tabla 30. Variables indicador, métrica, escala de valoración y puntaje correspondiente en el IBI <sub>C</sub> .....	262

---

Tabla 31. Variables indicador, métrica, escala de valoración y puntaje correspondiente en el IBIf.....	264
Tabla 32. Variables indicador, métrica, escala de valoración y puntaje correspondiente en el IBIM.....	266
Tabla 33. Rango de Calificación de variables indicador del ICAM en las curvas de funcionamiento.....	268
Tabla 34. Escala de calificación de la calidad de Agua y valores de ICAM.....	268
Tabla 35. Probabilidades de exceder PRLs y escala de riesgo asociado.....	272

# **INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA:**

## **AÑO 2002**

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “Jose Benito Vives De Andrés”- INVEMAR, en colaboración con otras entidades encargadas de la investigación y el manejo de los recursos marinos y costeros, presenta al País el Informe anual del Estado de los Recursos Marinos y Costeros de Colombia, fundamental en la toma de decisiones y el establecimiento de normas y regulaciones para el ordenamiento, manejo y uso del medio ambiente marino y sus recursos naturales renovables.

Colombia posee en su área marítima y costera una invaluable variedad de ecosistemas marinos, entre los que se destacan, los arrecifes coralinos, manglares, praderas de pastos marinos, fondos blandos de plataforma, lagunas costeras, estuarios, playas y litorales rocosos. Históricamente, estos ecosistemas han sustentado o facilitado actividades portuarias, turismo, acuicultura, pesca, que se traducen en ingresos económicos para las poblaciones costeras; y proveen además servicios ambientales como protección de la línea de costa y estabilización de sedimentos. Estas razones conllevan a reflexionar en su pérdida y/o deterioro como hechos importantes desde el punto de vista económico, social y ecológico.

Aunque estos ecosistemas poseen una extraordinaria capacidad para mantenerse, ellos son indudablemente frágiles y vulnerables ante factores tales como:

- El acelerado crecimiento demográfico en áreas costeras, y su consecuente reducción del espacio de los ecosistemas, fragmentación y cambio de uso del suelo.
- La extracción incontrolada e intensiva de recursos, hasta puntos críticos de sobreexplotación o más grave aún hasta su desaparición, debido a la falta de regulación de prácticas de extracción no selectivas, o de la captura de individuos en tallas inferiores a las tallas medias de madurez sexual, entre otros.
- La utilización de métodos de captura más “eficientes” en términos de esfuerzo pesquero, que destruyen el ecosistema o los hábitat esenciales para la supervivencia de las especies recurso.
- El incremento desmesurado en la carga sedimentaria y los residuos contaminantes proveniente de fuentes terrestres.

El informe del estado de los recursos Año 2002, describe la actual situación de los ecosistemas marinos mencionados anteriormente en cuatro capítulos, antecedidos por el marco geográfico

de las dos costas colombianas. El primer capítulo, titulado Estado de los aspectos abióticos, esta conformado por la descripción de los aspectos físicos de las plataformas del Caribe y Pacífico en el ítem titulado Aspectos físicos, y resume el estado de la calidad del agua marina y costera al año 2002. El segundo capítulo incluye los ítems relacionados con la descripción del estado de los ecosistemas marinos más representativos en Colombia, tales como: arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos, bosques de manglar, lagunas costeras y estuarios, playas, fondos blandos y litorales rocosos. El tercer capítulo hace referencia a la diversidad de especies marinas en un contexto de especies amenazadas y factores que las afectan. El cuarto capítulo, recursos sometidos a explotación, resume y evalúa el estado de producción y explotación de los recursos pesqueros y acuícolas en el País. Finalmente, se presenta en el quinto capítulo, la primera propuesta de indicadores de estado y presión de los ambientes marinos y costeros, como aporte significativo al Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC).

Este informe, se presenta como un análisis comparativo en el tiempo sobre el estado de los ecosistemas marinos y costeros, así como de los recursos sometidos a explotación; producto del esfuerzo científico de los investigadores de INVEMAR en colaboración con algunos investigadores y material bibliográfico de otras entidades que hacen parte del Sistema Nacional Ambiental (SINA).

## Misión Del INVEMAR

El INVEMAR es el Instituto encargado por mandato Nacional de la investigación ambiental básica y aplicada de los recursos naturales renovables, el medio ambiente y los ecosistemas marinos, costeros y oceánicos de los mares adyacentes al territorio nacional, así como de emitir conceptos técnicos acerca del aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y su conservación.

Debe colaborar con la coordinación de una red de centros de investigación marina, en la que participen otras entidades que desarrollen actividades de investigación en los litorales y mares colombianos, propendiendo por el aprovechamiento racional de la capacidad científica de que dispone el País en ese campo (Decreto 1276 Cap. I Art. 2, INVEMAR, s.f.). Este esfuerzo será orientado a fundamentar la toma de decisiones de política por parte del Ministerio, suministrar bases técnicas para el establecimiento de normas y regulaciones para el ordenamiento del territorio, el manejo, uso y aprovechamiento del medio ambiente y los recursos naturales renovables marinos (Decreto 1276 Cap II Art. 5).

Anualmente el Instituto debe presentar un balance acerca del estado de los recursos naturales renovables del ambiente marino y costero, con miras a proponer alternativas y recomendaciones encaminadas al desarrollo sostenible de nuestros mares.

# 1 MARCO GEOGRÁFICO

Blanca Oliva Posada y Daniel Mauricio Rozo<sup>1</sup>

## 1.1 Características Generales de la Región Caribe Continental

El Caribe colombiano está localizado en el extremo suroccidental 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°18') y al oeste con Panamá, en la zona de Cabo Tiburón (N 08°42' W 77°19'). Tiene una longitud de línea de costa de 1.642 km, un área terrestre aproximada de 194.513 km<sup>2</sup>, una zona económica de 524.981 km<sup>2</sup> y ocupa un 11% de la superficie del país (Figura 1) (INVEMAR, 2002; Steer *et al.*, 1997)

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 de Dique (INVEMAR, 2002; INGEOMINAS, 1998; Steer *et al.*, 1997).

### 1.1.1 Fisiografía

La mayor parte de la costa Caribe colombiana está conformada por la llanura Caribe, que se extiende hacia el norte de las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central (Serranías de Abibe, San Jerónimo). Su relieve es ondulado a plano, muy cercano al nivel del mar, con colinas que en general no superan los 500 m de altura, a excepción de la Sierra Nevada de Santa Marta, que se levanta como un macizo aislado con alturas de hasta 5.770 m y algunas serranías en la Guajira y en el Atlántico. Hacia el norte, en la Guajira se observan paisajes desérticos, que 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).

---

<sup>1</sup> Investigadores, Programa de Investigación para la Gestión marino costera – GEZ; bposada@invemar.org.co





Figura 1. Localización de áreas marinas y costeras de Colombia (Modificado de INVEMAR, 2000).

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 el municipio de Ciénaga, Magdalena, la costa tiene una orientación general este – oeste que coincide con las estribaciones

de la Sierra Nevada de Santa Marta que forman 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 de Dique y la bahía de Cartagena. Desde esta punta hasta punta 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 en diapirismo de lodo, colonizado por formaciones arrecifales de gran importancia (INGEOMINAS, 1998; Vernet, 1985).

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. Finalmente, se llega al 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).

La Tabla 1 muestra en cifras algunos otros aspectos relevantes al marco geográfico de la región Caribe e incluye extensión de la línea de costa, de la porción terrestre y el mar territorial; la división política en cuanto a los departamentos y municipios costeros que la conforman, así como la población total y la población costera.

Tabla 1. Algunas cifras importantes de las áreas marinas y costeras de Colombia (Tomado de INVEMAR, 2002).

<b>Característica</b>	<b>Mar Caribe</b>	<b>Océano Pacífico</b>	<b>Área Insular</b>
Línea de Costa (Km)	1.642	2.188	52
Área terrestre (Km <sup>2</sup> )	194.513	131.246	62
Mar territorial (Km <sup>2</sup> )	524.981	367.823	
Departamentos costeros	8	4	1
Población total	10.406.466	5.952.871	49.094
Municipios costeros	35	16	2
Población costera	2.919.348	543.594	65.000

### 1.1.2 Clima

El Caribe colombiano se caracteriza por un régimen pluviométrico bimodal, de carácter convectivo, favorecido por el desplazamiento sur – norte de la zona de convergencia intertropical (ZCI) y el sistema de monzones. Los promedios de precipitación obtenidos históricamente indican que los periodos secos cubren los meses de diciembre a abril y julio a septiembre, época durante la cual predominan los vientos Alisios del noreste y se presenta un sistema de corrientes de viento de bajo nivel, que permanecen en la cuenca de Colombia, con velocidades superiores a  $12 \text{ m s}^{-1}$ , mientras que a 10 km de altura, el sistema de vientos tiene una dirección opuesta, determinando la circulación ciclónica característica del Caribe (Andrade, 2000).

El período húmedo o de lluvias se presenta comúnmente en los meses de abril – mayo y octubre – noviembre; la aparición de los vientos suaves del este genera un desarrollo extenso de convección con tormentas fuertes al occidente del Caribe. Al contrario de lo que sucede en la estación seca, la posición y velocidad de la corriente de bajo nivel mantiene modulada la velocidad del viento superficial en el Caribe, produciendo así vorticidad anticiclónica (Andrade, 2000). En la Sierra Nevada de Santa Marta, las precipitaciones son controladas por la altura (HIMAT 1969 – 1992 en INGEOMINAS, 1998).

En la península de la Guajira, en donde se tienen paisajes principalmente de tipo desértico, el registro de precipitaciones muestra una media anual de 450 mm en la estación Nazareth; en Santa Marta, los datos arrojan un promedio anual de 600 mm, que se ve incrementado hacia Cartagena en donde el promedio llega a 1.200 mm o en Manaure donde alcanza los 1.600 mm, hasta llegar a 2.217 mm en la estación de Turbo (Andrade, 2000; HIMAT 1969 – 1992 En: INGEOMINAS, 1998).

En el área del Caribe es común la presencia de huracanes en el periodo de junio a noviembre; sin embargo, la afectación sobre la costa Caribe colombiana es inferior al 1% y está representada por vientos fuertes, abundantes lluvias y mares de leva. Durante este periodo, la península de la Guajira ha sentido el paso de varios huracanes y tormentas tropicales en los últimos 50 años, en cambio sobre toda la costa se sienten durante el periodo seco (diciembre a abril), las consecuencias de los mares de leva, ocasionados por el efecto de fricción entre la superficie del mar y masas de aire atmosférico de baja presión, que empujan las aguas oceánicas hacia la costa causando un oleaje fuerte (Andrade, 2000).

En cuanto a los valores de temperatura media anual, se presenta una variación de  $2,1^\circ\text{C}$ , en el rango de  $26,5$  a  $28,6^\circ\text{C}$  aproximadamente, medidos en las estaciones de Nazareth y Manaure en la Guajira, Santa Marta, Cartagena, San Bernardo del Viento y Turbo (HIMAT 1969 – 1992 En INGEOMINAS, 1998).

La humedad relativa presenta un promedio anual que varía del 50 % en la Guajira hasta el 85% en Urabá, con cambios mensuales relacionados con los dos periodos climáticos.

### 1.1.3 Hidrografia

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

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

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

El sistema del Magdalena es el más importante del país puesto que atraviesa de sur a norte casi todo su territorio ( $1.543 \text{ km}$  de longitud y  $257.000 \text{ km}^2$  de área); sus tributarios más significativos son los ríos Cauca y San Jorge. Forma un delta en Bocas de Ceniza dominado por la carga sedimentaria cercana a los 144 millones de  $\text{t año}^{-1}$  (INGEOMINAS, 1998; Correa y Restrepo, 2002).

La vertiente del río Sinú es la principal del departamento de Córdoba y ocupa un área cercana a los  $15.000 \text{ km}^2$ ; su carga sedimentaria, de aproximadamente  $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ha permitido la formación de un delta en Tinajones que ha crecido a una velocidad de  $0,5 \text{ km}^2 \text{ año}^{-1}$  (Robertson, 1989 y Ramírez, 1992 En: INVEMAR, 2003). El río Atrato tiene un curso de aproximadamente  $700 \text{ km}$  y un área de  $36.000 \text{ km}^2$ , desemboca en el golfo de Urabá en donde forma un delta fluvial favorecido por una descarga de sedimentos de aproximadamente 11 millones de  $\text{t año}^{-1}$  (Restrepo y Kjerfve, 2000).

En cuanto a otros cuerpos de agua superficiales como lagos, ciénagas y otros, el Caribe colombiano tiene una riqueza extraordinaria, principalmente en los departamentos de Bolívar y Magdalena. Dentro de las ciénagas, la de mayor extensión es la Ciénaga Grande de Santa Marta, que almacena un volumen de agua 2.232 millones de  $\text{m}^3$ ; le siguen, también en el departamento del Magdalena, las ciénagas de Pajarales con 284 millones de  $\text{m}^3$  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 Lórica con 192 millones de m<sup>3</sup>, en Sucre la ciénaga de la Caimanera y el complejo de Cispatá, en Antioquia la ciénaga de la Marimonda y en el Chocó la ciénaga Marriaga (INGEOMINAS, 1998; INVEMAR, 2003).

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

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

### **1.1.4 Oceanografía**

El Caribe colombiano ocupa gran parte del sector occidental de la cuenca del Caribe, caracterizado por sus aguas cálidas y de poca profundidad. La fisiografía de la cuenca permite asimilarla con un gran canal irregular cerrado al oeste por el istmo de Panamá y al sur por el continente suramericano. Esta disposición propicia la orientación general de las corrientes en superficie y la dirección del viento de este a oeste (Andrade, 2000), que determinan el comportamiento de algunos de los parámetros oceanográficos.

#### **▪ Temperatura Superficial de mar**

Alcanza sus valores más altos a medida que desciende la latitud (26°C- 27,5°C). Para el sector nororiental la variación de este parámetro a lo largo del año es significativa, con valores más bajos en la época de los vientos y mayores en época de lluvias (24,1°C – 29,6°C). En el Caribe central (Santa Marta, islas del Rosario) se han registrado datos entre 25,5°C para la época seca y 29,9°C para la época de lluvias, con promedios más altos hacia el sur. Para el golfo de Urabá los datos muestran temperaturas de 28,5°C en los meses secos en tanto que para los húmedos las temperaturas llegaron hasta 29,5°C (INVEMAR, 2003).

### ▪ **Salinidad Superficial**

Al igual que con la temperatura, la variación en la salinidad de las aguas superficiales entre la Guajira y Santa Marta es grande, con descenso en el valor de la salinidad de norte a sur, contrario al de la temperatura. Se registraron valores entre 36,8 al norte y 36,3 en Santa Marta, que llegaron a descender hasta 33,5 para el periodo de lluvias. La región entre Santa Marta e islas del Rosario registra valores promedio más bajos que al norte, con un máximo de 35,6 para la época seca y un mínimo de 32,2 durante las lluvias. Al sur de las islas del Rosario, hasta el golfo de Urabá, los promedios registrados fueron de 33,1 para la época seca y 32,2 en la de lluvias (INVEMAR, 2003).

### ▪ **Corrientes Marinas**

En el sector norte de la cuenca de Colombia, la corriente con mayor influencia es la denominada Corriente del Caribe, producida por la circulación ciclónica, que genera una corriente central, que se desplaza a velocidades de 57 a 81  $\text{cm s}^{-1}$  hacia el oeste y sur cuando la zona de convergencia intertropical (ZCI) se encuentra en posición meridional, durante la época seca (Cuyos *et al*, 1986 En: INGEOMINAS, 1998).

La variación en la velocidad y dirección de los vientos determina los cambios en la dirección e intensidad de la corriente: así por ejemplo, durante la época de lluvias la dirección puede variar a oeste - noroeste y su velocidad reducirse a 42  $\text{cm s}^{-1}$  (Andrade, 2000).

Al aproximarse a Panamá, la corriente Caribe se dobla hacia el sur y después al este, produciendo así una contracorriente denominada contracorriente de Panamá, favorecida por el régimen de vientos del Caribe occidental. Es muy fuerte en los alrededores de la Guajira durante la época húmeda y se desplaza durante la época seca hasta los alrededores de la desembocadura del río Magdalena (INGEOMINAS, 1998). En el golfo de Urabá tiene su influencia durante la estación seca (Andrade, 2000).

Se producen corrientes de deriva litoral paralelas a la línea de costa, ocasionadas por la refracción del oleaje. Dado que en la zona predomina la orientación suroeste de la costa y los vientos que producen el oleaje provienen principalmente del norte, las corrientes de deriva litoral tienen en general sentido suroeste (INGEOMINAS, 1998).

### ▪ **Oleaje**

Dado que está asociado a la batimetría de la zona y a la acción de los vientos, su comportamiento difiere para los dos periodos climáticos. En general se observa para el Caribe

colombiano una dirección de oleaje nor-noreste para la época seca, mientras que para la época húmeda la dirección es variable noreste y suroeste.

El oleaje más fuerte del Caribe se genera en la península de la Guajira, debido a su posición geográfica sobre mar abierto, sin barreras orográficas. Los periodos y altura promedio registrados son del orden de 6 a 12 segundos para los periodos y alturas de ola de 1,1 a 2,0 m (INGEOMINAS, 1998; Andrade, 2000).

En el sector río Piedras – Bocas de Ceniza (Magdalena – Atlántico) la configuración de la costa es muy variable, lo que favorece, que en los sectores donde el oleaje es muy fuerte como en el parque Tayrona (periodo de 6 segundos y alturas de 1,5 a 2,0 m), las olas choquen contra los acantilados y de esta manera pierdan energía, con lo cual en la bahías y ensenadas, el agua entra formando un oleaje muy suave, con periodos entre 4 y 8 segundos y alturas de ola del orden de 0,4 a 1 m (INGEOMINAS, 1998).

La zona entre Bocas de Ceniza y punta Caribana presenta condiciones morfológicas y por tanto de oleaje muy similares al anterior, con periodos de oleaje entre 4 y 8 segundos y alturas de ola de 0,4 a 1 m.

El golfo de Urabá está bastante resguardado del oleaje por su forma de U cerrada. Los vientos del norte afectan más directamente el sector occidental del golfo por lo que allí el oleaje que se presenta tiene alguna importancia, en tanto que el sector oriental está muy protegido, al igual que bahía Colombia (INGEOMINAS, 1998).

#### ▪ **Mareas**

En la región Caribe colombiana, las mareas son de tipo mixto, semidiurno, micromareal, con una amplitud generalmente inferior a 0,5 m. El intervalo de oscilación de los pleamares es entre 10 y 14 horas, con mayor frecuencia cada 11,5 horas, especialmente en el Caribe central (INGEOMINAS, 1998).

El registro de los datos de mareógrafos instalados en Riohacha, Cartagena y Turbo muestra que las pleamares máximas y el nivel medio del mar más alto se registran en la Guajira, en donde por condiciones meteorológicas especiales, el mar puede alcanzar en algunos casos un metro por encima del nivel medio del mar (INGEOMINAS, 1998; Andrade, 2000).

Aunque la onda micromareal no afecta significativamente el régimen hidrosedimentario en la plataforma continental del Caribe, si influye en la formación de deltas de flujo y reflujo en las entradas de las ciénagas.

## ▪ Surgencia

Es el fenómeno de ascenso de masas de agua profunda hacia la superficie y se atribuye en la región Caribe, al patrón eólico característico de la época de verano, en donde por medio del transporte de Ekman las masas de agua superficiales adyacentes a la costa desplazan masas de agua más frías verticalmente rompiendo la estratificación térmica en las aguas superficiales del mar Caribe. A medida que cada una de las masas de agua de los núcleos aflorados se alejan de la costa, se observa la generación de un gradiente positivo de temperatura que se manifiesta en la formación de estructuras frontales por la mezcla de aguas y en las cuales se dan condiciones ambientales altamente productivas que pueden albergar gran cantidad de material biológico por lo que son capaces de mantener pesquerías importantes (Estrada y Vallespinos, 1975; Manjarrés *et al.*, 1997 En: INVEMAR, 2003).

Estudios de circulación costera en el Caribe noroccidental han determinado que el transporte vertical máximo de esta agua se registra durante la estación seca, desde profundidades de 150 y 200 m e influencia hacia un sector oceánico de aproximadamente 180 km, mientras en la estación de lluvias el mismo disminuye y llega a ser nulo.

Se encuentran en el Caribe colombiano dos núcleos de afloramiento bien definidos: uno en la Península de la Guajira y el otro en el Parque Nacional Natural Tayrona. El núcleo de afloramiento de la Guajira se ubica entre el Cabo de la Vela y Punta Gallinas, está determinado por la orientación de la costa (Corredor, 1992 En: INVEMAR, 2003) y la surgencia activa se limita al tramo de la costa orientada en sentido paralelo a la dirección de los vientos. El del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) fue reportado por Bula 1984 En: INVEMAR, 2003, alcanza una cobertura espacial que llega hasta Santa Marta y presenta temperaturas de 0,5 – 1°C más elevadas que el de la Guajira.

## 1.2 Características Generales de la Región Caribe Insular

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, siendo sus coordenadas más extremas entre los 12° - 16°30' LN y 78° - 82° LW (Figura 1). Tiene una extensión de línea de costa de 52 km aproximadamente y un área terrestre de 62 km<sup>2</sup>. 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 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. 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, 1986).

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.

La Tabla 1 muestra algunas cifras relevantes en cuanto a extensión, división política y población.

### 1.2.2 Clima

El Archipiélago de San Andrés y Providencia está localizado en la zona intertropical, con un clima cálido y húmedo influenciado por los vientos alisios del noreste y una temperatura media de 27 °C. Presenta una precipitación promedio de 2.500 mm año<sup>-1</sup>, con un periodo seco entre Febrero y abril, con valores de 50 mm aproximadamente y una época húmeda entre junio y diciembre, con precipitación promedio mayor de 150 mm (Chiriví, 1988 y Díaz *et al*, 1996 En: INVEMAR, 2003).

Predominan los vientos Alisios de noreste y se presentan tormentas esporádicas con vientos del oeste - noroeste en la segunda mitad del año. El Archipiélago está situado dentro del cinturón de huracanes del Caribe por lo cual ha sido azotado por varios de ellos durante los últimos 50 años, al igual que por tormentas tropicales.

### 1.2.3 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 (IGAC, 1986; Cove, 1982 En: INVEMAR, 2003).

### 1.2.4 Oceanografía

Para el propósito de descripción más detallada, se considerarán inicialmente las aguas oceánicas, en donde se ha observado, que la corriente marina superficial, corresponde a la Corriente del Caribe, que fluye de este a oeste y sufre un desvío hacia el suroeste y sur cuando enfrenta la parte sur de la Elevación de Nicaragua para formar un remolino en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el Caribe suroccidental. La corriente enfrenta el archipiélago por el este en el norte y por el noreste en el sur, con velocidades entre 0,5 y 1 ms<sup>-1</sup> (Hallock y Elrod, 1988 En: INVEMAR, 2003).

Las aguas superficiales son cálidas, con temperaturas promedio entre 26,8°C y 30,2°C, y valores más bajos en febrero - marzo y más altos en junio - octubre; la salinidad es la normal en ambientes oceánicos, variando muy poco entre 34 y 36,3‰, el oxígeno oscila entre 3,8 y 5,8 ml l<sup>-1</sup> (Garay y Gutiérrez, 1984; González, 1987; Garay *et al.*, 1988 En: INVEMAR, 2003).

En las aguas litorales, las corrientes predominantes son impulsadas por los vientos Alisios del noreste; llegan a la plataforma insular de la isla de San Andrés por el noreste, atravesando la barrera arrecifal por varios puntos y luego giran al oriente para continuar hacia el sur. Las mareas son mixtas, con una amplitud máxima de 40 a 60 cm, aunque pueden generar corrientes significativas de 0,1 a 0,2 m s<sup>-1</sup>, en terrazas y arrecifes someros (Geister, 1975; Díaz *et al.*, 1992 En: INVEMAR, 2003).

Las aguas litorales tienen temperaturas similares a las oceánicas, con promedios mínimos entre 26 y 28 °C de diciembre a febrero y máximos de 28 a 30 °C entre agosto y octubre (INVEMAR 2002). La salinidad muestra valores similares a los de las aguas oceánicas.

## 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°13' W 77°49') y al sur por la desembocadura del río Mataje en la

frontera con Ecuador (N 1°36' W 79°01'). Tiene una longitud de línea de costa de 1.300 km, un área terrestre de 131.246 km<sup>2</sup> y una zona económica de 367.823 km<sup>2</sup>, correspondiente al 6,6% del territorio nacional (Figura 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 chocoano 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 islas oceánicas de Gorgona y Malpelo, la primera de ellas localizada en las coordenadas N 3°27' W 78°10', mientras que la segunda se localiza en N 4°00' W 81°36' (Figura 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 altas muy accidentadas, de acantilados sobre rocas terciarias de la serranía del Baudó que alcanzan hasta 100 m de altura a poca distancia de la costa, en tanto que 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).

Los accidentes geográficos más destacados entre el límite con Panamá y cabo Corrientes son: Cabo Marzo, golfo de Cupica y golfo de Tribugá; la dirección general de esta parte de la costa es noroeste. 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 muestra algunas cifras relevantes en cuanto a extensión, división política y población.

### 1.3.2 Clima

La costa del Pacífico colombiano está caracterizada por un clima tropical húmedo lluvioso de selva (Koppen En Eslava *et al*, 1986), en el cual no hay una estación de lluvias claramente definida, aunque las precipitaciones suelen incrementarse en los meses de septiembre a noviembre y durante abril y Mayo. Su mes más seco supera los 60 mm y su temperatura fluctúa entre 22 y 28 °C (INGEOMINAS, 1998; INVEMAR, 2003). Este clima es favorecido por la zona de convergencia intertropical (ZCIT), en donde las condiciones termodinámicas favorecen el desarrollo de alta nubosidad y lluvia por la alta inestabilidad de las masas de aire húmedo y caliente; además la cercanía a las masas de aire oceánicas saturadas de humedad que son retenidas en la cordillera Occidental. Eventos climáticos como el fenómeno de El Niño, también son decisivos (INVEMAR, 2003).

Esta es una de las costas más lluviosas del mundo, con una precipitación anual de 3.000 mm en la frontera con Panamá y Bahía Solano, de más de 5.000 mm entre bahía Solano y Guapi, sitio desde el cual se reduce hasta alcanzar 1.500 mm en Tumaco. Los vientos Alisios de sureste se convierten en vientos ecuatoriales del oeste (Alisios del oeste) que soplan durante todo el año a excepción de los meses de enero a marzo, donde dominan los vientos Alisios de noreste. No ocurren en esta zona huracanes o tormentas tropicales, pero ocasionalmente se presentan ciclones (INGEOMINAS, 1998).

### 1.3.3 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 grandes corrientes 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, Calambre, Yurumanguí, Naya, Micay, Saija, Timbiquí, Guapi, Guajuí, Iscuandé, Tapaje, Sanquianga, Patía y Mira. En el límite con Ecuador se encuentra el río Mataje (INGEOMINAS, 1998).

El Delta del río San Juan tiene una superficie aproximada de 800 km<sup>2</sup>; recibe caudales entre 600 y 6000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> y sedimentos en suspensión del orden de 16 millones t año<sup>-1</sup> (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 23.000 km<sup>2</sup> y un caudal de 488 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (IGAC, 1992). La cuenca del río Micay tiene 2.511 km<sup>2</sup> y un caudal promedio del río de 289 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (INVEMAR, 2003).

### 1.3.4 Oceanografía

Los parámetros oceanográficos más relevantes a considerar en esta región son:

- **Temperatura Superficial del Mar.**

Durante el año, en las capas superficiales se presentan dos máximos y dos mínimos de temperatura. Los primeros durante los meses de junio-julio y diciembre-enero (29 °C) y los dos mínimos entre febrero-marzo y septiembre-octubre (26,7 °C), todos ellos influenciados por la corrientes marinas y la dirección de los vientos.

- **Salinidad Superficial**

Está influenciada por la precipitación y el aporte de los ríos, por lo tanto con los cambios en la dirección de los vientos. En enero la salinidad es mayor cuando el aporte de los ríos y las precipitaciones disminuyen, y se hace progresivamente menor a medida que aumentan las precipitaciones y los caudales de los ríos, hasta llegar a un mínimo en el mes de noviembre. En este periodo la salinidad en la cuenca del Pacífico no excede 32 ‰ y a lo largo de la costa disminuye en un gradiente entre 25 y 28 ‰.

- **Corrientes Marinas**

Los vientos Alisios del sureste influyen fuertemente sobre la distribución de las corrientes, las cuales alcanzan, bajo su influencia, velocidades de 0,40 m s<sup>-1</sup> en la superficie en tanto que a 50 m de profundidad la intensidad no sobrepasa 0,30 m s<sup>-1</sup>, y a profundidades entre 300 y 400 m la velocidad oscila entre 0 y 0,09 m s<sup>-1</sup> (INVEMAR, 2003).

La zona costera tiene la influencia de la corriente Colombia que avanza hacia el norte y corresponde al brazo norte de la contracorriente ecuatorial. La influencia del aporte de los ríos que cambia la densidad del agua y la intensidad de la corriente de los ríos hace fluctuar el sistema de corrientes de la zona (INVEMAR, 2003; INGEOMINAS, 1998).

La deriva litoral presenta direcciones muy variables hacia el norte de la costa, favorecidas por los accidentes costeros, las corrientes de los ríos y la variabilidad de los vientos. En la costa baja aluvial, al sur la deriva litoral presenta una tendencia bien definida hacia el norte, con alteraciones locales en los deltas de marea de reflujo INGEOMINAS, 1998).

#### ▪ Oleaje

El patrón predominante proviene del oeste – suroeste por la influencia de los vientos que prevalecen en esa misma dirección. Datos de observaciones de campo tomados por INGEOMINAS (1998) muestran olas con longitudes de onda de 10 a 15 m, alturas del orden de 0,5 a 1,5 m y periodos promedio de 10 a 18 s. Mar afuera de la bahía de Buenaventura, se presentan olas de hasta 3 m de altura, que van perdiendo energía por fenómenos de refracción, reflexión y fricción, a medida que se acercan a la costa, en donde alcanzan un promedio de 0,9m de alto.

#### ▪ Mareas

En la cuenca del Pacífico colombiano, el régimen mareal es de tipo semidiurno, con dos pleamares y dos bajamares en periodos de 6 horas. El rango mareal aumenta de sur a norte, con rangos promedio para mareas en la Ensenada de Tumaco de 3,5 m, con máximas de 4 a 4,5 m durante las mareas equinocciales o favorecidas por evento de El Niño. En Buenaventura, más al norte, el rango mareal es de 1,3 a 5,4 m, y en Juradó alcanza 4,3 m (HIMAT, 1989 En: INGEOMINAS, 1998; INVEMAR, 2003).

#### ▪ El Fenómeno de El Niño

Se produce en el océano Pacífico con efectos que alteran totalmente las condiciones climáticas marinas. Su periodo de oscilación está entre 2 y 7 años, con diferentes intensidades. Acentúa la contracorriente ecuatorial, produce la acumulación de aguas cálidas, el aumento de las temperaturas costeras de hasta 6°; altera las épocas de lluvia y verano y ocasiona el ascenso del nivel del mar hasta el orden de los 30 cm (Pineda *et al*, 1997 En: INVEMAR, 2003).

Durante 2002 prevalecieron las condiciones de fase cálida del fenómeno de El Niño (ENOS) que se caracterizó por los valores negativos del Índice de Oscilación Sur (IOS) en la mayoría de los meses, alcanzando su madurez para marzo de 2003. Se considera severo un ENOS con valores de IOS de -2 hectopascales y en 2002 sólo llegó a -1, por lo que se consideró un El Niño “moderado”, pero que de todos modos se traduce en nuestro país como un año seco, con bajas precipitaciones en las cuencas y bajos caudales en los ríos principales, con sus efectos conexos.

## 1.4 Literatura Citada

- Andrade, C.A., 2000. Circulation and variability of the Colombian Basin in the Caribbean Sea, Ph.D. Thesis at the University of Wales, U.K., 223 pp. Menai Bridge,
- Correa, I.D. y Restrepo, J.J., 2002. Geología y Oceanografía del Delta del río San Juan. Litoral Pacífico colombiano. Medellín, 221 p.
- Díaz, J. M., J. A. Sánchez y G. Díaz. 1996. Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de isla Fuerte y Bajo Bushnell, Plataforma continental del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 25:87-105.
- IGAC, 1992. Mapa indicativo de zonificación de áreas forestales, memoria técnica explicativa. Bogotá. 78 p.
- INGEOMINAS, 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial # 21. Bogotá, 111p.
- INVEMAR, CARSUCRE, CVS. 2002. Formulación del plan de manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera Estuarina del Río Sinú y Golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano. Fase I Caracterización y Diagnóstico. Santa Marta, No páginas + anexos 5 tomos.
- INVEMAR. 2003. Programa holandés de asistencia para estudios de cambio climático, Colombia: Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe Continental, Caribe Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD-Atlas Digital. Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera - GEZ, Santa Marta, Colombia. ISBN: 958-97264-2-9.
- Prahl, H. von. 1983. Blanqueo masivo y muerte de corales en la isla de Gorgona, Pacífico colombiano. Cespadesia, 12 (45-46): 125-129.
- 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.
- 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.
- Vernette, G. 1985. La plate-forme continentale Caraïbe de Colombie (du débouché du Magdalena au golfe de Morrosquillo). Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. These Doctorat d'État. 387 p. Bourdeaux I.

# CAPITULO I

## ESTADO DEL MEDIO

## ABIOTICO



## 2 ASPECTOS FÍSICOS DEL MEDIO MARINO

Blanca Oliva Posada y Carolina Segura<sup>2</sup>

Se presentan a continuación los aspectos físicos más relevantes de la región costera del Caribe continental e insular y del Pacífico continental e insular. Los temas a contemplar son la geomorfología regional, incluidos los procesos de erosión o retroceso de la línea de costa y acreción o sedimentación de la línea de costa y aspectos geológicos o de amenazas apreciables porque hayan afectado o puedan afectar las condiciones físicas regionales o locales.

### 2.1 Región Caribe Continental

La variedad y complejidad del paisaje que se desarrolla en la zona costera del Caribe continental es resultado de la interacción de condiciones geológicas particulares (diapirismo de lodos y unión triple de placas en el Caribe), aspectos hidrodinámicos y atmosféricos (vientos Alisios, olas, mareas y corrientes, surgencia) e incluso actividades antrópicas y bióticas (ocupación de las costas, cambios en la red de drenaje y deforestación de zonas de manglares).

#### 2.1.1 Unidades Geomorfológicas

En el litoral Caribe colombiano se han identificado geoformas de origen fluvial, fluvio marino y marino, de las cuales se presentan a continuación las más destacadas con sus características más relevantes, tal y como lo reporta INGEOMINAS (1998) (Figura 2).

##### ▪ Unidades Geomorfológicas de Costas Bajas

- **Llanuras costeras:** Es la unidad más representativa del Caribe colombiano. Se caracteriza por su forma plana a ligeramente ondulada, originada por procesos fluvio marinos de sedimentación y erosión. Limita hacia el mar con playas y salares de inundación, y tierra adentro con colinas y montañas. Litológicamente está conformada

---

<sup>2</sup> INVEMAR, Programa de investigación para la gestión marino costera – GEZ; bposada@invemar.org.co

por sedimentos fluviales que van desde finos (limos y arcillas), hasta gruesos (arenas y gravas), formando depósitos de canal y de desembocaduras; se intercalan con estratos rocosos con diferente grado de alteración. Se encuentran en forma casi continua en la alta Guajira desde el sur del Cabo de la Vela hasta Riohacha, sólo interrumpidas por pequeños sectores de acantilados bajos. En el departamento del Magdalena cubren desde el sur de punta Gloria hasta el municipio de Ciénaga en donde se encuentra no sólo a nivel del mar sino localmente formando acantilados de hasta 8 m. Entre Cartagena y punta Canoa, son más frecuentes las zonas de acantilados que alcanzan entre 1,3 y 13 m de altura sobre el nivel del mar (snm). En el golfo de Morrosquillo alcanzan una extensión considerable y en el de Urabá carecen de un escarpe definido.

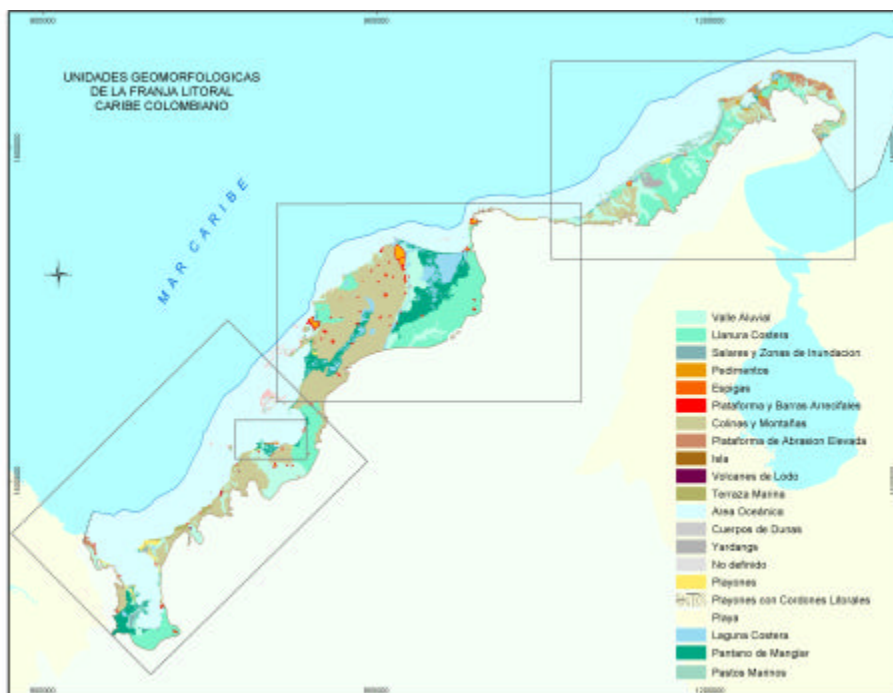


Figura 2. Unidades Geomorfológicas de la franja litoral Caribe colombiano

- **Planicies aluviales:** Son geoformas asociadas a la deposición fluvial (abanicos, terrazas fluviales, meandros, depósitos de “point bars”, etc.). Consisten en superficies planas a ligeramente inclinadas en la dirección de la corriente, asociadas a los cursos bajos de los ríos, de las cuales las más importantes son las del Magdalena, Sinú y Atrato; también se dan planicies aluviales extensas alrededor del canal del Dique y de los ríos

San Juan, Turbo, Currulao y León, que desembocan al litoral del departamento de Antioquia. En la Guajira, son comunes las planicies aluviales asociadas a las corrientes torrenciales de invierno. Los sedimentos fluviales que las conforman presentan una secuencia de arenas, limos y arcillas, localmente intercalados con bloques y gravas y algo de materia orgánica. El material fino es propio de las llanuras de inundación, mientras que el grueso conforma los fondos de canal y las barras.

- **Salares y zonas de inundación:** Están asociadas con los sectores de playas, playones, manglares y lagunas costeras. Geomorfológicamente son áreas muy bajas, deprimidas y por lo tanto susceptibles a la inundación marina o fluvial. En el clima árido del norte del Caribe, estos sectores se caracterizan por la acumulación de minerales evaporíticos, explotados económicamente en los departamentos de la Guajira (Tukaka, Kemerri, Merechi, Humacaha, Manaure y Sarampión) y Magdalena (Tasajeras y Pueblo Viejo). En estas salinas el substrato corresponde básicamente a arcillas orgánicas con costras evaporíticas, mientras que en el Caribe sur los sedimentos de base son esencialmente lodos orgánicos con cantidades variables de arenas.
- **Pantanos de manglar:** Los pantanos de manglar del Caribe son superficies intermareales de extensiones muy variables, conformadas esencialmente por lodos, con abundante materia orgánica, y ubicadas principalmente en los bordes de las grandes lagunas costeras y ciénagas menores. Las ocurrencias principales de pantanos intermareales colonizados por especies de manglar y halófitas asociadas se presentan en las ciénagas de Santa Marta y de la Virgen (Cartagena), y en los sectores salobres del canal del Dique, delta del Sinú y delta del Atrato. Los pantanos de manglar asociados a la ciénaga Grande de Santa Marta se extienden desde el municipio de Ciénaga hasta el río Magdalena y ocupan un área aproximada de 300 km<sup>2</sup>; en los alrededores del canal del Dique, el área ocupada por los manglares alcanza aproximadamente 120 km<sup>2</sup> al igual que en la bahía de Cispatá, mientras que en el río Atrato cubre 3.905 Ha.
- **Lagunas costeras:** Las lagunas costeras (ciénagas) son depresiones ocupadas parcial o totalmente por agua; su extensión es muy variable y están definidas por geoformas marinas a fluvio-marinas como espigas y cordones litorales. Las principales lagunas costeras del Caribe se asocian a los sistemas deltaicos de los ríos Magdalena (ciénaga Grande de Santa Marta, área de 450 km<sup>2</sup>), Sinú (bahía de Cispatá) y Atrato. Numerosas lagunas costeras ocurren además en las áreas de la Guajira (bahía Honda, bahía Portete, Camarones), Cartagena-Galerazamba (ciénagas del Totumo y de Tesca), Tierrabomba-Barú, y Marimonda y Marriaga en Antioquia y Chocó respectivamente.
- **Playones:** En esta unidad se agrupan extensas áreas de material no consolidado asociado a playas antiguas, que pueden estar vegetadas o no y contener cordones litorales. Las mayores extensiones de esta unidad se encuentran en el departamento de

Bolívar (playones de isla Cascajo, Bocagrande y Castillogrande en Cartagena) y en el litoral antioqueño, entre el plano aluvial del río Mulatos hasta punta Arenas. Extensiones menores se presentan a todo lo largo del Caribe, incluyendo el sector de la Playona (costado oeste del golfo de Urabá), golfo de Morrosquillo, y en la Guajira entre el Cabo y Carrizal.

