

C ontenido



INVEMAR

Prefacio

| | |
|------------------|----|
| Misión | 13 |
| Introducción | 14 |
| Marco Geográfico | 15 |

Caracterización de los ambientes marinos y costeros de Colombia

| | |
|---|----|
| Formaciones coralinas | 19 |
| Distribución y extensión | 20 |
| Praderas de pastos marinos | 20 |
| Distribución y extensión | 23 |
| Manglares | 25 |
| Distribución y extensión | 25 |
| Fondos blandos | 27 |
| ¿Qué se sabe de los fondos blandos en Colombia? | 27 |

Estado de los arrecifes coralinos

| | |
|---|----|
| Diagnóstico | 29 |
| Cobertura del sustrato arrecifal | 29 |
| Blanqueamiento y enfermedades coralinas | 32 |
| Riqueza y abundancia de peces | 33 |
| Calidad de agua en Chengue | 36 |
| Conclusiones | 38 |
| Recomendaciones | 40 |

Estado de las praderas de pastos marinos

| | |
|---|----|
| Diagnóstico | 41 |
| Características generales de las praderas | 43 |
| Cobertura de epífitos | 44 |
| Fauna asociada | 44 |
| Estructura de las praderas | 46 |
| Conclusiones | 51 |
| Recomendaciones | 51 |

Estado del manglar

| | |
|---|----|
| Diagnóstico | 53 |
| Caribe colombiano | 53 |
| Salinidad del agua superficial e intersticial | 56 |
| Calidad de las aguas en la bahía de Chengue | 57 |
| Regeneración natural del bosque de manglar | 57 |
| Estructura del bosque de manglar | 60 |
| Pacífico Colombiano | 64 |

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

Director General

Capitán de Navío
Francisco A. Arias Isaza

Subdirector (E)

Coordinación de Investigaciones

Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinador

Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

Juan Manuel Díaz Merlano

Coordinador (E)

Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos Vivos (VAR)

Roberto Federico Newmark U.

Coordinador

Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinadora

Programa de Investigación para la Gestión en Zonas Costeras (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

Subdirector de Recursos y

Apoyo a la Investigación (SRAI)

Carlos Augusto Pinilla González

Coordinadora

Oficina de Divulgación y Documentación (DID)

Claudia María Villa García

Santa Marta, DTCH
Octubre de 2002
www.invemar.org.co

| | |
|---------------------------------|----|
| Bosques de manglar | 66 |
| Bosques de guandal | 66 |
| Análisis estructural del bosque | 67 |
| Conclusiones | 68 |
| Caribe colombiano | 68 |
| Pacífico colombiano | 69 |
| Recomendación | 70 |

Estado de los fondos blandos de la plataforma continental

| | |
|---------------|----|
| Diagnóstico | 71 |
| Conclusiones | 74 |
| Recomendación | 75 |

Biodiversidad marina en Colombia

| | |
|--|----|
| Introducción | 77 |
| ¿Hasta donde hemos avanzado? | 78 |
| Estado actual del conocimiento en biodiversidad marina | 79 |
| Diagnóstico | 80 |
| Conclusión y recomendación | 81 |

Valoración de los recursos marinos y costeros en Colombia

| | |
|--|----|
| Marco general | 83 |
| Estado actual de los recursos marinos y costeros | 83 |
| Diagnóstico | 84 |
| Pesquerías | 84 |
| Estado de los recursos pesqueros en la Ciénaga Grande de Santa Marta y complejo de Pajarales (CGSM y CP) | 88 |
| Acuicultura | 93 |
| Perspectivas del cultivo de bivalvos en el caribe colombiano | 94 |
| Conclusiones | 97 |
| Recomendaciones | 98 |

Contaminación marino-costera en Colombia

| | |
|--|-----|
| Problemática actual | 101 |
| Principales fuentes de contaminación que afectan la zona costera | 101 |
| Diagnóstico | 102 |
| Fuentes de contaminación y vías de entrada | 102 |
| Región Caribe continental | 102 |
| Región Caribe insular | 108 |
| Región Pacífico continental | 110 |

| | |
|--|-----|
| Calidad de las aguas marinas y estuarinas | 114 |
| Procesos de fertilización y eutrofización | 114 |
| Plaguicidas organoclorados | 115 |
| Hidrocarburos derivados del petróleo | 116 |
| Metales pesados | 117 |
| Contaminación microbiológica | 119 |
| Impacto sobre los ecosistemas marinos y costeros | 123 |
| Manglares y lagunas costeras | 124 |
| Playas y litorales rocosos | 125 |
| Arrecifes coralinos y praderas de pastos marinos | 126 |
| Fondos sedimentarios y sistemas pelágicos | 127 |
| Conclusiones | 127 |

Amenazas y riesgos ambientales en las zonas costeras colombianas

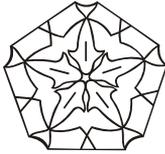
| | |
|--|-----|
| Introducción | 131 |
| Vulnerabilidad de las zonas costeras ante un cambio en el nivel del mar | 132 |
| Marco metodológico | 133 |
| Paso 1: Definición del área de estudio y establecimiento de límites de riesgo | 134 |
| Límites del área de estudio | 134 |
| Paso 2: Inventario de las características del área | 140 |
| Paso 3: Identificación de los factores de desarrollo relevantes | 148 |
| Paso 4: Evaluación de los cambios físicos y naturales resultantes | 149 |
| Paso 5: Formulación de las estrategias de respuesta, sus costos y beneficios | 151 |
| Paso 6: Evaluación del perfil de vulnerabilidad e interpretación de resultados | 153 |
| Paso 7: Plan de acción | 154 |
| Primer atlas digital para la evaluación de la vulnerabilidad de Colombia ante el ascenso del nivel del mar | 156 |
| Conclusiones | 157 |
| Recomendaciones: Posibles acciones y proyectos para suplir deficiencias de información | 158 |
| Sistema físico | 158 |
| Sistema natural | 159 |
| Sistema socioeconómico | 160 |

Compilación de proyectos ejecutados por diferentes entidades

161

Bibliografía

169



INVEMAR

Edición:

Gloria H. Ospina - Salazar y Arturo Acero

Diseño y diagramación:

Gloria H. Ospina - Salazar

Diseño portada:

Andrés Caiaffa V.

Foto portada:

Proyecto PROCENAGA- GTZ - CORPAMAG

Impresión:

Servigráficas Ltda.

Derechos reservados conforme la ley, los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente

Contribución No.780 del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - INVEMAR

Las fronteras, delimitaciones y estados de las áreas presentadas en este documento, son una representación gráfica aproximada, con fines ilustrativos.

Impreso en Medellín - Colombia

Citar como:

INVEMAR, Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2001. Ospina-Salazar G.H. ; Acero, A. (Eds). Medellín: Servigráficas, 2002. 178 p. (Serie de Publicaciones Periódicas; no. 8).

ISSN: **XXX**

Palabras clave:

RECURSOS COSTEROS, RECURSOS MARINOS, COLOMBIA, ECOSISTEMAS MARINOS

CARACTERIZACIÓN DE LOS AMBIENTES MARINOS Y COSTEROS DE COLOMBIA

FORMACIONES CORALINAS

Jaime Garzón-Ferreira, *M. Sc.*, Alberto Rodríguez-Ramírez, Sonia Bejarano-Chavarro, Raúl Navas-Camacho y Catalina Reyes-Nivia*

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 hábitat 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. 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

* Investigadores, Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - INVEMAR

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).

DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN

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 3000 km² de áreas coralinas, las cuales albergan fondos con alta cobertura arrecifal que representan menos del 0.4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001). De ese total, apenas una fracción muy pequeña (15 km²) se encuentra en la costa del Pacífico, en sólo cuatro localidades principales: isla Gorgona, ensenada de Utría, Punta Tebada e isla Malpelo (Figura 3). De las áreas coralinas en el Caribe, la mayor parte (2190 km² o el 77%) se halla alrededor de las islas, bajos y atolones del archipiélago oceánico 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 norte, pero con los ambientes coralinos más importantes en las islas de San Bernardo (213 km²), islas del Rosario-Barú (145 km²), isla Fuerte y bajos aledaños (33 km²), Bajo Tortugas (21 km²), Santa Marta-Parque Tayrona (9 km²) y Urabá chocoano (4 km²) (Figura 4). Además de presentar una 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).

PRADERAS DE PASTOS MARINOS

Lina M. Barrios, M. Sc y Diana I. Gómez, M. Sc.*

Los pastos marinos son plantas acuáticas con flores que viven y completan sus ciclos de vida totalmente sumergidas en medios salinos o salobres (Thayer *et al.*, 1975). Constituyen el único ejemplo de especies vegetales que han evolucionado de tierra

* Investigadoras, Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - INVEMAR

firme al mar con pasos progresivos de aclimatación a aguas dulces someras, aguas someras de salpicadura y finalmente al sumergimiento en agua marina.

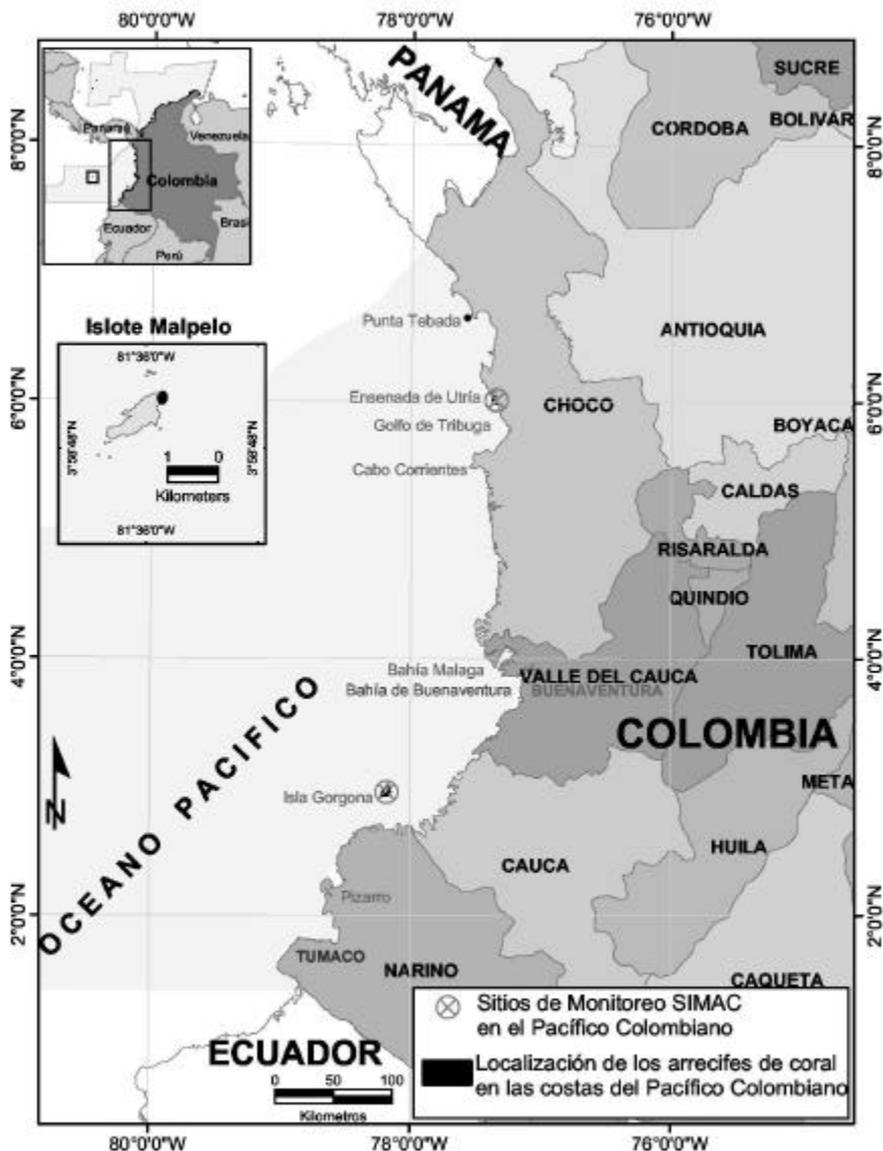


Figura 3. Distribución de los arrecifes de coral en el Pacífico colombiano



Figura 4. Distribución de los arrecifes de coral en el Caribe Colombiano

Las praderas de pastos marinos son uno de los ecosistemas más característicos e importantes de las zonas costeras en el Mar Caribe y en particular para Colombia, considerado entre los más productivos de las comunidades vegetales marinas, exhibiendo alta productividad y tasas de crecimiento, la cual rivaliza con las cosechas agrícolas. Sin embargo su productividad no solo se debe a su propio metabolismo, sino también a otros productores primarios que habitan en el ecosistema los cuales captan nitrógeno y suministran nutrientes al medio (Gutierrez y Jimenez, 1999). Esta producción primaria provee carbón a herbívoros y a una compleja red alimentaria basada en detritus (Durako, 1988). Adicionalmente, el dosel de hojas provee microambientes sombreados que filtran la iluminación y minimizan las fluctuaciones de temperatura y salinidad, y su compleja estructura vegetativa provee sustrato y protección para grandes poblaciones de invertebrados sirviendo como salacuna y alimentación para numerosas especies de peces, muchos de los cuales con valor alimenticio y comercial (Durako, 1988).