- **Playas:** Corresponden a franjas de material no consolidado presentes en la interfase mar – continente. De acuerdo con INGEOMINAS (1998), la variedad composicional de las playas del Caribe puede generalizarse en una primera aproximación como:
  - Playas compuestas por material carbonatado de tonalidades crema a parda, comunes en algunos sectores de la alta y media Guajira y en varias ensenadas del parque nacional Tayrona como Neguange y Chengue. En las Islas de Barú y Tierrabomba, al norte y sureste del golfo de Morrosquillo y en el sector cabo Tiburones-punta Acandí.
  - Playas conformadas por material de origen terrígeno que se encuentran en los sectores costeros sin influencias arrecifales; los colores de las arenas varían de grises a pardos, constituidas por cuarzo, feldespatos y micas, con cantidades variables de minerales pesados y en ocasiones con mezclas de materiales gruesos como gravas y bloques, especialmente en sectores acantilados.

Se encuentran playas de bolsillo en los sectores con acantilados, o protegidos por salientes rocosos como en la ensenada de El Cabo en el parque Tayrona o en el sector entre arroyo Piedra y la Boquilla (Cartagena). Otro tipo de playas son aquellas con amplitudes de 1 a 50 m o más y de pendientes suaves (de 4 a 12°) que se localizan en las bahías y ensenadas del parque Tayrona (Neguanje, Chengue y Concha), en la bahía de Santa Marta hasta Puerto Galeón, en el sector de Bocagrande en Cartagena, donde alcanza hasta los 100 m; en el municipio de Coveñas hasta punta Bello, en los municipios de San Bernardo del Viento y Moñitos y entre el río Mulatos y punta Caribana. Las Playas angostas y rectilíneas se encuentran en la isla de Salamanca, Tolú, entre punta Caribana y Ceverá y entre La Playona y Acandí en el golfo de Urabá. Playas angostas y dentadas se localizan entre las puntas La Salina y San Bernardo, Bahía Ceverá y Cabo Tiburón, entre otras.

- **Espigas y Barras:** Las espigas (flechas litorales) son acumulaciones arenosas en forma de gancho, elongadas en la dirección de la deriva litoral, y unidas a tierra firme por uno de sus extremos; se acumulan en costas bajas. En el Caribe alcanzan dimensiones de hasta 14 km de longitud y 1 km de ancho. Son frecuentes en los sectores de acreción neta o en sectores en los cuales la acreción – erosión costera procede alternadamente.

Son comunes en la Guajira (Manaure, Laguna Grande, Camarones), al sur de las playas del Rodadero (Magdalena), al sur de punta Sabanilla (Atlántico), y en los sectores de Cartagena (Bocagrande, Castillogrande, El Laguito). Asociadas a desembocaduras de ríos se encuentran principalmente en el Sinú (Tinajones), que define el estuario del río; las de Caimán Nuevo y Caimán Viejo, Turbo y Atrato.

Las barras arenosas son cuerpos elongados de arena y gravas formados por la acción combinada de las olas y las corrientes litorales; limita cuerpos de agua interiores, generalmente salobres. Las principales barras del Caribe se encuentran en el costado este del delta del Magdalena (la barra de Salamanca, 28 km de longitud, que define la ciénaga Grande de Magdalena), entre la Boquilla y Cartagena (definiendo la ciénaga de la Virgen) y en el golfo de Morrosquillo, desde el sur de puerto Berrugas hasta las inmediaciones de Coveñas.

- **Campos de dunas:** Los campos de dunas en el Caribe se desarrollan hacia el norte de la isla Cascajo (departamento de Bolívar), en sectores adyacentes a la línea de costa y transicionales con las playas y playones la mayoría de las veces. Están conformados por dunas tanto activas como estabilizadas, cubiertas por vegetación y con características morfológicas muy variables, desde longitudinales hasta transversales y parabólicas, con alturas que llegan a alcanzar los 20 m por encima del nivel medio del mar. Los campos de dunas mejor desarrollados se presentan en la alta y media Guajira (punta Castilletes-Gallinas, bahía Honda) y expresiones menores se dan en la isla de Salamanca (Magdalena), entre Punta Sabanilla y Puerto Salgar, Galerazamba, al norte del caserío de Canoas y en el costado noreste del golfo de Urabá.
  - **Plataformas y barras arrecifales:** Son cuerpos marinos rocosos someros, constituidos por corales y otras especies formadoras de arrecifes, dispuestas en forma elongada o en parches y adyacentes a la línea de costa o formando islas. Se encuentran en el parque Tayrona, entre punta Cañaveral y la ensenada de El Cabo y las ensenadas de Chengue y Neguanje; en la franja litoral de Cartagena e islas de Tierrabomba y Barú, y en la costa chocoana sobre el costado noroccidental del golfo de Urabá, en bahías de Rufino, Capurganá y Zapzurro.
- **Unidades Geomorfológicas de Costas Altas**
- **Colinas y Montañas:** Corresponde a los relieves de más de 15 m de altura, conformados por rocas duras de origen continental o marino. Las colinas y montañas del Caribe limitan tierra adentro las demás unidades definidas, o bien constituyen el

borde costero sobre el cual se desarrollan las formas marinas erosivas como acantilados, cavernas de abrasión, arcos, etc.

Esta unidad comprende, entre otros sectores, las serranías de Macuira, Jarara y Cocinas en la Guajira, la sierra nevada de Santa Marta, los cinturones del Sinú y San Jacinto entre el río Magdalena y el Urabá antioqueño; la serranía de Abibe entre los valles de los ríos Sinú y Mulatos y la costa oeste del golfo de Urabá, donde afloran rocas de la serranía del Darién.

En el sector entre los valles de los ríos Sinú y Mulatos se aprecian domos y abombamientos generados por diapirismo de lodos, de los cuales el más representativo de la zona costera es el volcán de Arboletes.

- **Plataformas de Abrasión Elevadas:** Las plataformas de abrasión elevadas corresponden a superficies de origen marino, labradas en rocas duras (wave cut platforms), horizontales a subhorizontales. Se encuentran a alturas desde unos pocos metros hasta 30 m sobre el nivel del mar, por lo cual forman acantilados. Sus principales exposiciones se dan en la franja litoral de los departamentos de la Guajira en donde alcanzan una amplitud máxima de 10 km (punta Chichivacoa, punta Gallinas, cabo de la Vela, etc.), Bolívar (labradas sobre calizas arrecifales en las islas de Tierrabomba y Barú, a alturas de entre 1 y 20 m) Córdoba (municipio de los Córdoba), Antioquia (labradas en rocas turbidíticas y con alturas entre 2 y 3,5 m en punta Caribana y Necoclí) y Chocó (Titumate, bahía de Triganá).
- **Terrazas Marinas:** Esta unidad, conformada por depósitos marinos o transicionales, se presenta como superficies horizontales o ligeramente inclinadas hacia el mar y limitadas por escarpes, o en transición gradual con el relieve costero. Las terrazas marinas del Caribe colombiano tienen alturas desde menos de 1 hasta 36 m, y están conformadas por depósitos de arena semiconsolidada a areniscas, lodolitas friables y en algunas partes conglomerados; localmente están constituidas por calizas arrecifales y restos fósiles, principalmente de corales. Se encuentran bien representadas en la Guajira (niveles hasta de 15 m de altura en bahía Hondita, Manaure y Pájaro), en Bolívar (terrazas conformadas por restos arrecifales en las islas de Tierrabomba y Barú), en el golfo de Morrosquillo (depósitos de detritos arrecifales) y en la costa de los departamentos de Córdoba y Antioquia. En este último departamento, entre Arboletes y punta Caribana, las terrazas marinas presentan alturas de hasta 36 m (Page, 1983, En: INGEOMINAS, 1998), están constituidas en su mayoría por depósitos detríticos sin influencias arrecifales. Se encuentran, además, terrazas marinas en isla Fuerte y Tortuguilla. Al menos para la parte sur del Caribe colombiano (Cartagena - golfo de Urabá), esta unidad, con edades radiocarbono de hasta 8975 años B.P., y ubicada a alturas muy

variables, representa los efectos de la tectónica activa y del diapirismo de lodo en el área (Page, 1983 En: INGEOMINAS, 1998; Vernet, 1985).

- **Yardangs:** Esta unidad es exclusiva del sector Barranquilla – la Guajira, y está caracterizada por formas abrasivas del viento, particularmente por cuchillas disectadas fuertes y separadas entre sí por depresiones y artesas suaves. En la Guajira alcanzan alturas de hasta 10 m y están compuestos por un horizonte no litificado de conchas de bivalvos con láminas de arena fina, localmente con restos de cerámica precolombina. Se localizan dentro de los salares de Manaure y Sarampión.
- **Pedimentos:** Los pedimentos del Caribe están restringidos a los sectores de clima árido, especialmente en el alta y media Guajira. Son superficies erosionadas sobre roca firme por la acción mecánica; se localizan en el piedemonte de colinas y montañas, con inclinaciones suaves entre 0,5° a 7°, y constituidas por sedimentos gruesos inmaduros transportados por el agua y provenientes de la erosión mecánica de macizos rocosos.

## 2.1.2 Procesos Erosión-Acreción

La estabilidad de las zonas costeras está condicionada a una serie de factores que se relacionan entre sí y que tienen que ver con los aspectos físicos de la configuración y constitución de la franja costera como con los agentes dinámicos que actúan sobre ella.

La orientación de la línea de costa, la morfología submarina, el volumen de sedimentos que llega a través de los ríos, la litología y estructura de las rocas, son afectados por condiciones tectónicas como subsidencia, sismos y diapirismo de lodos; por condiciones oceanográficas como olas, mareas, corrientes; por condiciones meteorológicas como vientos, huracanes, tormentas, lluvias, y por condiciones antrópicas como construcciones, extracción de materiales, deforestación del manglar, destrucción de praderas marinas, entre otros.

Los análisis cualitativos de la estabilidad de los casi 1700 km de la línea de costa llevados a cabo por INGEOMINAS (1998), muestran para la costa Caribe colombiana que el 16% presenta procesos erosivos altos (280 km), en tanto que el 12% está en acreción (210 km) y un 72% muestra poca variabilidad (1200 km), con periodos de erosión asociados a temporadas de vientos fuertes (secas) y de acreción favorecidos por los de alta precipitación. Estos porcentajes pueden haber variado ligeramente en los últimos cinco años.

Se identificaron como sectores con alta erosión y que ponen en riesgo a las poblaciones costeras o su infraestructura, los siguientes (INGEOMINAS, 1998): Puerto Estrella y sector sur de la hidroeléctrica de Corelca (Guajira), el sur del Rodadero (Magdalena), noreste de Barranquilla,

Bocas de Ceniza, Pueblo Nuevo – Lomarena (Atlántico), Crespo (Cartagena), Paso Nuevo (Córdoba), punta Arboletes, el Uvero–Damaquiel, Zapata, Necoclí y Turbo (Antioquia) y Acandí (Chocó) (Figura 3).

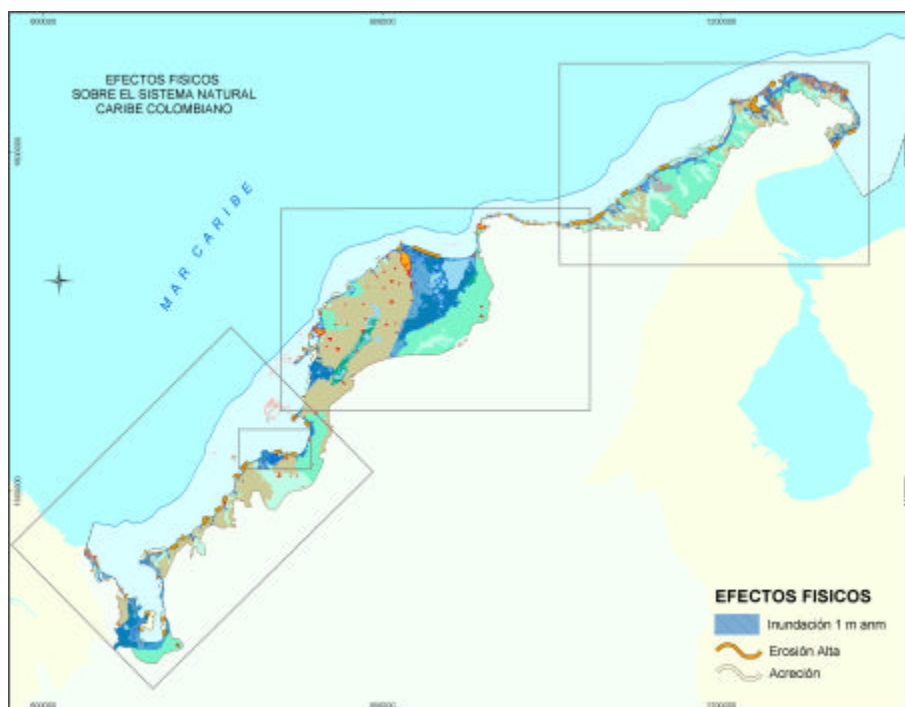


Figura 3. Efectos físicos sobre el sistema natural Caribe colombiano

Algunas evidencias de erosión alta en el departamento de la Guajira se tienen en Castilletes, bahía Portete, punta La Vela y Lagunas del suroeste de La Guajira, donde se observa manglar destruido por la ausencia de una playa que amortigüe los efectos del oleaje directo. También es observable en sectores como punta el Diamante en el parque nacional natural Tayrona, causado principalmente por el ataque impetuoso de olas de 2 m de altura.

En el departamento del Magdalena, se ha evidenciado un retroceso mayor de 130 m (con una tasa de erosión de 16 m año<sup>-1</sup>) acaecido durante los años 1967 a 1975 en inmediaciones de la desembocadura del río Gaira. La causa principal de este retroceso es la progresiva disminución del caudal del río y de sus aportes sedimentarios, acompañado de la ubicación de espolones y la saliente rocosa al noreste de la desembocadura. El sector del delta del río Toribio, caracterizado como una zona de acrecimiento, presentaba para 1990 un retroceso de 300 m y escarpes de 0,8



m de altura. La barra de Salamanca, presenta procesos degenerativos originados por la incidencia frontal y energética del mar sobre la costa, anotando que la construcción de tajamares a los costados oriental y occidental del río Magdalena han provocado pérdidas de costa en este sector del orden de los 63 m año<sup>-1</sup>.

Más al sur, en las espigas que se desprenden tanto de punta Piedra como de punta Canoas, se registra erosión intensa como consecuencia de la refracción que sufren las olas en el extremo distal de las mismas. El sector de Crespo, dentro del área urbana de Cartagena, evidencia erosión alta intensificada por obras de ingeniería y los embates de los mares de leva.

En el golfo de Morrosquillo, se presenta alta erosión en el extremo occidental de la isla Boquerón, playa Blanca y en el cuerpo de la espiga de Mestizos. En este sector la situación es muy preocupante, teniendo en cuenta que en esta área se ubican viviendas, muchas de las cuales han tenido que ser abandonadas ante el continuo embate de las olas. En Mestizos la tasa de retroceso ha sido calculada en 200 m en 17 años, evidenciado en 30 km de manglar muerto.

En el golfo de Urabá, la erosión obedece principalmente al cambio de curso del río Turbo, ya que los sedimentos que antes alimentaban su espiga formaron un nuevo delta. Las medidas de mitigación tomadas, como la construcción de espolones, han sido infructuosas en detener el proceso erosivo. La deriva litoral del área, acompañado del ataque frontal del oleaje de la costa, se relaciona con la disminución de aportes sedimentarios del río Atrato. En esta área se han registrado retrocesos de 300 y 400 m en las desembocaduras de los brazos del Pavas y Tarena.

La isla Gloria, en el Caribe chocoano, presenta islotes vegetados, como producto de la desmembración que ha sufrido la costa. Debido a su disposición dentro del paisaje este tipo de costas resulta muy vulnerable a fenómenos tales como mares de leva, inundaciones por tormentas tropicales y acción antrópica.

Los sectores en acreción están asociados con los deltas de los ríos Magdalena, el canal del Dique, Sinú y Atrato, y a las espigas que se desarrollan en el Caribe central como Puerto Colombia, Juan Moreno Sur, punta de Piedra y punta Canoa entre otras.

### **2.1.3 Diapirismo de Lodos**

Las investigaciones realizadas por Vernet (1985) muestran el diapirismo y volcanismo de lodo como un fenómeno geológico importante en la costa Caribe colombiana. A él está asociado el origen del archipiélago de islas del Rosario y San Bernardo y algunas facetas geomorfológicas continentales y submarinas de la región (Vernet, 1985).

Este fenómeno tectónico corresponde a movimientos de lodo fluido saturado en agua, que proviene de formaciones profundas atravesando los estratos suprayacentes que están localmente deformados. El ascenso del lodo se puede detener a diferentes niveles al interior de los estratos subsuperficiales, pero puede también terminar de ascender y aflorar en medios subaéreos o submarinos bajo la forma de domos o volcanes. Estos últimos poseen un cráter por el cual sale lentamente el lodo saturado en agua ayudado por la expulsión de gas “Gas Lift”.

El ascenso de lodo rara vez es un evento violento (Bishop 1976, En: Vernet 1985) y responde a la compresión de capas arcillosas poco compactadas y cargadas de agua por el enterramiento rápido bajo un depósito más denso (generalmente arenoso). La presencia de depósitos lodosos poco consolidados, suprayacidos por otros más pesados y densos, y los esfuerzos verticales de compactación son los factores principales del diapirismo lodoso.

En el golfo de Morrosquillo los perfiles sísmicos realizados con ecosonda de 12 y 3,5 KHz y cañón de agua mostraron una topografía submarina monótona, en la que los domos son raros. La “Roca Morrosquillo”, promontorio aislado en el centro del Golfo, es tal vez la única manifestación aflorante de diapirismo al interior del Golfo. Por el contrario en las islas de San Bernardo, los perfiles sísmicos mostraron más de una decena de domos (Vernet 1985).

El diapirismo de lodo tiende a localizarse en ambientes como deltas, en los que los aportes terrígenos son abundantes y poco dispersos, con ciertos cinturones costeros cenozoicos, caracterizados por el espesor de depósitos finos y saturados en agua. El margen continental colombiano posee ambos ambientes. El cinturón del Sinú, el paleodelta y delta actual del Magdalena y el golfo de Morrosquillo, afectado por las migraciones de cauce y la dinámica del río Sinú (Vernet 1985).

Los domos constituyen una de las manifestaciones diapíricas más sobresalientes, por la masa de material involucrada (bases de varios kilómetros y alturas superiores a 1 km) y las perturbaciones que provocan sobre las capas atravesadas. Son los responsables de la compleja topografía submarina del sector comprendido entre Cartagena y las Islas de San Bernardo, donde forman verdaderas colinas usualmente alargadas que siguen los ejes estructurales del cinturón plegado del Sinú (Vernet 1985).

Los volcanes de lodo más representativos en la zona costera del Caribe colombiano son: los volcanes situados en el cinturón del Sinú, volcán El Tesoro en San Antero, volcán de Arboletes y Puerto Escondido cerca a Montería, de Turbaco cerca a Cartagena y un domo situado al inicio del talud continental al oeste de islas de San Bernardo; hay manifestaciones diapíricas cerca a Punta Galera (Bolívar) y el paleodelta del Magdalena en Galerazamba (Vernet 1985). En el Urabá antioqueño, inmediaciones de Necoclí hay 14 manifestaciones diapíricas, en San Juan de Urabá hay 1 volcán de lodo y en Turbo 3 volcanes de lodo reconocidos (<http://www.gobant.gov.co/gobierno/uraba.htm>).

## **2.2 Región Caribe Insular**

La evolución geológica de las islas y atolones del Archipiélago de San Andrés y Providencia, está posiblemente relacionada con la Elevación de Nicaragua y del Mar Caribe, y se remonta a finales del periodo Cretáceo (Díaz *et al.*, 1996). Determina en conjunto con los factores ambientales las geoformas presentes y que se describirán a continuación.

### **2.2.1 Unidades Geomorfológicas**

La isla de San Andrés, tal como se reseña en INVEMAR (2003), presenta tres zonas fácilmente identificables: la zona norte caracterizada por ser una costa baja en donde se asienta la población; la zona occidental constituida por un borde continuo de acantilados y la zona oriental que se caracteriza por la alternancia de zonas acantiladas, playas y, en menor proporción, por linderos constituidos por bioma manglárico.

En forma similar se pueden diferenciar tres unidades geomorfológicas: Costa arrecifal con playas y manglares; plataforma arrecifal emergida periférica y una geoforma central de colinas y escarpes.

La primera de estas geoformas está constituida por un cuerpo de areniscas coralinas que forma indistintamente zonas de acantilados y playas. Localmente se observan depósitos de arenas y gravas producidos principalmente por mares de leva y manglares. La zona de plataforma arrecifal emergente, se caracteriza por desarrollar una morfología entre plana y suavemente inclinada, orientada en dirección al mar Caribe; posee formas rectas, en las que sobresalen localmente pequeñas ondulaciones y colinas conformadas por rocas antiguas (Formación San Andrés). La zona central de colinas corresponde a una pequeña serranía en dirección nor – noreste y en el costado oeste se presentan escarpes con alturas de hasta de 30 m que lo bordean. Se desarrollan además, altiplanos, depresiones morfológicas (El Cove) y colinas desnudas (Vargas, 1999 En: INVEMAR, 2003).

Las islas de Providencia y Santa Catalina son de origen volcánico, pero algunas partes del litoral son coralinas, como resultado de movimientos de la plataforma en eras geológicas recientes (Geister, 1975 En: INVEMAR, 2003). La topografía es escarpada con excepción de una pequeña plataforma litoral, donde se ha asentado tradicionalmente la población y se concentra la mayor actividad agrícola e intervención humana. La plataforma se eleva sobre el nivel del mar hasta 3 m, formando un acantilado sobre playas de cantos rodados y depósitos de arena (Márquez, 1987 En: INVEMAR, 2003).

La franja costera actual ha sido modificada en algunas partes por acumulaciones de sedimentos y coluvios, y se han formado bateas sobre depósitos de sedimentos calcáreos. Las bateas y los coluvios inundables han permitido la formación de manglares, los cuales presentan zonaciones particulares, especialmente en las costas este y oeste (Prahl, 1983 En: INVEMAR, 2003). La costa revela levantamiento reciente, lo que da lugar a litorales acantilados rocosos consolidados o de cantos rodados, y a playas de rocas coralinas (Geister, 1972 En: INVEMAR, 2003).

## **2.3 Región Pacífico Continental**

### **2.3.1 Unidades Geomorfológicas**

La geomorfología litoral del Pacífico, caracterizada por grandes extensiones de terrenos intermareales, refleja en buena extensión los efectos morfodinámicos de un rango de mareas del tipo mesomareal alto (2 – 3,5 m) a macromareal bajo (3,5 - 5 m) (Hayes, 1979 En: INVEMAR, 2003). Se diferencian cuatro unidades geomorfológicas “macro”: Relieve costero rocoso, geoformas de costa baja, pantanos de manglar y pantanos de agua dulce.

#### **▪ Relieve Costero Rcoso**

Esta unidad incluye todos los sectores de montañas y colinas de la franja costera del Pacífico, constituidas por rocas ígneas y sedimentarias de los periodos Cretáceo, Terciario y Plio-Pleistoceno, siendo la parte noroccidental labrada sobre rocas ígneas y sedimentarias oceánicas de edades cretáceas y terciarias, mientras que en la parte sur de la costa (sector cabo Corrientes-delta del Mira), el relieve está esculpido sobre rocas sedimentarias del Terciario y Plio-Pleistoceno (INGEOMINAS, 1998) (Figura 4).

La zona norte se caracteriza por un control estructural definido por fallas y lineamientos mayores de dirección general nor-noreste a sur-suroeste y por sistemas densos de fracturación y diaclasamiento orientadas N60°E y N30°W. Hacia el sur de la Serranía del Baudó, el relieve costero está conformado esencialmente por colinas (altitudes máximas de 100 m) labradas sobre rocas terciarias y en depósitos Plio-pleistocenos; las zonas de colinas tienen orientaciones generales norte-sur y están cortadas por valles con direcciones este-oeste provenientes de la cordillera Occidental (INGEOMINAS, 1998).

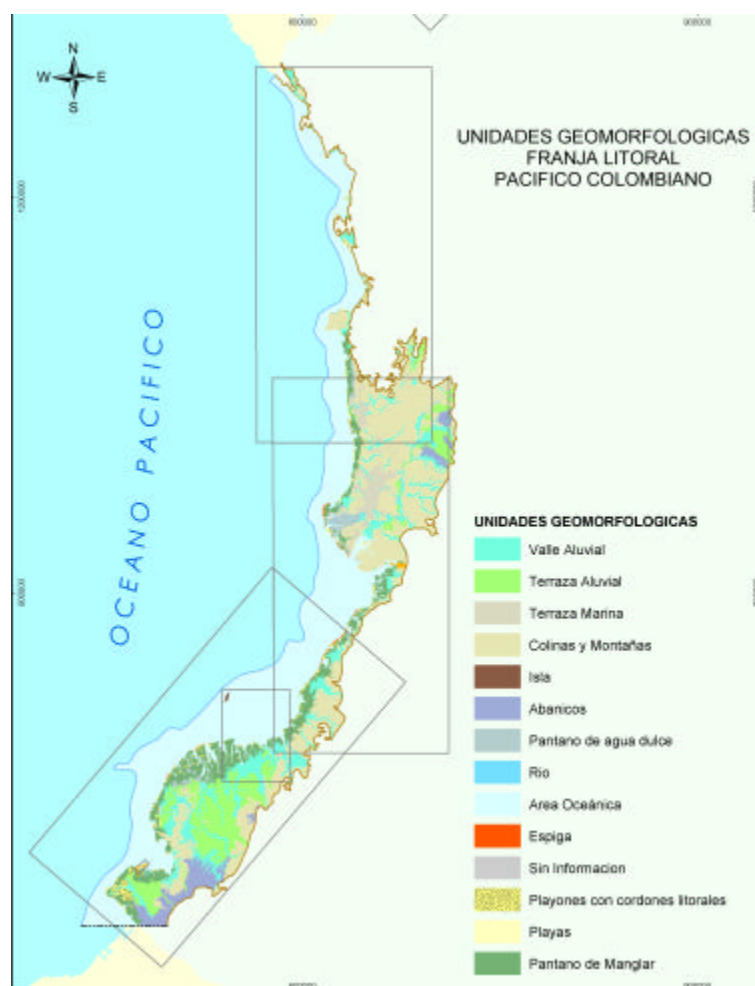


Figura 4. Unidades geomorfológicas franja litoral Pacífico colombiano

El rasgo más notorio de esta unidad es el frente acantilado que domina un tramo de línea de costa de 287 km aproximadamente y se extiende en los sectores de cabo Marzo – punta Cruz, sur de bahía de Cupica – bahía de Nabugá, bahía Solano – caserío El Valle, Utría – Jurubidá y punta Arusí – Cuevitas. En contraste, los paleoacantilados están alejados de la línea de costa por llanuras de manglar, planos aluviales y playones de amplitud variable (INGEOMINAS, 1998).

Como producto de la acción marina en el pasado, sobre los acantilados, abundan a todo lo largo de esta costa las siguientes geoformas: Plataformas de abrasión, grutas o cavernas (Nabugá), arcos o pilares marinos entre los que se destacan las Rocas de Otávira en cabo Marzo, Piedras del Norte en punta San Francisco Solano y los Longos de Jurubidá (INGEOMINAS, 1998).

#### ▪ **Geoformas de Costa Baja**

Esta unidad incluye las playas y acumulaciones arenosas que definen la línea de costa actual de todas las zonas deltaicas del Pacífico y de los valles aluviales que cortan el relieve de la serranía del Baudó. Geomorfológicamente, corresponden a playas individuales o a sistemas de playas, cordones y flechas litorales con dimensiones variables entre 12 y 15 km de longitud y hasta 2 km de amplitud (Correa y González, 1988; Martínez *et al.*, 1995; INGEOMINAS, 1998), con alturas máximas sobre los niveles de pleamares del orden de 1 a 1,5 m.

Entre la frontera con Panamá y el extremo norte del delta del río San Juan (Togoromá), estas geoformas se presentan exclusivamente a lo largo de la línea de costa actual, individualizando las lagunas y zonas estuarinas más externas. De los 375 km que comprenden la costa montañosa, aproximadamente 125 km son playas con sedimentos tamaño grava y arenas finas. Las mejor desarrolladas se localizan en las bahías de Aguacate, Cupica, Nabugá, Abegá, Tebadá y Solano (INGEOMINAS, 1998).

Hacia el sur del delta del San Juan, las mismas geoformas se encuentran repetitivamente hacia el interior de la franja litoral, evidenciando la posición de antiguas líneas de costa. Sus desarrollos más importantes se encuentran en los planos deltaicos inferiores del Patía y del Mira, en los cuales gran parte de la planicie deltaica reciente está constituida por conjuntos de cordones y barras arenosas rodeadas por pantanos de manglar. En ambos deltas, la serie de cordones litorales repetidos penetra por más de 10 km hacia el interior de la línea de costa actual (INGEOMINAS, 1998).

#### ▪ **Pantanos de Manglar**

Esta unidad incluye las acumulaciones de sedimentos lodosos o mezclas de lodos y arenas con alto contenido de materia orgánica, ubicadas detrás de los cordones litorales o playas y/o a lo largo de los bordes de las lagunas estuarinas y canales de marea, siempre bajo la influencia de aguas saladas/salobres. Geomorfológicamente, son superficies de muy baja pendiente inclinadas hacia el mar o hacia los cuerpos de agua adyacentes, sumergidas y expuestas alternativamente en función de los altos y bajos de los niveles de marea. Están cubiertas por especies del ecosistema de manglar (INGEOMINAS, 1998; INVEMAR, 2003).

Los pantanos de manglar se localizan a lo largo del litoral bajo, excepto en las bahías de Málaga y Buenaventura, la ensenada de Mayorquín y al norte de la bahía de Tumaco. Entre los ríos Tapaje y Pasacaballo, así como en la parte sur de la bahía de Tumaco, la erosión ha ocasionado la degradación del bosque de manglar quedando reducida esta zona a un plano lodoso inundable (INGEOMINAS, 1998).

#### ▪ Pantanos de agua dulce

Esta unidad se localiza tanto en las zonas interdistributarias internas como hacia el interior de la franja litoral, “tierra adentro” de los pantanos de manglar, e incluye (sin discriminar) los rasgos geomorfológicos de las planicies deltaicas superiores, no sujetas a la influencia de aguas salobres y también las zonas centrales de las islas interdistributarias, sólo eventualmente alcanzadas por aguas salobres. Son terrenos anegables por aguas lluvias y por las aguas fluviales en los periodos de crecientes, y eventualmente durante los periodos de mareas máximas mensuales o anuales (*spring tides*). Por estar asociados a los pantanos de manglar se ubican en los mismos sectores que éstos aproximadamente (INVEMAR, 2003).

### 2.3.2 Procesos de Erosión - Acreción

Al igual que para la costa Caribe, el INGEOMINAS (1998) realizó una evaluación de los procesos de erosión – acreción que se han venido presentando a lo largo del litoral del Pacífico con los siguientes resultados (Figura 5):

En la costa montañosa se presenta erosión en los sectores bordeados por las playas al interior de las bahías de Cupica, Nabugá, Solano, playa Yesca en la ensenada de Tribugá y en la bocana del río Valle. En la costa adyacente al río Virudó, la erosión es intensa y ha afectado de forma dramática y en repetidas ocasiones las poblaciones de Palo Secal, Pavasita, Pavasa, punta Abaquía y Puchrricha. Casos de erosión extrema, donde el cuerpo de la isla barrera ha desaparecido parcialmente, se observan entre las bocas del Baudó y el Caserío de Dotenedó, entre la ensenada la Vívora y la boca de Pichimá, y en el caserío el Choncho.

Los sectores al sur de la boca del San Juan, la playa La Concepción y las espigas de La Barra y Juanchaco se ven afectados por erosión durante épocas de fuerte oleaje, en razón a su baja posición topográfica y al estar expuestas de manera frontal a la dirección preferencial del oleaje. Las poblaciones de La Barra y Juanchaco se han visto ocasionalmente sometidas a la invasión del mar.

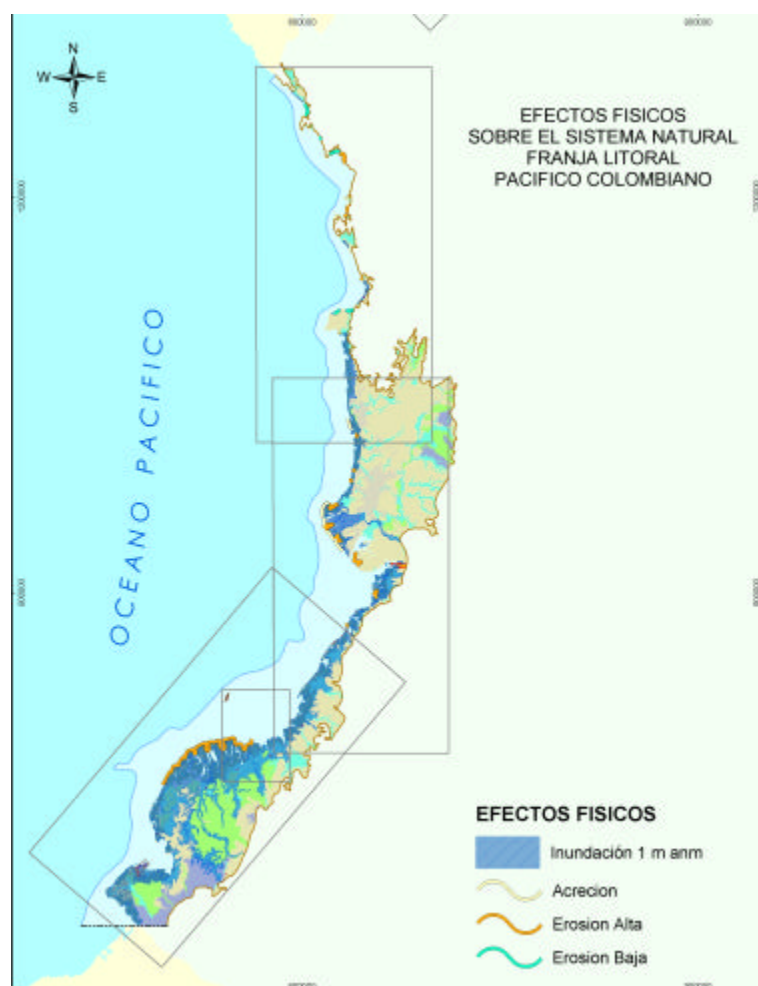


Figura 5. Efectos físicos sobre el sistema natural Pacífico colombiano

Los acantilados en costas bajas del Pacífico, están labrados en rocas sedimentarias, pobremente consolidadas, lo que los hace susceptibles al desgaste de las olas. Tal es el caso del sector turístico de Juanchaco. El impacto de la ola contra el escarpe, ha favorecido la formación de cavernas y arcos jóvenes. Las aguas lluvias y servidas no canalizadas, afectan y aceleran el proceso erosivo, penetrando en las fisuras y arrastrando el material.



La formación alargada y estrecha, al igual que su orientación, han favorecido el mantenimiento de la bahía de Buenaventura. Sólo una pequeña porción interna de la bahía, parece estar sometida al desgaste a causa de las corrientes de marea. En la ciudad de Buenaventura, algunas viviendas construidas sobre planos intermareales se encuentran amenazadas por fenómenos de inundación.

Desde Punta Soldado hasta la Boca de Iscuandé, hay tramos cortos donde predomina la alta erosión o la acreción en cercanías a las bocanas. En forma particular se observa al sur de la boca El Raposo, al extremo de la boca de Yurumanguí, al norte de la bocana Chamuscado, entre las bocanas de Santa Rita y Monserrate, al sur de la bocana Las Delicias en playa Blanca y en el extremo norte de Iscuandé.

En el sector Iscuandé - Isla Salahonda, la subsidencia originada durante el sismo de 1979, que provocó hundimientos entre 0,6 y 1 m, ha ocasionado que la erosión sea predominantemente alta, ya que al parecer su efecto no alcanza a ser contrarrestado por los abundantes aportes de sedimento de los ríos Tapaje, Sanquianga y Patía. Los pobladores de las bocas han reportado un retroceso aproximado de 200 m en 6 años, es decir en promedio 33 m año<sup>-1</sup>.

La evaluación del comportamiento de la línea de costa muestra que el 16% de la costa presenta erosión alta; el 2% está en acreción y el 82% tiene poca variabilidad, aunque estos porcentajes pueden haber variado ligeramente en los últimos cinco años.

### **2.3.3 Tsunamis**

Los Tsunamis son trenes de olas generados por la actividad sísmica en el fondo marino. Se propagan a gran velocidad (500 a 900 km h<sup>-1</sup>), con periodos entre 5 y 70 minutos, longitudes de onda entre 100 a 600 km y amplitudes en alta mar entre 30 a 60 cm (Wiegel, 1964 En: INGEOMINAS, 1998). Transportan gran cantidad de energía que puede producir destrucción a las costas de las cuencas donde se produjeron. Las olas al llegar a la costa aumentan el nivel medio del mar del sector afectado y su altura puede incrementarse por el rango de marea. La ola al ingresar tierra adentro produce inundación, destrucción de infraestructura por el impacto y la erosión de las corrientes entrantes y salientes (flujo y reflujo) (INVEMAR, 2003).

Los sismos que han generado tsunamis importantes en la costa del Pacífico colombiano son los de 1906, 1958, 1979 y uno pequeño en 1991. El tsunami de 1906 afectó el área entre cabo Manglares y Bocas de Micay (Szirtes, 1911 En INVEMAR, 2003). El Tsunami de 1979 produjo inundaciones de 30 a 60 cm y levantamientos en el borde de la plataforma continental (Herd *et al.*, 1981 En INVEMAR, 2003). En 1991 se generó un pequeño tsunami y licuación de suelos en las playas, con daños en las poblaciones de Togoromá, Docordó y punta Ijuá (Meyer *et al.*, 1992 En INVEMAR, 2003).

En el Centro de Control de Contaminación del Pacífico (CCCP) a partir de la adecuación del modelo numérico TIME, se generaron los mapas de inundación por tsunami para el municipio de Tumaco. La calibración del modelo numérico se realizó con ayuda de los registros históricos y de los registros mareográficos de Buenaventura (Colombia) y Esmeraldas (Ecuador) obtenidos durante el último evento ocurrido en la región el 12 de diciembre de 1979.

## 2.4 Literatura Citada

- Correa I.D. y J.L. González. 1988. Estudio morfológico y sedimentológico de la bahía de Tumaco. INGEOMINAS. Informe inédito.
- Díaz, J.M., J.A. Sánchez y G. Díaz. 1996. Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de isla Fuerte y Bajo Bushnell, Plataforma continental del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 25:87-105.
- Gobernación de Antioquia. Municipios antioqueños Zona de Urabá. <http://www.gobant.gov.co/gobierno/uraba.htm>.
- INGEOMINAS, 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial # 21. Bogotá, 111p.
- INVEVAR. 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.
- Prahl, H.von. 1983. Blanqueo masivo y muerte de corales en la isla de Gorgona, Pacífico colombiano. *Cespedesia*, 12 (45-46): 125-129.
- Vernette, G., 1985. La plate-forme continentale Caraïbe de Colombie (du débouché du Magdalena au golfe de Morrosquillo). Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sedimentation. These Doctorat d'État. 387 p. Bourdeux I.

### 3 LA CALIDAD AMBIENTAL MARINA Y COSTERA EN COLOMBIA

(Red De Vigilancia de la Calidad de la Aguas Marinas y Costeras –REDCAM)

Ana María Vélez G<sup>3</sup>, Jesús Garay T<sup>4</sup>, Bienvenido Marín Z<sup>3</sup> y Gustavo Ramírez<sup>3</sup>.