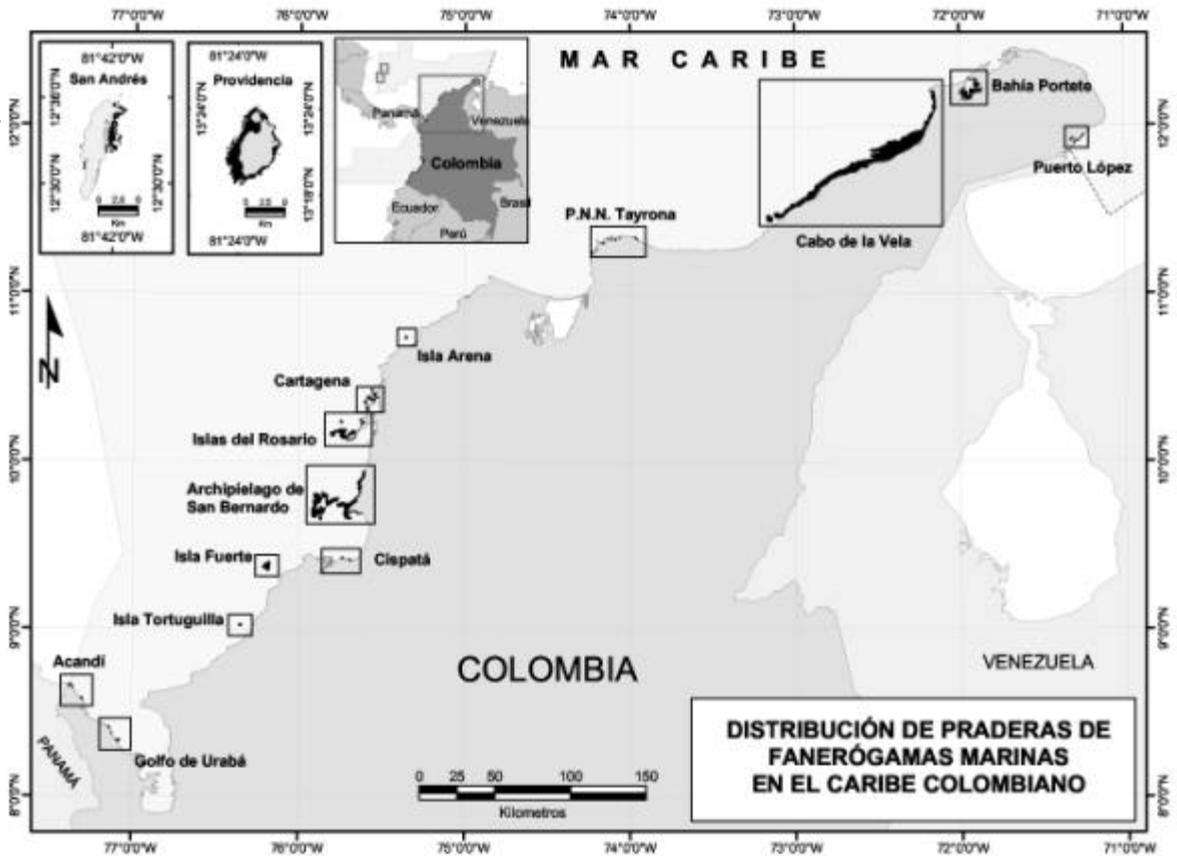
Todas las partes de los pastos marinos pueden llegar a ser importantes sitios de sustrato para plantas y animales, por ejemplo, la flora epifítica reside en las hojas verdes y usa la estructura elevada para ganar acceso a alta iluminación de luz dentro de la columna de agua. La epifauna móvil usa la superficie de las hojas para alimentación y abrigo. Los constructores de nidos como poliquetos y amphipodos comunmente se adhieren a los estolones o rizomas para protección. Muchos moluscos han sido encontrados en altas densidades ente la intrincada red de raíces.

Aunque los pastos marinos atraen a una diversidad de organismos, tan solo una pequeña proporción se alimenta directamente de éstos. Algunas categorías generales de animales que se alimentan de los pastos son: Erizos de mar, peces, tortugas y manatíes. Cuando las condiciones climáticas son muy fuertes (tormentas, huracanes, mar de leva) los pastos marinos son expedidos hacia las playas, donde comienza su descomposición rápidamente, para ser utilizada posteriormente por invertebrados terrestres como alimento. De otro lado, la abundante asociación de algas epifíticas, así como micro y meiofauna viviendo entre los pastos marinos, ofrecen suficiente alimento para muchos otros macrorrganismos habitantes del ecosistema.

DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN

En Colombia existen únicamente en la costa norte, y su ausencia en la costa del Pacífico puede deberse a que no están presentes especies tropicales de pastos capaces de soportar las amplias variaciones de marea y resistir períodos largos de exposición al aire o desecación (Figura 5). En el Caribe colombiano están presentes cinco de las seis especies de pastos que se encuentran en el Atlántico occidental tropical: *Thalassia testudinum* Banks ex König, 1805, *Syringodium filiforme* Kützing, 1860, *Halodule wrightii* Ascherson, 1868, *Halophila decipiens* Ostenfeld, 1902 y *Halophila baillonis* Ascherson, 1868. *Thalassia testudinum* es la especie dominante y forma las mayores extensiones de praderas monoespecificas ó entremezclada con *Syringodium filiforme*.

Figura 5. Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. Tomado de INVEMAR 2002a.



MANGLARES

Oscar Casas-Monroy y Laura Perdomo-Trujillo, M. Sc.*

Los bosques de manglar están conformados por plantas halófitas facultativas (plantas que no requieren sal para crecer), capaces de tolerar altas concentraciones de sal (Pannier 1984; Rivera-Monroy *et al.*, 2001). Estos rangos de tolerancia a altas salinidades son diferentes para cada especie y están definidos por el grado de reducción en su crecimiento y por la máxima salinidad a la que cada especie es capaz de sobrevivir. Las variaciones de la salinidad de los suelos de los bosques y de los cuerpos de agua adyacentes a estos, determina la zonación de los manglares. Esta zonación de los bosques no indica necesariamente un proceso de sucesión ecológica y los procesos bajo los cuales se da, en las diferentes especies, refleja la respuesta ecofisiológica de las plantas a uno o varios gradientes ambientales. Este arreglo espacial de los árboles es una combinación de factores tales como la frecuencia y duración de las inundaciones (Hidroperiodo), los niveles de agua (inundaciones) y las variaciones espaciales y temporales de la salinidad.

DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN

El conocimiento de los manglares en las costas de Colombia, cubre un área aproximada de 379954 ha. La costa Caribe cuenta con 87230 ha. que se extienden desde el golfo de Urabá (Antioquia) hasta la bahía de Tukakas en la Alta Guajira y que incluyen los bosques del archipiélago Islas del Rosario y de San Andrés; estos últimos, cuentan con la menor cobertura (197.5 ha.), mientras que los de Córdoba tienen mejor desarrollo y los de la Región Ciénaga Grande de Santa Marta (RCGSM) la mayor extensión (Sánchez-Páez *et al.*, 2000b). En la costa Pacífica, con 292724 ha, se extiende desde el río Mataje en la frontera con Ecuador hasta cabo Corrientes (Chocó); y hacia el norte se conocen en sitios muy específicos como el golfo de Utría y de Tribugá (Chocó) (Sánchez-Páez *et al.*, 2000a) (Figura 6).