Según la definición del Grupo de Expertos en Aspectos Científicos para la Protección del Medio Marino (GESAMP), por contaminación del medio marino se entiende la *introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía en el medio marino, incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas, incluidas la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento.*

Las huellas de las actividades humanas se encuentran en todos los océanos. Las áreas oceánicas aún se encuentran relativamente limpias (Schubel, 1994); la crisis es mayor donde las aguas son menos profundas, particularmente en bahías y estuarios. Allí la contaminación es mayor, los habitats han sido mas destruidos y es donde ha tenido lugar el mayor agotamiento de pesquerías y recursos (Burke *et al.*, 2001). Muchas de las sustancias y residuos contaminantes son generados a gran distancia de la costa, en las partes altas de las cuencas y son los ríos los que las reciben y transportan al mar. Cada vez se ha hecho más claro que las actividades realizadas en tierra son las principales fuentes de contaminación en los mares y costas. Sin embargo, también se reconoce que no solo la contaminación es responsable del deterioro de los océanos; también lo es el daño físico directo a los ecosistemas, ambientes y la sobreexplotación de los recursos (GESAMP, 2001a).

La presión poblacional, los patrones de consumo y el incremento en la demanda por espacios y recursos, combinados con el pobre desempeño económico y el empobrecimiento de una gran parte de la población global, han socavado el equilibrio natural de los ecosistemas marinos y costeros (GESAMP, 2001b), haciendo cada vez mas utópico lograr el uso sostenible de los océanos y sus recursos. A nivel mundial, la degradación de los ecosistemas marinos es un proceso continuo y en muchos casos se ha intensificado. Aunque muchos de los problemas se

---

<sup>3</sup> Investigadores Programa Calidad Ambiental Marina, INVEMAR. [anavelez@invemar.org.co](mailto:anavelez@invemar.org.co)

<sup>4</sup> Subdirector de Coordinación de Investigaciones, INVEMAR., [jgaray@invemar.org.co](mailto:jgaray@invemar.org.co)

identificaron hace varias décadas, aún no se han resuelto y, por el contrario, se han agudizado (Burke *et al.*, 2001).

El grupo GESAMP resume los principales problemas por la contaminación de los océanos en el mundo como:

- Contaminación por materia orgánica y nutrientes
- Contaminación microbiana
- Residuos sólidos (basuras)
- Elementos químicos, como metales pesados, en grandes concentraciones.
- Componentes orgánicos sintéticos en los sedimentos y predadores, como COPs.
- Residuos oleosos, especialmente los provenientes de derrames de petróleo.

La contaminación por aguas negras provee nutrientes, que se convierten en un problema cuando llegan en grandes cantidades o cuando las áreas son pequeñas o cerradas, produciendo eutrofización y explosiones algales, estimuladas además por la llegada de agroquímicos utilizados para la agricultura. La eutrofización puede causar disminuciones drásticas en los niveles de oxígeno, mortandad de especies y puede llegar a convertir a los ecosistemas en ambientes arrasados por la invasión de plantas o algas. Las explosiones de algas tóxicas han causado enfermedades y muerte de humanos y organismos marinos en varias localidades costeras alrededor del mundo (GESAMP, 2001a).

La contaminación microbiana produce enfermedades gastrointestinales como cólera y hepatitis infecciosa, por efecto del baño en aguas o la ingestión de alimentos contaminados, lo que sucede de forma común y ha costado muchas vidas. Por ejemplo, un estudio de la OMS/GESAMP estimó que cada año, en el mundo se presentan 2,5 millones de casos de hepatitis infecciosa por ingestión de mariscos contaminados por aguas negras, y de ellos aproximadamente 25.000 mueren y otros 25.000 quedan con daños en el hígado (GESAMP, 2001a).

Los residuos sólidos son generados tanto en las poblaciones de tierra como en las embarcaciones. Por ejemplo, los barcos de crucero generan en promedio 4.400 kg al día de residuos sólidos; en el Caribe, cerca de un tercio de estos residuos son arrojados al mar, dado que los barcos no tienen unidades de incineración, como tampoco los puertos cuentan con las facilidades para su adecuado manejo (GESAMP, 2001 a).

Según se conoce, los residuos de químicos sintéticos y los metales pesados provenientes de la industria, la agricultura, la minería y el transporte, generalmente tienen efectos que son nocivos a largo plazo o cuando se acumulan en grandes cantidades. Mas de 100.000 químicos se

producen industrialmente y más de 1.000 en cantidades de miles de toneladas por año. Sus efectos principales se producen en los sistemas endocrinos y genéticos, ocasionando malformaciones, fallas reproductivas, comportamientos anormales y/o muerte de los organismos (GESAMP 2001 a).

El impacto de los derrames de hidrocarburos tiene consecuencias a corto y largo plazo. El impacto inmediato es de características catastróficas, pues generalmente involucra la mortandad masiva de aves, mamíferos e invertebrados marinos. Las poblaciones afectadas tardan un tiempo considerable en recuperarse. Un tiempo después, algunos componentes tienden a solubilizarse y otros a condensarse, conformando bolas de alquitrán, de lo cual se han reportado importantes daños y mortalidad de las comunidades afectadas. La fracción aromática de los hidrocarburos del petróleo es la que presenta mayor toxicidad y efectos cancerígenos; luego de su incorporación a los organismos por ingestión o a través de las membranas braquiales se acumula principalmente en los tejidos grasos (Lamparczyk *et al.*, 1988).

Un último grupo de residuos que está afectando la calidad de las aguas marinas y costeras en Colombia son los desechos sólidos. Los vertimientos de residuos sólidos ejercen impactos sobre la salud pública, los organismos marinos y la calidad de los ambientes marinos (MMA – Uniandes, sin año). Los impactos sobre la salud pública están ligados a la presencia de desechos infecciosos contaminados, a la presencia de sustancias tóxicas y a la posibilidad de que sean ingeridos por los organismos marinos, provocando intoxicaciones, oclusión intestinal y muerte.

Las diversas formas de explotación minera constituyen una fuente de contaminación que, en ocasiones, puede llegar a niveles significativos. Según el PNUMA, el panorama de la contaminación hídrica en América latina y el Caribe está dominado por las descargas municipales de origen doméstico e industrial, seguido de las mineras. Juntas constituyen una mezcla de sustancias y compuestos que representan entre el 90 y 95% de la contaminación que llega a las zonas costeras y se estima que apenas el 2% de las descargas reciben tratamiento (Escobar, 2002).

En Colombia, las labores domésticas e institucionales (escuelas, hospitales, mataderos, mercados, bases militares, edificios públicos) en los asentamientos humanos costeros, las actividades industriales realizadas tanto en el interior del país como en las ciudades costeras, el movimiento portuario, la utilización de químicos en agricultura y ganadería, el transporte marítimo, las explotaciones mineras y la explotación y comercio de hidrocarburos, han sido identificadas como las principales actividades humanas que generan contaminación en las zonas marinas y costeras del país.

La situación ambiental es más problemática en el Caribe que en el Pacífico, debido a que los focos de desarrollo se localizan en la región Andina y Caribe, a lo largo de dos ejes conformados por los ríos Cauca y Magdalena, donde se distribuyen los principales centros urbanos y agropecuarios, y cuyas aguas residuales tienen como destino final el mar Caribe, por

vertimiento directo sobre los cursos de agua y el mar, o por conducto de alcantarillados y emisarios.

A continuación, se presentará de forma breve la situación en Colombia, agrupada por regiones biogeográficas Caribe y Pacífico, con relación a la contaminación de las zonas marinas y costeras, empezando por una descripción de las principales fuentes de contaminación y las vías de entrada de los contaminantes que producen, siguiendo con una presentación muy resumida del comportamiento de los contaminantes en los medios acuáticos costeros y marinos del país. La información que se presenta se obtuvo de los informes realizados por el Grupo de Calidad de Aguas Marinas del INVEMAR, con la participación de las entidades que conforman la REDCAM (Red de Vigilancia de la Calidad de la Aguas Marinas en Colombia) (Garay *et al.*, 2001; Garay *et al.*, 2002; Garay 2001).

## **3.1 Caribe**

En el Caribe se facilitan los procesos de acumulación de contaminantes, por el hecho de ser un mar cerrado, de aguas localmente someras, más tranquilo y donde rara vez la marea sube más de 60 cm. En esta costa, incluyendo el área insular del archipiélago de San Andrés y Providencia, a diferencia de la costa sobre el Pacífico, los procesos de poblamiento e industrialización han sido acelerados, facilitados por la cantidad y la variedad de medios de transporte y vías de comunicación, tanto con el centro del país como con el exterior. Sumado a esto, en el Caribe desemboca el río Magdalena, la principal arteria fluvial del país, que recoge desechos y sedimentos de las principales ciudades y centros de producción económica de la zona andina, donde se concentran la mayor parte de las actividades productivas. Por esta razón la carga de contaminantes que entra al Caribe es mucho mayor que la del Pacífico, así como el número de fuentes de contaminación que impactan la calidad de sus aguas.

### **3.1.1 Fuentes de Contaminación y Vías de Entrada**

Según Escobar y Barg (1990), las descargas municipales, industriales, agrícolas y las emisiones de la industria del petróleo son las fuentes generales de contaminación y deterioro de las aguas de la vertiente del Caribe, ocasionando la presencia de residuos orgánicos tóxicos, metales pesados, sólidos suspendidos, microorganismos patógenos y nutrientes a los ambientes marino-costeros de la región Caribe colombiana.

Los afluentes más importantes por su caudal, composición e impacto en las aguas marinas, se encuentran relacionados en la Figura 6 y en la Tabla 2 se consignan los valores de las cargas de las diferentes variables que aporta cada curso de agua.

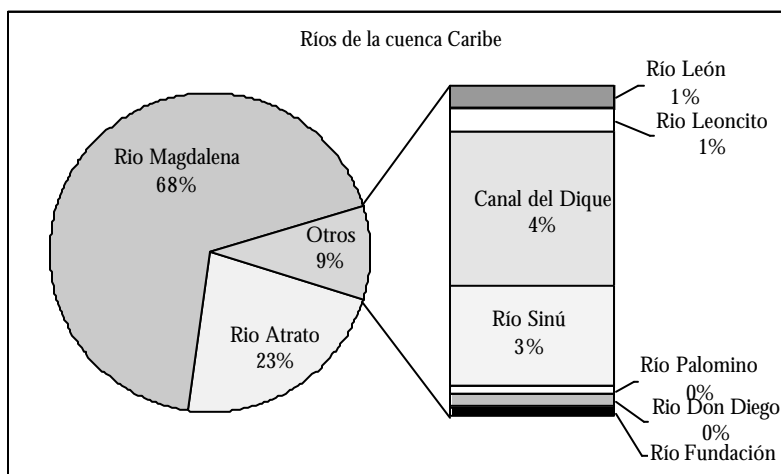


Figura 6. Aportes en términos de caudal de los principales ríos de la cuenca del Caribe colombiano. Se incluyen ríos con caudales mayores a  $1\,500.000\text{ m}^3\text{ día}^{-1}$ .

Por su significado dentro de la contaminación de las aguas marinas y costeras, merece especial atención la cuenca del río Magdalena, que cubre el 22% de la superficie del territorio nacional, alberga el 80% de la población y produce el 85% del total del producto interno bruto (Escobar y Barg, 1990). Esta cuenca abarca un área de  $256.622\text{ km}^2$ , la del río Cauca un área de  $63.300\text{ km}^2$  y la del río Atrato un área de  $35.000\text{ km}^2$ ; otros ríos como el San Jorge y Sinú drenan también el territorio Caribe, son de escasa longitud pero transcurren por zonas de alta pluviosidad que los hacen bastante caudalosos y generan ocasionalmente inundaciones en las amplias llanuras caribeñas.

En total 27 principales ríos vierten al Caribe colombiano en promedio  $10.667\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  de aguas dulces con cargas de contaminantes de diferente índole. Los más importantes aportantes por su caudal, carga de sedimentos e impactos, son el río Magdalena, con su Brazo el Canal del Dique, los cuales tienen una basta zona de influencia en el Caribe; su participación en el aporte al Caribe se mantiene elevada con relación a los otros tributarios, con una contribución del 67% del caudal total, 92,98% del aporte de carga en términos de  $\text{DBO}_5$  y un 64,1% de la carga total en Coliformes fecales. A pesar de su gran diferencia le siguen los ríos del departamento de Antioquia con un aporte del 23,8% del caudal total, 2,38% de la contribución en  $\text{DBO}_5$  y 1,8% en aportes de Coliformes fecales.

Tabla 2. Cargas que aportan los ríos al Caribe colombiano.

Dpto.	RÍOS	DBO	SST	NT	PO4	HDD	OCT	CFS	CTT	CD	CR	PB
		ton día <sup>-1</sup>	ton día <sup>-1</sup>	ton día <sup>-1</sup>	ton día <sup>-1</sup>	ton día <sup>-1</sup>	g día <sup>-1</sup>	NMP* 10 <sup>11</sup> día <sup>-1</sup>	NMP* 10 <sup>11</sup> día <sup>-1</sup>	kg día <sup>-1</sup>	Kg día <sup>-1</sup>	Kg día <sup>-1</sup>
Antioquia	Mulatos	2,5	114,5	2,2	0,1			0,03	1196,0	3433	1,6	2,7
	Necocli	0,6	8,4	0,2	0,0			0,01	31,0	158	0,1	2,8
	Caimán Nuevo	0,4	2,1	0,3	0,0				34,0	238		1,0
	Turbo	0,4	10,3	0,4	0,0				8,0	10	0,6	0,8
	Guadualito	0,4	3,6	0,4	0,0				0,5	387		0,6
	León	6,1	314,5	22,5	0,2	7,12	0,19	5795,0	5795	4,0		11,9
	Leoncito	6,4	246,0	23,2	0,1	24,78	0,18	329,0	2002	6,3		21,8
	Currulao	1,2	750,5	1,3	0,0		0,02	632,0	1431	0,2		3,8
	Atrato	186,7	7563,9	446,4	2,8	958,78	6,13	7019,0	19012	108,3		502,2
Atlántico	Magdalena	7989,1	152215,2	514,5	45,7	4066,64	626,98	538031,0	722111	1778,3	833,1	25927,1
Bolívar	Canal del Dique	374,6	10743,6	17,7	0,7	171,12	1,18	3245,0	6097	140,0	41,1	2685,5
Choco	Acandí	1,0	31,1	2,7	0,0	0,08	0,08	47,0	518	1,6	0,0	5,8
Córdoba	Sinú		5249,2	0,9	0,0	125,81	27,89	257365,0	299826	47,7	30,5	642,6
Guajira	Cañas	5,2	10,6	0,1	0,1	0,43	3,66	917,0	2357	1,9	0,0	31,6
	Jerez		5,0	0,1	0,0	4,25	2,60	1776,0	3240	2,2	0,1	36,6
	Palomino		19,3	0,2	0,1	0,25	5,32	430,0	3246	4,7	0,1	68,0
Magdalena	Ranchería		53,2	0,1	0,2	0,21	7,14	1809,0	2600	2,0	0,2	48,0
	Buritaca	2,1	27,7	0,3	0,1	1,84	0,88	5394,0	6854	2,1	1,8	25,8
	Don Diego	7,6	621,7	0,7	0,1	4,20	8,22	6624,0	8402	6,9	4,6	90,5
	Guachaca	3,0	42,0	0,3	0,1	2,63	2,94	988,0	2903	2,8	1,7	41,3
	Piedras	0,7	19,9	0,2	0,0	0,67	1,54	3258,0	3541	0,8	0,6	12,2
	Gaira	1,3	27,6	0,1	0,0	0,14	0,23	257,0	311	0,5	0,5	6,9
	Manzanares	0,7	9,8	0,1	0,0	3,16	2,00	167,0	305	0,4	0,4	5,2
	Córdoba	2,5	50,8	0,1	0,1	2,86	3,02	745,0	1492	1,9	1,8	31,1
	Aracataca		166,8	0,2	0,4		62,94	1743,0	6985	2,3	2,1	37,2
	Fundación		352,1	0,3	1,2		27,48	737,0	14335	3,8	4,0	82,7
	Sevilla		101,5	0,2	0,4		4,99	623,0	3878	2,2	2,0	35,7
Total	Caribe	8592,6	178761,5	1035,8	52,4	5374,96	795,65	839200,0	1121468	2123,1	924,7	30361,4

## ▪ Vertimientos Domésticos

Las aguas servidas son el mayor contaminante que afecta el medio costero del Caribe colombiano (Garay, 2001). En promedio 472.653 m<sup>3</sup>día<sup>-1</sup> de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento fueron arrojadas en el 2001 a las zonas costeras del Caribe colombiano, resultantes de los vertimientos líquidos de 3'073.483 habitantes (Figura 7) de las 26 principales ciudades y asentamientos humanos costeros (DANE, 2001), sobresaliendo entre ellos: Riohacha, Santa Marta, Ciénaga, Barranquilla, Cartagena, Tolú, Coveñas, Turbo y San Andrés.



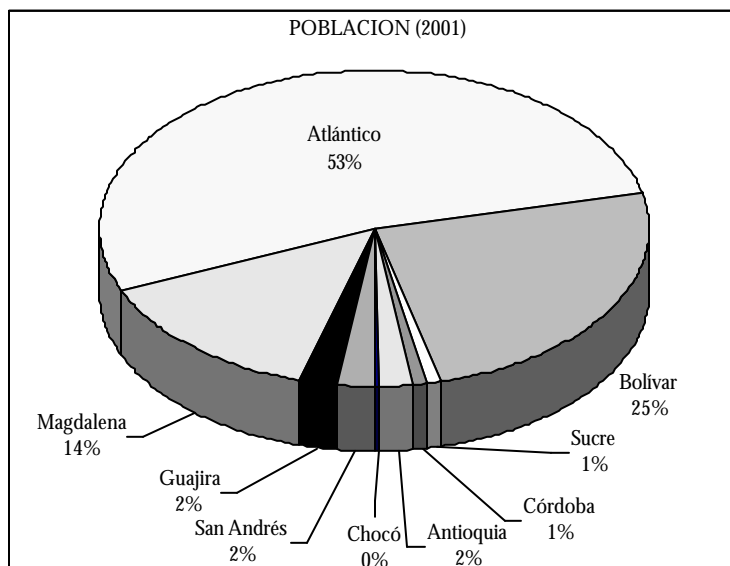


Figura 7. Comparación porcentual de la población que habita en los municipios costeros de los departamentos del Caribe colombiano.

Los impactos que causan los vertimientos de aguas residuales se ven reflejados principalmente en incrementos en los valores de nutrientes, disminución de los valores de oxígeno (eutrofización) y la contaminación microbiológica de las playas y las aguas costeras; como se observa en la (Figura 8), el 65% de la carga orgánica lo aportan las ciudades costeras de los departamentos de Atlántico y Bolívar, especialmente Barranquilla y Cartagena, cuya población sumada representa el 77,3% del total de la población costera.

#### ▪ Vertimientos Industriales

En Colombia, el 10% de la industria nacional se concentra en el Caribe (UNEP, 1999), especialmente en Cartagena y Barranquilla, donde se concentran las descargas de estos residuos. Las industrias identificadas como las que producen mayores cargas contaminantes son: refinerías de petróleo, destilerías, procesadoras y envasadoras de alimentos (especialmente cárnicos, licores y bebidas), fábricas de pulpa y papel e industria química, entre otras.

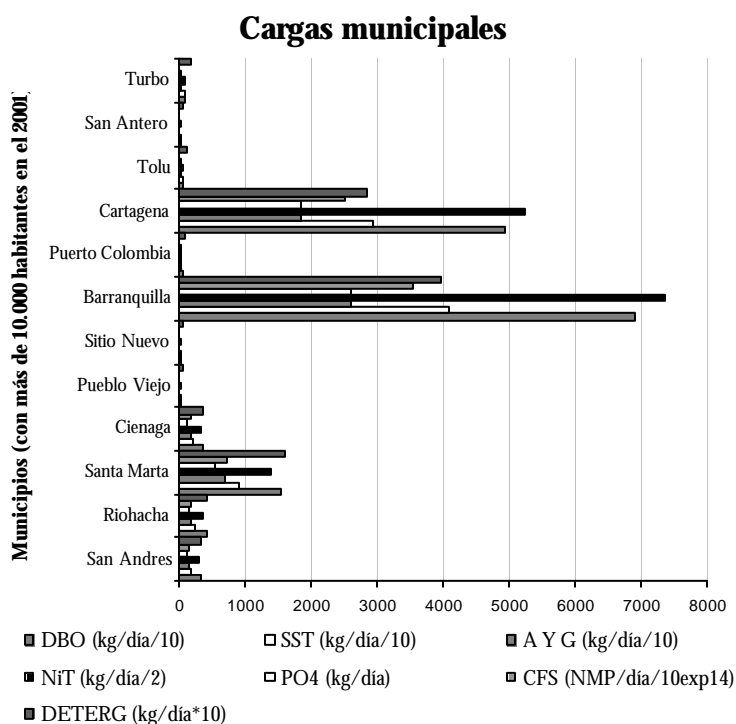


Figura 8. Cargas orgánicas y contaminantes aportadas por los municipios de la costa del Caribe colombiano.

En Cartagena, por ejemplo, existen unos 620 establecimientos comerciales, de los cuales 29 son productores de efluentes líquidos en volúmenes significativos; todos están ubicados en la costa oriental de la bahía de Cartagena, hacia la que se vuelcan los efluentes, algunos de los cuales sin previo tratamiento. La industria aporta materia orgánica, residuos de aceites, combustibles y fertilizantes y la mayor parte de los vertimientos típicamente industriales como carbonatos, amoníaco, fenoles, aguas calientes, etc (Tabla 3).

Tabla 3. Cargas aportadas por la industria a la bahía de Cartagena (2000).

<b>Parámetros</b>	<b>Caudal total (m3 día<sup>-1</sup>)</b>	<b>DBO5 (t día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Nitrógeno (t día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fósforo (t día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Sólidos suspendidos (t día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Aceites y grasas (t día<sup>-1</sup>)</b>
<b>Cargas</b>	1'364.132	6,04	3,73	0,17	39,3	0,83

Los vertimientos industriales sin tratamiento ocasionan la presencia de contaminantes como hidrocarburos y metales pesados; entre estos últimos, se identifican el mercurio, plomo, cadmio y cromo como los que revisten mayor peligrosidad, por su baja biodegradación y alta capacidad de acumulación en los tejidos de los organismos. Al no existir sistemas de tratamiento apropiados para los vertimientos, la cantidad de estos contaminantes está directamente relacionada con la cantidad de establecimientos industriales, y en general con el tamaño de la población.

El control ejercido sobre los vertimientos industriales de las grandes empresas ha avanzado rápidamente en el último decenio en Cartagena. En los últimos años el número de empresas controladas a través del “Convenio de Producción Mas Limpia”, liderado por el MAVDT, Cardique y DAMARENA, cubre la totalidad de las grandes industrias.

#### ▪ Aguas Residuales Agrícolas y Pecuarias

Las actividades agrícolas y pecuarias producen como residuos fertilizantes, plaguicidas y aguas servidas de procesos de acuicultura, que por fenómenos de escorrentía o lixiviación llegan a los cursos de agua o aguas subterráneas y al mar. La contaminación por plaguicidas genera gran preocupación por su toxicidad, prolongada acción residual y elevado potencial de acumulación en los tejidos grasos de los organismos acuáticos y el hombre.

En el Caribe colombiano las principales fuentes que aportan plaguicidas al medio marino son los cultivos de banano, arroz, pastos, algodón, maíz y frutales, así como la manufactura de estos productos en Cartagena y Barranquilla y los residuos que son transportados por los ríos y escorrentías, tal es el caso del río Magdalena que recorre las principales regiones agrícolas del país y los ríos que cruzan la zona bananera de Urabá, Córdoba y Magdalena.

En Colombia actualmente se usan cerca de 600 plaguicidas que representan alrededor de 33.000 toneladas por año, entre organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretrinas. Los cultivos con mayor demanda de plaguicidas son: arroz, papa, pastos, banano, caña de azúcar, café, hortalizas, algodón, flores, maíz, tomate y frutales. De estas sustancias, los organoclorados hacen parte de la lista de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) identificados por el

programa para el Ambiente de Naciones Unidas (UNEP) por sus diversos efectos (bastante documentados ya), en ecosistemas terrestres y acuáticos; con los consecuentes daños en la biota marina y en la vida salvaje. Por lo cual su uso a nivel mundial se ha restringido drásticamente. Desde hace varios años el uso de plaguicidas ha ido cambiando en Colombia, en el sentido de que hay una tendencia a reemplazar los organoclorados por insumos agrícolas menos persistentes en el entorno ambiental, como organofosforados, carbamatos y piretroides, pero se dispone actualmente de escasa información sobre su comportamiento en el medio marino de las costas tropicales, concretamente sobre porcentajes de degradación, el fraccionamiento en el sistema agua-biota-sedimento y el mecanismo de transferencia al hombre mediante las cadenas tróficas.

A nivel departamental las situaciones son muy variantes, y los factores contaminantes pueden estar asociados a diversos aspectos, el número de poblaciones y de habitantes asentados en la costa, el desarrollo económico que tenga el municipio (industria, comercio, y agricultura), e incluso, las costumbres culturales de sus habitantes.

#### ▪ **Puertos y Transporte Marítimo**

La problemática de los residuos de hidrocarburos en las zonas costeras colombianas tiene uno de sus orígenes en actividades portuarias y marítimas. Se calcula que las actividades como el transporte marítimo de cabotaje generan cerca de 4.127 ton mes<sup>-1</sup> de residuos oleosos entre las aguas de sentinas y los slops, los cuales son botados directamente a las zonas costeras del Caribe, por no disponer los puertos colombianos de infraestructura suficiente y adecuada para recepción, manejo y disposición final de estos residuos, incluyendo los generados por algunos buques de tránsito internacional antiguos que no disponen de equipos MARPOL abordo. Los puertos marítimos que generan mayor cantidad de estos residuos son, en orden de importancia: Cartagena, Santa Marta, Barranquilla, Puerto Bolívar y Coveñas, y en menor escala Turbo, Riohacha y San Andrés (Garay, 1999).

Otra fuente importante de hidrocarburos y aceites en las zonas costeras del Caribe son las actividades que se realizan sobre vehículos como lanchas y motonaves, uso que se incrementa durante las temporadas turísticas. Sin embargo, no se ha estudiado el impacto que tienen estas fuentes de hidrocarburos sobre la calidad marina.

#### ▪ **Actividades Mineras**

La actividad minera en el país representa alrededor de un 5% del PIB. Dentro de la economía nacional se consideran representativos siete grupos minerales según su volumen, valor de producción y generación de empleo: los minerales metálicos, piedras preciosas, metales básicos,

metales de la industria del acero, materiales industriales, materiales energéticos y materiales de la construcción. Los minerales que se destacan son carbón, oro, plata, metales del grupo del platino, esmeraldas, calizas, arcillas, agregados pétreos, níquel y hierro (DNP, 2000).

La minería del oro es uno de los procesos extractivos que genera mayor cantidad de problemas ambientales, en parte por la utilización de mercurio y cianuro (UNEP, 1999); se calcula que por cada kg de oro, se descartan 5 kg de mercurio al medio ambiente (MMA – UNIANDES), y gran parte llega a las fuentes de agua. Los principales productores de oro en el Caribe son los departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba y Chocó.

La extracción y la comercialización de petróleo y sus derivados son procesos que generan importantes cargas de hidrocarburos a los cuerpos de agua. Por un lado, la actividad petrolera se caracteriza por manejar grandes cantidades de aguas residuales aceitosas, producto de las actividades de exploración, producción, transporte, almacenamiento y refinación. Las aguas asociadas a hidrocarburos pueden contener sales disueltas, metales pesados y fenoles. Estos vertimientos por lo general son sometidos a diferentes tipos de tratamientos para disminuir su grado de contaminación (ECOPETROL – ICP, 1991).

Por otro lado, el transporte de hidrocarburos es una actividad generadora de contaminación por hidrocarburos en las ciudades y puertos. Los registros de ECOPETROL indican que en 1999 se exportaron 348,81 kB día<sup>-1</sup> de petróleo y derivados, gran parte de los cuales fueron transportados por vía marítima; a esto se suma el volumen de hidrocarburos transportados por cabotaje, que en 1998 sumaron 5876,5 kB. No se tienen estadísticas sobre el volumen de residuos o derrames que arroja el transporte de esta carga, pero se estima que es elevado, considerando además que los derrames que ocurren en la porción terrestre, durante los procesos de explotación, transporte y comercialización interna, incrementan los residuos contaminantes que finalmente van al mar.

## ▪ Residuos Sólidos

En el Caribe colombiano solamente el 60% de la población está cubierta por un sistema de recolección, pero además los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios que no son manejados de manera apropiada y la filtración de contaminantes ha sido detectada en rellenos como el de Barranquilla y Cartagena. CORPES (1992) estimó que la población regional genera cerca de 1.203 ton día<sup>-1</sup> de residuos sólidos (UNEP, 1999). En muchas ciudades del país, como Cartagena, Santa Marta y San Andrés, el manejo de los residuos sólidos se ha convertido en un problema de grandes proporciones. Actualmente los rellenos han colmado su capacidad, acarreado esto la acumulación de residuos en zonas no aptas, así como la generación de lixiviados que llegan a los cursos de agua y el mar. Las basuras de Cartagena, y de manera

similar en las principales ciudades del país, se componen principalmente de materia orgánica, papeles y plásticos (Figura 9).

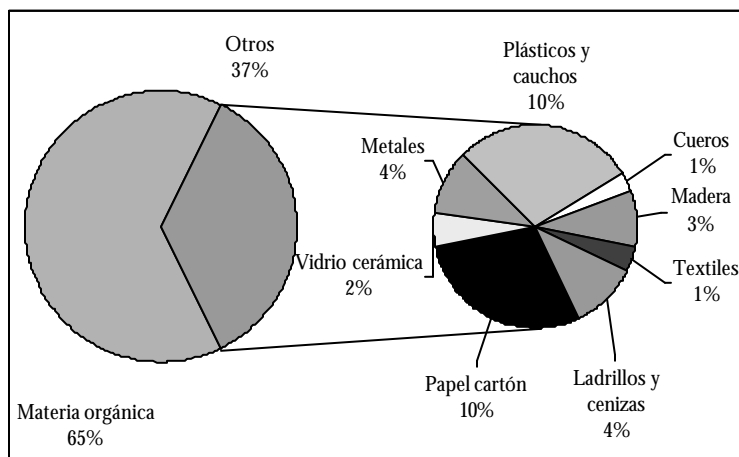


Figura 9. Composición física de los residuos sólidos de Cartagena.

Un problema que se ha incrementado dramáticamente en los últimos años es la acumulación de desechos flotantes en playas y otros ecosistemas costeros que favorecen su asentamiento, como los manglares. Más del 50% está constituido por residuos plásticos (Garay, 1993 en Garzón-Ferreira, 1998), los cuales son de muy lenta degradación y por ende permanecen largo tiempo, dañando la estética de las zonas costeras y constituyéndose en un peligro para los organismos marinos; por ejemplo, las tortugas presentan un alto porcentaje de muertes por obstrucción intestinal, debida al consumo de bolsas plásticas.

#### ▪ Calidad de las Aguas

La Tabla 4 muestra los rangos en que se registraron las variables durante el 2001 y 2002 y en la Figura 10 se representan los lugares en donde se presentaron condiciones de contaminación notable, debida a la presencia de valores muy altos de las variables analizadas, por encima de los rangos establecidos como normales o no contaminados por la legislación colombiana o por organismos internacionales.

Tabla 4. Rangos en que se registraron las variables en el Caribe.

Variable	HDD	OCT	Cd	Cr	Pb	Ct	Cf
Unidades	$\mu\text{g l}^{-1}$	$\text{ng l}^{-1}$	$\text{mg l}^{-1}$	$\text{mg l}^{-1}$	$\text{mg l}^{-1}$	NMP $100 \text{ ml}^{-1}$	NMP $100 \text{ ml}^{-1}$
Rango	Min.	0,01	0,03	0,00010	0	0,00010	2
	Max.	49,41	87,00	0,06377	0,00416	0,16948	240.000

Según los resultados del análisis del comportamiento de las variables fisicoquímicas y nutrientes, en el Caribe se encontraron valores que superan las variaciones normales en San Andrés (Bahía Hooker, Johnny Cay, el alcantarillado y El Cove), Riohacha, Santa Marta (emisario), la salida de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Bocas de Ceniza, Barranquilla, bahía de Cartagena, los caños Guainí y Zaragocilla que reciben las aguas residuales de Tolú y San Onofre y en el río León (golfo de Urabá). Estos valores anormales pueden deberse en parte a registros hechos en áreas cerradas o de poca circulación de las aguas por lo que se presenta la acumulación de nutrientes y fenómenos de eutroficación. Igualmente, las zonas costeras con elevado desarrollo agrícola reciben importantes cantidades de nutrientes provenientes del uso de fertilizantes, como en las zonas bananeras del Magdalena y Urabá.

En cuanto a los hidrocarburos del petróleo, los niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) históricos muestran que las zonas más afectadas por este tipo de contaminantes son Santa Marta, Cartagena y los golfos de Morrosquillo y Urabá, donde se presentaron valores que sobrepasan los  $10 \mu\text{g l}^{-1}$ . Durante los muestreos realizados por la REDCAM (2001 – 2002) se detectaron valores que superan este nivel de riesgo en San Andrés, Santa Marta, Barranquilla, bahía de Cartagena, Tinajones (desembocadura del río Sinú) y el golfo de Urabá, denotando la influencia que ejercen las actividades portuarias y las descargas de los ríos de mayor caudal.

Con referencia a los residuos de plaguicidas organoclorados, se tienen registros históricos de valores altos, por encima del nivel de referencia de  $30 \text{ ng l}^{-1}$  en los departamentos de Magdalena, Atlántico, Bolívar y el golfo de Urabá, principalmente de DDT, heptacloro, lindano y aldrin. Sin embargo, los registros actuales muestran valores ubicados en el rango menor al nivel de referencia, lo cual puede significar que se está cumpliendo la prohibición del uso de estos productos agroquímicos, resultado alentador pero que genera la probabilidad de que se esté presentado un incremento en el uso de otros tipos de plaguicidas, con efectos también nocivos para las aguas, organismos y el ambiente en general. En los muestreos realizados durante el 2001 y 2002, las estaciones que sobrepasaron el nivel de referencia se registraron en los departamentos de Sucre y Córdoba (Berrugas, bahía de Cispatá y Tinajones). Estos registros pueden implicar que aún se continúa el uso ilegal de agroquímicos organoclorados, o procesos de bioacumulación en aguas, sedimentos y organismos.

El análisis del contenido de los metales pesados Cd, Cr y Pb mostró que las zonas más afectadas son la bahía de Cartagena, la desembocadura del río Magdalena y el sector industrial de Las Flores en Barranquilla. También en los departamentos de Magdalena y Sucre se han reportado datos aislados de concentraciones altas de plomo, especialmente en los ríos que bajan de la SNSM.

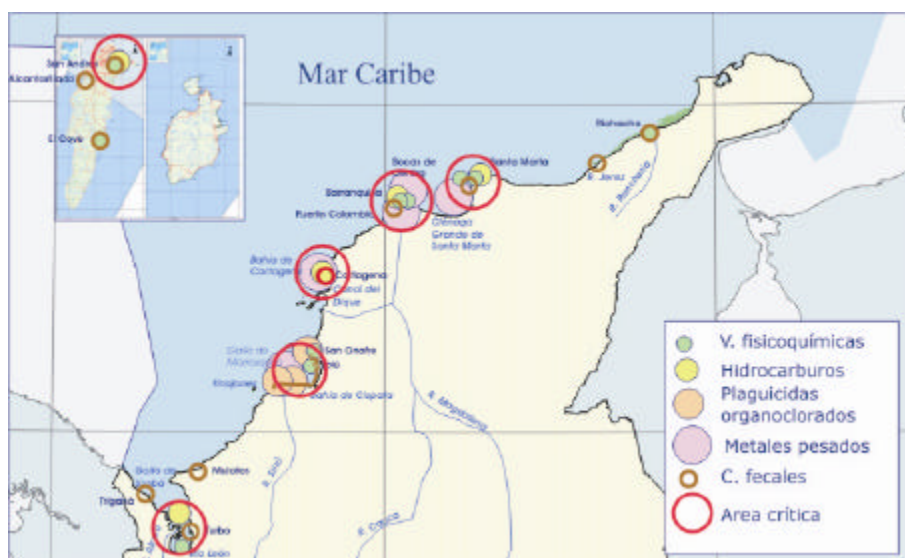


Figura 10. Zonas de la costa del Caribe en las que se presentan valores altos recurrentes de contaminación de las aguas.



La contaminación microbiológica es la de mayor frecuencia de aparición en la zona costera y marina del Caribe. Los resultados muestran que en la gran mayoría de playas turísticas sobrepasan los límites permisibles establecidos por la legislación colombiana para aguas de contacto primario, tanto en la época seca (Figura 11) como en la húmeda (Figura 12), principalmente en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Magdalena, Sucre y Córdoba. Por otro lado, los indicadores de contaminación fecal en las playas ubicadas en el sector del Cabo de la Vela en el departamento de la Guajira, las playas del Parque Tayrona en el Magdalena y las playas de Necoclí en Antioquia y Capurganá en Chocó muestran niveles permisibles para realizar actividades de recreación al no hallarse influenciadas por las actividades antropicas.



Figura 11. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Caribe durante la época seca de 2002.

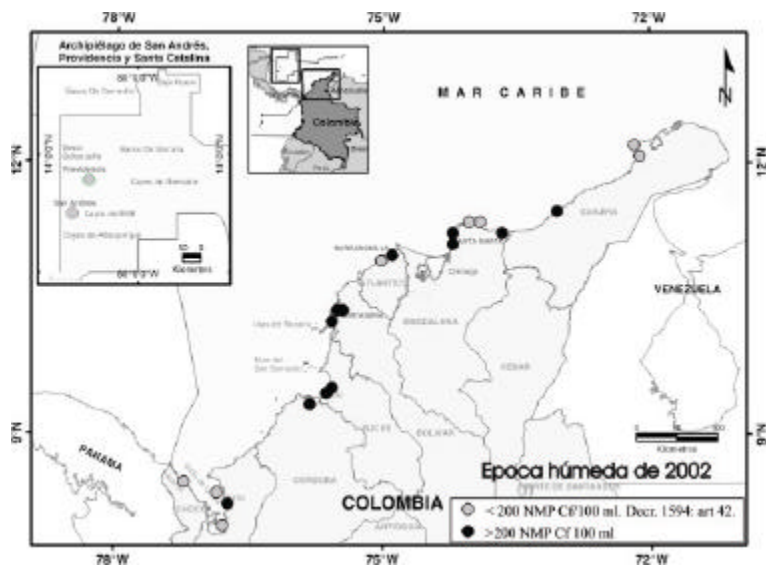


Figura 12. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Caribe durante la época húmeda de 2002.

Como estudio de caso en la costa Caribe se muestra la tendencia de algunas playas específicas, como la playa Rodadero en Santa Marta (Figura 13); playa Coveñas en Córdoba (Figura 14); Bahía de Cartagena (Figura 15) y Ciénaga de Tesca (Figura 15) en Bolívar y Roky Cay en el departamento de San Andrés y Providencia (Figura 16). El comportamiento de los indicadores de contaminación fecal a través de los monitoreos realizados en estas playas, demuestra que los mayores niveles de Coliformes fecales aumentan en la temporada turística de mitad y final de año, así como también se observa incremento en la época lluviosa por efecto del mayor contenido de aguas residuales domésticas que arrastran los tributarios que bañan estas zonas.

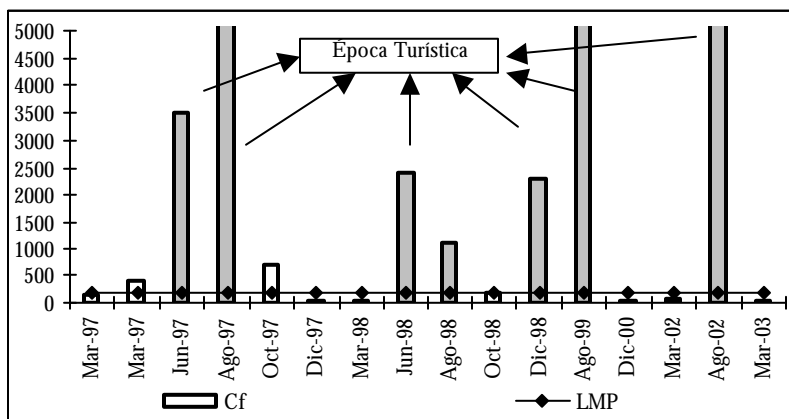


Figura 13. Niveles de Coliformes fecales (Cf) y Límite permisible (LMP) en la Playa Rodadero del departamento del Magdalena en los monitoreos realizados durante 1997 hasta 2003. El color gris representa los meses de época turística.

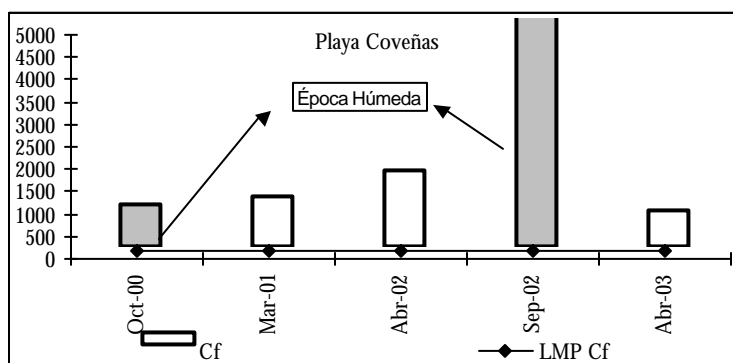


Figura 14. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la Playa Coveñas del departamento de Sucre en los monitoreos realizados durante 2000 hasta 2003. El color gris representa los meses de época húmeda.