* Investigadores, Programa Calidad Ambiental Marina - INVEMAR

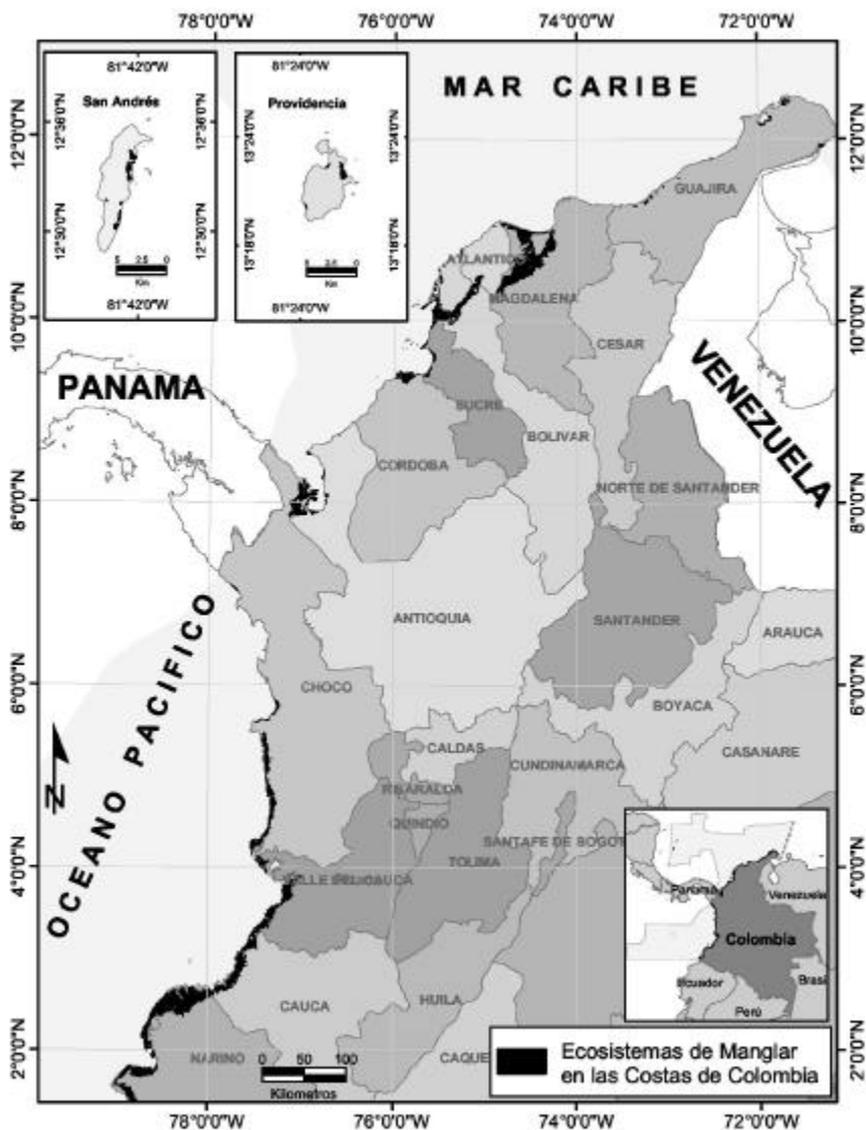


Figura 6. Distribución de los bosques de manglar en las costas de Colombia (Mapa elaborado por Pilar Lozano, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica SIG y sensores remotos SR, INVEMAR 2002)

FONDOS BLANDOS

Ángela I. Guzmán-Alvis, *Cand. PhD.* y Oscar David Solano, *M. Sc.**

Los fondos blandos (arenas, arcillas, cienos, limos) ofrecen alimento y protección a una gran cantidad de animales. Las plantas o animales que habitan el fondo marino se denominan bentos. Estos organismos pueden vivir dentro o encima del sedimento, llamándose a los primeros infauna y a los segundos epifauna.

Las comunidades bentónicas están compuestas por todos los phyla del reino animal. Lalli y Parsons (1997) estiman que el número de especies de animales bentónicos en el mundo es superior a un millón, superando las especies pelágicas de macrozooplancton (alrededor de 5000), peces (menor a 20000) y mamíferos marinos (cerca de 110).

Los poliquetos generalmente dominan numéricamente la plataforma continental de los trópicos. Los organismos bentónicos muestran una amplia diversidad en tamaños, formas de vida, alimentación, comportamiento y una amplia respuesta al estrés. Debido a que la mayoría de ellos tienen poca movilidad, largos ciclos de vida, variada tolerancia al estrés y están íntimamente asociados al sedimento (donde se acumula material orgánico particulado y/o tóxico), responden rápidamente a las perturbaciones. Presentan además un estrecho vínculo con la trama alimentaria pelágica, llevando los contaminantes hacia los niveles tróficos superiores, como los peces y el hombre; igualmente son importantes en el reciclamiento de nutrientes en la columna de agua. Por ello las comunidades bentónicas son buenas indicadoras de perturbaciones antrópicas y naturales y han sido ampliamente utilizadas en programas de monitoreo, evaluación y vigilancia en muchas partes del mundo.

¿QUÉ SE SABE DE LOS FONDOS BLANDOS EN COLOMBIA?

Los fondos blandos son el sustrato predominante en las zonas marinas jurisdiccionales colombianas, con una extensión estimada de 889400 km² en el Caribe y Pacífico colombiano, comprendiendo el 99.5 % de los ecosistemas submarinos.

En el Caribe colombiano, la mayoría de los trabajos sedimentológicos de la plataforma continental se ha realizado al sur de la desembocadura del río Magdalena. En términos generales, la plataforma continental de este sector se caracteriza por presentar dos tipos de sedimentación, una fina y detrítica de origen continental y otra calcárea (Klingebiel y Vernet, 1979; Vernet, 1982; Vernet et al., 1983; Javelaud,

* Investigadores, Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - INVEMAR

1986). Entre la desembocadura del río Magdalena y Santa Marta los sedimentos son principalmente de origen fluvial, producto de la erosión del litoral de la isla de Salamanca, y están constituidos predominantemente por arenas grises de grano fino y lodos (Lorin *et al.*, 1973; Molina, 1990; Vargas y Arango, 1993). En la serie de bahías que conforman el Parque Nacional Natural Tayrona, al nororiente de Santa Marta, dominan los sedimentos finos sólo en la parte externa de ellas, a profundidades superiores a 40 m (Acosta y Díaz, 1990).

Las investigaciones iniciales sobre fauna bentónica de sustratos blandos, estuvieron basadas en aspectos taxonómicos y descriptivos, iniciándose sólo hasta los años 90 los estudios estructurales. Los moluscos han sido el grupo mejor estudiado, seguido por los crustáceos. El trabajo más importante sobre taxonomía de moluscos en el Caribe colombiano es el de Díaz y Puyana (1994), quienes registraron 1,086 especies en siete sectores marinos. El 61.2 % de los trabajos taxonómicos e inventarios de la malacofauna marina en Colombia se han realizado en el Caribe, el 35% en el Pacífico y el 3.3% contiene información de ambas costas (Díaz *et al.*, 1998). Para el grupo de los crustáceos están los ostrácodos en la plataforma de La Guajira (Ramírez, 1983), los crustáceos en la región de Santa Marta (Puentes *et al.*, 1990), los anfipodos del Caribe colombiano (Ortiz y Lemiatre, 1994 y 1997), entre otros. En la medida que se han ido incrementado los muestreos en estos ambientes, han venido apareciendo registros de nuevas especies para el Caribe en general y Colombia.

ESTADO DE LOS ARRECIFES CORALINOS

Jaime Garzón-Ferreira, M.Sc., Alberto Rodríguez-Ramírez, Sonia Bejarano-Chavarro,
Raúl Navas-Camacho y Catalina Reyes-Nivia*

El diagnóstico que se presenta a continuación se basa primordialmente en los datos obtenidos dentro del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia - SIMAC hasta el año 2001 (Garzón-Ferreira et al., 2002), bajo la coordinación del INVEMAR y con el apoyo del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología - COLCIENCIAS, Banco Interamericano de Desarrollo - BID (2105-09-327-97), Ministerio del Medio Ambiente- MMA, Fondo Nacional Ambiental - FONAM (crédito BID 774 OC/CO), United Nations Environment Program - UNEP, Unidad de Coordinación Regional de UNEP para el Caribe - UCR/CAR, Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA, Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales - UAESPNN, Centro de Educación Investigación y Recreación de las Islas del Rosario - CEINER, Universidad del Valle y Universidad Jorge Tadeo Lozano. La información se complementó con datos del comportamiento de variables indicadoras de la calidad del agua tomados regularmente desde fines de 1992 en el marco del programa Caribbean Coastal Marine Productivity - CARICOMP en la estación arrecifal de la bahía de Chengue, Parque Natural Tayrona (Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, en prep.).