La variación en la concentración de los Coniformes fecales en las estaciones de la bahía de Cartagena y Ciénaga de Tesca, ubicadas en el departamento de Bolívar, tienen un comportamiento irregular, al depender de condiciones ambientales que favorecen la proliferación de estos microorganismos. Los resultados muestran distribuciones variables en los diferentes monitoreos realizados desde 1997 hasta 2002, pero con tendencia a estar por encima de la norma para aguas recreacionales de contacto primario (Figuras 15 y 16).

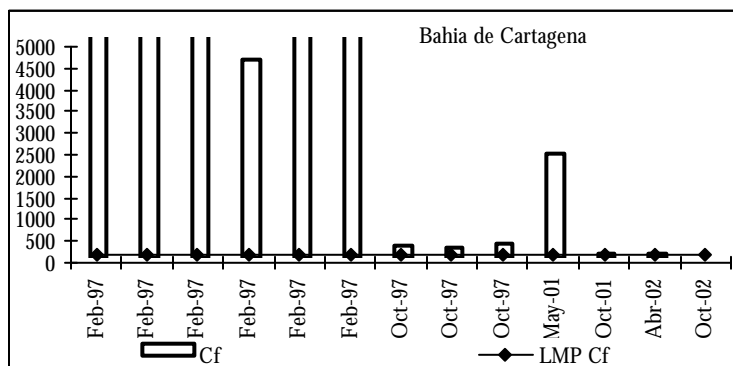


Figura 15. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la Bahía de Cartagena, departamento de Bolívar, en los monitoreos realizados durante 1997 hasta 2002.

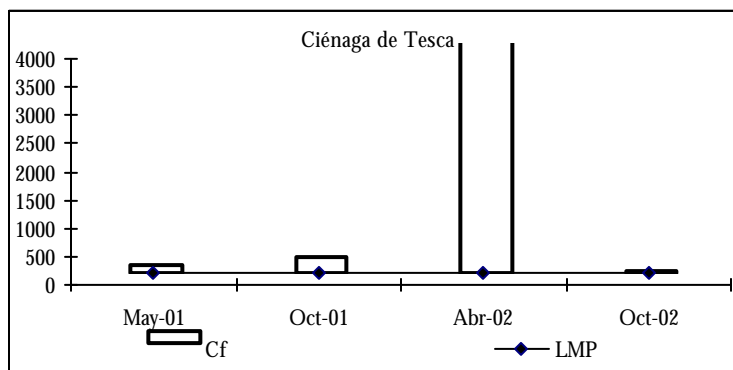


Figura 16. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la Ciénaga de Tesca, departamento de Bolívar, en los monitoreos realizados durante 2001 hasta 2002.

Por el contrario, el departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en la estación ubicada en Roky Cay evidencia concentraciones permisibles de Coliformes fecales para contacto primario y secundario (Figura 17).

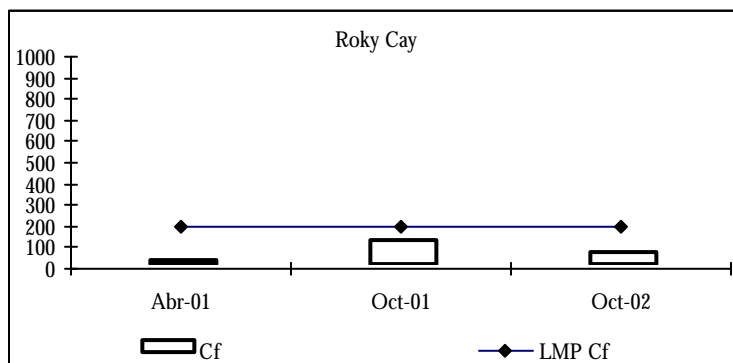


Figura 17. Límite permisible (LMP) y niveles de Coliformes fecales (Cf) en la playa de Roky Cay del departamento de San Andrés en los monitoreos realizados durante 2001 y 2002

Con base en los resultados expuestos, en el Caribe colombiano se identificaron seis áreas críticas por contaminación de las aguas costeras y estuarinas, estas son:

- **San Andrés:** las principales fuentes de contaminación que afectan la calidad de sus aguas marinas y costeras son los vertimientos domésticos y los residuos del transporte marítimo (lanchas de turismo y buques de cabotaje), que se incrementan en temporadas turísticas altas, generando residuos de hidrocarburos, nutrientes y bacterias coliformes, siendo los sitios más afectados bahía Hooker, El Cove y el área adyacente a la desembocadura del alacantarillado.
- **Santa Marta:** esta zona abarca las zonas costeras alrededor de las principales poblaciones costeras del Magdalena, como Santa Marta y Ciénaga, en donde convergen las actividades económicas urbanas (vertimientos domésticos, turismo y puerto) con los residuos de las actividades agrícolas, mineras e industriales de los ríos que descargan sus aguas en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Las zonas más afectadas son la bahía de Santa Marta, El Rodadero y la Ciénaga Grande de Santa Marta.
- **Barranquilla:** el área de Barranquilla comprende principalmente la desembocadura del río Magdalena (Bocas de Ceniza), Puerto Colombia y las ciénagas de Mallorquín y Balboa. Es uno de los puntos más críticos de contaminación en el país, dadas las múltiples actividades que se realizan en la ciudad (vertimientos domésticos, industriales y puertos), una de las más importantes de Colombia, y los residuos que arrastra el río Magdalena, provenientes de los principales centros urbanos y agrícolas del interior del país.
- **Cartagena:** la zona de Cartagena, que comprende la ciénaga de La Virgen, la bahía de Cartagena, la bahía de Barbacoas y las Islas del Rosario es también una de las más críticas,

tanto por la magnitud y persistencia de las concentraciones de contaminantes, como por la riqueza y biodiversidad de sus zonas costeras y marinas, las que han sufrido un deterioro progresivo. En Cartagena se realiza una multiplicidad de actividades económicas, como industriales, turísticas, portuarias, marítimas y pesca; además recibe los contaminantes y sedimentos que llegan por el Canal del Dique. Por tal razón, se considera una de las zonas prioritarias para emprender acciones de saneamiento, control y mejoramiento ambiental.

- **Golfo de Morrosquillo:** incluyendo la bahía de Cispata y la desembocadura del río Sinú (Tinajones) se presentó como una de las áreas críticas por la cantidad y persistencia de contaminantes registrados. Aunque en el Golfo no se presentan ciudades con un asentamiento de la magnitud de Cartagena o Barranquilla, si es una zona que recibe un aporte importante de turistas que se dispersan a lo largo de toda la costa, desde Berrugas hasta Cispata; a esto se suma, la carencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales, los vertimientos de aceites e hidrocarburos del transporte terrestre y marítimo que llegan a las aguas costeras y los residuos de químicos tóxicos que vienen por el río Sinú desde las áreas agrícolas e industriales del interior del departamento.
- **Golfo de Urabá:** esta zona recibe las descargas del río Atrato y otros ríos como el León y Leoncito, que arrastran residuos de agroquímicos y metales resultantes de las actividades agrícolas y mineras de la zona. A esto se suman los residuos de hidrocarburos y nutrientes provenientes de las localidades ubicadas sobre las orillas, como Turbo y Necoclí, lo que resulta en niveles elevados y persistentes de contaminantes que hacen del golfo una de las zonas más críticas del país por la contaminación marina y costera.

### 3.2 Pacífico

En comparación con el Caribe, las aguas del Pacífico son más frías, de menor salinidad y la productividad del fitoplancton es mayor. Por ser abierta, la costa recibe mayor influencia del oleaje y las mareas se mueven en un rango amplio, de hasta 5 o 6 metros; también es una costa muy activa sísmicamente (IDEAM, 1998). En la cuenca del Pacífico los niveles de desarrollo urbano, agrícola e industrial son mucho menores que en el Caribe (Garzón-Ferreira, 1998). La infraestructura para el transporte y las comunicaciones hacia el interior del país o hacia otros países es menos desarrollada y en algunas zonas es inexistente; este hecho conlleva a que el nivel de poblamiento sea reducido. Por estas razones, el flujo de contaminantes terrestres hacia los sistemas marinos es relativamente bajo, así como la presión sobre los recursos, con pocas excepciones.

### 3.2.1 Fuentes de Contaminación y Vías de Entrada

Al igual que en el Caribe, los ríos son las principales vías de entrada de residuos orgánicos tóxicos, metales pesados, sedimentos, microorganismos y nutrientes a los ambientes marino-costeros de la región del Pacífico colombiano. Los afluentes más importantes por su caudal, composición e impacto en las aguas marinas se encuentran relacionados en la Figura 18. Las cuencas de los ríos San Juan y Patía cubren respectivamente áreas de aproximadamente 24,000 km<sup>2</sup> y 14,605 km<sup>2</sup>. Esta vertiente se caracteriza por tener tributarios caudalosos de corta longitud, debido a las altas precipitaciones en su hoya hidrográfica (9.000 mm año<sup>-1</sup>). En la Tabla 5 se consignan los valores en cargas de las diferentes variables aportadas por los ríos.

En total los 9 principales ríos vierten al Pacífico colombiano en promedio 5.047 m<sup>3</sup> seg<sup>-1</sup> de aguas cargadas de sedimentos y otros contaminantes, siendo los mas importantes por su caudal, carga de sedimentos e impactos, el río San Juan (Chocó), el cual inunda una gran cuenca hidrográfica que incluye parte de los departamentos del Chocó y Valle del Cauca y tiene una basta zona de influencia en el Pacífico (Garay, 2001). Su contribución al aporte en el Pacífico es muy significativa, llegando a ser el 40,7% del caudal total, el 1,9 % del aporte de carga en términos de DBO<sub>5</sub> y un 18,7% en carga de Coliformes fecales. Le siguen en importancia los ríos del departamento de Nariño, el río Iscuandé y río Mira, los cuales aportan el 29,3% del caudal total, el 95,9% de la carga de DBO<sub>5</sub> y el 37,9% de Coliformes fecales que entra al Pacífico colombiano.

Tabla 5. Cargas que aportan los ríos al Pacífico colombiano.

Departamento	Ríos	Caudal	DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PO <sub>4</sub>	HDD	OCT	CFS	CTT	CD	CR	PB
		m <sup>3</sup> seg <sup>-1</sup>	ton dia <sup>-1</sup>	ton dia <sup>-1</sup>	ton dia <sup>-1</sup>	kg dia <sup>-1</sup>	kg dia <sup>-1</sup>	kg dia <sup>-1</sup>	NMP* 10 <sup>11</sup> dia <sup>-1</sup>	NMP* 10 <sup>11</sup> dia <sup>-1</sup>	Kg dia <sup>-1</sup>	kg dia <sup>-1</sup>	Kg dia <sup>-1</sup>
Choco	San Juan	2054,2	79,9	14775,4	32,3	10,6	115,36	-	59753	1902616	1064,9	-	4259,6
	Anchicayá	79,6	3,1	343,2	2,8	0,4	35,63	-	1146	58091	41,3	-	165,1
	Dagua	79,6	4,8	157,1	0,7	0,0	6,19	-	2315	4058	-	-	-
Valle Del Cauca	Potodo	60,0	2,9	87,6	0,6	0,0	2,59	-	897	1630	-	-	-
	Raposo	70,0	4,2	293,9	0,8	0,4	-	-	804	13709	36,3	-	145,2
Cauca	Micay	625,8	-	3653,8	5,7	0,1	59,75	475,80	98676	766430	104,7	94,3	2422,3
	Guapi	600,0	72,6	2604,5	1,9	0,1	718,16	1,55	34733	160704	77,0	67,1	2589,4
	Mira	877,7	3935,7	1054,1	10,8	1,6	300,30	436,29	38018	116783	172,8	159,2	1385,3
Nariño	Iscuandé	600,0	-	1235,6	2,3	0,1	346,29	394,76	82944	82944	99,9	57,6	-
<b>Total</b>		5046,9	4103,3	24205,4	57,8	13,3	1584,30	1308,40	319286	3106965	1596,8	378,3	10966,8

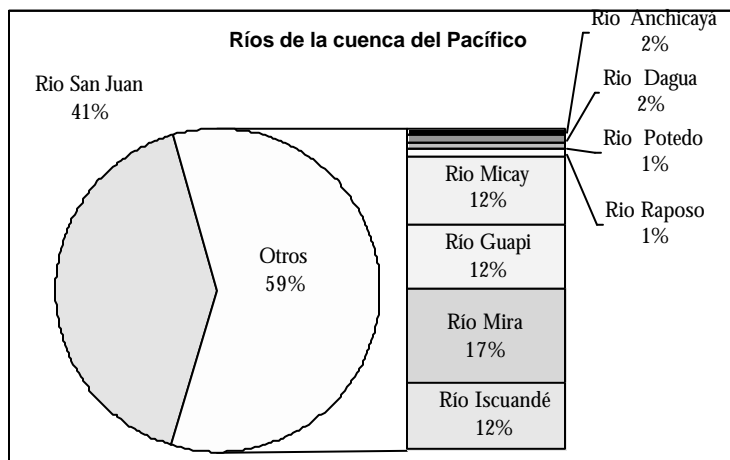


Figura 18. Aportes en términos de caudal de los principales ríos de la cuenca del Pacífico colombiana.

#### ▪ Vertimientos Domésticos

Las aguas servidas han sido identificadas como uno de los mayores contaminantes que afectan el medio costero del Pacífico colombiano. Aproximadamente  $87.211 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$  de aguas servidas urbanas sin ningún tipo de tratamiento fueron arrojadas en el 2001 a las zonas costeras, representadas en residuos líquidos de cerca 374.631 habitantes (Figura 19) de las principales ciudades y asentamientos humanos costeros. El 91,5% de la carga orgánica y bacteriana lo aportan las ciudades costeras de los departamentos de Valle del Cauca y Nariño, especialmente las ciudades de Buenaventura y Tumaco (Figura 20), cuya población sumada representa el 86,6% del total de la población costera del Pacífico colombiano. Los principales efectos se manifiestan en el deterioro de la calidad de las aguas desde el punto de vista sanitario, al punto de convertirse en un problema de salud pública, con un impacto mayor en zonas turísticas como Juanchaco y Ladrilleros en el Valle del Cauca y Tumaco en Nariño.



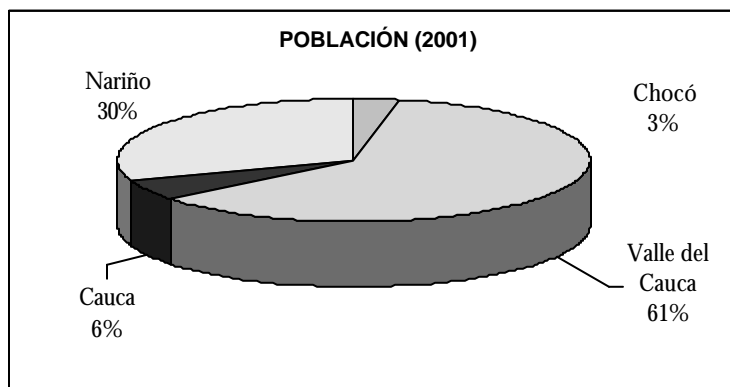


Figura 19. Comparación porcentual de la población que habita en los municipios costeros de los departamentos del Pacífico colombiano.

#### ▪ Vertimientos Industriales

Las descargas de residuos líquidos de las actividades industriales en las zonas costeras del Pacífico colombiano se concentran especialmente en Buenaventura y Tumaco. Actividades como el procesamiento de alimentos (pescado y mariscos) y la explotación y tratamiento de madera, representan los mayores problemas de contaminación de este sector. Por sus características específicas, la actividad industrial en la región genera principalmente residuos de tipo orgánico que provocan fenómenos de enriquecimiento excesivo de nutrientes que pueden producir fenómenos como eutroficación y explosiones algales cerca de la costa.

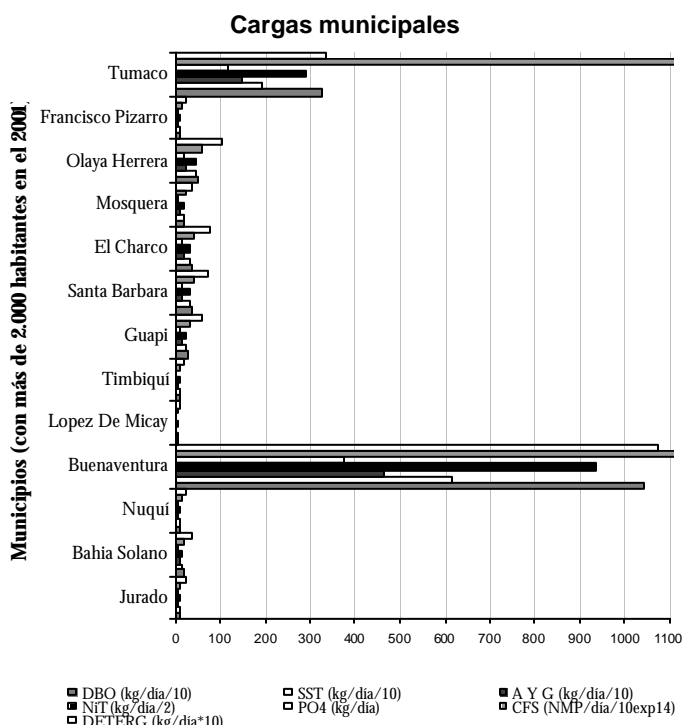


Figura 20. Cargas orgánicas y contaminantes aportadas por los municipios de la costa del Pacífico colombiano

### ■ Aguas residuales Agrícolas y Pecuarias

La mayor fuente de estos compuestos la constituyen las escorrentías de los ríos que atraviesan zonas de cultivo o poblaciones, especialmente los ríos que desembocan en la ensenada de Tumaco (Rosario, Mexicano), y los ríos Patía, Mira y San Juan. Además, del aporte indirecto de los cultivos de papa y la zona agrícola del altiplano Nariñense que desaguan las escorrentías a través de varios afluentes hacia el río Mira y el Patía.

Las campañas contra el mosquito transmisor de la malaria, la fumigación de cultivos ilícitos y actividades para el tratamiento de la madera se constituyen en otras fuentes importantes de plaguicidas al medio marino. [HIPERVÍNCULO](#)

## ▪ Puertos y Transporte Marítimo

Los residuos oleosos producto de las actividades marítimas y portuarias, representan también un gran problema para la región del Pacífico colombiano. Dadas la escasez de vías de acceso terrestres, gran parte del transporte en esta costa se realiza por vía marítima, utilizando embarcaciones de poco tamaño que parten desde Buenaventura o Tumaco hacia todas las poblaciones costeras y ribereñas de la región. El transporte marítimo de cabotaje genera una parte importante de los residuos oleosos eliminados en las zonas costeras y marinas del Pacífico, especialmente aguas de sentinas y residuos de aceites lubricantes.

En Buenaventura se ubica el principal puerto internacional del Pacífico colombiano, que mueve el 60% de la carga de exportación a nivel nacional. Se calcula que esta zona recibe aproximadamente unas 3.000 toneladas mensuales de aguas de sentinas, incluyendo lo generado por las embarcaciones de cabotaje y algunos buques de tránsito internacional antiguos que no disponen de equipos MARPOL abordó.

## ▪ Actividades Mineras

En los departamentos de Chocó, Cauca, Valle del Cauca y Nariño se desarrolla minería del oro de aluvión a tajo abierto, en donde extraen oro como producto principal y plata, platino, zinc y plomo, como subproductos en los diferentes tipos de minas. En esta región, las minas se explotan de forma artesanal, para subsistencia e incluso de forma ilegal. El principal problema de contaminación lo genera la utilización de mercurio y cianuro que son liberados, sin ningún manejo, directamente a los cuerpos de agua (CERI Colombia).

Así mismo, la actividad de exploración, explotación, refinación y usos del petróleo, es generadora en forma crónica de contaminación por hidrocarburos, principalmente en cercanías de Tumaco (Garay, 1996). Aparte de aquellos derrames causados por accidentes marítimos, la explosión deliberada de las tuberías de conducción de crudo constituyen una fuente adicional de derrames que deterioran la calidad de los ríos y costas, así como los organismos asociados. En el periodo comprendido entre 1986 y 1999 se produjeron 654 atentados, que ocasionaron el derrame de 2.116 kB, que generaron costos en descontaminación por US\$ 35,7 millones (ECOPETROL, 2000).

## ▪ Calidad de las aguas

Los rangos en que se presentaron los valores de todas las variables medidas se muestran en la Tabla 6. En la Figura 21 se representan gráficamente los puntos y áreas en donde los niveles de contaminantes se encuentran por encima de los valores normales, considerados como

referencia de aguas de buena calidad. En el Pacífico, las aguas costeras que mostraron valores de las variables fisicoquímicas por fuera de los rangos normales se encontraron en la bahía de Buenaventura, los ríos Micay y Saija en el Cauca y La Tola en Nariño.

Tabla 6. Rangos de las variables registradas en el Pacífico.

Variable	HDD	OCT	Cd	Cr	Pb	Ct	Cf	
Unidad	µg l <sup>-1</sup>	ng l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>	NMP 100 <sup>-1</sup>	NMP 100 <sup>-1</sup>	
Rango	Mínimo	0,04	0,03	0,00037	0,00012	0,00073	3,6	0
	Máximo	33.70	94.0	0,01953	0,0022	0,31740	660000.0	240000

Históricamente, las zonas más afectadas por los hidrocarburos disueltos y dispersos son Buenaventura y Tumaco. En un grado de impacto medio se encuentran Guapi, Bahía Solano y Ladrilleros. Regiones como el norte del Chocó y Cauca y el sur del Valle del Cauca permanecen relativamente limpias de estos compuestos. Según los muestreos realizados durante el 2001 y 2002, el impacto por hidrocarburos es alto y crónico en la bahía de Buenaventura y Tumaco y medio en algunos sectores localizados como La Tola, Guapi y Bahía Solano, donde se reporta la venta de combustibles y el tránsito de embarcaciones pequeñas.

A pesar de ser una región con reducido desarrollo agrícola, los niveles de residuos organoclorados fueron más elevados de lo que se podría esperar (hasta  $94 \text{ ng l}^{-1}$ ), en sitios como El Valle y Nuquí en el Chocó, Guapi y Timbiquí en Cauca y las desembocaduras de los ríos Mira y La Tola en Nariño. Probablemente estas concentraciones se deban al uso de compuestos organoclorados para campañas antimaláricas y las campañas de fumigación de cultivos ilícitos, aunque hasta no realizar estudios detallados, no se descarta la utilización intensiva de agroquímicos en las partes bajas de las cuencas. A nivel nacional en 1974, por medio de las Resoluciones 447 del 6 de diciembre de 1974 y 209 del 12 de mayo de 1978, expedidas por el Ministerio de Agricultura, se prohibió el uso y venta de insecticidas organoclorados en cultivos de tabaco y café, respectivamente. La Resolución 010255 de 1993, prohibió la importación, producción, comercialización y aplicación de lindano, heptacloro, dieldrin, DDT y otros organoclorados. Pero esta misma resolución autorizó el uso provisional de lindano como parasitocida y DDT como antimalárico, hasta disponer de sustitutos eficaces para estos dos organoclorados. Estas decisiones hacen suponer la utilización de dichas sustancias hasta hace pocos años. Con respecto a los metales pesados, las aguas costeras no presentan contaminación notable por los elementos analizados.

Los niveles de contaminantes microbiológicos en el Pacífico son preocupantes. La mayoría de las playas monitoreadas durante el 2002 sobrepasaron los niveles de Coliformes fecales

contemplados en el artículo 42 del decreto 1594 de 1984. Estos resultados son consecuencia del vertimiento directo de aguas servidas urbanas en el sector costero, poca cobertura del sistema de alcantarillado, lixiviados de basuras y pozos sépticos, así como un deficiente manejo de los vertimientos domésticos. Los mayores niveles de los indicadores de contaminación fecal se presentan en la época lluviosa como efecto de un mayor contenido de Coliformes fecales provenientes de los tributarios que desembocan en esta zona. Por otra parte, se identifica la playa Punta Huina en el departamento del Chocó como apta para su uso en actividades de contacto primario y secundario, al no sobrepasar sus límites permisibles de Coliformes fecales tanto en época seca (Figura 22) como lluviosa (Figura 23).

Según los resultados obtenidos, en la costa del Pacífico colombiano se presentan tres áreas críticas por contaminación; estas son:

- **Buenaventura:** en Buenaventura convergen diversas actividades, como el transporte de carga a través de uno de los puertos más importantes del país y el turismo, lo que sumado a la falta de manejo adecuado de vertimientos domésticos ha ocasionado la presencia de niveles altos y persistentes de contaminantes en sus aguas.
- **Guapi:** a pesar de ser un municipio con una población relativamente baja, resulta sorprendente encontrar que se presentan niveles altos persistentes de hidrocarburos, plaguicidas y coliformes fecales, hecho que hace necesario realizar una investigación más detallada.
- **La Tola:** en el departamento de Nariño resultó sorprendente encontrar que en La Tola, por encima de Tumaco, se presentan valores que sobrepasan los niveles de referencia, en más de tres de las variables analizadas. Es necesario realizar un mayor número de muestreos para confirmar los resultados y hacer un estudio más detallado de las causas de este fenómeno.

En Tumaco se presentaron niveles elevados de hidrocarburos y coliformes fecales, mas no de otras variables, lo cual condujo a que no fuera incluida como una de las áreas críticas. Sin embargo, considerando que es la segunda ciudad en tamaño poblacional e infraestructura de la costa del Pacífico colombiano, es necesario realizar estudios más detallados para ratificar esta conclusión.

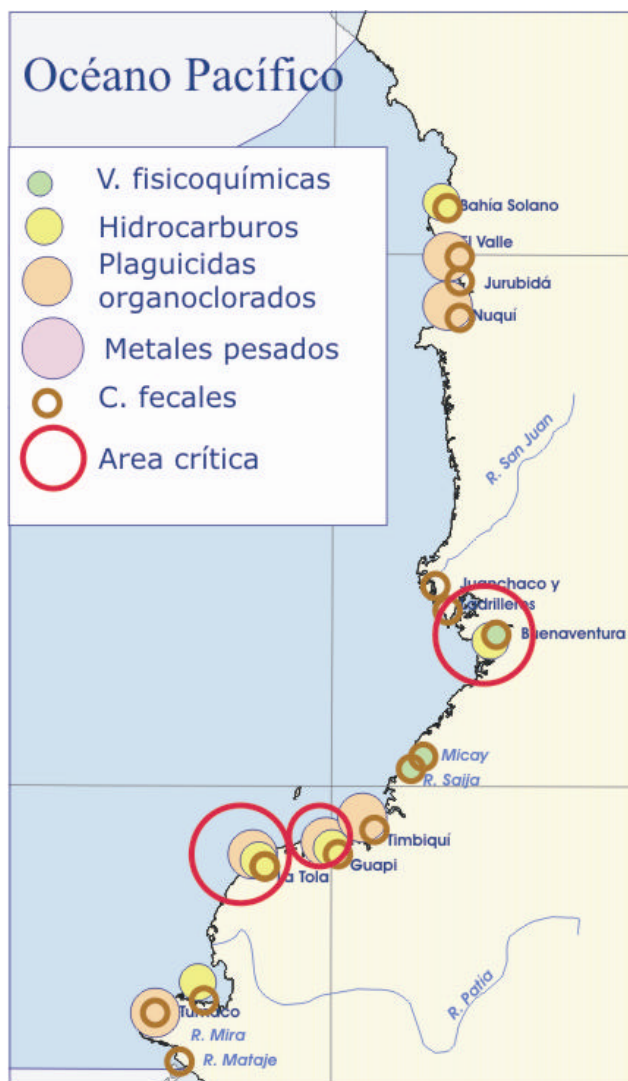


Figura 21. Zonas de la costa del Pacífico en las que se presentan valores altos recurrentes de contaminación de las aguas.

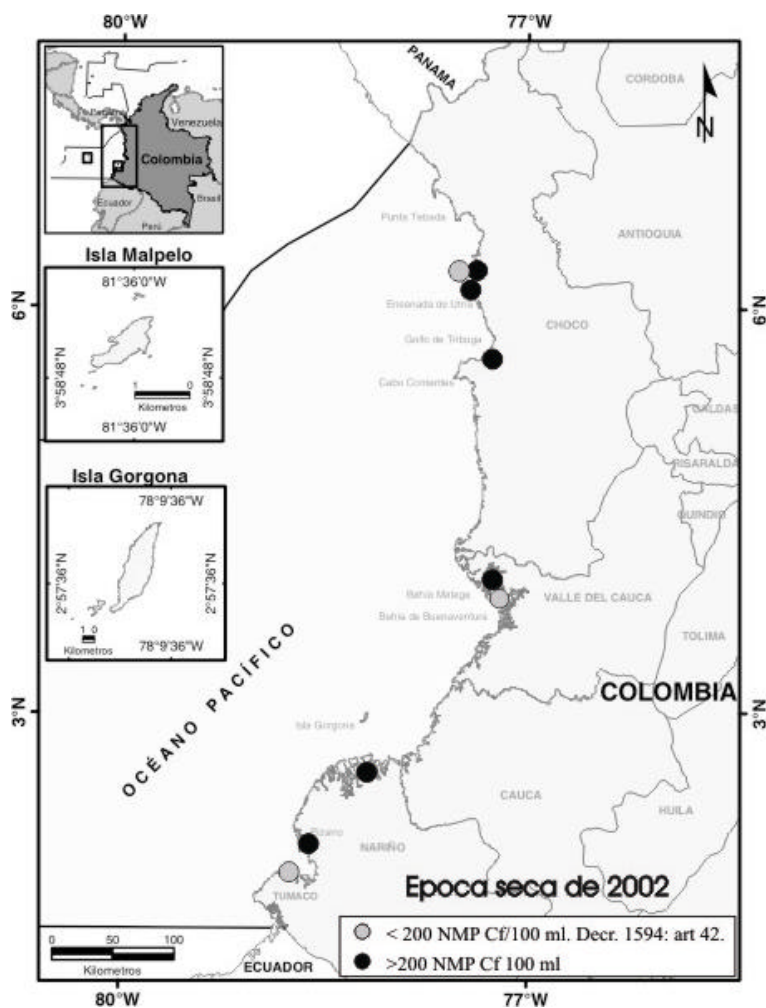


Figura 22. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Pacífica durante la época seca de 2002.

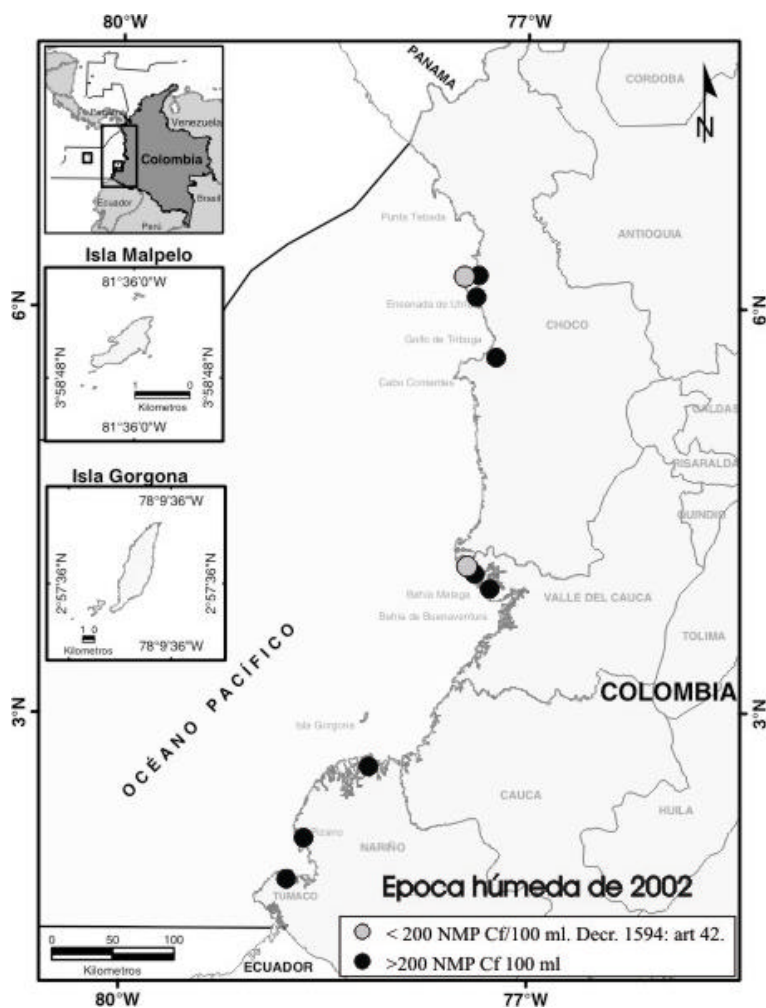


Figura 23. Distribución espacial de Coliformes fecales en las principales playas de la costa Pacífica durante la época húmeda de 2002.



### 3.3 Literatura Citada

- Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding y D. McAllister. 2001. Coastal ecosystems. Pilot Analysis of Global Ecosystems. World Resources Institute. 50 p.
- CERI Colombia. Sin año. Evaluación de un estudio ambiental sectorial. Colombia. Sectores hidrocarburíferos y mineros. Komex International Ltd. pp.4-1 a 4-40.
- DNP. 2000. Sector minero en Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Unidad de infraestructura y energía. 26 p.
- ECOPETROL – ICP. 1991. Aguas aceitosas tratamiento primario y disposición final. Empresa Colombiana de Petroleos – Instituto Colombiano del Petróleo. Caps. 1-3
- ECOPETROL. 2000. Estadísticas de la industria petrolera. Empresa Colombiana de Petróleos, Dirección de Planeación Corporativa. Bogotá. 125 p.
- Escobar, J. y U. Barg. 1990. La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. CEPAL. Serie Recursos naturales e infraestructura. No. 50. 68 p.
- Garay, J.A. 1994. Inventario sobre capacidades portuarias para recepción y manejo de residuos contaminantes provenientes de buques - fase II (Barranquilla y Santa Marta). Bol. Cient. CIOH, No 15. p. 67-92. Cartagena, Colombia.
- , J.A. 1997. Informe Final Proyecto GEF-UNEP. CIOH. Cartagena, Colombia.
- , J.A. 2001. Fuentes de contaminación de origen terrestre y marítimo que afectan las zonas marino costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Vías de entrada a los sistemas marinos y su impacto. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Informe Final. Tomo I. 31 p.
- Garay, J.A.; L.A. Castro y C. Ospina, 1992. Contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo en el litoral Caribe colombiano. Cispata hacia Riohacha. Bol. Cient. CIOH, No 10. Cartagena, Colombia.
- Garay, J.A., B. Marín, N. Calvano, G. Ramírez, W. Troncoso, O.L. Medina, A.M. Vélez, H. Lozano, B. Cadavid, J. Acosta, A. Lancheros y M. Rondón. 2001. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Tomo II. Informe Final. INVEMAR. 260 p.
- Garay, J.A., B. Marín, G. Ramírez, J. Betancourt, W. Troncoso, M.L. Gómez, B. Cadavid, A.M. Vélez, D. Roza, P. Lozano, M. Casas, L. Arias y L.J. Vivas. 2002. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Diagnóstico 2002. INVEMAR. 260 p.
- Garzón-Ferreira, J. 1998. Problemática ambiental en los mares colombianos. Colombia patria de tres mares – Expolisboa 98. pp 214 – 220
- GESAMP. 2001 a. A sea of troubles. IMO/FAO/UNESCO-IOC/ WMO/WHO/IAEA /UN/UNEP Joint Group of Experts on the scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP). Reports and Studies. No. 70. 35 p.
- GESAMP. 2001 b. Protecting the oceans from land based activities. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP). Reports and Studies. No. 71. 162 p.
- Harrison, J. y Perrey, B. 1975. Human effects from oil discharges. En: La contaminación marina en el Pacífico Colombiano bajo un enfoque social y económico. Bol. Cient. CCCP, No 5.

- 
- IDEAM. 1998 El medio ambiente en Colombia. Ed. Pablo Leyva. 475 p.
- Lamparczyk, H., R.J. Ochocka, J. Gryzbowski, J. Halkiewicz & A. Radecki. 1988. Parameters related to pollution by n-alkanes and PAH in Baltic water and sediments. *Mar.Poll.*, 19(5): 222-226 .1988
- MMA – UNIANDES. Sin año. Fotocopia. Manejo integrado de residuos sólidos municipales. Ministerio del Medio Ambiente – Universidad de Los Andes. 186 p.
- Schubel, J.R. 1994. Coastal pollution and waste management. *Environmental science in the coastal zone: issues for further research*. National Academy of Sciences. pp 124-144.
- UNEP. 1999. Evaluación sobre las fuentes terrestres y actividades que afectan el medio marino, costero y de aguas dulces asociadas en la región del Gran Caribe. *Informes y estudios del Programa Mares Regionales*, No. 172. 142 p.

# CAPITULO III

## ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

## 4 ESTADO DE LOS ARRECIFES CORALINOS EN COLOMBIA

Jaime Garzón-Ferreira<sup>5</sup>, Alberto Rodríguez-Ramírez, Sonia Bejarano-Chavarro,

Raúl Navas-Camacho y Catalina Reyes-Nivia<sup>6</sup>

### 4.1 Definición e Importancia de los Arrecifes Coralinos

Los arrecifes de coral conforman uno de los ecosistemas más destacados y valiosos del planeta, gracias a su enorme biodiversidad (equiparada únicamente por la de los bosques tropicales), su elevada productividad, sus apreciados recursos pesqueros y su espectacular belleza escénica (Garzón-Ferreira, 1997). Se desarrollan con mayor vigor en aguas claras e iluminadas de la zona costera de mares tropicales, en particular en los alrededores de islas y bajos localizados lejos de las descargas continentales, a profundidades menores de 50 m. En dichas áreas constituyen estructuras rígidas notables y de relieve complejo que se elevan desde el fondo hacia la superficie, las cuales pueden llegar a modificar notablemente el paisaje y el relieve submarinos por largos periodos de tiempo (cientos a miles de años). Esta característica les permite ofrecer una enorme variedad y cantidad de habitats estables para el asentamiento y proliferación de la vida marina. Los corales pétreos, invertebrados coloniales de vida sésil pertenecientes al grupo de los celenterados (órdenes Scleractinia y Milleporina), son los constructores primordiales del ecosistema arrecifal, ayudados por las algas calcáreas y otros grupos de invertebrados como esponjas, octocorales y zoantidios. En el sustrato generado por los pólipos coralinos mediante la precipitación y acumulación de los carbonatos para su esqueleto de soporte, así como en las innumerables grietas y cuevas resultantes de la erosión posterior del arrecife, pueden hallar refugio miles de especies de otros grupos tan diversos como gusanos poliquetos, crustáceos, moluscos, equinodermos, tunicados y peces. La acumulación de roca calcárea por los arrecifes puede alcanzar magnitudes enormes, de cientos de metros de espesor y miles de kilómetros de extensión (Birkeland, 1997), de tal suerte que su importancia geológica es también considerable.

---

<sup>5</sup> INVEMAR, Coordinador Línea de Monitoreo y Conservación, Programa BEM. jgarzon@invemar.org.co

<sup>6</sup> INVEMAR, Investigadores SIMAC, Programa BEM

Islas enteras han sido formadas mayormente por el crecimiento de los corales y son protegidas de la erosión marina por barreras arrecifales, como es el caso de la isla colombiana de San Andrés en el Caribe, al tanto que sus playas blancas han resultado en gran medida de la fragmentación de la roca coralina. Gracias a la eficiente maquinaria simbiótica de los corales con las zooxantelas (algas microscópicas que crecen dentro del tejido coralino), la productividad primaria en los arrecifes es sorprendentemente elevada para un ecosistema que se desarrolla en aguas pobres en nutrientes. Muchas poblaciones costeras han subsistido tradicionalmente de las pesquerías en áreas arrecifales, de donde se extraen recursos de gran valor como langostas, cangrejos, pulpos, caracoles, pargos, meros, chernas, etc. Uno de los mayores potenciales económicos en la actualidad para las naciones que poseen arrecifes de coral lo constituye el desarrollo del turismo, pues la espectacularidad del paisaje costero y submarino generado por este ecosistema, atrae cada día más visitantes a estas áreas, generando ganancias del orden de varios miles de millones de dólares en sitios como los cayos de Florida y el Caribe (Birkeland, 1997).