En el año 2001 se llevó a cabo el protocolo completo de monitoreo, incluyendo la medición semanal de temperatura, salinidad, transparencia, seston y tasas de sedimentación (Garzón-Ferreira et al., 2002). Aparte de los datos tomados en el marco de los programas SIMAC y CARICOMP, no se obtuvo mayor información comparativa que permitiera documentar posibles cambios en la calidad del ambiente y el estado de las comunidades de organismos en las áreas coralinas de Colombia en el año 2000. Al considerar que en Colombia existen al menos 21 áreas coralinas diferentes (18 en el Caribe y 3 en el Pacífico), con una extensión total cercana a los 3,000 km² (Díaz et al., 2000), y que la información que se tiene para su diagnóstico en el 2001 procede de unas pocas estaciones en apenas cuatro 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 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.

* Investigadores, Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - INVEMAR

DIAGNÓSTICO

COBERTURA DEL SUSTRATO ARRECIFAL

En este informe sólo se presentan los datos generales de las categorías más representativas, particularmente los corales duros y las algas que son los grupos mayores de organismos sésiles utilizados en la evaluación de los arrecifes coralinos. Para Chengue, San Andrés e islas del Rosario sólo se tiene en cuenta la información obtenida a partir los transectos ubicados en el nivel medio de profundidad (9-12 m) y para Gorgona en el talud arrecifal (3-6 m en marea alta), ya que dichos niveles generalmente presentan mayor cobertura y diversidad coralina y además porque aún no se ha completado el procesamiento de la información de todos los niveles monitoreados. También se describen los cambios generales observados, sin profundizar en las posibles causas, puesto que el análisis que permitirá discernir dichas causas se está llevando a cabo actualmente.

Tal como se observa en la Figura 7, la cobertura de los corales duros no disminuyó en las localidades del Caribe en el año 2001, mientras que la situación del Pacífico resultó antagónica debido a una ligera disminución con respecto al año anterior. La bahía de Chengue mantuvo la cobertura registrada en el 2000, presentando en 2001 un valor de 31.4%. Lo significativo en Chengue fue que las algas presentaron una disminución en su cobertura en el 2001, cayendo considerablemente a un valor de 36.6% (casi un 15% menos respecto al año inmediatamente anterior); además es el valor más bajo encontrado desde que se inició el monitoreo SIMAC en 1998. Esta reducción algal fue correspondiente con un aumento semejante en la cobertura del sustrato inerte, el cual alcanzó un valor superior al 29% en el 2001 (Figura 7). La disminución algal necesita un análisis detallado, porque se ha determinado que en Chengue existe una fuerte estacionalidad en la abundancia de algas (Díaz-Pulido y Garzón-Ferreira, 2002; Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, en prep.) que debe ser tenida en cuenta antes de formular explicaciones y conclusiones.

Aunque las formaciones coralinas de la isla de San Andrés y en particular los corales duros han venido manifestado reducciones en su cobertura desde el inicio del seguimiento (Garzón-Ferreira y Rodríguez Ramírez, 2001a), los datos obtenidos en el monitoreo 2001 muestran una recuperación, puesto que la cobertura de 22.2% del 2000 pasó a ser de 28.3% en el 2001. 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), la cual había estado evidenciando una disminución sostenida en la cobertura coralina, los resultados hallados son importantes porque apuntan a que los corales pueden haber encontrado condiciones favorables para su recuperación. Entre tanto, la cobertura algal presentó un leve incremento, alcanzando un valor de 38.7% y el sustrato abiótico disminuyó de un 41.3% en el 2000 a un 29.5 % en el 2001 (Figura 7). Esta reducción del sustrato abiótico puede estar relacionada con los incrementos de las algas y corales, y con un incremento del 1.7% en

la cobertura de las esponjas. Lo anterior sugiere que las principales categorías de los organismos sésiles en los arrecifes 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 recuperación de la cobertura coralina, también es llamativo que las algas y las esponjas hayan incrementado sus coberturas.

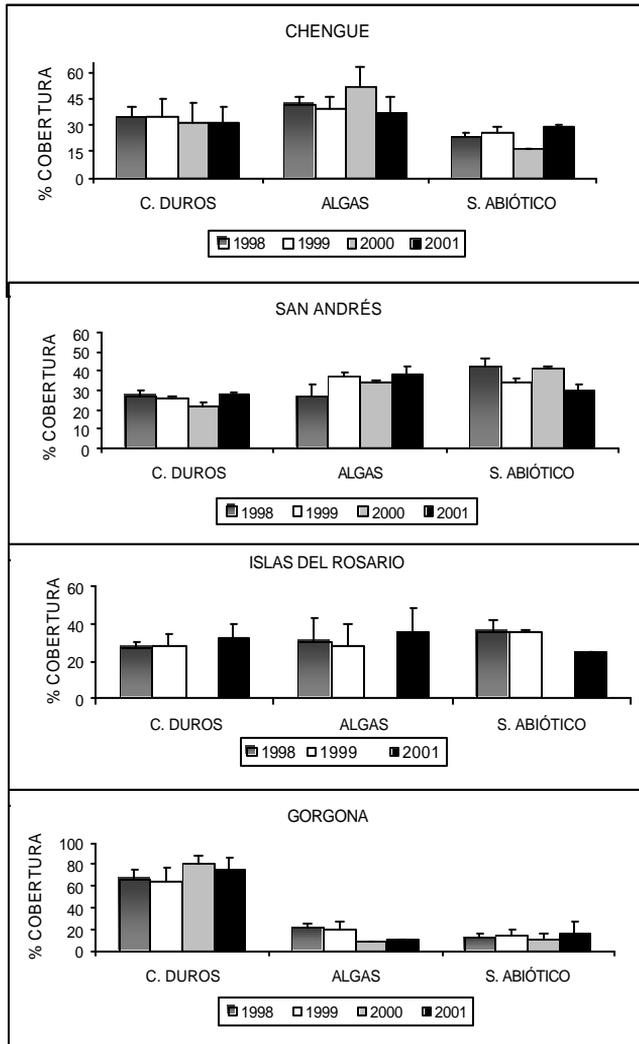


Figura 7. Promedios anuales y error estándar de la cobertura de los corales duros, las algas y el sustrato abiótico (Inerte) en el nivel medio de profundidad de cuatro áreas de monitoreo SIMAC desde 1998 al 2001. Para islas del Rosario no se pudieron obtener datos en el 2000.

Los arrecifes coralinos de las islas del Rosario presentaron en el 2001 una cobertura coralina de 32.5% que insinúa un incremento sostenido en el período comprendido entre 1998-2001 de alrededor del 5% (Figura 7). La cobertura algal también ha manifestado una tendencia al aumento (7%), ya que entre los años 1999 y 2001 cambió de 28.8 a 35.6%. Por el contrario, el sustrato inerte o abiótico ha disminuido anualmente su cobertura desde 1998, y en el periodo 1999-2001 decreció desde un valor de 36.0% hasta un 24.7%, lo que sugiere que este sustrato está en proceso de colonización por los corales duros y las algas, teniendo en cuenta que son las únicas categorías que presentaron un incremento en su cobertura durante los años monitoreados. Por lo tanto, también se asumen procesos de competición por espacio similares a los mencionados para la isla de San Andrés, y se hace una vez más evidente la necesidad de seguir con el monitoreo, puesto que se debe establecer la evolución de dichos procesos para concluir si la tendencia de recuperación de los arrecifes monitoreados en las islas del Rosario se mantiene.

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, adicionalmente en el periodo 1999-2000 se registró un aumento importante de más del 15%, alcanzando un valor de 80%. Sin embargo, en el año 2001 la cobertura coralina decreció en un 6% llegando a un valor de 74.4% (Figura 7). Por su parte las algas sufrieron un pequeño incremento del 2% presentando en el 2001 una cobertura de 9.7% y el sustrato abiótico pasó de un 9.6% en el 2000 a un 15.9% en el 2001. Los valores hallados en el último monitoreo para las diferentes categorías sugieren una transición entre éstas (durante el periodo 2000-2001), además de que las condiciones no fueron favorables para el crecimiento y sostenimiento de los corales durante este periodo. Aunque en Gorgona se han presentado recuperaciones notables de la cobertura coralina después de drásticas caídas (Zapata *et al.*, 2001), sólo la continuidad del monitoreo permitirá determinar la evolución del cambio observado entre el 2000-2001.

BLANQUEAMIENTO Y ENFERMEDADES CORALINAS

En esta sección sólo se presenta la información correspondiente a las estaciones del Caribe, ya que en Gorgona en el 2001, al igual que en el 2000, no se registró blanqueamiento ni la presencia de enfermedades reconocibles en los corales de la isla. Por el contrario, para la zona insular y costera caribeña (San Andrés, Chengue e islas del Rosario), las estaciones SIMAC mostraron blanqueamiento así como varias enfermedades coralinas conocidas. La incidencia general de blanqueamiento y enfermedades presentó variación con respecto al año inmediatamente anterior (Figura 8).

Las enfermedades se incrementaron notoriamente en todas las estaciones y al igual que en años anteriores fueron mucho más frecuentes en San Andrés (6.3%) que en Chengue (3.4%) o en islas del Rosario (3.3%). Entre tanto, el blanqueamiento no mostró una tendencia general en todos los sitios; se incrementó notablemente para las islas del Rosario (1.7 a 3.2%), aumentó ligeramente en San Andrés (1.6 a 1.9%) y

disminuyó en Chengue (2.4 a 0.8%) (Figura 8). La explicación de las variaciones descritas tanto para la incidencia de enfermedades como para el blanqueamiento se desconoce. En los últimos años estos dos fenómenos se han incrementado dramáticamente, amenazando todos los arrecifes alrededor del mundo, y hay muchos aspectos desconocidos que precisan ser investigados urgentemente (Rosenberg y Ben-Haim, 2002).

En cuanto a los tipos de enfermedades observadas por localidad, en el 2001 la enfermedad de los lunares oscuros (ELO) y la plaga blanca (EPB) fueron las más importantes al igual que en el 2000, pero sus incidencias variaron diferencialmente entre las localidades. La ELO aumentó notoriamente en San Andrés (1.9 a 4%), un poco en Chengue (0.3 a 0.8%) y permaneció estable en islas del Rosario (0.3 a 0.4%), mientras que la EPB presentó incrementos considerables en Chengue (0.2 a 2%) e islas del Rosario (0.7 a 2.4%) y no cambió en San Andrés (1.7%). Enfermedades como la banda negra, banda blanca y banda amarilla, se encontraron pero con valores de incidencia comparativamente mucho menores que las dos anteriores.

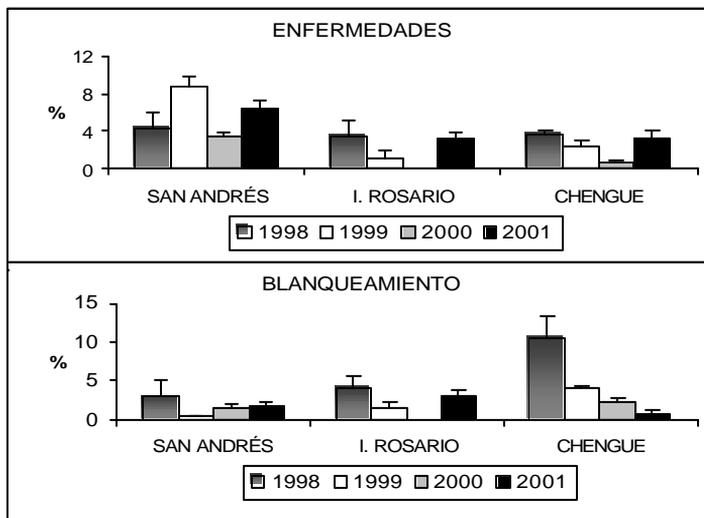


Figura 8. Promedio general y error estándar de la incidencia de enfermedades y blanqueamiento en corales pétreos para tres áreas de monitoreo del SIMAC desde 1998 al 2001. Para Islas del Rosario no se pudieron obtener datos en el 2000.

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE PECES

En relación con la riqueza y abundancia de especies de peces de las áreas monitoreadas, se presenta información para cuatro áreas arrecifales entre 1999 y el 2001 con algunas excepciones. Las islas del Rosario no fueron monitoreadas durante el 2000, debido a problemas de muestreo, los datos de riqueza para la isla de San Andrés

en el 2000 no son comparables y por lo tanto, no fue posible incluirlos. La figura 9 muestra un aumento considerable del número promedio de especies de peces arrecifales en el 2001, comparado con los años anteriores, para la isla Gorgona y la bahía de Chengue, mientras que en las islas del Rosario disminuyó y en San Andrés se mantuvo relativamente estable. De otro lado, se aprecia cómo las tres áreas arrecifales del Caribe son relativamente similares en riqueza (alrededor de 40-50 especies), mientras que Gorgona es mucho menor comparado con estas tres localidades (menos de 30 especies). A pesar de que durante el 2001 Gorgona mostró un aumento importante en su riqueza, no logró igualar los valores más bajos encontrados en las localidades del Caribe.

En cuanto a la abundancia de grupos de peces importantes ecológica o económicamente, se observa cierta variación entre el monitoreo del 2001 y los de años anteriores (Figura 10). La mayoría de las familias presentan aumentos o disminuciones particulares de su densidad en cada localidad. En la bahía de Chengue y en la isla de Gorgona las densidades de peces arrecifales tendieron a aumentar o se conservaron relativamente estables durante el último año de monitoreo. En las islas del Rosario la abundancia de la mayoría de grupos de peces arrecifales se mantuvo en niveles semejantes, mientras que en la isla de San Andrés la tendencia fue a disminuir (Figura 10). No obstante, a pesar de la generalidad observada para las localidades de monitoreo, al interior de éstas hay variaciones particulares en las diferentes familias evaluadas.

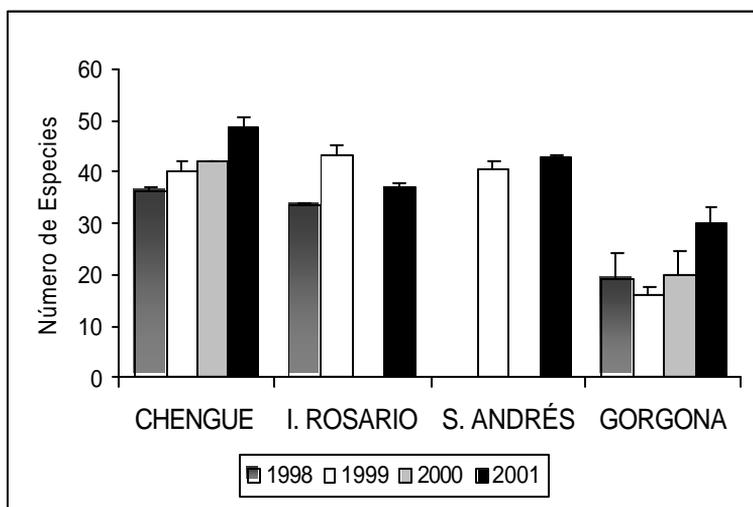


Figura 9. Riqueza general de peces en las áreas de monitoreo SIMAC de las costas colombianas desde 1998 al 2001. No se presentan datos de 1998 y 2000 para San Andrés y para islas del Rosario del 2000. Los datos corresponden a promedios y error estándar del número de especies observadas en censos visuales de 30 minutos.

En las tres localidades del Caribe continuaron destacándose en el 2001 los peces damisela del género *Stegastes* (Pomacentridae) (Figura 10), con las mayores densidades: 13.9 individuos/60 m² en la bahía de Chengue, 6.9 individuos/60 m² en la isla de San Andrés y la más alta en las islas del Rosario con 30.8 individuos/60 m². Así

mismo, en Chengue y San Andrés los peces loro (Scaridae) siguen con altas abundancias comparadas con las de los demás grupos, exhibiendo densidades de 8.9 individuos/60 m² y 4.8 individuos/60 m² respectivamente. Lo relevante de dichos resultados, es la gran diferencia en términos de abundancia de los dos grupos (loros y damiselas), comparada con la de aquellos de importancia comercial como pargos (Lutjanidae), meros y cabrillas (Serranidae), los cuales, de la misma manera que en el 2000, continúan siendo muy escasos en el 2001 y comúnmente presentan densidades menores a 1 ó 2 individuos/60 m² en las áreas de monitoreo del Caribe. No obstante, en relación con esta situación, en la bahía de Chengue se observó una ligera variación en cuanto a la abundancia de pargos, ya que fue nula para el 2000 pero en el 2001 se registró en promedio 2.4 individuos/60 m² y en San Andrés disminuyeron los loros pasando de 12.8 a 4.8 individuos/60 m². En la bahía de Chengue los roncocs (Haemulidae) exhibieron un aumento considerable en su abundancia, pasando de 3.0 individuos/60 m² en el 2000 a 12.45 individuos/60 m² en el 2001.

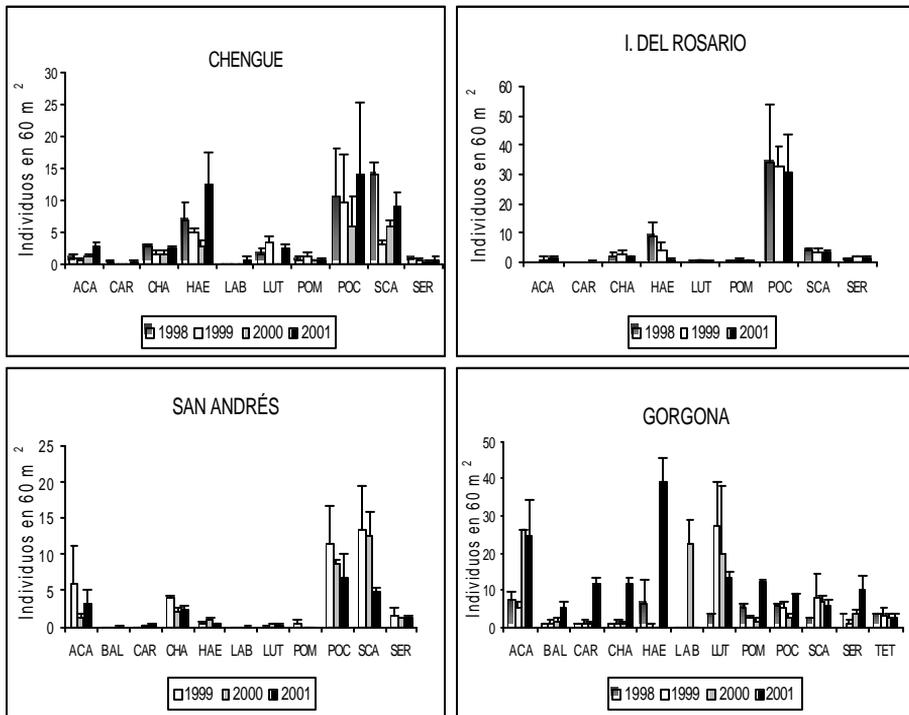


Figura 10. Abundancia (individuos/60 m²) de las familias selectas de peces (importancia económica o ecológica) en los arrecifes de monitoreo SIMAC en las costas colombianas. Los datos corresponden al promedio (y error estándar) obtenido de censos en tres niveles de profundidad para las localidades del Caribe y dos niveles para la del Pacífico. ACA: Acanthuridae; BAL: Balistidae; CAR: Carangidae; CHA: Chaetodontidae; HAE: Haemulidae; LAB: Labridae; LUT: Lutjanidae; POM: Pomacanthidae; POC: Pomacentridae; SCA: Scaridae; SER: Serranidae; TET: Tetradontidae. Para San Andrés no se presentan datos de 1998 y para islas del Rosario del 2000.

En contraste, en la isla de Gorgona se siguen destacando los pargos, con densidades promedio de 19.5 individuos/60 m² para el 2000 y 13.4 individuos/60 m² en el 2001, mientras los serránidos (Meros y cabrillas) incrementaron su densidad de 3.3 individuos/60 m² del 2000 a 10.4 individuos/60 m² para el 2001. Otro grupo de importancia comercial que aumentó considerablemente durante el 2001 fue el de los roncos (Haemulidae), alcanzando una densidad de 39.1 individuos/60 m². Los cirujanos (Acanthuridae) constituyen otra familia que sigue siendo abundante en los arrecifes de Gorgona (24.5 individuos/60 m² en el 2001).

Durante los años de monitoreo se ha detectado que la abundancia de especies de valor pesquero (Pargos, meros y cabrillas) ha sido considerablemente menor en los arrecifes del Caribe (0-3 individuos/60 m²), si se compara con la situación de la isla Gorgona en el Pacífico (Pargos: 3 - 28 individuos/ 60 m²; meros y cabrillas: 0-10 individuos/ 60 m²). Probablemente, una de las razones para esta escasez de peces de valor comercial en las áreas coralinas del Caribe tiene que ver con su ubicación más cercana a centros urbanos, donde la demanda alimentaria ha agotado los recursos por sobrepesca. Adicionalmente, aunque las áreas arrecifales estudiadas hacen parte del Sistema Nacional de Parques Naturales, con excepción de San Andrés, en la isla Gorgona se pueden ejercer los controles de la pesca más eficientemente. Esta situación de sobrepesca se ha reconocido como uno de los factores que evidencia el deterioro actual de los arrecifes coralinos del mundo (Birkeland, 1997), la cual además afecta la calidad de vida de todos aquellos que se benefician de los recursos arrecifales.