## **4.2 Distribución y Extensión de los Arrecifes de Coral en Colombia**

Debido a la presencia de grandes ríos y la predominancia de ambientes sedimentarios, los arrecifes coralinos son escasos en las costas colombianas y por ello constituyen aquí un recurso máspreciado que en otras naciones con formaciones más extensas (Garzón-Ferreira, 1997). De acuerdo con la evaluación reciente de Díaz *et al.* (2000), Colombia posee cerca de 2900 km<sup>2</sup> de áreas coralinas, de los cuales 1091 km<sup>2</sup> comprenden fondos con alta cobertura arrecifal que representan menos del 0,4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001). Del total de áreas coralinas, apenas una fracción muy pequeña (15 km<sup>2</sup>) se encuentra en la costa del Pacífico, en solo cuatro localidades principales: Isla Gorgona, Ensenada de Utría, Punta Tebada e Isla Malpelo. De las áreas coralinas en el Caribe, la mayor parte (77%) se halla alrededor de las islas, bajos y atolones oceánicos del archipiélago de San Andrés y Providencia, donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados. El resto se encuentra distribuido en numerosas localidades a lo largo de la costa continental, pero con las formaciones más importantes en las Islas de San Bernardo, Islas del Rosario-Barú, Isla Fuerte y bajos aledaños, Bajo Tortugas, Santa Marta-Parque Tayrona y Urabá chocoano (Figuras 24 y 25, Tabla 7). Además de presentar mayor extensión y desarrollo, las áreas arrecifales del Caribe albergan una diversidad de especies coralinas mucho más alta (20-53) que las del Pacífico (10-21) (Díaz *et al.*, 2000).

Tabla 7. Tipo de formación predominante y extensión (km<sup>2</sup>) de las áreas coralinas en los territorios colombianos del Caribe y del Pacífico. Se incluye la extensión total y la extensión ocupada por fondos con cobertura coralina viva relevante (tomado de Díaz *et al.*, 2000). Las áreas que se encuentran dentro del Sistema Nacional de Areas Protegidas (SINAP) se señalan con un asterisco.

Nombre	Tipo de formación principal	Extensión total	Extensión coralina
<b>Caribe Oceánicas</b>			
Cayos Albuquerque	Atolón anular	63,8	30,2
Cayos Courtown	Atolón semianular	50,3	25,6
Isla de San Andrés	Complejo arrecifal	97,5	44,7
Isla de Providencia	Complejo arrecifal	285,2	124,9
Banco Roncador	Atolón semianular	50,1	29,8
Banco Serrana	Atolón semianular	321,4	74,4
Banco Quitasueño	Banco coralino	1320,2	496,0
<b>Subtotal</b>		<b>2188,5</b>	<b>825,6</b>
<b>Caribe Continentales</b>			
Urabá chocoano	Arrecifes franjeantes	3,5	1,0
Isla Tortuguilla	Arrecife franjeante	1,5	0,7
Isla Fuerte, bajos Bushnell y Burbujas	Arrecife franjeante y bancos coralinos	32,5	16,6
Islas de San Bernardo *	Complejo arrecifal	213,3	134,5
Bajo Tortugas *	Banco coralino	21,4	17,4
Islas del Rosario-Barú *	Complejo arrecifal	145,3	67,6
Bajos Salmedina	Bancos coralinos	7,5	7,5
Isla Arena	Arrecife franjeante	0,2	0,1
Banco de las Animas	Tapete coralino	70,5	7,6
S. Marta-Parque Tayrona *	Arrecifes franjeantes	9,3	6,7
Guajira	Tapetes coralinos	151,8	5,0 (?)
<b>Subtotal</b>		<b>656,8</b>	<b>264,7</b>
<b>Pacífico</b>			
Isla Malpelo *	Tapetes franjeantes	0,4	0,01
Isla Gorgona *	Arrecifes franjeantes	14,1	0,3
Cupica-Utría *	Arrecifes franjeantes	0,2 (?)	0,2 (?)
<b>Subtotal</b>		<b>14,7</b>	<b>0,5</b>
<b>TOTAL</b>		<b>2860,0</b>	<b>1090,8</b>

### 4.3 Estado de los Arrecifes en el 2002

El presente diagnóstico se fundamenta en los datos obtenidos dentro del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (SIMAC), bajo la coordinación del INVEMAR y con el apoyo de COLCIENCIAS-BID (2105-09-327-97), Minambiente-FONAM (crédito BID 774 OC/CO), UNEP-UCR/CAR, CORALINA, UAESPNN, CEINER, Universidad del Valle, Universidad de Antioquia y Universidad Jorge Tadeo Lozano. Entre 1998 y 2002, el SIMAC ha realizado monitoreos en la Isla de San Andrés, la Bahía de Chengue (Parque Natural Tayrona), las Islas del Rosario y la Isla de Gorgona (Figuras 24 y 25), en varios niveles de profundidad entre los 2 y 19 m. Además, en el 2002 se amplió el programa para cubrir también estaciones en las Islas de San Bernardo, el Urabá Chocoano y la Ensenada de Utría. En cada área geográfica se establecieron 6 parcelas permanentes en las cuales se han efectuado mediciones una vez al año de la cobertura de corales y otros organismos sésiles (esponjas, algas, octocorales, etc), de la densidad de gorgonáceos, de la incidencia de enfermedades coralinas, de la densidad de invertebrados vágiles importantes y de la riqueza y abundancia de peces.

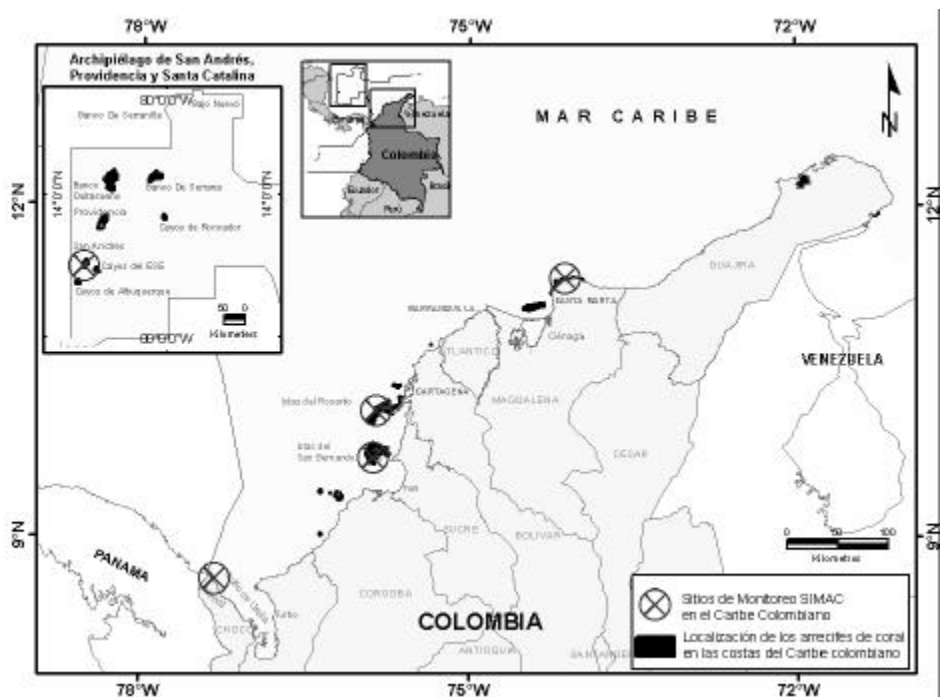


Figura 24. Distribución de las áreas coralinas del Caribe colombiano y ubicación de las estaciones de monitoreo SIMAC.

Las variables evaluadas dentro del SIMAC, así como los procedimientos metodológicos y la ubicación precisa de estaciones y transectos de monitoreo, se hallan descritos detalladamente en el manual de métodos del programa (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a). Todos los datos obtenidos se encuentran almacenados en una base de datos especial con módulos de alimentación y consulta a través de internet (SISMAC: Sistema de Información y Soporte para el Monitoreo de Arrecifes Coralinos), dentro del Sistema Nacional de Información Ambiental Marina en INVEMAR (Arias, 2002).

Aparte de los datos utilizados para el presente informe, la corporación CORALINA obtuvo en el 2002 información sobre el estado de los arrecifes en estaciones adicionales de las Islas de San Andrés y Providencia, usando la misma metodología del SIMAC. Dicha información fue suministrada al SIMAC a comienzos del 2003, pero no alcanzó a ser analizada para este documento; sin embargo, se tiene proyectado integrar toda esa información adicional para el siguiente informe. Al considerar que en Colombia existen al menos 24 áreas coralinas diferentes (21 en el Caribe y 3 en el Pacífico), con una extensión total cercana a los 3000 km<sup>2</sup> (Díaz *et al.*, 2000), y que la información que se tiene para su diagnóstico en el 2002 procede de unas pocas estaciones en apenas siete áreas de estas, resulta evidente que la muestra dista mucho de ser representativa y por lo tanto las tendencias y conclusiones que se presentan a continuación no pueden ser extrapoladas ni generalizadas para ilustrar lo que sucede actualmente en los arrecifes colombianos. Para llegar a producir un diagnóstico suficiente es necesario en primer lugar mantener al menos los programas de monitoreo existentes y por otra parte trabajar año tras año en la ampliación progresiva de su cobertura tanto geográfica como temática.

### **4.3.1 Cobertura del sustrato arrecifal**

La cantidad relativa o proporción de superficie del fondo marino cubierta por los corales pétreos es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la salud de los arrecifes coralinos, en razón de que estos organismos son los constructores fundamentales del ecosistema. De igual forma, el estudio de los cambios en la cobertura de las algas se ha estado empleando recientemente para este propósito, debido a que dichas plantas son competidoras importantes de los corales y han pasado a dominar la superficie de muchos arrecifes luego de los procesos de degradación observados en las últimas décadas. Por ello, en este informe se analizan únicamente los datos de cobertura de estos dos grupos mayores de organismos sésiles, junto con la proporción de sustrato abiótico o inerte. Para las áreas del Caribe (Chengue, San Andrés e Islas del Rosario) se presentan los resultados anuales (1998-2002) a partir de la información obtenida en los tres niveles de profundidad monitoreados, a diferencia de los dos informes anteriores en los que sólo se consideraron los datos del nivel medio. Para Gorgona (Pacífico) también se condensan los dos niveles monitoreados entre 1998 y 2002, y los datos de dos nuevas parcelas de monitoreo instaladas en el 2002. De otro lado, se incluyen los resultados de las nuevas áreas incorporadas al SIMAC durante el 2002: Islas San Bernardo y Urabá chocoano en el Caribe, y la Ensenada de Utría en el Pacífico.



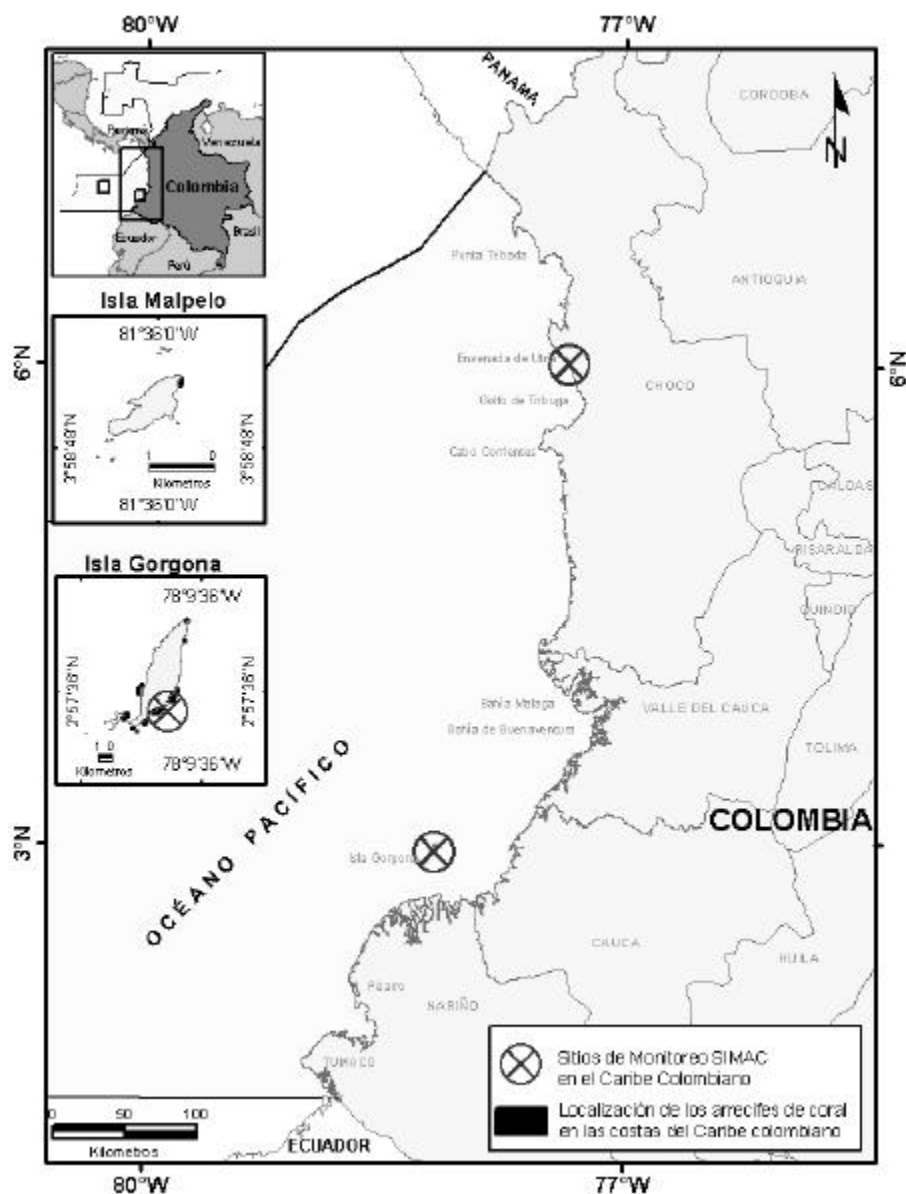


Figura 25. Distribución de las áreas coralinas del Pacífico colombiano y ubicación de las estaciones de monitoreo SIMAC.

Tal como se observa en la Figura 26, la cobertura de los corales no cambió significativamente para el 2002 en las áreas caribeñas, mientras que si se presentaron cambios particulares para las algas y el sustrato abiótico. La bahía de Chengue mantuvo la cobertura de coral registrada en el 2001, la cual ha permanecido prácticamente invariable en los tres últimos años con valores de 30-31%. Se destaca que en Chengue las algas aumentaron su cobertura en el 2002 hasta un valor del 45,9% (casi un 10% más respecto al año inmediatamente anterior). Este incremento algal fue correspondiente con una disminución semejante en la cobertura del sustrato abiótico, el cual bajó a un 22,2% en el 2002 (Figura 26). Las fluctuaciones anuales de la cobertura algal y el sustrato abiótico durante el tiempo de monitoreo en Chengue, reflejan una mayor dinámica para estos dos grupos que para los corales, la cual no se ha relacionado con algún tipo de alteración generada por el hombre, sino al parecer con un comportamiento estacional de algas. Aunque los muestreos se procuran realizar en el mismo periodo del año (octubre-noviembre), esta época coincide con la temporada de lluvias, en donde las comunidades de algas experimentan cambios importantes en su abundancia (Díaz-Pulido y Garzón-Ferreira, 2002; Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, 2003).

En San Andrés luego de que se insinuó una recuperación de la cobertura de los corales en el 2001 (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002b), se presentó una leve disminución (2,8%) y en el 2002 pasó a ser de 17,7%. Si bien este valor no es el menor registrado durante el seguimiento, en términos generales la serie de datos (1998-2002) sugiere que en los sitios de monitoreo de San Andrés hay una tendencia a la reducción de la cobertura de los corales. Considerando que el lugar donde están las estaciones SIMAC presenta una de las comunidades más diversas y mejor conservadas de la isla de San Andrés (Díaz *et al.*, 1995), es necesario no interrumpir el monitoreo para corroborar esta tendencia y determinar sus consecuencias. Entre tanto, la cobertura algal registró un notorio incremento (17%), alcanzando un valor de 52,6% y el sustrato abiótico disminuyó de un 39,2% en el 2001 a un 27,2% en el 2002 (Figura 26). Estos cambios se produjeron básicamente en el nivel somero, donde antes del año 2002 dominaba el sustrato abiótico y ahora las algas (en particular los tapetes) son las predominantes. Aunque se desconoce la causa de esta transición, es importante señalar hasta el momento esto no ha implicado ningún efecto nocivo para los corales. Todo lo anterior sugiere que las principales categorías del sustrato arrecifal en San Andrés están actualmente involucradas en procesos competitivos por espacio, que ameritan la continuidad del monitoreo, no sólo con el propósito de documentar la evolución de los cambios, sino también para determinar sus posibles causas y si es el caso, emprender medidas de manejo, porque ante la aparente reducción de la cobertura coralina, también es llamativo que las algas hayan incrementado sus coberturas.

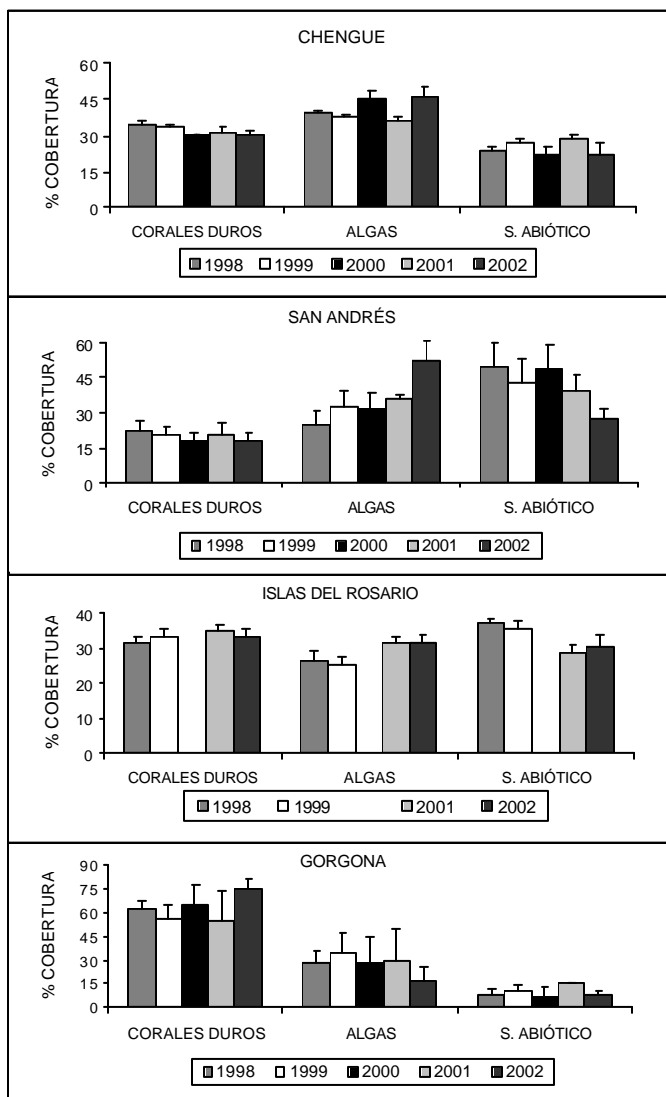


Figura 26. Promedios anuales y errores estándar de la cobertura de los corales duros, las algas y el sustrato abiótico en los diferentes niveles de profundidad de cuatro áreas de monitoreo SIMAC desde 1998 al 2002. Para Islas del Rosario no se pudieron obtener datos en el 2000.

Los arrecifes coralinos monitoreados de las islas del Rosario presentaron en el 2002 una cobertura coralina de 33,2%, que representa una disminución menor al 2% con respecto al año anterior (Figura 26). La cobertura algal permaneció estable en un 31%, mientras que el sustrato abiótico interrumpió la disminución progresiva exhibida durante el periodo 1998-2001 y aumentó de 28,5% (2001) a 30,5% (2002). Ya que las variaciones son tan sutiles, no se asumen cambios relevantes para las Islas del Rosario. Teniendo en cuenta que las Islas del Rosario están sometidas a una fuerte influencia de tensores de origen humano (aguas de origen continental, alta actividad turística, etc.), es interesante encontrar una condición de relativa estabilidad de sus arrecifes en los últimos cinco años.

En las formaciones coralinas de la isla Gorgona se han registrando desde el inicio del seguimiento los valores más altos de cobertura coralina de todas las estaciones monitoreadas. Después de la disminución detectada en el 2001 (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002b), en el año 2002 se aprecia un incremento notable (Figura 26), motivado principalmente por la inclusión de dos nuevas parcelas de monitoreo con altas coberturas (96,6 y 89,7%), las cuales aumentaron a 75% el valor promedio. Sin considerar estas parcelas, de todos modos la cobertura superó el promedio registrado en el 2001 de 55,1% y pasó a 66,2% en el 2002 (el valor más alto desde 1998), lo cual es indudablemente un indicativo de recuperación coralina. El comportamiento de las algas y el sustrato abiótico también refleja la influencia de las nuevas parcelas y para el 2002 estos componentes presentan valores menores de cobertura en relación al 2001 (Figura 26). Lo importante de lo detectado en Gorgona en el 2002 es que se fortalece la idea de que sus corales son capaces de notables recuperaciones después de evidentes mortandades (Zapata *et al.*, 2001) y además que hay muy buenas coberturas de coral, por lo cual se justifican todas las iniciativas para mantener el buen estado de conservación de sus arrecifes.

En cuanto a las nuevas áreas instaladas en el Caribe en el 2002, se destaca que en el Urabá chocoano la cobertura de coral es hasta ahora la más alta de todas las áreas caribeñas con un 40,5% y paradójicamente la cobertura de algas es una de las mayores con un 46,4% (Figuras 26 y 27). Las Islas San Bernardo registran un estado similar a sus vecinas las Islas del Rosario, con una cobertura de coral del 31,6% y de algas del 40,9% (Figura 27). En términos de sustrato abiótico en ambas áreas esta categoría es menos importante (Figura 27). En Utría (la nueva área del Pacífico), la situación es semejante a Gorgona, es decir que los corales dominan ampliamente (57,4%) a las algas y el sustrato abiótico (Figuras 26 y 27).

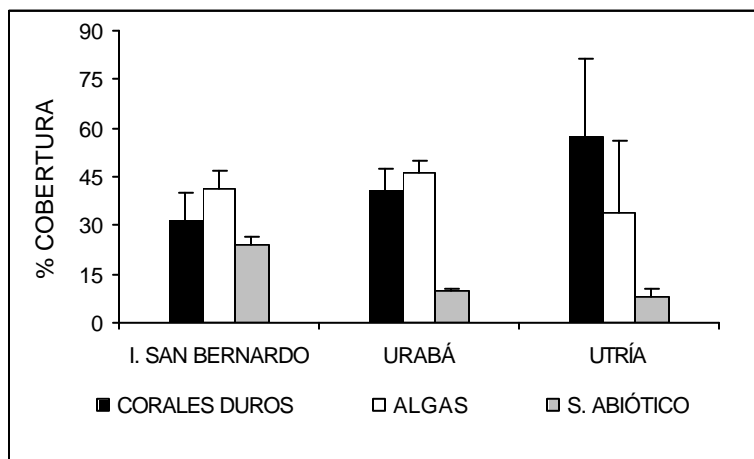


Figura 27. Promedios y errores estándar de la cobertura de los corales duros, las algas y el sustrato abiótico en los diferentes niveles de profundidad de las nuevas áreas de monitoreo SIMAC en el 2002.

### 4.3.2 Incidencia de enfermedades y blanqueamiento coralinos

Las enfermedades en corales pétreos (incluyendo el blanqueamiento como enfermedad fisiológica) se han vuelto eventos comunes en los arrecifes en las últimas décadas y han estado vinculadas 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 ocurridas durante los eventos intensivos de blanqueamiento de 1982-83 y 1997-98, 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. Por tales motivos, su estudio se ha intensificado recientemente y la evaluación de su incidencia en las poblaciones coralinas ha sido incluida ya en numerosos programas de monitoreo de arrecifes.

Los valores promedio de incidencia de enfermedades en las estaciones permanentes SIMAC resultaron nuevamente bajos en el 2002 y presentaron variaciones con respecto al año inmediatamente anterior (Figura 28), disminuyendo visiblemente en las tres áreas del Caribe. Al igual que en todos los años previos, en el 2002 la incidencia de enfermedades fue mucho mayor en San Andrés (5%) que en Chengue (1,1%) e Islas del Rosario (1,3%). Los niveles de blanqueamiento también resultaron bajos en el 2002 y mostraron poca variación con relación al año anterior, disminuyendo ligeramente en San Andrés (1,9 a 1,7%) y aumentando del mismo modo en Islas del Rosario (2,9 a 3,6%) y Chengue (0,8 a 2,2%). En las nuevas áreas del Caribe se encontraron también niveles bajos en la incidencia de enfermedades en el 2002 (4,1% en

Urabá y 3,0% en San Bernardo). Por su parte, los valores de blanqueamiento hallados en las nuevas estaciones del Caribe resultaron también bajos para San Bernardo (1,0%) y comparativamente altos para Urabá (13,7%). Este elevado promedio es el mayor registrado hasta ahora en las áreas evaluadas por el SIMAC en el Caribe desde 1998 y tiene su explicación en la alta incidencia de un tipo de blanqueamiento en forma de lunares redondeados (que al parecer no genera mortalidad del tejido coralino), el cual se encontró en las colonias de *Siderastrea siderea* que dominan los arrecifes de las zonas someras de Urabá y ha sido observado también en otros lugares del Caribe colombiano.

Respecto a los distintos tipos de síndromes observados, los lunares oscuros (ELO) y la plaga blanca (EPB) fueron las enfermedades más frecuentes en el 2002, característica que ha sido constante a lo largo de todo el monitoreo, aunque en este último año se presentó una disminución para ambas enfermedades en las tres áreas del Caribe (Figura 29). La ELO disminuyó en San Andrés de 3,9 a 3,7%, en Chengue de 0,7 a 0,3% y en Islas del Rosario de 0,3 a 0,2%. Por su parte, la incidencia de EPB bajó poco en San Andrés (1,7 a 1,3%) y drásticamente en Rosario (2,1 a 1,1%) y Chengue (2,0 a 0,8%). Estas mismas enfermedades fueron también las más frecuentes en las nuevas estaciones del Caribe en el 2002: la ELO tuvo valores promedio de 2,5 y 2,1% en San Bernardo y Urabá respectivamente, mientras que la EPB alcanzó incidencias de 0,6 y 1,9% en dichas áreas. Otras enfermedades observadas durante el 2002 en el Caribe fueron la banda negra, banda amarilla, banda roja, banda blanca y “white pox”, pero todas registraron valores promedio inferiores al 0,4%.

Al igual que en años anteriores, durante los monitoreos del 2002 no se registró la presencia de ninguna enfermedad conocida en corales pétreos del Pacífico colombiano, con excepción del blanqueamiento. En relación con este, las estaciones de Gorgona han mostrado una reducción sostenida desde 1998 (14,3%), año en que se presentó uno de los eventos más fuertes del fenómeno del El Niño en todo el mundo, a valores de 2,2% en 1999 y 1% en el 2002 (no se poseen datos confiables para los años 2000 y 2001). Las nuevas estaciones montadas en la Ensenada de Utría presentaron un valor de 5,3% en la incidencia de blanqueamiento para el año de 2002. En general, persiste la duda del porqué de las variaciones interanuales registradas por el SIMAC en la incidencia de enfermedades y blanqueamiento. El conocimiento actual sobre la dinámica natural de estos factores es muy escaso y por esta razón es necesario continuar con los monitoreos, a fin de recabar nuevos datos que permitan entender su papel real en el deterioro de los arrecifes coralinos.

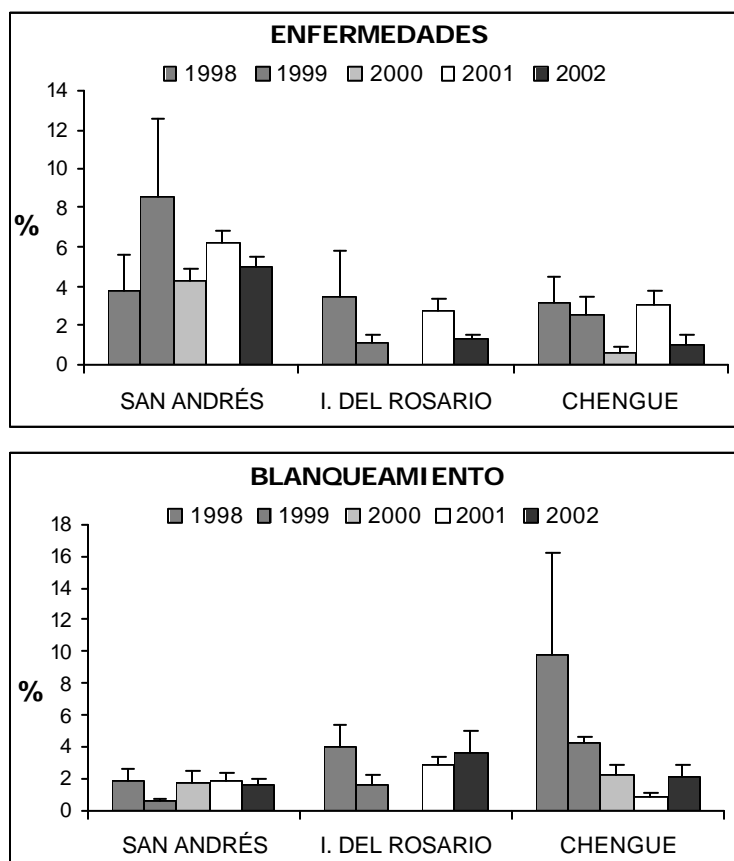


Figura 28. Promedios generales y errores estándar de la incidencia de enfermedades y blanqueamiento en corales pétreos de tres áreas de monitoreo SIMAC en el Caribe entre los años 1998 y 2002. No se tienen datos de I. del Rosario para el año 2000.

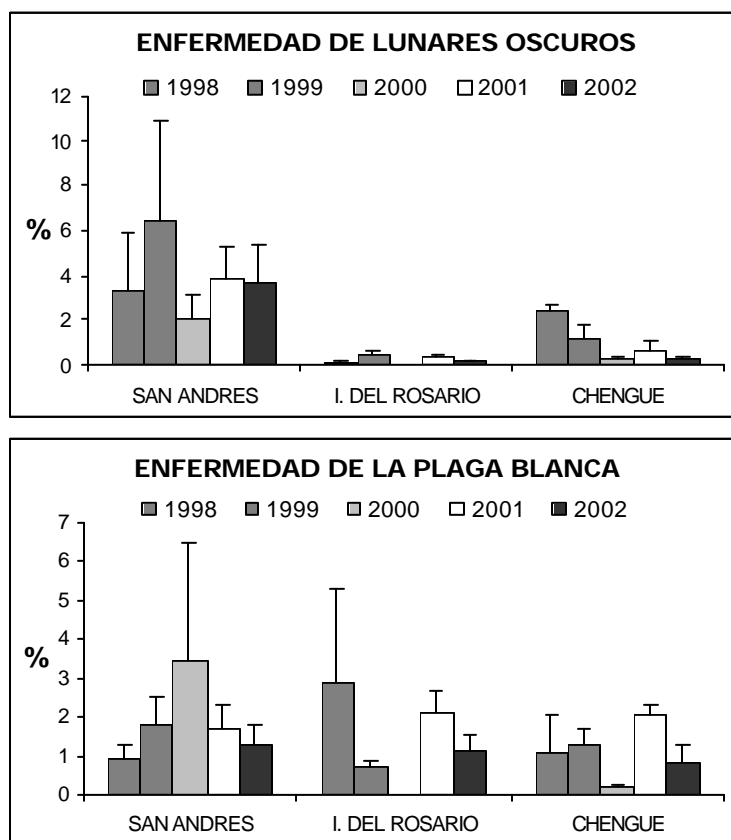


Figura 29. Promedios generales y errores estándar de la incidencia de las enfermedades de lunares oscuros y plaga blanca entre los años 1998 y 2002, en corales pétreos de tres áreas de monitoreo SIMAC en el Caribe. No se incluyen datos de I. del Rosario para el año 2000.

### 4.3.3 Abundancia de Gorgonáceos Erectos

Aunque los corales blandos o gorgonáceos erectos forman parte de la comunidad de organismos sésiles del arrecife, su forma de crecimiento arborescente hace que resulten subestimados en las evaluaciones de cobertura del sustrato arrecifal, por lo cual las estimaciones de su abundancia deben hacerse por aparte y utilizando métodos diferentes. Se presenta por primera vez información sobre la abundancia promedio de gorgonáceos erectos (incluyendo las



formas de crecimiento en abanicos, ramas o varas, plumas y látigos) para las cinco áreas monitoreadas por el SIMAC en el Caribe colombiano, integrando los datos de los diferentes niveles de profundidad. En las estaciones del Pacífico no se han encontrado estos organismos dentro de las parcelas de monitoreo. En la Bahía de Chengue, donde se cuenta con información de más largo plazo para las parcelas ubicadas en el nivel medio de profundidad (Figura 30a), se observa que la abundancia promedio de gorgonáceos ha fluctuado de forma irregular durante los últimos 8 años, entre un mínimo de 7 colonias transecto<sup>-1</sup> en los años 1997 y 2002 y un máximo de 10 colonias transecto<sup>-1</sup> en 1994 y 2001. En todos los años se observa una gran variabilidad de tal abundancia al interior del nivel de profundidad monitoreado (errores estándar altos), probablemente debido a que estos organismos presentan una distribución agregada y parchosa, como ha sido comúnmente registrado por varios autores en las comunidades de corales blandos (Dinesen, 1983; Jordan y Nugent, 1978; Lasker, 1990).

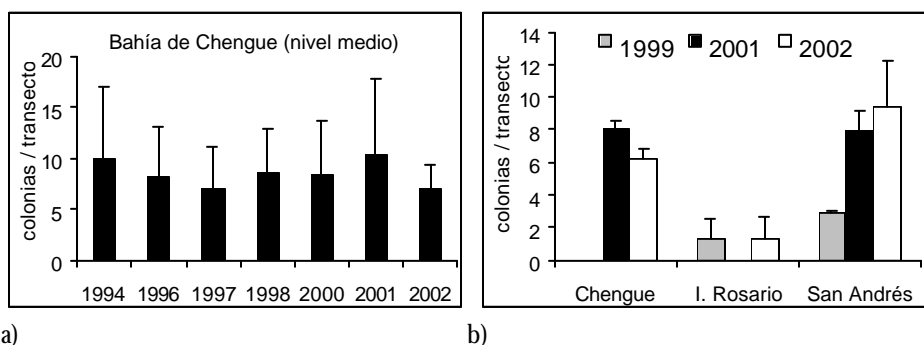


Figura 30. Abundancia promedio y error estándar de gorgonáceos en tres áreas monitoreadas por el SIMAC en el Caribe, expresada como el número de colonias que interceptan un transecto de 10 m en a) Nivel intermedio de profundidad en la Bahía de Chengue (años 1994-2002) y b) Los tres niveles de profundidad en Bahía de Chengue, Islas del Rosario y San Andrés (años 1999, 2001 y 2002).

En las estaciones de monitoreo de Islas del Rosario y San Andrés, donde se cuenta con información desde 1999, se observaron comportamientos diferentes entre sí y con respecto a Chengue en la abundancia de los gorgonáceos (Figura 30b). En Islas del Rosario, donde se encontraron densidades muy bajas, el valor medio se ha mantenido constante a través del tiempo (1,3 colonias transecto<sup>-1</sup>). En contraste, en San Andrés ha habido un incremento sostenido desde el mínimo valor registrado en 1999 (2,9 colonias transecto<sup>-1</sup>) hasta el máximo valor obtenido en el 2002 (9,4 colonias transecto<sup>-1</sup>). Aunque algunos factores ambientales podrían emplearse para tratar de explicar las variaciones de la abundancia de gorgonáceos encontradas en las distintas áreas, solo la continuidad de un monitoreo a largo plazo de estas comunidades permitirá corroborar las tendencias observadas hasta ahora, detectar posibles cambios en su dinámica y elucidar sus causas.

Por otro lado, en las estaciones nuevas instaladas durante el 2002 en el Urabá chocoano se registró la abundancia promedio más baja de las áreas de monitoreo del Caribe ( $1,1 \pm 0,6$  colonias transecto<sup>-1</sup>). Aunque en el nivel medio de una de las estaciones fue evidente la gran abundancia de todas las formas de crecimiento, el bajo valor promedio refleja principalmente la ausencia total de gorgonáceos en los niveles someros de todas las estaciones monitoreadas. En este caso, este hecho puede estar relacionado con la acción de una fuerte corriente durante parte del año sobre estos arrecifes someros, dominados por corales masivos de la especie *Siderastrea siderea*, ya que se ha reconocido que en sitios de escaso relieve (tales como los generados por este tipo de arrecife), el transporte horizontal de sedimentos puede actuar como factor limitante para el desarrollo de comunidades de corales blandos (Yoshioka y Yoshioka, 1987). En la otra área nueva de monitoreo (Islas de San Bernardo), se registró en el 2002 una abundancia media de  $4,3 \pm 1,8$  colonias transecto<sup>-1</sup>, reflejando valores relativamente similares en todas las estaciones y profundidades muestreadas.

Como se indicó atrás, a diferencia de las áreas del Caribe, en ninguna de las estaciones monitoreadas en el Pacífico, ubicadas sobre arrecifes dominados por corales ramificados del género *Pocillopora*, se ha registrado la presencia de gorgonáceos desde la primera visita realizada durante el año 1998 para el caso de Gorgona y durante el año 2002 para Utría. En contraste, poblaciones notorias de varias especies de gorgonáceos han sido observadas sobre sustratos rocosos en estas áreas, lo cual es claramente consistente con lo registrado por varios autores que señalan la disponibilidad de sustrato duro como factor limitante de la distribución de los corales blandos (Yoshioka y Yoshioka, 1987).

#### 4.3.4 Densidad de Invertebrados Móviles

La abundancia de algunos invertebrados bentónicos de vida libre y de importancia económica (como langostas, pulpos, caracol, etc) o ecológica (erizos) ha sido evaluada desde 1999 en las estaciones SIMAC de Islas del Rosario y San Andrés, desde el 2001 en la Bahía de Chengue, y desde el 2002 en Islas de San Bernardo, Urabá chocoano, Isla Gorgona y Ensenada de Utría. Una síntesis de la información recopilada se presenta aquí por primera vez para cada área, integrando los datos de las diferentes estaciones y niveles de profundidad.

Las especies de importancia económica se han registrado pocas veces y en densidades promedio muy bajas en todas las áreas monitoreadas en el Caribe (Tabla 8), hallándose totalmente ausentes en las estaciones del Pacífico. Las langostas (*Panulirus* spp.), por ejemplo, han aparecido tan solo de manera esporádica en los censos de los años 2000 y 2001 en las estaciones de Chengue, en el 2002 en Islas de San Bernardo, y en 1999 y 2002 en Islas del Rosario, y siempre en densidades promedio de máximo 0,1 individuos 20 m<sup>-2</sup>. Por su parte, las cangrejas (*Mithrax spinosissimus*) y pulpos (*Octopus* spp.) se han observado únicamente en las Islas del

Rosario en los años 2001 y 2002 y en densidades aún más bajas. Los caracoles (*Strombus gigas*) se han encontrado en todas las áreas de monitoreo, pero su aparición en los censos también ha sido ocasional y en densidades promedio de máximo 0,2 individuos  $20\text{ m}^{-2}$  (Tabla 8). Aunque no es posible elucidar algún patrón de cambio en el tiempo a partir de los datos obtenidos hasta ahora, las densidades tan bajas y la presencia ocasional de estos valiosos invertebrados en los censos, insinúan un estado probable de sobre-explotación en todas las áreas monitoreadas.

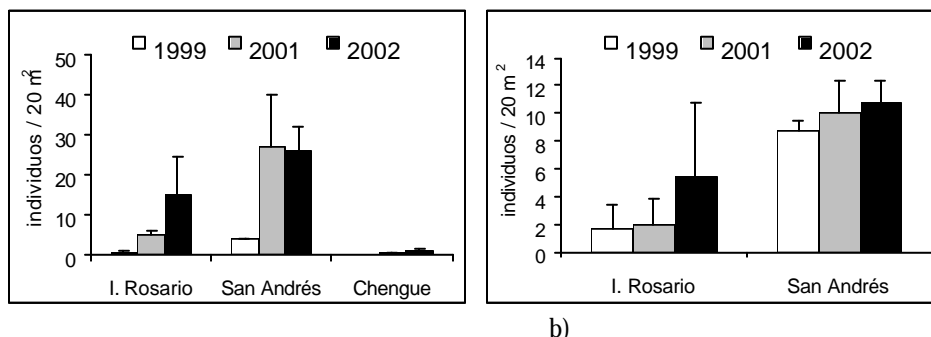
En cuanto a las especies de importancia ecológica, los erizos son el grupo que se presenta con mayor frecuencia y abundancia, y además ha mostrado un incremento marcado con el tiempo en su densidad en todas las áreas del Caribe que han sido evaluadas por varios años (Islas del Rosario, San Andrés y Bahía de Chengue) (Tabla 8, Figura 31a). En la mayoría de las áreas, la mayor densidad de erizos corresponde a las especies del género *Echinometra*, sin embargo, principalmente en algunos arrecifes someros y durante el último año, se han registrado también densidades importantes del erizo *Diadema antillarum* (Tabla 8, Figura 31b). Tal es el caso de Islas del Rosario y de San Andrés, en donde esta especie alcanzó densidades promedio de hasta 10,8 y 12,4 erizos  $20\text{ m}^{-2}$  respectivamente durante el 2002 en algunas parcelas someras. Las densidades medias de *D. antillarum* registradas aquí en el último año son similares a las observadas en el 2001 en las zonas someras del arrecife de Discovery Bay en Jamaica (3,2 a 10 individuos  $20\text{ m}^{-2}$ ) donde se supone una situación estable en la población que no ha recuperado las densidades existentes antes de su mortalidad masiva (Haley y Solandt, 2001). Los incrementos en la densidad de *D. antillarum* en algunas de las parcelas evaluadas por el SIMAC pueden estar reflejando una recuperación de esta población en Colombia, sin embargo, los valores medios y su alta variabilidad (Figura 31b) sugieren que, al igual que en Discovery Bay, las áreas someras de los arrecifes monitoreados en el Caribe colombiano distan de haber alcanzado las densidades observadas en otras áreas del Caribe en 1978 antes de su mortandad masiva (8,1  $\text{m}^{-2}$ ) (Hughes *et al.*, 1985).