CALIDAD DEL AGUA EN CHENGUE

La comparación gráfica de los promedios mensuales de las variables fisicoquímicas básicas evaluadas en el 2001 en las estaciones del arrecife coralino de la bahía de Chengue, frente a los promedios mensuales obtenidos para el periodo 1993-2000 (Figuras 11 y 12), indica que la calidad del agua en el 2001 tuvo un comportamiento relativamente normal y dentro de los límites aceptables para el sostenimiento de las comunidades coralinas. La temperatura superficial del agua presentó un patrón de variación similar al de años pasados y un promedio anual levemente inferior (26.6°C) frente al del periodo 1993 - 2000 (27.1°C). Es importante resaltar que el valor registrado en febrero de 2001 ha sido históricamente el promedio mensual más bajo desde que se inició el monitoreo CARICOMP en los arrecifes de Chengue, lo cual puede ser un indicativo de que en este mes del 2001 hubo una fuerte influencia de la reconocida surgencia costera de la región de Santa Marta (c.f Rodríguez-Ramírez y Garzón Ferreira, en prep.). Una evidencia de la intensidad de la surgencia pueden ser los datos complementarios de temperatura obtenidos en Chengue en la estación del arrecife a 10 m de profundidad, mediante sensores electrónicos de registro continuo. Estos datos muestran que en febrero de 2001, se registraron valores puntuales de temperatura por debajo de 20°C.

La salinidad presentó también un patrón similar al observado en años anteriores (1993-2000), aunque los promedios mensuales del 2001 fueron considerablemente mayores durante buena parte del año (Figura 11). En consecuencia,

el promedio anual de salinidad en el 2001 (37.3) resultó una unidad por encima del promedio correspondiente a 1993-2000 (36.3). Las diferencias observadas en el comportamiento de la salinidad durante la primera parte del año se pueden explicar por una mayor influencia de la surgencia (como se discutió para la temperatura), porque ésta aporta aguas con altas salinidades. Para el resto del año, las mayores salinidades encontradas se pueden asociar con una baja precipitación, ya que el 2001 ha sido el año menos lluvioso desde 1993, con una precipitación total de 115 mm frente al promedio anual de 428 mm registrado para el periodo 1993-2000 (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002).

En cuanto a la transparencia de la columna de agua, se repitió durante el año 2001 el comportamiento altamente variable, típicamente registrado en años anteriores. A diferencia del periodo 1993-2000, en el cual los valores máximos de transparencia se presentaron en el mes de mayo (14.9 m) y agosto (14.5 m), en el 2001 se presentó la mayor transparencia durante el mes de marzo (15.5 m) y las mínimas en julio (11.8 m) y agosto (11.8 m) (Figura 11). De todos modos, el promedio anual en el año 2001 (13.2 m) fue casi el mismo del periodo 1993-2000 (13.0 m).

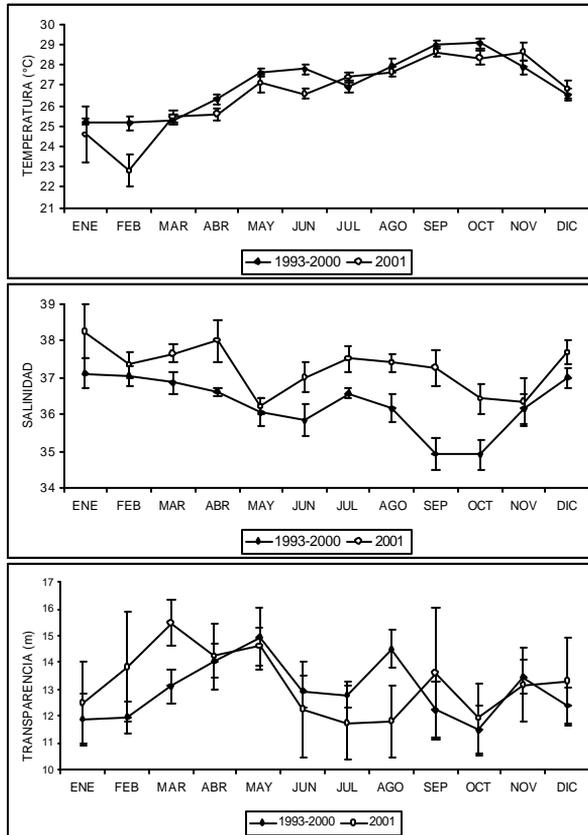


Figura 11. Curvas comparativas de los promedios mensuales y error estándar de temperatura, salinidad y transparencia del agua para el periodo 1993-2000 y para el año 2001 en la estación arrecifal de monitoreo de la bahía de Chengue.

Las tasas de sedimentación bimensuales, medidas en el arrecife en el nivel medio de profundidad (9-12m) dieron lugar a un promedio anual considerablemente más alto (2.51 mg/cm²/día) en el año 2001 que en el periodo de 1994-2000 (1.79 mg/cm²/día), como consecuencia de que en el 2001 en casi todos los periodos (excepto noviembre-diciembre) se superó el promedio de años anteriores (Figura 12). Los valores fueron altamente variables, especialmente en los periodos enero-febrero y noviembre-diciembre. En estos periodos se alcanzaron los máximos promedios (4.5 y 3.6 mg/cm²/día) al igual que en años anteriores, mientras que la tasa promedio mínima se presentó en septiembre-octubre (1.3 mg/cm²/día). Pese a las variaciones descritas, en el 2001 se conserva el comportamiento general observado en años anteriores (Figura 12) y las tasas halladas no se consideran nocivas para el arrecife (c.f Rodríguez-Ramírez y Garzón Ferreira, en prep.).

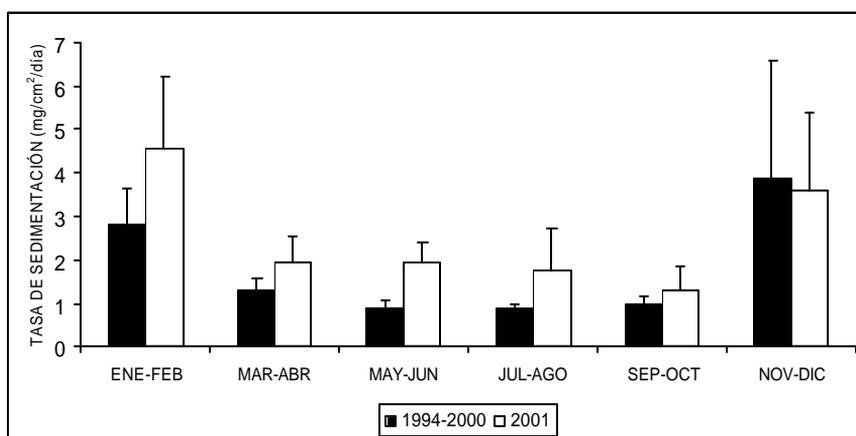


Figura 12. Promedios bimensuales y error estándar de las tasas de sedimentación (mg/cm²/día) del periodo 1994-2000 y del año 2001 en la estación arrecifal de monitoreo de la bahía de