Los erizos fueron el único de los grupos monitoreados de invertebrados móviles que se registró en los arrecifes del Pacífico. Durante el año 2002 en Isla Gorgona se encontró la densidad promedio más alta (87,1 individuos  $20\text{ m}^{-2}$ ) de las registradas hasta ahora en arrecifes colombianos por el SIMAC, reflejando valores de más de 100 individuos  $20\text{ m}^{-2}$  en transectos del nivel somero. Durante el mismo año, en Utría se observó un valor promedio mucho menor (12,2 individuos  $20\text{ m}^{-2}$ ).

Tabla 8. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis) de densidad de invertebrados móviles importantes (expresados en número de individuos por  $20\text{ m}^2$ ) en todo el intervalo de profundidad de cada

una de las áreas evaluadas. DAN: *Diadema antillarum* (solo nivel somero); ERI: Erizos (todas las especies); CAN: Cangreja; LAN: Langostas; PUL: Pulpos; CAR: Caracol

Área	Año	DAN	ERI	CAN	LAN	PUL	CAR
Islas del Rosario	1999	1,7	0,6	0,0	0,2	0,0	0,07
		(1,7)	(0,6)	0,0	(0,10)	0,0	(0,07)
	2001	2,0	5,2	0,05	0,0	0,05	0,0
		(1,8)	(0,7)	(0,05)	0,0	(0,05)	0,0
	2002	5,4	14,9	0,07	0,03	0,0	0,03
		(5,4)	(9,9)	(0,00)	(0,03)	0,0	(0,03)
Isla de San Andrés	1999	8,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
		(0,7)	(0,2)	0,0	0,0	0,0	0,0
	2001	10,1	27,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		(2,3)	(12,9)	0,0	0,0	0,0	0,0
	2002	10,7	25,8	0,0	0,0	0,0	0,03
		(1,7)	(6,2)	0,0	0,0	0,0	(0,03)
Bahía de Chengue	2001	0,0	0,6	0,0	0,07	0,0	0,0
		0,0	(0,1)	0,0	(0,00)	0,0	0,0
	2002	0,1	1,2	0,0	0,07	0,0	0,0
		(0,1)	(0,1)	0,0	(0,00)	0,0	0,0
Islas de San Bernardo	2000	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,0	(0,3)	0,0	0,0	0,0	0,0
	2002	0,0	18,3	0,0	0,1	0,0	0,2
		0,0	(3,7)	0,0	(0,08)	0,0	(0,2)
Urabá chocoano	2002	1,4	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		(0,9)	(4,1)	0,0	0,0	0,0	0,0
Isla de Gorgona	2002		87,1	0,0	0,0	0,0	0,0
			(39,7)	0,0	0,0	0,0	0,0
Ensenada de Utría	2002		12,2	0,0	0,0	0,0	0,0
			(8,3)	0,0	0,0	0,0	0,0



a)

b)

Figura 31. Promedio y error estándar de la densidad de erizos (expresada como número de individuos en 20m<sup>2</sup>) en varias áreas monitoreadas del Caribe a) Densidad de todas las especies en el intervalo completo de profundidad. b) Densidad de *Diadema antillarum* en el nivel somero.

### 4.3.5 Riqueza y Abundancia de Peces

Los peces constituyen uno de los componentes más llamativos e importantes de los arrecifes coralinos, por su gran diversidad, abundancia, colorido, actividad y valor comercial. El monitoreo anual SIMAC de este valioso recurso arrecifal incluye dos evaluaciones básicas: una sobre su biodiversidad o riqueza de especies y la otra sobre la abundancia de especies selectas por su valor pesquero (como pargos, meros, roncós, etc) o ecológico (loros, damiselas, mariposas, etc.). Para el presente informe, los datos de riqueza se presentan en términos del número promedio de especies observadas en los censos de todos los niveles de profundidad, mientras que los datos de abundancia se tratan del mismo modo pero se presentan agrupados por familias. Se incluye información para siete áreas arrecifales monitoreadas, tres de ellas con datos desde 1998, una desde 1999 y para las demás solo del 2002.

La Figura 32 muestra un aumento del número promedio de especies de peces arrecifales censadas en el 2002, comparado con el año anterior, para las islas del Rosario, San Andrés e isla Gorgona, mientras en la bahía de Chengue hubo una pequeña disminución. Sin embargo, al analizar la serie completa de datos desde que se inició el monitoreo en 1998, se aprecia una tendencia general de incremento a través del tiempo en todas las áreas evaluadas. Este aumento ha sido particularmente notable en Gorgona, donde de un valor promedio de 19 especies registrado en los censos de 1998, se ha llegado casi al doble (36 especies) en el año 2002. Suponiendo que efectivamente hayan ocurrido aumentos en el número de especies de peces en las áreas evaluadas a través del tiempo de monitoreo, resulta difícil encontrar una clara explicación a este fenómeno, ya que estas no han mostrado cambios ambientales importantes ni han sido sometidas a regímenes nuevos de protección en los últimos 5 años, que pudieran haber

favorecido un incremento en la biodiversidad. Es importante mencionar que durante el 2002 en Gorgona se instalaron dos nuevas estaciones de monitoreo y por lo tanto este hecho puede haber tenido algún efecto sobre el resultado. Otras posibles explicaciones para un aumento aparente con el tiempo en la riqueza de peces serían un incremento en la destreza de los observadores para detectar las especies presentes o una reducción en la timidez de las especies crípticas frente a la presencia de los buzos en las parcelas. Para las nuevas áreas de monitoreo, tanto en el Pacífico (Utría) como en el Caribe (islas San Bernardo y Urabá), se registraron en general niveles de riqueza similares a los hallados anteriormente en las áreas evaluadas desde que se inició el seguimiento (Figura 32).

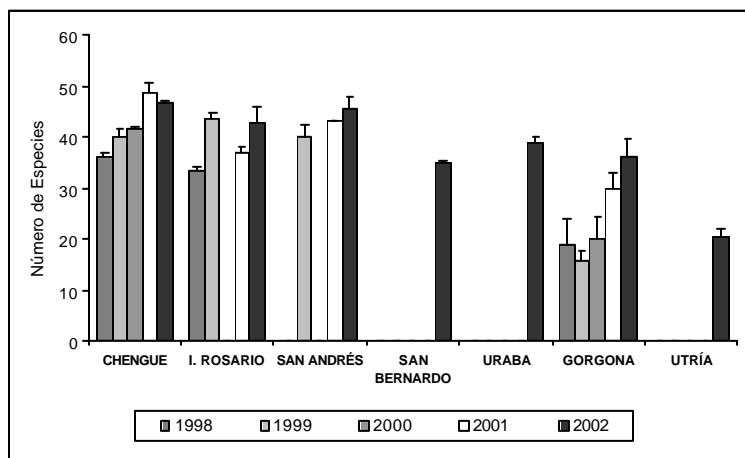


Figura 32. Riqueza general de peces en las áreas de monitoreo SIMAC de las costas colombianas desde 1998 al 2002. No se presentan datos de 1998 y 2000 para San Andrés y para islas del Rosario del 2000. Los datos corresponden a promedios y error estándar del número de especies observadas en censos visuales de 30 minutos.

En cuanto a la abundancia de grupos de peces importantes ecológica o económicamente, se observan algunas variaciones entre el monitoreo del 2002 y los de años anteriores (Figuras 33-35). En la bahía de Chengue las densidades de peces arrecifales tendieron en general a aumentar durante el 2002; en las islas del Rosario y San Andrés la abundancia de algunos grupos se mantuvo en niveles semejantes, mientras otros aumentaron notoriamente; y en Gorgona se observaron sutiles disminuciones para la mayoría de los grupos. En San Andrés e Islas del Rosario, continúan destacándose durante el 2002 los peces de la familia Pomacentridae (damiselas) (Figura 34) y típicamente, como a través del período total de monitoreo, las islas del Rosario presentaron las mayores abundancias de estos peces que además manifestaron un incremento considerable en su densidad (de 30 a 72 individuos  $60 \text{ m}^{-2}$  del 2001 al 2002). En la

bahía de Chengue, los peces loros (Scaridae) no solo exhiben la mayor densidad (Figura 33) sino que registraron un aumento significativo de 8 a 14 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  en el 2002. De todas maneras, el grupo de las damiselas permanece en Chengue como uno de los más abundantes (10 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ) durante el 2002. En San Andrés, los peces loros continúan mostrando altas densidades (11 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ) en el 2002 comparadas con los valores de los demás grupos (Figura 34).

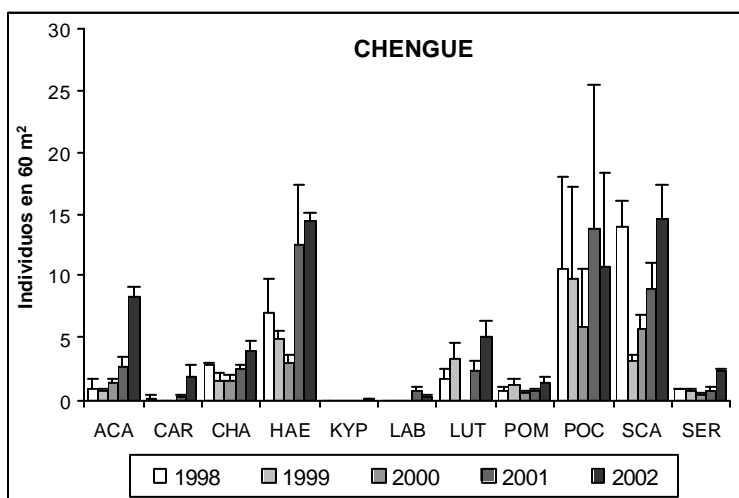


Figura 33. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las estaciones de la Bahía de Chengue entre los años 1998 y 2002. ACA: Acanthuridae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; KYP: Kyphosidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae.

En las nuevas áreas de monitoreo en Islas San Bernardo y Urabá se encontró básicamente el mismo esquema registrado para las otras áreas del Caribe, ya que las damiselas exhibieron las mayores abundancias con 25 y 17 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  respectivamente (Figura 36); en San Bernardo también sobresalió la densidad de loros (16 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ), mientras en Urabá los cirujanos (Acanthuridae) son el segundo grupo más abundante con 5 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ . Por su parte, en la nueva área del Pacífico (Utría) se destacaron ampliamente los roncós (Haemulidae) y las damiselas con densidades de 12 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ .

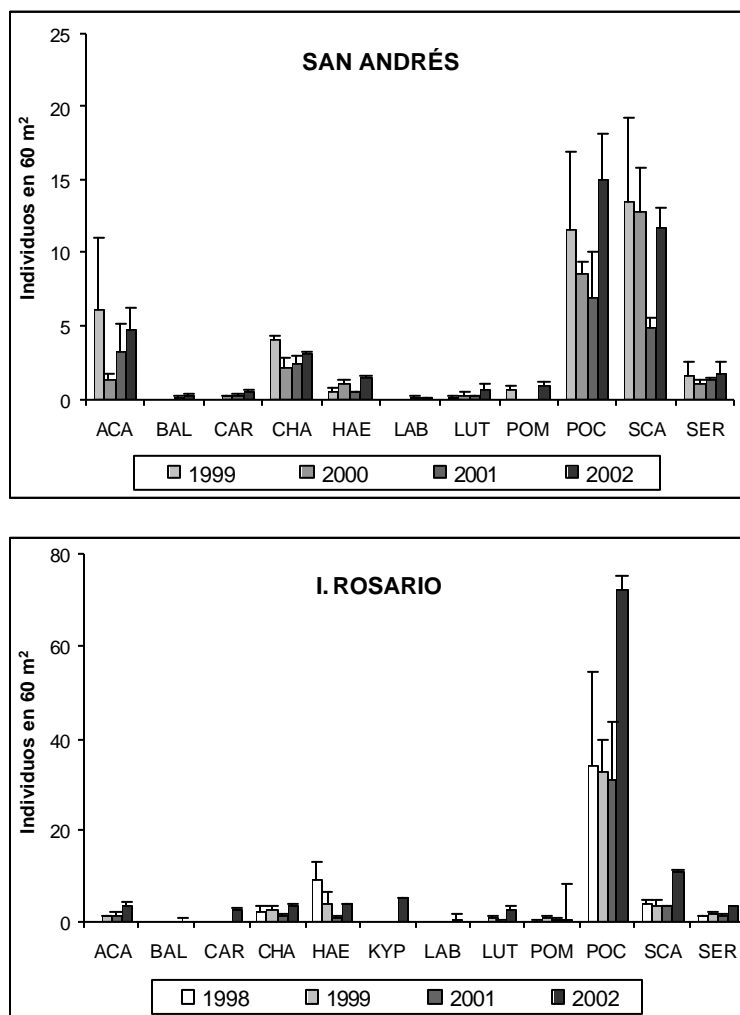


Figura 34. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos 60 m<sup>2</sup>) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las estaciones de la Isla de San Andrés e Islas del Rosario entre los años 1998 y 2002. ACA: Acanthuridae; BAL: Balistidae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; KYP: Kyphosidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae.

Al contrastar la abundancia de los peces de importancia ecológica (loros, damiselas y cirujanos)



con la de aquellos económicamente significativos, se observa que, de la misma manera que en el 2001, grupos como pargos (Lutjanidae), meros y cabrillas (Serranidae) permanecieron muy escasos (1 ó 3 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ) en el 2002 en la mayoría de áreas de monitoreo del Caribe (incluidas las dos nuevas áreas). No obstante, la bahía de Chengue registró un aumento en la densidad de pargos y roncós (Haemulidae), llegando a encontrarse hasta 5 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  y 14 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  respectivamente en el 2002. En contraste, en la isla de Gorgona continúan sobresaliendo los pargos (Figura 35), con una densidad promedio de 26 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  para el 2002, así como los roncós con 32 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ .

Por su parte los serránidos (meros y cabrillas) que habían presentado una densidad importante (7 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ) para el 2001 en esta área, registraron una disminución para el 2002 (3 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ). En cuanto a los cirujanos que se habían constituido como una de las familias de importancia ecológica con mayores abundancias durante el 2000 y el 2001 para la isla Gorgona, en el 2002 disminuyeron drásticamente hasta los niveles observados en los primeros años del monitoreo (Figura 35). Teniendo en cuenta lo anterior, se revisaron los valores de densidad por estación para conocer si la disminución de cirujanos estuvo dada por los dos nuevos sitios de monitoreo, pero en general todas las estaciones presentaron valores semejantes. Estas fuertes fluctuaciones interanuales pueden estar relacionadas con el hecho de que estos peces son básicamente gregarios y nómadas. Similar a la situación de las áreas del Caribe y contrario a lo observado en Gorgona, en Utría en el Pacífico las abundancias de pargos y serránidos fueron considerablemente bajas (2 y 1 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  respectivamente) (Figura 36).

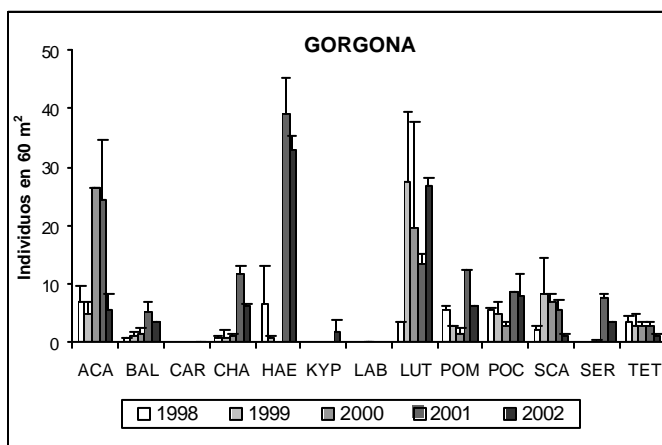


Figura 35. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las estaciones de la Isla de Gorgona entre los años 1998 y 2002. ACA:Acanthuridae; BAL:Balistidae; CAR:Carangidae; CHA:Chaetodontidae; HAE:Haemulidae; KYP:Kyphosidae; LAB:Labridae; LUT:Lutjanidae; POM:Pomacanthidae; POC:Pomacentridae; SCA:Scaridae; SER:Serranidae; TET:Tetradontidae.

En las áreas que han sido monitoreadas durante varios años y también en aquellas examinadas por primera vez durante el 2002, se ha detectado que la abundancia de algunos grupos ícticos de valor comercial (pargos, meros y cabrillas) es considerablemente menor en los arrecifes del Caribe (0-5 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ), si se compara con la situación de la isla Gorgona en el Pacífico (pargos: 3-27 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ; meros y cabrillas: 0-7 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ). Posiblemente la escasez de peces de valor comercial en las áreas coralinas del Caribe, este relacionada con la ubicación más cercana a centros urbanos, donde la demanda alimentaria continúa en aumento y por ello las poblaciones de peces no han tenido la capacidad de recuperarse. El agotamiento de estos recursos por la sobrepesca es cada vez más evidente y nuestros arrecifes así como otros en el mundo no han escapado a tal efecto (Birkeland, 1997; Pattengill-Seemans y Semmens, 2002).

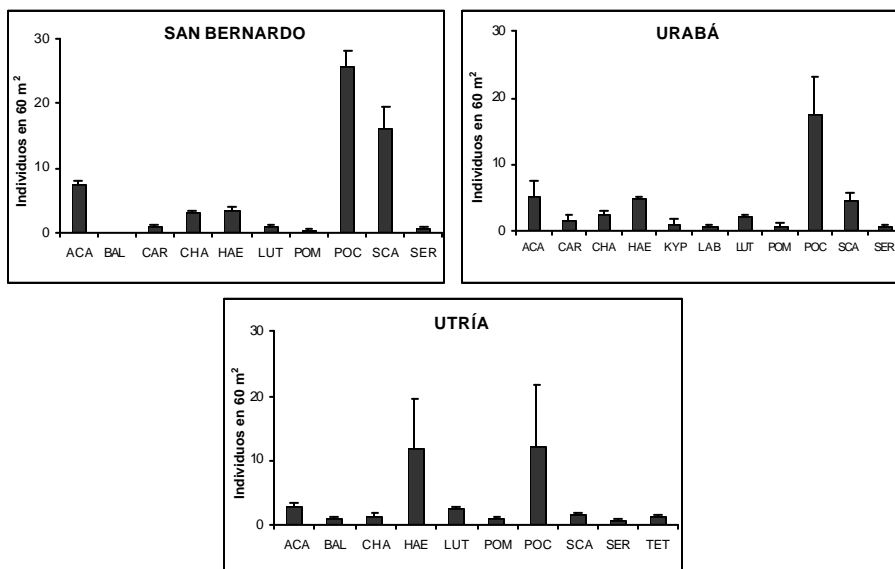


Figura 36. Promedios y errores estándar de la abundancia (individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ) de familias selectas de peces en todo el intervalo de profundidad de las nuevas áreas de monitoreo SIMAC para el año 2002. ACA: Acanthuridae; BAL: Balistidae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; KYP: Kyphosidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae; TET: Tetradontidae.

Aunque en Chengue se observó un incremento en las poblaciones de pargos y roncós en el 2002, se debe tener en cuenta que ésta fue sutil y que además la situación persistente de 1998 al 2001 es diferente, por ello, es necesario continuar con el seguimiento a largo plazo para comprobar si efectivamente se está presentando un proceso de recuperación o no. En Gorgona donde se pueden ejercer más eficientemente ciertos controles sobre la pesca, es precisamente en

donde algunos grupos comercialmente valiosos o se han mantenido con abundancias promedio importantes, o tienden a recuperarse. A partir de estos resultados se recomienda continuar con el cuidado y control de las áreas arrecifales coralinas ubicadas al interior de los Parques Nacionales Naturales y realizar estudios de biología reproductiva de algunas especies de peces de importancia comercial que se encuentran diezgadas y en peligro crítico (Mejía y Acero, 2002).

#### **4.4 Tensores e Impactos sobre los Arrecifes**

Numerosos trabajos recientes han puesto en evidencia y descrito la problemática de degradación acentuada que se ha presentado en los arrecifes coralinos de prácticamente todos los rincones del mundo durante los últimos 20 años. Entre los principales signos de deterioro observados se cuentan la reducción progresiva de la cobertura coralina viva y el paso a la dominancia de las algas bentónicas, la ocurrencia de mortandades masivas de diversos organismos arrecifales (corales duros, abanicos de mar, erizos), la proliferación de blanqueamientos, el incremento de enfermedades coralinas y la escasez de recursos pesqueros (Birkeland, 1997; Ginsburg, 1994; Glynn, 1993; Hughes, 1994; Rogers, 1985; Santavy y Peters, 1997). Los arrecifes colombianos no han escapado a este proceso de degradación y la presencia de todos estos y otros signos de alteración ha sido documentada en la mayoría de las áreas arrecifales del Caribe, donde se ha estimado una reducción de la cobertura coralina a un nivel promedio de 20-30% (Barrios, 2000; Díaz *et al.*, 2000; Garzón-Ferreira, 1997; Garzón-Ferreira y Kielman, 1994; Garzón-Ferreira *et al.*, 2001). En nuestros arrecifes del Pacífico la problemática ha sido mucho menos grave y en la actualidad registran coberturas coralinas altas (promedios de 60-70%), a pesar de que en 1982-83 sufrieron mortandades masivas de corales debido al efecto del fenómeno de “El Niño” (Zapata *et al.*, 2001; Zapata y Vargas-Angel, 2003).

Los principales tensores que han afectado los arrecifes coralinos de Colombia durante los últimos 30 años se hallan reseñados y calificados en la Tabla 9. Se aprecia que los arrecifes del Caribe y el Pacífico han estado aparentemente sometidos a un nivel similar de amenazas naturales, pues en ambos casos se identificó el mismo número de tensores y la puntuación total resultó muy parecida (20 y 18 respectivamente). En contraste, las amenazas antropogénicas parecen ser mucho más graves en el Caribe, pues se identificó una mayor variedad de tensores (16) que en el Pacífico (10), así como una puntuación total de severidad muy superior (54 en el Caribe contra 22 en el Pacífico). Entre las amenazas naturales de mayor impacto en las dos costas (aquellas que suman en conjunto más de 5) estarían el calentamiento global y el blanqueamiento coralino, destacándose además en el Caribe los huracanes, la mortandad del erizo *Diadema*, las enfermedades coralinas y la proliferación de algas, y en el Pacífico los eventos “El Niño” y las mareas bajas extremas. En cuanto a las amenazas antropogénicas de mayor impacto en las dos costas se tienen la deforestación, la pesca con explosivos, la extracción de peces, las alteraciones del curso de ríos y los incrementos en sedimentación. En el Caribe

aparecen además con valores altos la sobrepesca, las actividades de turismo, el desarrollo urbano y la contaminación por aguas negras. Díaz *et al.* (2000) también califican el calentamiento global como la principal causa natural de deterioro en las áreas coralinas colombianas en general, mientras que la sobrepesca y las actividades náuticas son propuestas como los factores antrópicos de mayor impacto.

Tabla 9. Lista de amenazas naturales y antropogénicas que han estado afectando la biodiversidad de los arrecifes coralinos de las costas colombianas del Caribe y el Pacífico durante las últimas tres décadas, calificadas según su severidad de la siguiente forma: 0=amenaza ausente; 1=amenaza baja generalizada; 2=amenaza baja localizada; 3=amenaza media; 4=amenaza alta localizada; 5=amenaza alta generalizada. Tomado de Garzón-Ferreira *et al.* (2000).

<b>Amenazas</b>	<b>Caribe</b>	<b>Pacífico</b>
<b>Naturales</b>		
1. Calentamiento global	3	3
2. Eventos de "El Niño"	0	3
3. Blanqueamiento coralino	3	3
4. Proliferación de enfermedades coralinas	3	1
5. Mortandad del erizo negro <i>Diadema</i>	3	0
6. Proliferación de algas	3	0
7. Florecimientos de fitoplancton / mareas rojas	0	2
8. Huracanes	4	0
9. Tectonismo / terremotos	0	2
10. Mareas bajas extremas	0	3
11. Surgencias ("upwellings")	1	1
<b>Puntuación Impactos Naturales</b>	<b>20</b>	<b>18</b>
<b>Antropogénicas</b>		
1. Incrementos en sedimentación	4	2
2. Deforestación	5	4
3. Dragados	2	0
4. Alteraciones del curso de ríos	4	2
5. Extracción de coral para construcción	2	0
6. Extracción de coral para artesanías	2	2
7. Extracción de peces	5	2
8. Sobrepesca	5	1
9. Pesca con explosivos	4	4
10. Actividades de turismo	4	1
11. Actividades náuticas	2	2
12. Actividades de buceo	2	0
13. Desarrollo urbano	4	0
14. Contaminación por aguas negras	4	0
15. Contaminación por basuras	3	0
16. Contaminación por hidrocarburos	2	2
<b>Puntuación impactos antropogénicos</b>	<b>54</b>	<b>22</b>
<b>Puntuación total de impactos</b>	<b>74</b>	<b>40</b>

## 4.5 Arrecifes en Áreas Marinas Protegidas

En cuanto a la representatividad de las áreas coralinas Colombianas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), aproximadamente 404 km<sup>2</sup> forman parte del SINAP (Tabla 7), lo cual representa apenas un 14%. Entre ellas se incluyen seis áreas en Parques Nacionales Naturales, de las cuales cuatro están en el Caribe (Islas de San Bernardo, Islas del Rosario-Barú, Bajo Tortugas y Parque Natural Tayrona) y dos en el Pacífico (Isla Gorgona y Ensenada de Utría). Los arrecifes de la isla de Malpelo se hallan protegidos dentro la categoría de Santuario de Fauna y Flora. En términos de fondos con cobertura coralina relevante (Tabla 7), dichas áreas protegidas estarían cobijando una extensión total de 227 km<sup>2</sup> que equivalen al 21%. Un estudio reciente llevó a cabo una evaluación detallada de la representatividad de las diferentes unidades de paisaje coralino en las áreas arrecifales del sector central del Caribe colombiano (Rojas, 2001). Dicho trabajo precisa que en las áreas de Rosario-Barú-Tortugas y San Bernardo (incluidas dentro del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo), los fondos con cobertura coralina relevante no se encuentran totalmente dentro del sistema de protección, alcanzando un 96% en el primer caso y un 77% en el segundo. Esto sugiere que al hacer análisis más minuciosos de todas las áreas coralinas protegidas, los valores totales de representatividad estimados inicialmente pueden resultar todavía más bajos. Por otra parte, todas las áreas coralinas del archipiélago de San Andrés y Providencia, las cuales albergan la mayor parte (75%) de nuestros arrecifes (Díaz *et al.*, 2000), fueron incluidas desde el año 2000 dentro de una nueva Reserva del Hombre y la Biosfera (Seaflower) de UNESCO. Aunque esta calificación no tiene implicaciones legales de protección a nivel nacional, las Reservas de Biosfera propenden por preservar los principales tipos de ecosistemas y paisajes de nuestro planeta, conservar la diversidad biológica, facilitar la investigación científica, apoyar la educación ambiental y ayudar a definir modelos de desarrollo sostenible para la humanidad.

## 4.6 Conclusiones

- Los arrecifes que han sido monitoreados desde 1998 en el Caribe y Pacífico colombianos, no mostraron evidencias de deterioro ni cambios importantes en el 2002 con respecto a lo registrado en años anteriores en términos de su cobertura de corales vivos, con excepción de los de Gorgona que registraron un incremento considerable de cobertura promedio de 55 a 66% en el último año. Cambios notables en la cobertura de algas se apreciaron en San Andrés (aumentó de 36 a 53% a pesar de que la cobertura coralina se mantuvo estable) y en Gorgona (disminuyó de 30 a 17%).

- En general las nuevas áreas de monitoreo presentaron un estado semejante a las áreas análogas monitoreadas previamente, destacándose una alta cobertura de corales en el Urabá chocoano (40%).
- En un contexto regional (sector sur de América Tropical) los arrecifes monitoreados presentan un buen estado de conservación, particularmente los de Gorgona y Utría, lo cual amerita mantener e incrementar las iniciativas para preservarlos.
- Aunque todas las áreas del Caribe mostraron una disminución en la incidencia de enfermedades coralinas respecto al año anterior, los niveles registrados en el 2002 se sitúan en los intervalos de variación observados durante los cinco años de monitoreo. Al igual que en años previos, la mayor incidencia (5%) se registró en San Andrés, los síndromes más frecuentes fueron la plaga blanca y los lunares oscuros, y en las áreas del Pacífico no se detectó la presencia de enfermedades conocidas. El nivel de blanqueamiento coralino no mostró cambios notables en el último año, tanto en el Caribe como en el Pacífico.
- La abundancia media de gorgonáceos en el nivel medio de profundidad de la Bahía de Chengue ha fluctuado irregularmente durante los últimos 8 años, y el valor registrado en el 2002, aunque menor que el del 2001, se encuentra dentro del ámbito de variación observado. En Islas del Rosario no se detectaron cambios entre 1999 y 2002, mientras que en la Isla de San Andrés se registró un aumento sostenido en el mismo periodo.
- Aunque no es posible elucidar algún patrón de cambio en el tiempo a partir de la información colectada hasta el momento (1999-2002), la presencia ocasional y las bajas densidades (máximo de 0,2 individuos  $20\text{ m}^{-2}$ ) en los censos de invertebrados de importancia económica como langostas, pulpos, caracol de pala y cangreja, insinúan un probable estado de sobre-explotación de estos valiosos recursos. En contraste, los erizos presentaron altas densidades en el 2002 (hasta 26 individuos  $20\text{ m}^{-2}$  en las áreas del Caribe y 87 individuos  $20\text{ m}^{-2}$  en las del Pacífico) y han evidenciado un incremento marcado con el tiempo en todas las áreas del Caribe evaluadas por varios años.
- El nivel de riqueza de peces (número de especies observadas por censo) aumentó marcadamente en el 2002 para Gorgona en el Pacífico (29 a 38) e incrementó levemente en las Islas del Rosario (37 a 42) y San Andrés (43 a 45 especies), mientras que en la bahía de Chengue hubo una ligera disminución (48 a 46 especies). El valor de riqueza encontrado en Utría (19) esta acorde con el intervalo reportado para Gorgona durante el periodo 1998-2002 (16-30 especies), así mismo en las Islas San Bernardo y Urabá chocoano se registraron valores coherentes (34 y 37 especies respectivamente) con el intervalo de las demás áreas Caribeñas (33-50 especies).
- En cuanto a la abundancia de peces, al igual que en años anteriores, durante el 2002 las áreas del Caribe (incluyendo las nuevas estaciones: San Bernardo y Urabá) presentaron escasez de grupos de importancia comercial (como pargos, meros, chernas, etc) con valores nulos o muy bajos (máximo de 5 individuos  $60\text{ m}^{-2}$ ). Las familias Pomacentridae y Scaridae continúan siendo las más abundantes entre los grupos evaluados (10-72 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  de damiselas y 4-16 individuos  $60\text{ m}^{-2}$  de loros) en todas las áreas del

Caribe. En Gorgona, el grupo de los pargos presentó la densidad más alta (26 individuos  $60 \text{ m}^{-2}$ ) y en Utría sobresalieron las damiselas (12 individuos  $60 \text{ m}^{-2}$ ). En el Pacífico se destaca además la abundancia de roncós tanto en Gorgona como en Utría (11 y 32 individuos  $60 \text{ m}^{-2}$  respectivamente).

## 4.7 Recomendaciones

- Es necesario seguir con los estudios y monitoreos de los arrecifes colombianos en el largo plazo, ya que, si bien durante el 2002 no se registraron signos de deterioro, hay que confirmar cambios aparentes y dilucidar las tendencias futuras con datos adicionales. Además, es claro que los agentes de degradación y las amenazas continúan sobre estos arrecifes y en general sobre todos los arrecifes del mundo, y ante los dramáticos eventos de deterioro del ecosistema coralino registrados ampliamente durante las últimas décadas, no es posible bajar la guardia.
- Aunque se extendió la cobertura del SIMAC con tres nuevas áreas (total 7) durante el 2002, se recomienda seguir ampliándola hacia otros arrecifes colombianos, ya que en la actualidad sólo se está observando de manera sistemática menos de una tercera parte de las áreas arrecifales existentes en el país. La expansión debe contemplar también un incremento significativo en el número de estaciones por área, de unidades de paisaje, de zonas ecológicas, de hábitats y de tipos de comunidades, así como de variables evaluadas. En la medida en que se cuente con mayor cantidad de información, se podrá tener un diagnóstico más completo y confiable de la situación de este valioso ecosistema en el país, y del mismo modo se podrán definir mejores pautas para su manejo y conservación.
- Para ello, es urgente que las entidades del estado que patrocinan la investigación y la protección de los recursos naturales, establezcan mecanismos para facilitar la asignación de recursos a actividades específicas de monitoreo ambiental en el largo plazo, ya que con frecuencia se encuentran restricciones en este sentido que dificultan la continuidad de los programas.
- Existen muy pocas leyes o políticas específicas en el país que involucren la protección y manejo sustentable de los arrecifes de coral, por lo cual hay que comenzar a trabajar para reforzar esta deficiencia e involucrar la investigación y el monitoreo como elementos fundamentales para la preservación de estos ecosistemas.
- Mantener el estatus de área protegidas a los Parques Nacionales Naturales que incluyen ya arrecifes coralinos dentro de sus territorios y evaluar la conveniencia de designar las demás áreas coralinas del país en alguna categoría dentro del sistema de áreas marinas protegidas.
- Impulsar, dentro de las comunidades usuarias de los arrecifes, actividades de educación ambiental con énfasis en la preservación de los recursos arrecifales, de

modo que la conservación de este ecosistema sea una labor integral que involucre no solo la investigación científica y el monitoreo ambiental, sino además la concienciación sobre el valor y la problemática de los arrecifes de coral.

- Examinar la viabilidad y pertinencia de realizar actividades de reproducción en cautiverio y repoblación de especies arrecifales sobre-explotadas de peces e invertebrados móviles de importancia económica, así como implementar alternativas productivas ambientalmente sanas para los pescadores, que permitan reducir la presión pesquera y propiciar la recuperación de estos valiosos recursos en los arrecifes colombianos.

## 4.8 Literatura Citada

- Arias, L.J. 2002. Manual del usuario del SIMAC, Sistema de Información y Soporte para el Monitoreo de Arrecifes Coralinos. INVEMAR, Santa Marta, 60 p.
- Barrios, L.M. 2000. Evaluación de las principales condiciones de deterioro de los corales pétreos en el Caribe colombiano. Tesis de M.Sc. Biol. Mar., Univ. Nacional de Colombia-INVEMAR, Santa Marta, 150 p.
- Birkeland, C. (Ed). 1997. Life and death of corals reefs. Chapman & Hall, Nueva York, 536 p.
- Díaz, J.M.; J. Garzón-Ferreira y S. Zea. 1995. Los arrecifes coralinos de la Isla de San Andrés: estado actual y perspectivas para su conservación. Acad. Colomb. Cien. Exac. Fis. Nat., Colec. Jorge Alvarez Lleras, 7: 150 p.
- Díaz, J.M.; L.M. Barrios.; M.H. Cendales; J. Garzón-Ferreira; J. Geister; M. López-Victoria; G.H. Ospina; F. Parra-Velandia; J. Pinzón; B. Vargas-Angel; F.A. Zapata y S. Zea. 2000. Areas coralinas de Colombia. INVEMAR, Santa Marta, Ser. Publicaciones Especiales 5: 175 p.
- 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.
- Dinesen, Z.D. 1983. Patterns of distribution of soft corals across the central Great Barrier Reef. Coral Reefs 1: 229-236.
- Garzón-Ferreira, J. 1997. Arrecifes coralinos: Un tesoro camino a la extinción?. Colombia: Ciencia y Tecnología 15 (1): 11-19.
- Garzón-Ferreira, J. y M. Kielman. 1994. Extensive mortality of corals in the Colombian Caribbean during the last two decades. En Ginsburg, R.N. (Ed): Proceedings of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History. RSMAS, University of Miami, Miami: 247-253.
- Garzón-Ferreira, J., J. Cortés, A. Croquer, H. Guzmán, Z. Leao y A. Rodríguez-Ramírez. 2000. Status of coral reefs in Southern Tropical America: Brazil, Colombia, Costa Rica, Panama and Venezuela. En Wilkinson, C. (Ed): Status of Coral Reefs of the World: 2000. Australian Institute of Marine Science (AIMS), Cape Ferguson, Australia: 331-348.
- Garzón-Ferreira, J., D.L. Gil-Agudelo; L.M. Barrios y S. Zea. 2001. Stony coral diseases observed in southwestern Caribbean reefs. Hydrobiologia 460: 65-69.
- 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, 102 p.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez Ramírez; S. Bejarano-Chavarro; R. Navas-Camacho y C. Reyes-Nivia. 2002b. Estado de los arrecifes coralinos. En Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2001. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones Periódicas . 8: 29-40.



- Ginsburg, R.N. (Ed). 1994. Proceedings of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs. Health, Hazards and History. RSMAS, University of Miami, Miami, 420 p.
- Glynn, P.W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs* 12(1): 1-17.
- Haley, M.P. y J.L. Solandt. 2001. Population fluctuations of the sea urchins *Diadema antillarum* and *Tripenustes ventricosus* at Discovery Bay, Jamaica: a case of biological succession?. *Caribbean Journal of Science* 37 (3-4): 239-245.
- Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551.
- Hughes, T. P., B. D. Keller, J. B. C. Jackson y M. J. Boyle. 1985. Mass mortality of the echinoid *Diadema antillarum* Philippi in Jamaica. *Bulletin of Marine Science* 36: 377-384.
- Jordan, E. y R.S. Nugent. 1978. Evaluación poblacional de *Plexaura homomalla* (Esper) en la costa noreste de la Península de Yucatán (Octocorallia). *An. Centro Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 5 (1): 189-200.
- Lasker, H. 1990. Clonal propagation and population dynamics of a gorgonian coral. *Ecology* 71 (4): 1578-1589.
- Mejía, L.S. y A. Acero. (Eds). 2002. Libro rojo de peces marinos de Colombia. INVEMAR, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. La Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia, 174 p.
- Pattengill-Semmens, C.V y B. Semmens. 2002. Status of corals reefs of Little Cayman and Grand Cayman, British west Indies, in 1999 (part 2: Fishes). *Atoll. Res. Bull.* En prensa.
- Rogers, C.S. 1985. Degradation of Caribbean and Western Atlantic coral reefs and decline of associated fisheries. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Symp.* 6: 491-496.
- Rojas, X. 2001. Representatividad de las áreas coralinas de la región central de la costa continental del Caribe colombiano (Ecorregión Archipiélagos Coralinos-ARCO) en el Sistema de Areas Protegidas. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 85 p.
- 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. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones Especiales. En prensa.
- Santavy, D.L y E.C. Peters. 1997. Microbial pests: coral disease in the Western Atlantic. *Proc. 8th. Int. Coral Reef Symp.* 1: 607-612.
- Spalding, M.D., C. Ravilius y E.P. Green. 2001. World atlas of coral reefs. Univ. California Press, Berkeley, USA, 424 p.
- Yoshioka, P.y B. Yoshioka. 1987. Variable effects of hurricane David on the shallow water gorgonians of Puerto Rico. *Bull. Mar. Sci.* 40 (1): 132-144.
- Zapata, F.A. y B. Vargas-Angel. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific coast of Colombia. En J. Cortés (Ed.): *Coral reefs of Latin America*. Elsevier Science, Amsterdam: en prensa.
- Zapata, F.A., B. Vargas-Ángel y J. Garzón-Ferreira. 2001. Salud y conservación de las comunidades coralinas. En Barrios, L.M. y M. López-Victoria (Eds). *Gorgona Marina. Contribución al conocimiento de una isla única*. INVEMAR, Santa Marta, Serie Publicaciones Especiales 7: 41-50.

## 5 ESTADO DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS EN COLOMBIA

Lina M. Barrios<sup>7</sup> y Alberto Rodríguez-Ramírez<sup>8</sup>

### 5.1 Generalidades

Los pastos marinos son plantas que viven y completan sus ciclos de vida totalmente sumergidas en medios salinos o salobres (Thayer *et al.*, 1975). Conforman el único grupo representante de las angiospermas marinas que ha evolucionado de tierra firme al mar, con pasos progresivos de aclimatación a aguas dulces someras, aguas someras de salpicadura y finalmente al sumergimiento en agua marina. Como tales, poseen hojas, tallos, raíces y forman flores, frutos y semillas. Su adaptación al medio marino incluyó, entre otros, la introducción de una capa de tejido con grandes canales de aire (aerénquima) a lo largo de hojas aplanadas, raíces con áreas de almacenamiento de almidón y flores con polinización submarina (Arber, 1920).

Taxonómicamente no son pastos verdaderos. Son llamados así, debido a su similitud morfológica con éstos y a su apariencia con los campos de césped cuando se desarrollan extensivamente. Otra característica que los hace parecidos es su dispersión por estolones. Su clasificación es estrictamente ecológica y la mayor parte de ellas pertenecen 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). Gracias a estas funciones, los lechos de pastos marinos soportan una diversa comunidad de fauna, donde muchas especies de invertebrados y vertebrados de importancia comercial y ecológica encuentran además de alimento, sitios de crianza y protección (McNeill y Bell, 1992). A nivel del Gran Caribe, constituyen uno de los ecosistemas más característicos e importantes de las zonas costeras, razón por la cual son consideradas como uno de los cinco ecosistemas

---

<sup>7</sup> Coordinador Línea Biología de Ecosistemas-BEM, linab@invemar.org.co

<sup>8</sup> Investigador Proyecto SIMAC-BEM, betorod@invemar.org.co

marino-costeros estratégicos para el país, junto con los arrecifes de coral, los manglares, los litorales rocosos y los fondos sedimentarios (playas o ambientes de fondos blandos).

Existen cerca de 60 especies de pastos marinos, distribuidas en los mares del Pacífico Norte, Chile, Atlántico Norte, Caribe, Atlántico Sur-Oeste, Mediterráneo, Sur de Africa, Indo-Pacífico y Sur de Australia. Se localizan, por lo general, en ambientes protegidos de bahías, estuarios y aguas costeras, desde zonas mareales someras hasta profundidades de 50 a 60 metros, donde forman menores extensiones (Short *et al.*, 2001). En Colombia existen únicamente en las costas del Caribe. Su ausencia en el Pacífico colombiano se debe en gran medida a que no hay especies de pastos tropicales capaces de soportar las amplias variaciones de marea y resistir períodos largos de exposición al aire o desecación.

En el Caribe colombiano están presentes cinco de las nueve especies de pastos que se encuentran en el Atlántico occidental tropical, incluyendo la costa norte de Brasil, (den Hartog, 1970), de las cuales *T. testudinum* es la que forma las mayores extensiones de praderas, ya sea de tipo monoespecífico ó entremezclada con *Syringodium filiforme* (Short *et al.*, 2001).

## 5.2 Distribución de Praderas en el Caribe Colombiano

Resultados del proyecto realizado por INVEMAR entre los años 2000 y 2002 (INVEMAR, 2002b) muestran que los pastos marinos en el Caribe colombiano forman praderas con una extensión total de 43.223 Ha (Tabla 10), distribuidas discontinuamente a lo largo de la costa continental y del archipiélago de San Andrés y Providencia (SAI) debido a la combinación de salinidades bajas, elevada turbidez y alta turbulencia de las aguas, entre otros factores. Del total, sólo 2.006 Ha (4,6%) se localizan en el archipiélago de San Andrés y Providencia, 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 – 14 m 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.

El área de mayor abundancia y distribución de pastos es la zona somera de la plataforma continental de la Península de La Guajira, que incluye los sectores del Cabo de La Vela a Riohacha, la Bahía de Portete y Puerto López (Figura 37). Lo anterior, parece ser el resultado de la amplia plataforma continental presente frente a estas costas, aunque existen otros factores estructurales bióticos y abióticos de los pastos y su fauna asociada que también han favorecido la amplia extensión de praderas en este sector, como se verá más adelante. En contraste, las praderas están prácticamente ausentes a lo largo de las costas que miran hacia el norte y noreste, probablemente como consecuencia de la turbidez y alta energía del oleaje causadas por los vientos Alisios y el oleaje provenientes del noreste.

En La Guajira, las praderas ocupan 34.674 Ha, constituyendo el 80,3% del total de praderas existentes en el Caribe colombiano (Tabla 10). Praderas mixtas de *Halodule wrightii*, *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* bordean casi todo el litoral entre el Cabo de La Vela y Riohacha, entre menos de un metro y tres metros de profundidad y a partir de los cuatro metros se extiende una amplia pradera dominada por *T. testudinum* hasta profundidades de 12 m o más. En esta área los pastos se desarrollan principalmente sobre fondos de arena litoclástica, aunque en Bahía Portete los lodos y arenas bioclásticas son el sustrato más frecuente. Las hojas de *T. testudinum* son en promedio las más largas encontradas en el Caribe colombiano y por lo general, están muy epifitadas por algas filamentosas. La tortuga verde *Chelonia mydas* es intensamente explotada como una fuente de alimento tradicional en La Guajira (INVEMAR, 2002c) y, dado que esta especie se alimenta primordialmente de pastos marinos, puede asumirse que esta área es utilizada por las tortugas como principal fuente de alimentación.

Tabla 10. Localización y extensión de praderas de Fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. %AMP= Porcentaje de Ha de pastos cubiertas por el sistema de Áreas Marinas Protegidas con respecto al total de praderas del Caribe colombiano.

Áreas	Extensión de praderas	Proporción	%AMP
Isla Providencia	1.603	3,700	0,15
San Andrés Isla	400	0,900	-
Cayos Albuquerque	2	0,005	-
Cayos Courtown (Bolívar)	1	0,002	-
Puerto López (La Guajira)	180	0,410	-
Bahía Honda - Bahía Portete (La Guajira)	1.320	3,100	-
Cabo de la Vela - Riohacha (La Guajira)	33.174	76,700	-
Santa Marta - Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena)	97	0,220	0,21
Isla Arena (Bolívar)	2	0,005	-
Bahía de Cartagena (Bolívar)	77	0,180	-
Barú - Islas del Rosario (Bolívar)	835	1,930	1,90
Comisario - Punta San Bernardo-Comisario (Sucre)	2.107	5,020	-
Islas de San Bernardo (Bolívar)	2.443	5,700	5,11
Golfo de Morrosquillo (Sucre - Córdoba)	189	0,440	-
Isla Fuerte (Bolívar)	624	1,440	-
Isla Tortuguilla (Córdoba)	12	0,020	-
Urabá chocoano (Chocó)	94	0,220	-
<b>Total</b>	<b>43.223</b>	<b>100,000</b>	<b>7,37</b>

En la parte central de la costa Caribe colombiana, entre Cartagena y las costas suroccidentales del Golfo de Morrosquillo, incluyendo las que rodean las islas de San Bernardo y El Rosario (Figura 37), se encuentran otras 5.714 Ha (13,2%) de praderas (Tabla I). Estas son de extensión pequeña a mediana y se desarrollan especialmente sobre arenas bioclásticas. Aquí, los elementos más conspicuos de la fauna son las estrellas (*Oreaster reticulatus*), erizos, pepinos, esponjas y algunos corales.

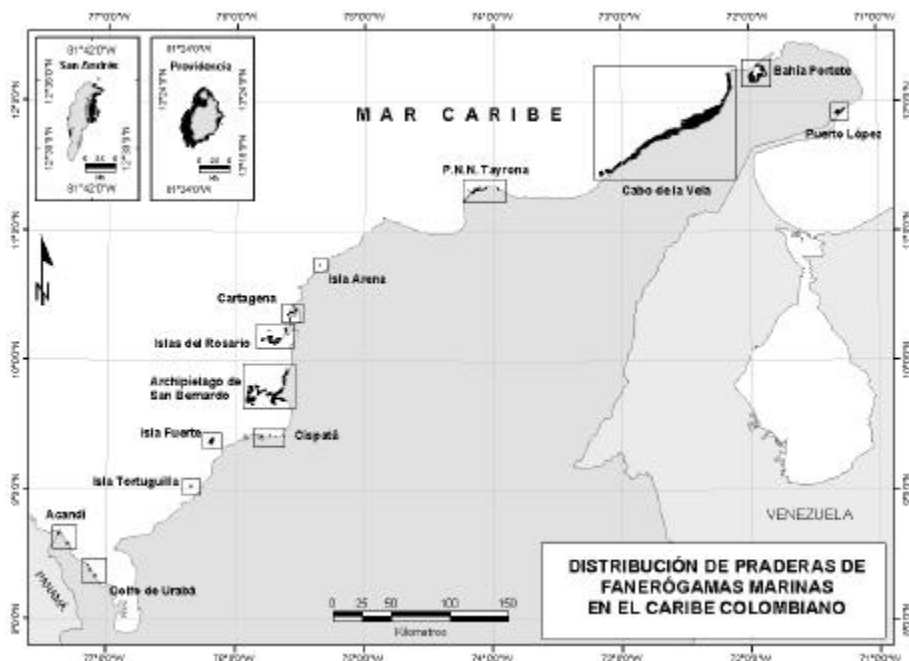


Figura 37. Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Tomado de INVEMAR 2002a.

En cuanto al área de San Andrés, trabajos relacionados con la distribución y características más importantes de las praderas de pastos fueron llevados a cabo en 1997 por Ángel y Polanía (2001). De acuerdo con los autores, los pastos marinos ocupan una extensión de 506 Ha alrededor de la isla. Sin embargo, dicha cifra incluye, además de las praderas, fondos vegetados primordialmente por algas y rodales de dimensiones menores a las consideradas en el trabajo realizado por INVEMAR entre 2000 y 2002 (ver Díaz *et al.*, 2003a,b). Las 400 Ha estimadas en

este último estudio (Tabla 10), corresponden entonces a zonas vegetadas por pastos con coberturas mayores al 30% y con un área superior a 100 m<sup>2</sup>. La mayor parte de dicha extensión se distribuye en el interior de la cuenca de la laguna arrecifal, al este y norte de la isla, prácticamente desde la línea de costa hasta una profundidad de 12 m. El pasto dominante en las zonas someras hasta una profundidad de 4m es *Thalassia*, mientras que *Syringodium* forma amplios y densos rodales monoespecíficos entre 7 y 10 m al norte de la isla. *Thalassia* está prácticamente ausente en el costado occidental, y *Syringodium* es más bien escasa, pero *Halodule* alcanza a formar algunos rodales dispersos aunque poco densos entre 4 y 7m de profundidad a lo largo de un plano arenoso que bordea el costado de sotavento.

Tres de los Parques Nacionales Naturales (PNN) de Colombia incluyen praderas de pastos entre los mosaicos de ambientes marinos y costeros más característicos del Caribe, además de las formaciones de coral y los manglares. En conjunto, los PNN Tayrona, Corales del Rosario y San Bernardo y McBean Lagoon, éste último en la isla de Providencia, protegen un total aproximado de 3.400 Ha de pastos marinos. Si se toma en cuenta que una de las medidas de conservación más efectivas y generalizadas es la creación de áreas marinas protegidas que incluyan dentro de sus límites extensiones suficientes y representativas de los ecosistemas naturales objeto de conservación, se puede decir entonces que el área de pastos marinos protegida en la actualidad es muy reducida, pues equivale a menos del 8% de la extensión total que ocupan las praderas en el Caribe colombiano (ver Tabla 10). Adicionalmente, ninguno de los PNN mencionados abarca praderas en la península de La Guajira, donde son más abundantes y existe una fauna asociada con una estructura en cierto modo diferente a las demás (Díaz *et al.*, 2003a). A pesar que las praderas en este sector no muestran un grado de amenaza grande, su peculiaridad e importancia amerita la creación de al menos un área protegida en la costa de La Guajira que garantice su conservación.

### 5.3 Diagnóstico

En contraste con otros ambientes como los arrecifes coralinos y los manglares, son pocos los trabajos realizados en Colombia con referencia a las praderas de pastos marinos. Prueba de ello son los resultados del informe del estado de los recursos marinos y costeros para los años 2000 y 2001 (INVEMAR, 2001a, 2002a), en los cuales se muestra que para el año 2000 se conocía de la existencia de amplias praderas en el Caribe colombiano (INVEMAR, 1988, 1992; Borrero *et al.*, 1996; Díaz-Pulido, 1997), mas no se tenía un conocimiento real de información o mapas que permitieran visualizar e interpretar la distribución y extensión de las mismas, excepto aquellos elaborados para áreas específicas, como las de las praderas asociadas a los ambientes coralinos del Archipiélago de San Andrés y Providencia o de áreas coralinas del sector continental (Díaz *et al.*, 2000), incluyendo aquellas de los Parques Nacionales Naturales Tayrona y Corales del Rosario.

A mediados de 2002, INVEMAR finalizó el proyecto “Distribución, estructura y clasificación de las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano”, el cual estaba encaminado a caracterizar ecológica y ambientalmente las praderas de fanerógamas de este sector colombiano, particularmente su distribución, extensión, estructura, biota asociada y grado de intervención (INVEMAR, 2002b). Lo anterior, como respuesta a la falencia de información que se presentaba en casi todos los niveles (línea base, ecología, etc.) para este ecosistema, la cual es requerida para poder implementar programas de monitoreo y adoptar estrategias de conservación para el mismo. La información que se presenta a continuación se basa primordialmente en los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto en mención y en los resultados del último año para el área de Santa Marta, obtenidos por la red del programa CARICOMP, así como en los resultados de los trabajos de la Universidad Nacional de Colombia para el área de San Andrés.

Dentro de las áreas evaluadas por los diferentes estudios, se encontraron en general cinco especies de pastos para el Caribe colombiano: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halophila decipiens*, *H. baillonis* y *Halodule wrightii*, pero sólo los dos primeros mostraron ser formadores de praderas como tal, ya fueran monoespecíficas o mixtas. *Halophila decipiens* fue frecuente en sitios someros (1-2 m) o de profundidad media (2-4 m), donde existen sustratos lodosos y arenas muy finas o medias de origen predominantemente terrígeno, formando pequeños rodales o parches. *Halodule wrightii* fue más frecuente en ambientes dominados por arenas medias a lodos, ya fueran de origen biológico o terrígeno, mostrando mayor desarrollo en lugares someros o de profundidad media. Por su parte, *Syringodium filiforme* se desarrolló principalmente sobre sustratos de profundidad media (2 a 5 m) conformados por arenas finas a medias de origen biológico o terrígeno y en ocasiones en ambientes a menor profundidad. En contraste, *Thalassia testudinum* fue el pasto marino más frecuente del Caribe colombiano, dentro de todo tipo de sedimentos y en un amplio rango de profundidad (desde casi la superficie hasta profundidades mayores a 10 m), aunque su mayor desarrollo se dio en lugares someros y sobre fondos lodosos o con arenas finas. En este último pasto también se identificaron varias praderas con flores y frutos en diferentes etapas de desarrollo.

Al analizar la cobertura general de los fondos con praderas de pastos se observó que los fondos blandos y la cobertura algal fueron elementos comunes dentro del paisaje. La cobertura general de pastos fue del 48% ( $\pm$  16%) siendo Bahía Portete la que presentó el mayor valor (60,8%), mientras que la de algas fue del 11% ( $\pm$  9%), con valores máximos en algunos sectores de La Guajira (40%), siendo *Caulerpa* (12,09%), *Halimeda* (11,6%), *Penicillus* (10,13%) y *Dictyota* (9,15%) las más frecuentes dentro de las 149 especies encontradas, lo cual deja un valor promedio para los fondos blandos cercano al 41%.

### 5.3.1 Cobertura de Epífitas

Otro de los elementos importantes dentro de las praderas de pastos marinos es la cobertura de organismos epífitos, ya que éstos reflejan en alguna medida el grado de intervención sobre el ambiente. Bajo condiciones “normales”, las algas epífitas son un elemento importante para la salud de las praderas al proveer la base de la cadena alimentaria, pero bajo condiciones de eutroficación las hojas de las praderas tienden a estar sobrecrecidas por diatomeas y algas filamentosas, entre otras, que con el tiempo van reduciendo la cobertura de pastos (Kemp, 2000). Resultados obtenidos por INVEMAR para el Caribe colombiano entre los años 2000 y 2002 muestran que en general, los organismos epífitos presentaron bajas coberturas promedio ( $13,4 \% \pm 7,9\%$ ), los cuales reflejan en alguna medida la baja tensión antrópica en cuanto a vertimientos de aguas servidas sobre estos ambientes. No obstante, este valor se vio incrementado en Cartagena y algunas áreas de La Guajira, mientras que en zonas con influencia de arrecifes como en el caso de las Islas del Rosario, Isla Fuerte, Isla Providencia y en alrededores del Golfo de Morrosquillo las hojas presentaron menor epifitismo. Los epífitos más comunes fueron algas calcáreas costrosas, algas rojas como *Jania adhaerens* y *Amphiroa fragilisima*, poliquetos de la familia Serpulidae, gasterópodos como *Smaragdia viridis*, lapas como *Crepidula convexa*, al igual que chitones, hidroides y tunicados de varias especies.

### 5.3.2 Fauna Asociada

Paralelamente, se registró un total de 301 especies y 17.766 organismos, entre invertebrados y otros grupos bentónicos (tunicados) y pelágicos (peces). La comunidad estudiada, a nivel de grupos, estuvo dominada por los moluscos, crustáceos y peces, que aportaron cerca del 62% de las especies (Figura 38). Sin embargo, en cuanto al número de individuos, las esponjas, moluscos y cnidarios fueron los más destacados, con el 67% del total de individuos observados (Figura 39). En cuanto a la frecuencia de especies en el total de las estaciones muestreadas, sobresalieron el pez *Sparisoma radians*, el erizo *Lytechinus variegatus*, el molusco *Modulus modiolus* y la esponja *Niphates erecta* (Figura 40), sugiriendo que estas especies pueden tener una mayor distribución geográfica. Por su parte, el erizo *Lytechinus variegatus*, el bivalvo *Brachidontes modiolus*, los corales *Siderastrea radians* y *Porites porites*, la anémona *Bartholomea annulata* y el gasterópodo *Cerithium litteratum*, fueron las especies más abundantes, con cerca del 39% de los individuos. No obstante, la gran mayoría de la macrofauna registrada (cerca del 93% de las especies) se caracterizó por estar constituida de especies restringidas a ciertas áreas y ser poco abundantes. Todas estas especies han sido catalogadas como habitantes típicos y predominantes de las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe (Virstein, 1987; Greenway, 1995). Las tendencias en relación con la composición y abundancia de especies resultaron ser también



acordes con los resultados de otros trabajos realizados en distintas partes del Caribe (cf. Aubad, 1981; Echeverry, 1982; Heck Jr., 1976, 1977; Stoner, 1982; Díaz *et al.*, 2003a).

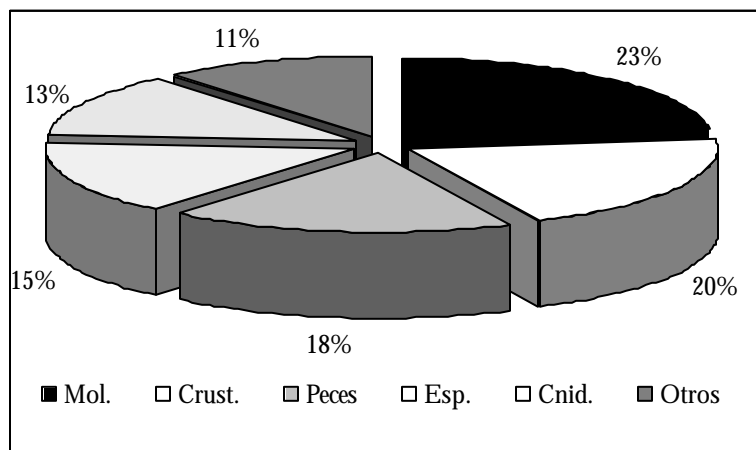


Figura 38. Representatividad de los principales grupos taxonómicos a la riqueza de especies presente en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. Abreviaturas: Mol = Molusco, Crust.= Crustáceo, Esp = Esponjas, Cnid. =Cnidario.

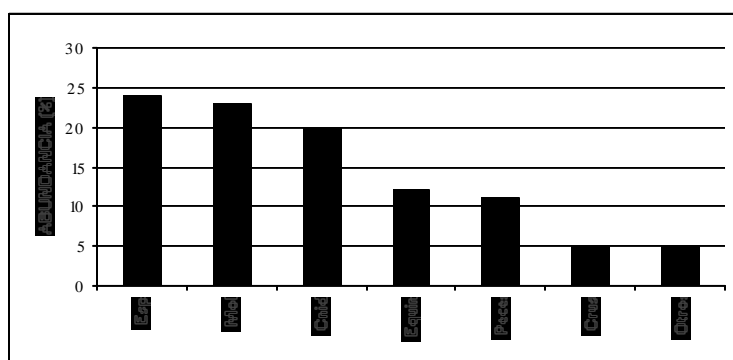


Figura 39. Aporte de los principales grupos taxonómicos a la abundancia de organismos dentro de las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. Abreviaturas: Mol = Molusco, Crust.= Crustáceo, Esp = Esponjas, Cnid. =Cnidario, Equin.=Equinodermo.

En cuanto a sus estrategias de vida o alimentación, la mayoría mostraron ser sedentarias o sésiles sobre el sustrato (ya sea el pasto como tal o el sedimento sobre el que se aloja la pradera), y de hábitos alimentarios detritívoros, similar a lo observado en otras áreas del Caribe (Vegas, 1971; Greenway, 1995).

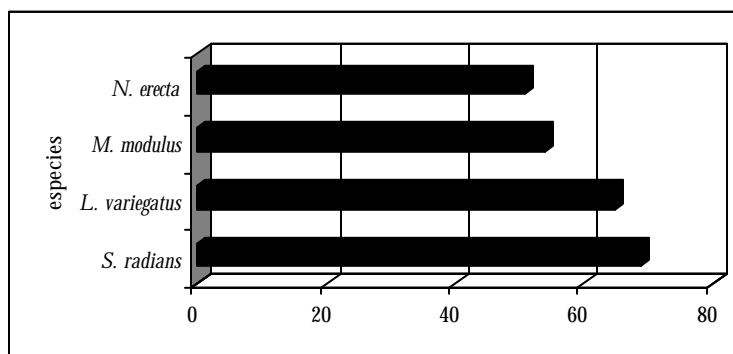


Figura 40. Frecuencia de ocurrencia de organismos dentro de las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano.

### 5.3.3 Estructura de las praderas y fauna asociada

El análisis de clasificación y de tendencia empleado para determinar grupos entre las 55 estaciones medidas a lo largo del Caribe colombiano, con respecto a atributos de la comunidad vegetal, mostró la formación de tres asociaciones que difieren entre sí con respecto a su visibilidad, así como al origen y tipo de sedimentos. La primera asociación estuvo conformada por 15 estaciones pertenecientes en su mayoría al PNN Tayrona y otras áreas con influencia de arrecifes continentales (Tabla 11). Sus praderas tendieron a desarrollarse en ambientes con buena visibilidad ( $\pm 6$  m) y sobre fondos de arenas medias a gruesas, de origen biológico.

La segunda asociación estuvo conformada por 24 estaciones, la mayoría de áreas insulares y con alta influencia arrecifal. Agrupó praderas que se desarrollaron en ambientes con alta visibilidad ( $\geq 8$  m), también sobre fondos de arenas medias a gruesas de origen biológico, pero con bajos contenidos de materia orgánica (Tabla 11).

La tercera asociación agrupó 16 estaciones (11 de La Guajira, 3 de Cartagena y 2 del PNN Tayrona), caracterizadas por presentar vástagos muy desarrollados con respecto a los rizomas, como lo demuestran los altos valores de biomasa foliar, área foliar y porcentaje en peso de

epífitos, así como la baja biomasa rizoidal. En estos ambientes predominaron arenas finas o lodos, de origen terrígeno y con alto contenido de materia orgánica (Tabla 11).

Tabla 11. Principales atributos estructurales y ambientales de las asociaciones resultantes en la prueba de clasificación. Densidad de vástagos=N°vástagos m<sup>2</sup>. Biomasa rizoidal= gramos de peso seco m<sup>2</sup>. Biomasa foliar= gramos de peso seco m<sup>-2</sup>. Área foliar=área en cm<sup>2</sup>. Epífitos= porcentaje (%) en peso de los epífitos. Pastoreo= frecuencia (presencia-ausencia) de hojas pastoreadas. Los valores marcados en negrilla son los más representativos de cada asociación.

Atributos	Áreas Continentales	Áreas Insulares	Guajira
Tamaño sedimento	Arena media - gruesa	Arena media - gruesa	Arena fina - lodo
Origen sedimento	Bioclástico	Bioclástico	Litoclástico
Visibilidad promedio (m)	6	≥ 8	<b>3</b>
% Materia orgánica	Baja 6.5 ± 4	Media 9.1 ± 7.6	Alta 16.4 ± 14
Densidad de vástagos	<b>Alta</b> <b>570.1 ± 194.4</b>	Media 467.5 ± 150	Baja 418 ± 193.3
Biomasa rizoidal	Alta 1527.3 ± 1.162,3	Baja 538.2 ± 274.3	Media 808 ± 308.1
Biomasa foliar	Media 123.9 ± 34	Baja 70.2 ± 19	Alta 139.6 ± 47.5
Área foliar	Media 26.6 ± 5.2	Baja 18 ± 5.3	<b>Alta</b> <b>31.9 ± 9.8</b>
Epífitos	Bajo 6.9 ± 3	Medio 12.5 ± 4.6	Alto 20.7 ± 8.8
Pastoreo	Medio 14.4 ± 1.6	<b>Alto</b> <b>15.3 ± 2</b>	Bajo 12.13 ± 4

## 5.4 Tensores e Impactos

Al integrar la información existente sobre la estructura vegetal de las praderas a la de su fauna asociada, con el objeto de determinar atributos estructurales, ambientales y bióticos que pudieran influir en los ambientes de pastos marinos, se encontró que las variables ambientales influyen de manera especial las áreas de la Bahía de Cartagena, PNN Corales del Rosario - Barú y el Golfo de Morrosquillo, en su orden, mientras que las variables estructurales son

especialmente importantes para las islas de San Bernardo, Isla Arena, Cartagena y Portete. Por su parte, las variables bióticas son más determinantes para el sector comprendido entre el cabo de la Vela y Riohacha, así como para el PNN Tayrona y Bahía Portete (Tabla 12).

La categorización de las variables ambientales es confiable si se tiene en cuenta que, a pesar de que los resultados de los análisis químicos realizados en las distintas estaciones de muestreo a lo largo del Caribe no mostraron alto grado de contaminación en ninguno de sus componentes, sí se observó un efecto directo de algas y organismos epífitos sobre las hojas de *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* principalmente. Lo anterior puede indicar la presencia de eventos ya sea del tipo casual, permanente en menor grado o temporal de aguas marinas con excesos de nutrientes que favorecen momentáneamente la proliferación de éstos últimos, y por consiguiente de organismos que los consumen, ocasionando con el tiempo la reducción de las praderas (Kemp, 2000). En este caso, los niveles hallados dentro de los análisis químicos correspondieron, de acuerdo con la escala de valoración para el grado de contaminación del programa de Calidad Ambiental Marina (INVEMAR 2001b), a “bajos o no determinados”.

Se registró en algunas de las praderas la presencia de unas “lamas” de algas filamentosas pardas, rojas y cianobacterias principalmente, que en ocasiones cubrió totalmente la parte distal de las hojas de *Thalassia* y *Syringodium*. Sin embargo, no se observó necrosamiento de las hojas ni un aparente estado anormal de éstas en relación con el de las plantas cercanas que no fueron cubiertas por la lama. De igual manera, en áreas como la bahía de Cartagena, Isla Fuerte, Islas de San Bernardo, Cabo de la Vela hasta Riohacha, Portete y San Andrés, se notó mayor grado de epifitismo sobre las hojas de *Thalassia* y *Syringodium* que en otros lugares, pero al igual que en el caso anterior, no fueron evidentes signos de enfermedad.

Con el fin de tener una visión general del estado ambiental de las praderas en el Caribe colombiano a partir de algunas de las variables ambientales, estructurales y bióticas (grado de epifitismo, especies de fauna asociada, presencia y tipo de basuras e influencia de actividades humanas, ya sea por actividad industrial, explotación pesquera, actividades náuticas, poblaciones adyacentes, descarga de aguas servidas y/o continentales), dentro de la Tabla 12 se incluye el consenso general del grado de intervención antrópica para cada una de las áreas visitadas.

En general, se puede considerar que en el Caribe colombiano el grado de intervención antrópica sobre los ecosistemas de pastos marinos es de mediana magnitud (2). Sin embargo, se presentan áreas críticas en las que el impacto es mucho mayor, en especial si se tiene en cuenta que entre ellas hay dos que corresponden a áreas marinas protegidas de la UAESPNN (PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y San Bernardo).

Tabla 12. Resumen de las principales causas de deterioro en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. El valor obtenido para cada atributo ambiental, estructural o biótico corresponde al promedio de la información colectada y expresa la suma de incidencia y permanencia en el tiempo.

Categorías de 0 a 5 (0= insignificante, 1=valor muy bajo, 2= bajo, 3=medio, 4=alto, 5=muy alto o importante). El grado de intervención antrópica en la última fila resulta de promediar los valores de los atributos marcados con asterisco (\*). Dado que se aproximó a la siguiente unidad por encima de cinco, los valores de "0" dentro de la tabla corresponden a promedios menores a 0,5 (rango 0-0,5). A=Urabá, B=isla Fuerte, C=Tortuguilla, D=San Bernardo, E=Morrosquillo, F=San Bernardo-Canal del Dique, G=Barú-Islands del Rosario, H=Cartagena, I=isla Arena, J=Tayrona, K=Cabo de la Vela-Rioacha, L=bahía Portete, M=Puerto López, N=San Andrés, O=Providencia.

Atributos	Indicador	Áreas														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Ambientales	Extensión	2	3	1	4	2	3	3	2	1	2	5	3	2	3	3
	Grado de epifitismo*	2	3	2	3	2	2	2	4	3	2	3	3	2	3	2
	tt Influencia de asentamientos humanos*	2	2	0	2	2	2	3	4	0	2	2	2	1	4	3
	Descarga de aguas continentales*	4	2	1	2	3	3	3	4	2	2	0	1	1	1	2
	Aguas negras/actividad industrial*	1	1	0	1	2	2	2	5	0	1	1	1	0	2	2
	Basuras*	1	1	1	2	2	1	2	3	0	2	1	0	0	2	2
	Turbidez	2	2	2	1	3	2	2	4	4	2	3	3	4	0	1
Promedio ambientales		2,1	2,1	1	2,2	2,4	2,2	2,4	3,7	1,6	2,1	2	1,7	1,4	2,1	2,1
Estructurales	Densidad vástagos	2	2	1	3	2	1	2	2	3	2	1	3	2	2	1
	% cobertura	2	3	2	3	3	2	3	3	4	3	2	3	2	2	2
	Índice de área foliar	2	2		2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	Tipo de sedimento	2	3	3	4	1	2	4	3	1	2	1	2	1	4	4
Promedio estructurales		2,1	2,5	1,3	2,8	2,1	2,1	2,4	2,6	2,7	2,3	1,6	2,6	1,9	2,4	2,2
Bióticos	Grado de															
	Mosaicismo	3	3	2	3	2	2	3	3	2	4	1	3	2	2	3
	Riqueza de flora	3	2	2	3	4	1	3	3	2	3	5	4	3	2	2
	Riqueza de fauna asociada*	3	3	2	3	3	2	3	3	1	4	5	3	1	3	3
Promedio bióticos		3	2,6	2	3	3	1,6	3	3	1,6	3,7	3,7	3,4	2	2,4	2,7
Grado de intervención antrópica		2	2	1	2	3	2	3	4	1	3	2	2	2	2	2

tt La influencia de asentamientos humanos es la resultante del promedio de 3 variables: distancia de las praderas a los asentamientos (5= de 0 a 100m; 4= de 101 a 300m; 3= de 301 a 500m; 2= de 501 a 1000m; 1= de 1000 a 2000m; 0=> a 2000m), número de unidades poblacionales en el área (5= 5 poblaciones o más; 4=4 poblaciones....0=0 poblaciones) y Tamaño de unidades poblacionales (5=> 1'000.000 de habitantes; 4=100.000- 1'000.000; 3=10.000-100.000; 2=1000-10.000; 1=100-1000; 0=1 a 100).

Para el caso particular de la Bahía de Cartagena, Díaz y Gómez (2003) recopilaban información secundaria que databa desde los años 30, en la que se describe la presencia de praderas de fanerógamas y de arrecifes de coral al interior de la bahía, complementada con la interpretación

de fotografías aéreas del año 1945 hasta el presente, lográndose reconstruir la secuencia de los cambios que han tenido estos ecosistemas. Los autores concluyen que la extensión aproximada de las praderas en la década de 1935 a 1945 era de 1.011 Ha y que al presente sólo existe un remanente de 76 Ha (Figura 41). Esta marcada pérdida tiene orígenes principalmente antrópicos, generados por la apertura, rectificación y dragados del Canal del Dique, la construcción y emplazamiento del complejo industrial de Mamonal y la estructuración poco organizada de la ciudad histórica. En el documento se recalca la importancia de la confrontación con información previa y/o registros, que puedan apoyar las variaciones observadas en el ecosistema de pastos entre otros.

En San Andrés y Providencia, Bahía de Cartagena, Barú e Islas del Rosario, es palpable la permanente influencia de actividades humanas, tanto náuticas como de descarga de aguas servidas. Así mismo, en los sectores aledaños a Isla Fuerte, Acandí y Guajira (entre el Cabo de La Vela y Riohacha), se observó la práctica de explotación pesquera comercial con redes de arrastre en fondos adyacentes a las praderas de pastos marinos.

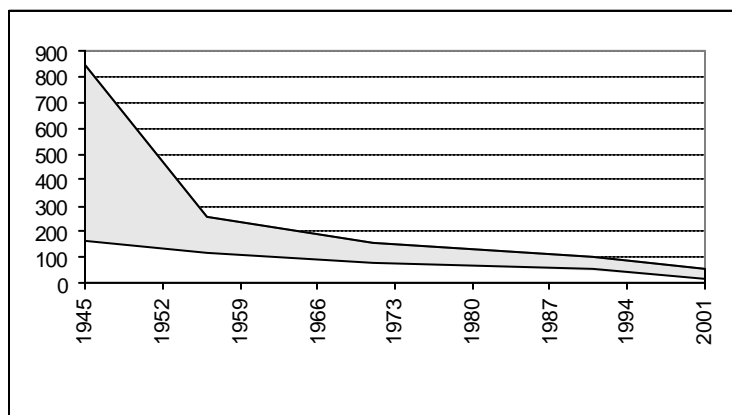


Figura 41. Tendencia de disminución de praderas de fanerógamas marinas desde la década de 1945 a 2001, en la bahía de Cartagena. El área subrayada corresponde al sector interno de la bahía. Tomado de Díaz y Gómez (2003).

## 5.5 Estado del Conocimiento de las Praderas

A partir de la información recolectada hasta la fecha y teniendo como base el informe sobre el estado de los recursos para el año 2001 (INVEMAR, 2002a), a continuación se presenta una tabla comparativa del aumento del conocimiento para cada uno de los temas principales establecidos para el ecosistema de pastos marinos (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis comparativo del avance en el estado del conocimiento sobre praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. LB= línea de base sobre localización, extensión y distribución. MAP= mapas básicos. INV= estudios biológicos e inventarios. EST= estado de salud ambiental. MON= programas de monitoreo sobre el estado ambiental de las praderas. ECO= estudios sobre ecología. TENS= posibles tensores que afectan las praderas (P= pesca, C= contaminación del agua y/o sedimentación, D= destrucción física de las praderas por dragados, actividades náuticas u otras causas antrópicas). Interpretación del grado de conocimiento de 1 a 3\* (1=escaso, 2=existe información pero debe ser complementada o actualizada, 3=la información existente es buena y sólo requiere ser integrada, 3\*= información integrada a nivel de praderas con otras áreas y con otros ambientes).

Área/Año	LB		MAP		INV		EST		MON		ECO		TENS	
	01	02	01	02	01	02	01	02	01	02	01	02	01	02
Bahía Portete	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	P	P
Costa de La Guajira	3	3	3	3	2	2	1	1	0	0	1	1	P	P
Santa Marta y PNN														
Tayrona	3	3*	3	3*	3	3	2	2	3	3	2	2	P,D,C	P,D,C
Isla Arena	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	P,C	P,C
PNN Islas del														
Rosario	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	P,D,C	P,D,C
Isla Barú	3	3	3	3	2	2	1	1	0	0	1	1	P,D,C	P,D,C
Cartagena	3	3*	3	3*	3	3	1	1	0	0	1	1	P,D,C	P,D,C
San Bernardo	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	1	1	P,D,C	P,D,C
Golfo de														
Morrosquillo	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	P,D,C	P,D,C
Isla Fuerte	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	P,D,C	P,D,C
Isla Tortuguilla	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	P,D	P,D
Urabá	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	P	P
Cayos Courtown	1	1	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	?	?
Cayos Albuquerque	1	1	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	?	?
Isla de San Andrés	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	2	P,D,C	P,D,C
Isla de Providencia	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	P,D	P,D

Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos por el proyecto realizado por INVEMAR entre 2000 y 2002 ya fueron incluidos como parte del informe del estado de los recursos para el año 2001 (ver INVEMAR, 2002a) y que los resultados de los proyectos realizados por otras

entidades en Colombia son muy localizados, tanto a nivel espacial como temático, se puede decir que el avance en el estado del conocimiento para este ecosistema durante el último año ha sido menor al 10%.

#### ▪ **Monitoreo de *Thalassia testudinum* en la Bahía de Chengue, PNN Tayrona**

Como ejemplos de valores comparativos en el tiempo para praderas de fanerógamas en el Caribe colombiano, se presentan a continuación los resultados del proyecto Caribbean Coastal Marine Productivity-CARICOMP para la pradera de *T. Testudinum* de la bahía de Chengue (PNN Tayrona), durante los últimos nueve años.

Los atributos monitoreados para esta pradera no han mostrado un patrón particular de cambio durante los 9 años de estudio, con excepción del año de 1999, donde fueron registrados los mayores promedios de biomasa total, productividad de hojas y tasa de renovación (Tabla 14). De las variables ambientales que se han monitoreado, la precipitación es la única que aparentemente puede explicar este aumento (Rodríguez-Ramírez y Garzón Ferreira, 2003). No obstante, es posible que estos incrementos sean normales, considerando que varios autores a nivel del Caribe (Zieman, 1986; Duarte, 1989; CARICOMP, 1997), han registrado algún tipo de variación temporal para las praderas de pastos marinos.

El único atributo de la pradera de Chengue que presentó un cambio drástico fue la biomasa del alga calcárea *Halimeda opuntia*, la cual prácticamente desapareció desde 1996 y no se ha recuperado desde entonces (Tabla 14). Las causas de este fenómeno no se han podido esclarecer, debido a que ninguna de las variables ambientales monitoreadas mostró alteraciones importantes entre 1995 y 1996, y no se halló referencia en la literatura de ningún caso semejante en otro lugar del mundo (Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, 2003). Aparte de este evento, que muy posiblemente no refleje ningún proceso de deterioro y más bien se trate de un fenómeno natural, la pradera de *Thalassia* en Chengue presenta un buen estado de conservación y presenta una buena vitalidad frente a otras praderas del Caribe (Garzón-Ferreira y Rodríguez-Ramírez, 2003)



Tabla 14. 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 generales para Chengue entre 1994 y 2002 (PROM 94-02). \*= No hay dato para el año 2002.

FECHA	BIOMASA		ÍNDICE ÁREA FOLIAR		LONGITUD		ANCHO		Nº VÁSTAGOS		TASA DE		PRODUCTIVIDAD		BIOMASA ALGAS	
	TOTAL g m <sup>-2</sup>		m <sup>2</sup> hojas m <sup>-2</sup> superficie		HOJA cm		HOJA mm		en 200 cm <sup>2</sup>		RENOVACIÓN % día <sup>-1</sup>		HOJAS g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>		CALCÁREAS g m <sup>-2</sup>	
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
MAR-94	1214,5	141,5	6,5	0,03	16,8	1,0	14,9	0,1	11,0	0,2	4,0	0,8	3,6	0,8	62,5	0,3
NOV-94	1123,3	138,8	6,6	1,4	18,1	2,0	15,7	0,5	14,1	3,3	3,2	0,5	3,1	0,05	67,0	17,1
MAR-95	937,4	33,5	8,9	1,9	21,4	0,9	15,2	0,2	15,1	2,6	3,5	0,2	3,7	0,1	65,7	13,7
SEP-96	1147,6	5,4	5,0	0,3	13,4	0,7	14,7	0,0	15,8	0,9	4,0	0,04	2,8	0,2	4,6	0,4
SEP-97	933,7	33,5	3,8	0,8	15,7	1,7	13,8	0,5	11,5	0,8	3,8	0,01	2,1	0,2	0,4	0,4
SEP-98	1154,0	175,7	3,5	0,8	13,9	0,6	12,6	0,3	12,1	0,8	2,7	0,5	2,3	0,7	0,8	0,8
SEP-99	1479,9	480,1	5,1	1,4	13,9	1,9	13,5	0,4	14,8	3,6	5,7	0,4	5,1	0,5	2,7	2,7
SEP-00	740,8	142,8	3,8	0,4	15,6	1,5	14,3	0,3	11,3	0,5	3,6	0,2	2,4	0,2	0,0	0,0
SEP-01	966,0	62,9	3,1	0,3	16,4	2,1	12,6	0,4	12,6	0,8	2,8	0,4	2,0	0,2	0,0	0,0
SEP-02	*		2,4	0,3	11,8	1,7	11,8	0,4	12,0	0,6	*		*		*	
PROM 94-02	1077,5	70,7	4,9	0,6	15,7	0,9	13,9	0,4	13,0	0,6	3,7	0,3	3,0	0,3	22,6	10,6

## 5.6 Conclusiones

La distribución de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano está concentrada hacia la zona de la Guajira y, en segunda medida, hacia la zona central, que incluye desde la bahía de Cartagena hasta Isla Fuerte.

La extensión total de pastos marinos en el Caribe colombiano es de 43.223 Ha, de las cuales sólo el 4,6% corresponden a áreas insulares oceánicas, 9,1% a áreas insulares continentales y el restante 86,3% a áreas adyacentes a costas continentales, especialmente La Guajira, siendo *T. testudinum* el principal formador de praderas.

En cuanto a la estructura del componente vegetal se han encontrado tres grupos principales de áreas (entre La Guajira y el PNN Tayrona, aquellas con influencia de arrecifes continentales y áreas insulares con influencia arrecifal), que difieren entre sí con respecto a su visibilidad, así como al origen y tipo de sedimentos.

Tomando en cuenta la información recopilada en los informes anteriores, se puede decir que el avance en el estado del conocimiento para este ecosistema durante el último año ha sido menor al 10%.

## 5.7 Recomendaciones

Debido a la amplia extensión de praderas en la península de La Guajira, así como a la estructura particular de su fauna asociada, se sugiere la creación de al menos una Área Marina Protegida en este sector que garantice su conservación.

De acuerdo con el grado actual de intervención antrópica calculado para cada una de las áreas, las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano se encuentran medianamente intervenidas a nivel general, pero se sugiere especial atención a Áreas Marinas Protegidas de los PNN Tayrona y Corales del Rosario y San Bernardo, en los cuales el impacto por actividades humanas es aparentemente mayor.

La información obtenida hasta el momento constituye la base fundamental para el reconocimiento de indicadores del estado ambiental de este ecosistema, siendo posible a futuro la identificación de áreas específicas para implementación de planes de monitoreo, con fines de conservación y sostenibilidad.

Se recomienda incluir en posteriores investigaciones, estudios de otras variables como turbidez, corrientes, ciclos de reproducción y reclutamiento de las especies, análisis de contaminantes en

el sedimento y en la planta misma, entre otros, con el fin de obtener mayor información del estado fisiológico y ambiental de los pastos marinos.

Debido a que las muestras de agua, utilizadas para determinación de nutrientes y demás parámetros de calidad ambiental (hidrocarburos, metales pesados y plaguicidas) sólo se han colectado una vez en varios de los sitios de muestreo, no se pueden dar resultados concluyentes a nivel de seguimiento o monitoreo de las áreas. Por lo anterior, se sugieren estudios que permitan continuar la toma de información a este nivel para poder comprobar directamente si existe un efecto apreciable de estos químicos sobre las praderas de fanerógamas.

## 5.8 Literatura citada

- Ángel, I.F. y J. Polanía. 2001. Estructura y distribución de pastos marinos en San Andrés Isla, Caribe colombiano. Bol. Ecotrópica, 35: 1-24.
- Arber, A. 1920. Water plants; a study of aquatic angiosperms. Universidad de Cambridge. 436 p.
- Aubad, M. 1981. Estructura de una pradera de *Thalassia testudinum* y la fauna de invertebrados asociada en Bahía Neguange, Parque Nacional Tayrona. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad de Antioquia. Facultad de Biología. Medellín. 117p.
- Borrero, F.J., J.M. Díaz y A. Seczón. 1996. Las otras perliíferas (*Bivalvia*-*Pteriidae*) en el Caribe colombiano. Historia de su explotación, ecología y perspectivas para su aprovechamiento. INVEMAR, Santa Marta. Serie Publicaciones Especiales N° 1. 56p.
- CARICOMP. 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the CARICOMP network. Proc. 8<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp. 1:663-668.
- Dawes, C. 1986. Botánica marina. Editorial Limusa. México. 563p.
- Díaz-Pulido, G. 1997. Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad en Colombia: Ecosistemas marinos y costeros. INVEMAR, Santa Marta. 142p.
- Díaz, J.M. y D.I. Gómez. 2003. Cambios históricos en la distribución y abundancia de praderas de pastos marinos en la bahía de cartagena y areas aledañas (Colombia). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. En Prensa.
- 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. Serie Publicaciones Especiales. INVEMAR. 5:176p.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, D.I. Gómez y P. Montoya-Maya (Eds.). 2003a. Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales. Santa Marta. En prensa.
- Díaz, J.M., D.I. Gómez y L.M. Barrios. 2003b. Seagrass distribution in the Colombian Caribbean. Car. Jour. Sci. Sometido.
- Duarte, C.M. 1989. Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities. Mar. Ecol. Prog. Ser. 51(3): 269-276.
- Echeverry, B. E. 1982. Estudio de la fauna de invertebrados de una pradera de *Thalassia testudinum* Kónig - Biomasa e Incidencia de algunos factores ambientales sobre el ecosistema - en la Bahía de Neguange, Parque Nacional Tayrona. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad de Antioquia. Facultad de Biología. Medellín. 79p

- Garzón-Ferreira, J. y A. Rodríguez-Ramírez. 2003. Diez años de monitoreo en una pradera de *Thalassia*. En: Díaz, J.M., L.M. Barrios, D.I. Gómez y P. Montoya-Maya (Eds.). 2003a. Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales. En prensa.
- Greenway, M. 1995. Trophic relationships of macrofauna within a Jamaican seagrass meadow and the role of the echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck). Bull. Mar. Sci. 56 (3): 719-736.
- Heck, K.L. Jr., 1976. Community structure and the effects of pollution in seagrass meadows and adjacent habitats. Marine Biology 35. p. 345-357.
- Heck, K.L., Jr. 1977. Comparative species richness, composition, and abundance of invertebrates in Caribbean seagrass (*Thalassia testudinum*) meadows (Panama). Mar. Bio. 41 335-348
- Hartog, C. den. 1970. The Seagrass of the world. North Holland Publishing Co. Amsterdam-London. 298 p.
- INVEMAR, 1988. Evaluación de los efectos ambientales en la Bahía de Portete por la construcción y operación de las instalaciones portuarias de Puerto Bolívar. Editado por Juan Manuel Díaz. Informe Final INTERCOR, Barranquilla.
- INVEMAR, 1992. Caracterización inicial e instalaciones de parcelas permanentes de monitoreo ambiental en las comunidades marinas de la bahía de Portete y determinación del área de influencia de Puerto Bolívar en el mar adyacente. Editado por Juan Manuel Díaz. Informe Final INTERCOR, Barranquilla.
- INVEMAR, 2001a. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie Documentos Generales N° 3. 138p.
- INVEMAR, 2001b. Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Proyecto INVEMAR-COLCIENCIAS. Programa de Calidad Ambiental Marina. Informe Final. Santa Marta. 112 p.
- INVEMAR, 2002a. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2001. Ospina-Salazar, G.H. y A. Acero. (Eds.). Medellín: Cuartas Impresores. Serie Publicaciones Periódicas N° 8. 178p.
- INVEMAR, 2002b. Distribución, estructura y clasificación de las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Proyecto INVEMAR-COLCIENCIAS. Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos. Informe Final. Santa Marta. 16p. Anexos.
- INVEMAR, 2002c. 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.
- Kemp, W.M. 2000. Seagrass ecology and management: an introduction: 1-6. En: Bortone, S.A. (Ed.). 2000. Seagrasses: Monitoring, ecology, physiology and management. CRC Marine Science Series. CRC Press. Florida, U.S.A. 318p.
- McNeill, S. E. y J. D. Bell. 1992. Comparison of beam trawls for sampling macrofauna of *Posidonia* seagrass. Estuaries, 15 (3): 360-367.
- Rodríguez-Ramírez, A. y J. Garzón-Ferreira. 2003. Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la bahía de Chengue (Caribe colombiano). INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales. Santa Marta. En prensa.
- Stoner, A. 1982. The role of seagrass biomass in the organization of benthic macrofaunal assemblages. Bull. Mar. Sci. 30 (3): 537-551.
- Short, F.T., R.G. Coles y C. Pergent-Martini. 2001. Global seagrass distribution. p. 5-30. En: Short, F. y R. Coles (Eds.). Global Seagrass Research Methods. Elsevier, Amsterdam. 473 p

- 
- Thayer, G.W., D.A. Wolfe y R.B. Williams. 1975. The impact of the man on seagrass system. Am. Sci. 63:280-296.
- Vegas, M. 1971. Introducción a la ecología del bentos marino. OEA, Serie Biología. Monogr., 9, Lima, 91p.
- Virnstein, R. 1987. Seagrass-associated invertebrate communities of the Southeastern U.S.A.: A review. En: Durako, M., R. Phillips and R. Lewis. (Ed.). Proceedings of the Symposium on Subtropical-Tropical Seagrasses of the Southeastern United States. (Florida, June 1987) Florida Marine Research Publications. 42: 89-116.
- Young, D. y M. Young. 1982. Macrobenthic invertebrates in bare sand and seagrass (*Thalassia testudinum*) at Carrie Bow Cay, Belize. En : Rutzler, K. e I. E. MacIntyre (Ed.). The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize. I. Structure and communities. Smithsonian Contribution for Marine Science. 12: 115-126.
- Zieman, J. C. 1975. Tropical sea grass ecosystems and pollution. En: Ferguson, E. J. y E. J. Johannes (Ed.). Tropical Marine Pollution. Amsterdam: Elsevier Publication Co.: 63-74.
- Zieman, J.C. 1986. Gradients in Caribbean seagrass ecosystems: 25-29. En Ogden, J.C y Gladfelter E. H. (Eds): Caribbean coastal marine productivity. Unesco Reports in Mar. Sci., 41: 59 p.

## 6 ESTADO DE LOS MANGLARES EN COLOMBIA

Jorge Restrepo Martínez<sup>9</sup>

### 6.1 Definición

Los ecosistemas de manglar se ubican en las zonas de transición entre el mar y la tierra y se componen de diferentes especies de flora y fauna de diversos niveles taxonómicos, algunos de los cuales interactúan en los dos ambientes (Field, 1997). El componente vegetal del manglar incluye las especies halófitas pertenecientes a 19 familias y cerca de 69 especies, entre las que se encuentran 65 árboles y arbustos, 3 helechos y una palma típica de estos ambientes (Lacerda *et al.*, 1993). En Colombia se encuentran cerca de nueve especies de mangles distribuidas en las dos costas.

Estas especies vegetales poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten colonizar terrenos anegados y sujetos a fluctuaciones en la salinidad (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983). Entre las adaptaciones morfológicas se encuentran la presencia de raíces zancos o raíces tabloides, hojas con glándulas secretoras de sal, lenticelas o poros respiratorios en las raíces aéreas, raíces especializadas o neumatóforos en algunas especies, y alta producción de semillas vivíparas, las cuales germinan aun ligadas a la planta y que además poseen capacidad para flotar por varias semanas o meses (Prahl, 1989, Field, 1997).

### 6.2 Importancia

De forma general se ha considerado a los manglares como ecosistemas altamente productivos al proveer variados recursos de flora y fauna que el hombre aprovecha directamente. La madera

---

<sup>9</sup> Investigador Programa Calidad Ambiental Marina-INVEMAR. jrestrepo@invemar.org.co

en todas sus formas es el recurso de mayor uso por parte de las comunidades locales para su consumo como combustible, elaboración de carbón, construcción de canoas y aparejos de pesca, y en las ciudades en la industria de la construcción, además en el pasado se usó la corteza con fines industriales para la extracción de taninos. En las áreas de manglares también es importante la extracción de recursos como la jaiba, el camarón, el chipi chipi, el ostión, la piangua y la ostra entre los más comunes.

Los servicios ambientales que proporciona el manglar se consideran de suma importancia pero difícilmente mensurables, pues son las interacciones de sus componentes las que brindan beneficios directos y que se expresan como funciones. Los ecosistemas de manglar subsidian de materia y energía a otros sistemas, tienen valor como evapotranspiradores y suplen de humedad a la atmósfera, son agentes detoxificadores, captan sedimentos que funcionan como trampas naturales de contaminantes, contribuyen a mejorar la calidad del agua, actúan como amortiguadores de inundaciones, protegen la línea de costa, evitan la erosión y contribuyen en la estabilización de las playas, además, disipan la fuerza del viento y las olas y con ello reducen los posibles daños en áreas costeras y poblaciones ribereñas (Field, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 1997, 2000).

### 6.3 Distribución

En Colombia, los manglares comprenden una superficie aproximada de 380.634 Ha (Tabla 15) de las cuales 292.726 se encuentran en el litoral Pacífico y 87.908 en el Caribe. Estos bosques se ubican en áreas con amplios rangos en las precipitaciones, desde 150 mm anuales en la península de la Guajira, hasta 8000 mm en los departamentos del Valle y Chocó donde presentan el mejor desarrollo estructural.

En cuanto a la distribución, gran parte de los manglares del litoral Caribe se presentan de forma discontinua a lo largo de la línea intermareal dentro de bahías, ciénagas, lagunas, estuarios y desembocaduras de ríos y quebradas permanentes o temporales (Figura 42). Las mayores extensiones se encuentran en la Ciénaga Grande de Santa Marta, la Isla de Salamanca, el canal del Dique y los deltas de los ríos Sinú y Atrato. También se encuentran pequeñas áreas de manglares en las desembocaduras de los ríos Palomino y Don Diego (Guajira), en el Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena) y en el territorio insular, en los archipiélagos del Rosario y San Bernardo (Bolívar) y en las Islas de San Andrés y Providencia (Sánchez-Páez *et al.*, 2000).

Los manglares de la costa pacífica se distribuyen en una franja mas o menos continua y de ancho variable (Figura 43) desde el río Mataje hasta Cabo Corrientes en el Chocó, y desde este sitio hasta Punta Ardita se presentan en forma de pequeños rodales dada la presencia de acantilados (Prah, 1989). La mayor cobertura de manglares del litoral Pacífico y en general del

territorio nacional se encuentra en el departamento de Nariño con una superficie aproximada de 135.400 Ha (Sánchez-Páez, 1994).

En el Caribe continental e insular el arbolado conforma una consociación de “mangle rojo” (*Rhizophora mangle*), localizado principalmente en la franja intermareal, y otras especies como “mangle iguanero o salado” (*Avicennia germinans*), “blanco o amarillo” (*Laguncularia racemosa*) y “zaragoza” (*Conocarpus erectus*) que se ubican en las zonas altas del microrelieve. En el área del canal del Dique y Coveñas se encuentra además el “mangle piñuelo” (*Pelliciera rhizophorae*), registrado por primera vez por Calderón (1982). Se cree que la especie fue introducida a través de cisternas de barcos provenientes del Pacífico (Prah et al., 1990). El helecho *Acrostichum aureum* es una especie común en áreas de manglar, la planta se comporta como oportunista y puede llegar a ser dominante en áreas no expuestas a la inundación por efecto de las mareas (Tomlinson, 1986). En el Pacífico colombiano se le conoce como “ranconcha” y en el Caribe como “helecho del manglar” o “matatigre”, y normalmente se encuentra sobre sustratos estables, especialmente en zonas estuarinas y áreas intervenidas o con menor cobertura vegetal (Ocampo-Aguirre, 1997).

En el litoral Pacífico de Colombia, además de las especies mencionadas para el Caribe se hallan *Rhizophora racemosa*, *Avicennia bicolor* y el “nato” (*Mora oleifera*)

Tabla 15. Cobertura estimada de manglar (Ha) vivo y muerto por departamento para las costas colombianas según datos de Sánchez-Páez et al., 1997; Zambrano-Escamilla y Rubiano, 1997; IGAC, 1998; Sánchez-Páez et al., 2000; INVEMAR, 2001; CVC, 2001; CORPOURABÁ, 2002. n d= dato no disponible.

Departamento	Manglar vivo (Ha)	Manglar muerto (Ha)
Guajira	3.131	255
Magdalena	52.478	23.300
Atlántico	1.148	35
Bolívar	5.713	55
Sucre	9.574	489
Córdoba	8.862	299
Antioquia	6.805	606
San Andrés Islas	197	n d
<b>Total Caribe</b>	<b>87.908</b>	<b>25.039</b>
Chocó	64.750	n d
Valle del Cauca	41.961	n d
Cauca	36.277	n d
Nariño	149.736	n d
<b>Total Pacífico</b>	<b>292.726</b>	





### ▪ **Magdalena**

La mayor extensión de manglares en la costa Caribe se encuentra en el Magdalena y cubre un área total de 52.478 Ha distribuidas en dos zonas con diferentes características geomorfológicas que corresponden a la región del delta exterior del río Magdalena y el Parque Nacional Natural Tayrona (Sánchez-Páez *et al.*, 2000). La primera zona está conformada por la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta e incluye la Vía Parque Isla de Salamanca, la segunda zona contiene pequeñas áreas de manglar ubicadas en las bahías Concha, Chengue, Cinto, Neguanje, Arrecifes y Cañaveral.

### ▪ **Atlántico**

El departamento del Atlántico presenta la menor cobertura de manglares de la zona continental con un área estimada de 1.148 Ha según IGAC (1998). La mayor extensión de estos bosques se encuentra en cercanías a la ciudad de Barranquilla en las ciénagas de Mallorquín, Balboa y los Manatíes; otras áreas importantes se encuentran en la Ciénaga del Totumo en límites con el departamento de Bolívar y en pequeños rodales a lo largo de la costa, principalmente en las desembocaduras de los caños temporales que drenan en épocas de lluvia.

### ▪ **Bolívar**

Las 5.713 hectáreas de manglar estimadas para el departamento de Bolívar se encuentran agrupadas en cuatro zonas con características diferentes: 1) zona norte, 2) bahía de Cartagena y ciénaga de Tesca o de la Virgen, 3) Barú e islas del Rosario y 4) delta del canal del Dique y Barbacoas.

### ▪ **Sucre**

En el litoral de este departamento se han registrado 9.574 Ha de bosques manglar que se extienden desde los límites con el departamento de Bolívar hasta Punta Comisario, siendo interrumpidas por tramos hasta el sector de Balsillas y luego desde el puerto de Verrugas hasta Tolú en franjas discontinuas y heterogéneas en extensión y desarrollo estructural (Sánchez-Páez *et al.*, 1997).

### ▪ **Córdoba**

Los manglares de Córdoba tienen una extensión de 8.862 Ha que encuentran divididas en tres sectores: el primero desde Punta Bolívar hacia el sur hasta cercanías de Punta Rebujina, el segundo sector comprende los manglares ubicados en el antiguo delta del río Sinú y ocupan un total de 6.832 Ha, y el tercer sector se localiza en la desembocadura del río Sinú, conocida como Tinajones.

### ▪ **Antioquia**

La extensión de bosques de manglar para Antioquia actualmente corresponden a 6.993 Ha (CORPOURABÁ, 2002) y se registró un incremento de 189 Ha con relación a los datos de Sánchez-Páez *et al.*, (1997). Las áreas más representativas se distribuyen en el delta y el plano aluvial del río Atrato, y se destacan otras áreas de manglar hacia el margen suroccidental del Golfo de Urabá que incluyen las bahías de Marirrí, Candelaria, El Roto, El Rotico y Bahía de Paila. En la zona oriental, pequeños parches al sur y en la periferia de Turbo. Al norte de Necoclí se destaca un rodal significativo a la altura de la Ciénaga de Rionegro y pequeños rodales en cercanías de Arboletes (Sánchez-Páez *et al.*, 1997). En general estos bosques presentan el mejor desarrollo estructural de los manglares de la costa Caribe y son comparables a los manglares del Pacífico (Prah *et al.*, 1990).

### ▪ **Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina**

Según información de CORALINA los manglares se encuentran en diferentes sectores de las Islas y para 1997 cubrían una extensión de 197,3 Ha. Los bosques se distribuyen en Bahía Hooker con 34,4 Ha y entre Orange Hill y Little Hill se encuentra un bosque de 27,1 Ha. Al sudeste de la Isla se presentan zonas de manglar con menos extensión como Sound Bay y Smith Channel, esta última caracterizada por su buen desarrollo estructural, con árboles hasta de 25m de altura y diámetros superiores a los 35 cm. Hacia el costado occidental se encuentra un bosque monoespecífico de *R. mangle* en El Cove. Otras áreas de manglar se localizan en las Islas de Providencia y Santa Catalina, en sectores como Mc Bean Lagoon, con una extensión de 30 Ha, también en Southwest Bay, Old Town, Machineel Bay y Jones Point Town.

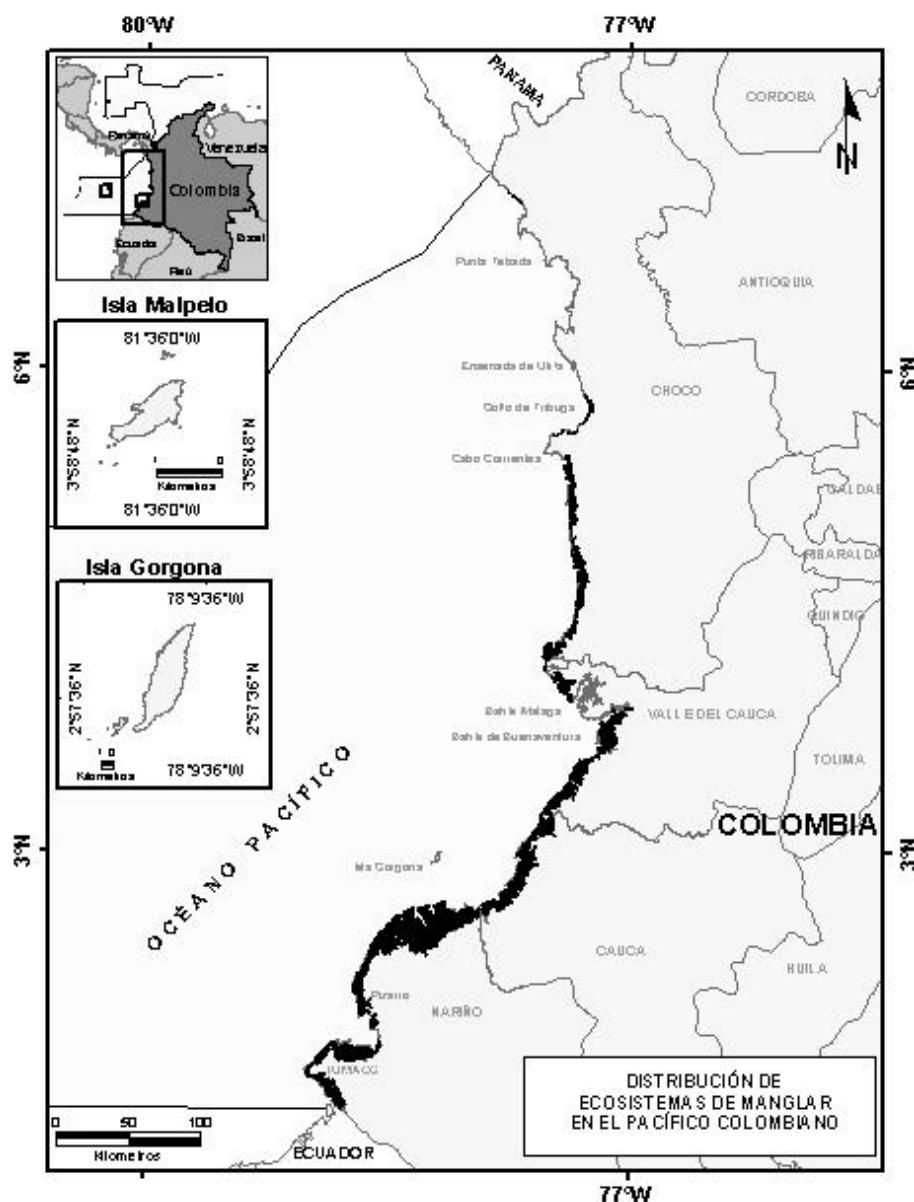


Figura 43. Distribución de los manglares en la costa pacífica colombiana

### **6.3.2 Distribución y Cobertura de los Manglares en los Departamentos de la Costa Pacífica de Colombia**

#### **▪ Chocó**

El Chocó posee una extensión de 64.750 Ha de bosques de manglar que se distribuyen desde cerca de la frontera con Panamá en Juradó hacia el sur con pequeños rodales en Bahía Cupica, Nabugá, Bahía Solano y El Valle, mientras que manglares de mayor extensión y desarrollo se localizan en la Ensenada de Utría. Hacia el sur se encuentran rodales en Nuquí, Cabo Corrientes y Virudó hasta los límites con el departamento del Valle del Cauca.

#### **▪ Valle del Cauca**

Los datos más recientes de cobertura de los manglares corresponden a 32.073 hectáreas (CVC, 2001) y su extensión es inferior a las 41.961 Ha estimadas por Sánchez *et al.* (1997); las variaciones registradas aparentemente obedecen a diferencias en las metodologías empleadas para estimar la cobertura. Los bosques se distribuyen desde el delta del río San Juan hacia el sur y se interrumpen en el Istmo de Pichidó y Bahía Málaga por la presencia de acantilados rocosos, aunque se observa el desarrollo de algunos manglares en las plataformas erosivas de esta bahía. El cinturón de manglares continúa entre la desembocadura del río Dagua y el golfo Tortugas y de Cajambre hasta el límite con el departamento del Cauca.

#### **▪ Cauca**

Los manglares se desarrollan en una línea continua a lo largo de la zona costera del departamento, cubriendo un área de 36.277 Ha. Varios ríos descargan al mar a través de los pequeños canales en los estuarios con amplias barras de arena y bahías dando las condiciones para el desarrollo de manglares ribereños bien estructurados, sin embargo donde no se presentan barras de arena, los manglares quedan expuestos a la acción del oleaje y por esto es común observar hileras de árboles muertos a lo largo del frente de la costa.

#### **▪ Nariño**

En este departamento encontramos la mayor cobertura de manglar del país 135.000 Ha distribuidas en un amplio cinturón continuo desde los límites con el departamento del Cauca

hasta la boca del río Mataje en la frontera con Ecuador. Este cinturón de mangle es interrumpido por la presencia de sedimentos terciarios en la Isla del Gallo y al norte de la Bahía de Tumaco por acantilados rocosos (INVEMAR, 2000). Se encuentran numerosas barras de arena, estuarios, canales, y lagunas costeras que forman un delta interno donde se desarrollan las comunidades de manglar. Los bosques de mangle se extienden aproximadamente 35 Km tierra adentro dependiendo de la penetración de la marea.

## 6.4 Estado de los Manglares

El estado de los manglares para algunas zonas del país es crítico, aun teniendo en cuenta que las áreas de manglar están legalmente protegidas por diferentes disposiciones de origen estatal. Esta situación revela una falta de control y gestión adecuada por parte de la mayoría de las autoridades ambientales a escala local y regional, lo cual explica el progresivo deterioro y pérdida en la cobertura de estos ecosistemas registrados durante los últimos años.

El cambio en la cobertura de los bosques de manglar se constituye en uno de los indicadores más importantes para evaluar su estado de conservación. Los primeros datos disponibles fueron obtenidos a partir de mapas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) del año 1966. De acuerdo con estos mapas, para los años 60's los manglares en Colombia cubrían un área de 5.013 km<sup>2</sup> a lo largo de las costas Caribe y Pacífico. Durante 1981 el Proyecto de Evaluación de Recursos Tropicales de la FAO, registró 4.400 km<sup>2</sup> de manglares (FAO, 1981), magnitud similar a la citada por Saenger *et al.* (1983). En 1984 Winograd realizó un inventario de recursos de manglar en Colombia a través de fotografías aéreas sensores remotos, radiometría y estudios detallados de campo y determinó un área de 3.963 km<sup>2</sup> de manglares. En 1987 INDERENA registró 3.659 km<sup>2</sup>. Finalmente el Proyecto Manglares de Colombia presentó los datos más recientes de cobertura con un área de 3.790 km<sup>2</sup> (Sánchez-Páez y Álvarez-León, 1997) y probablemente son las áreas más ajustadas a la situación actual.

De acuerdo con estos datos y teniendo en cuenta los 5.013 km<sup>2</sup> existentes en 1966, el país ha perdido aproximadamente 1.220 km<sup>2</sup> en treinta años, equivalentes a 40,8 km<sup>2</sup> por año. La mayor pérdida se ha registrado en la región Caribe, de 1.898 km<sup>2</sup> estimados en 1984 solamente permanecen 863 km<sup>2</sup> por efecto de diversos impactos como explotación forestal intensiva, conversión a otros usos y contaminación entre otros (Ocampo-Aguirre, 1997).

## 6.5 Tensores e Impactos

En el Caribe y Pacífico colombiano inciden numerosas acciones antrópicas generadoras de deterioro y destrucción de los manglares entre las que se encuentran la expansión turística, construcciones civiles y asentamientos urbanos, drenajes y canalizaciones, construcción y operación de fincas camaroneras, extracción intensiva de recursos maderables, expansión de áreas agrícolas y ganaderas, y la disposición inadecuada de residuos industriales y domésticos (Tabla 16). Estos factores han generado la degradación de miles de hectáreas de manglar con la consecuente disminución en la biodiversidad y recursos pesqueros, formación de playones salinos y la sedimentación de los cuerpos de agua (Sánchez-Páez *et al.*, 1997; Sánchez-Páez *et al.*, 2000).

Tabla 16. Desarrollo de actividades que afectan las áreas de manglar en las costas colombianas, modificada de Ocampo-Aguirre, (1997).

Actividades	Tensores	Áreas o departamentos afectados
Construcción de vías e infraestructura de servicios públicos	Cambio de patrones hidrológicos, hipersalinización de suelos o aguas	Isla de Salamanca, Barranquilla, Cartagena Tolú, Coveñas y B/ventura.
Construcción de puertos	Eliminación de manglares, relleno o aterramiento	Cartagena, Buenaventura, Tumaco y Turbo.
Actividades portuarias, muelles, marinas	Drenaje, derrame de hidrocarburos	Guajira, Atlántico, Bolívar, Sucre y Valle
Protección costera	Bloqueo de canales, cambio en los patrones hidrológicos y sedimentológicos	Magdalena (Ciénaga G. de de Santa Marta, Isla de Salamanca) y Bolívar.
Expansión turística y urbana	Eliminación de manglares, relleno o aterramiento	Atlántico, Bolívar, Sucre Córdoba, San Andrés Islas
Camaronicultura	Eliminación de manglares, cambio en los patrones hidrológicos, construcción de diques	Bolívar, Sucre, Córdoba, Nariño
Vertimiento de aguas residuales, domésticas o agroindustriales	Colmatación y eutrofización de cuerpos de agua, contaminación	Riohacha, Barranquilla, Cartagena, San Andrés Islas, Turbo, B/ventura y Tumaco.
Extracción intensiva de productos maderables	Eliminación de la cobertura de manglares, cambio en los patrones hidrológicos	Guajira, M/lana, Atlántico, Antioquia, Bolívar, Sucre, Córdoba, San Andrés, Chocó, Valle, Cauca y Nariño.
Cambio en el uso del suelo por expansión de áreas agrícolas y ganaderas	Eliminación de la cobertura del manglar	Guajira, Sucre, Córdoba, Chocó, Cauca y Nariño

Entre los factores de origen natural que también afectan los manglares se encuentran la pérdida de playas y costas por efecto de la erosión marina. A los anteriores factores se suma además la presión de las comunidades locales sobre los recursos naturales que conduce a una mayor degradación y esta a su vez genera una problemática social por el agotamiento de la oferta ambiental.

El mejor ejemplo de degradación de los ecosistemas de manglar en la región Caribe y sin duda en el país, se encuentra en el delta del río Magdalena, zona que comprende la Ciénaga Grande de Santa Marta e Isla de Salamanca en el departamento del Magdalena. Este sistema lagunar estuarino sufrió un notorio deterioro ambiental por efecto de la interrupción de los flujos hídricos entre el río Magdalena, la Ciénaga Grande de Santa Marta y el mar Caribe debido a la construcción de las carreteras Barranquilla-Ciénaga y Palermo-Sitionuevo. Esta perturbación hidrológica condujo a la hipersalinización de los suelos y muerte masiva de 28.000 hectáreas de bosque de manglar, y la consecuente disminución sustancial de la diversidad y abundancia de peces, aves y moluscos (Botero y Mancera, 1996). Casos similares pero de menor extensión son comunes en todos los departamentos de la costa Caribe (Sánchez-Páez *et al.*, 2000).

## 6.6 Áreas Protegidas

Una extensión aun no determinada de bosques de manglar se encuentra incluida dentro de las diversas categorías de áreas protegidas que hacen parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales (Tabla 17). A pesar de estar incluidos en alguna de estas categorías de protección, los manglares en determinadas áreas han sido afectados por diversos factores de origen antrópico como la extracción intensiva de productos forestales e interrupción de flujos hídricos entre otros aspectos

Tabla 17. Áreas protegidas que poseen bosques de manglar en las costas de Colombia. n.d = dato no disponible. Abreviatura: PNN: Parque Nacional Natural y SFF: Santuario de Flora y Fauna.

Área protegida	Categoría	Departamento	Área Total (Km <sup>2</sup> )	Área de manglar (km <sup>2</sup> )
<b>Costa Caribe</b>				
	Vía			
Isla de Salamanca	Parque	Magdalena	210	n d
Parque Tayrona	PNN	Magdalena	150	n d
Islas del Rosario	PNN	Bolívar	195	n d
Providencia	PNN	San Andrés y Providencia	n d	n d
Ciénaga Grande de Santa Marta	SFF	Magdalena	230	n d
Los Flamencos	SFF	Guajira	70	n d



Área protegida	Categoría	Departamento	Área Total (Km <sup>2</sup> )	Área de manglar (km <sup>2</sup> )
<b>Costa Pacífica</b>				
Sanquianga	PNN	Nariño	800	800
Isla Gorgona	PNN	Cauca	617	
			13,7 (Islas)	n d
Ensenada de Utría	PNN	Chocó		n d

## 6.7 Conclusiones

Los ecosistemas de manglar presentes en las costas del Caribe, Pacífico y territorio insular de Colombia se encuentran en estado crítico, al estar sometidos a una creciente presión por el desarrollo de la infraestructura vial, turística, urbana e industrial y además del aprovechamiento intensivo de los recursos hidrobiológicos y maderables. Esta situación ha conducido a una reducción significativa de su cobertura que se estima en la pérdida de aproximadamente 1.220 km<sup>2</sup> de manglares en un periodo de treinta años (1966-1997), y representa una tasa de aproximadamente 40,8 km<sup>2</sup> anuales. Esta pérdida en la cobertura de los bosques de manglar se encuentra directamente asociada a la disminución en la oferta ambiental de los bienes y servicios que proveen a las comunidades locales, las ciudades costeras y al interior del país, y se hace evidente a través de la disminución en la abundancia y diversidad de recursos pesqueros asociados a estos ecosistemas, así mismo se nota una disminución en la calidad, desarrollo y productividad de los bosques.

## 6.8 Recomendaciones

Colombia reconoce la productividad, la importancia estratégica de los ecosistemas de manglar y la incidencia de estos sobre las condiciones de vida de las comunidades locales, por esto se debe desarrollar estrategias dirigidas a fortalecer la capacidad de gestión, conservación e investigación con el esfuerzo conjunto de las instituciones oficiales, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y usuarios de los manglares con el fin de aproximarnos al manejo sostenible de estos valiosos ecosistemas. Para mitigar los impactos generados y contribuir en la recuperación de los bosques de manglar, se han propuesto diversas acciones de forma concertada con las comunidades, entre las que se encuentran:

- Coordinación interinstitucional para la realización de las labores de recuperación e investigación alrededor de los temas propuestos.
- Establecimiento de vedas para el aprovechamiento de algunas especies de mangle y en áreas definidas.
- Reforestar áreas que han sido sometidas al aprovechamiento tradicional para la obtención de leña y carbón
- Establecer áreas forestales productoras para encauzar el aprovechamiento sostenible de los bosques por parte de las comunidades locales, mediante la formulación, ejecución y cumplimiento de planes de manejo adecuados
- Determinar las zonas potenciales y las especies adecuadas para la revegetalización de áreas degradadas
- Establecer parcelas permanentes para la evaluación de técnicas de repoblamiento y regeneración natural en áreas degradadas
- Restablecer los flujos hídricos en áreas afectadas por la obstrucción de canales.
- Desarrollar programas divulgativos y de educación ambiental con las comunidades que vienen realizando actividades de recuperación de manglar.
- Realizar inventarios detallados de fauna y flora y definir especies vulnerables, raras, en peligro de extinción y proponer sistemas de recuperación.
- Determinar las especies de fauna silvestre que sean factibles de liberar o introducir.
- Evaluar técnicas de manejo para la recuperación de recursos hidrobiológicos.

## **6.9 Literatura Citada**

- Botero, L. y J. E. Mancera. 1996. Síntesis de los cambios de origen antrópico ocurridos en los últimos 40 años en la Ciénaga de Santa Marta (Colombia) Rev. Acad. Colomb. Cienc. Vol. 20 N° 78 p 465-474.
- Calderón Sáenz, E. 1982. Hallazgo de *Pelliciera rhizophorae* Triana y Planchón (Theaceae) en la costa del Atlántico con observaciones taxonómicas y biogeográficas preliminares. Acta Biológica Colombiana 1 (1): 99-110.
- Cintrón-Molero, G. y Y. Schaeffer-Novelli 1983 Introducción a la Ecología del manglar. ROSTLAC/UNESCO. Motevideo (Uruguay), 109p.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC. 2001. Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares vallecaucanos.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABÁ, 2002. Zonificación y Ordenamiento de los Manglares del Golfo de Urabá, departamento de Antioquia.
- 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. 2000. Informe anual sobre el estado de los recursos marinos y costeros – 1999, Programa Sinam – Unidad Coordinadora de Información. INVEMAR. 63 p.
- INVEMAR. 2001. Informe anual sobre el estado de los recursos marinos y costeros – 2000, Programa Sinam – Unidad Coordinadora de Información. INVEMAR. 134 p.
- Lacerda, L. D., C. Alarcón, R. Álvarez-León, P. Bacon, A. Boderó, J. E. Conde, L. D' Croz, B. Kjerfve, J. H. Polanía-Vorenberg y M. Vannucci. 1993 Mangrove ecosystems of Latin America and the Caribbean: a summary, pp. 1. Lacerda, L. D. (ed.) Conservation and Sustainable Utilization of Mangroves Forest in the Latin America and Africa Regions. ITTO/ISME. Project PD 114/90 (f). ISME-Tech. Reports (2), 272 p
- Ocampo-Aguirre, P. 1997. Evaluation of the mangrove resources in Colombia - their status, management and future. Thesis Master of Science, Center for Tropical Coastal Management. University of Newcastle upon Tyne. 129 p.
- Prahl, H. von. 1989. Manglares. Villegas Editores. Bogotá Colombia. 207p.
- Prahl, H. von., J. Cantera y R. Contreras. 1990. Manglares y hombres del Pacífico colombiano. Bogotá. Fondo FEN Colombia.
- Sánchez-Páez H. 1994 Los manglares de Colombia: En: El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación. Ed. Suman, D. Rosenthal School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida y The Tinker Foundation New York. 263 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. 1997a. Diagnostico y Zonificación Preliminar de los Manglares del Caribe de Colombia. Proy. PD 171/91 Rev.2 (F) Fase I. Conservación y Manejo Para el Uso Múltiple de los Manglares de Colombia, MinAmbiente/OIMT. Santafé de Bogotá D. C. (Colombia), 511 p.
- Sánchez-Páez H., R. Álvarez-León, O. A. Guevara-Mancera, A. Zamora-Guzmán, H. Rodríguez-Cruz, y H. E. Bravo-Pazmiño. 1997b. Diagnostico y Zonificación Preliminar de los Manglares del Pacifico 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), 343 p.
- Sánchez-Páez H, G. A. Ulloa-Delgado, R. Álvarez-León, W. O. Gil-Torres, A. S. Sánchez-Alfárez, O. M. Guevara-Mancera, L. Patiño-Callejas y F. E. Páez Parra. 2000. Hacia la Recuperación de los

---

Manglares del Caribe Colombiano. MinAmbiente /OIMT/ACOFOR. Santafé de Bogotá D. C.  
294 p

## **SIGLAS CITADAS**

CARDIQUE: Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique

DAMARENA (EPA): Entidad Pública Ambiental de Cartagena

CORALINA: Corporación para el desarrollo sostenible del departamento  
Archipiélago de San Andrés. Providencia y Santa Catalina.

CORPOGUAJIRA: Corporación Autónoma Regional de la Guajira

CORPONARIÑO: Corporación Autónoma Regional de Nariño

CORPOURABA: Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá

CRA: Corporación Autónoma Regional del Atlántico

CRC: Corporación Autónoma Regional del Cauca

CVC: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

CVS: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge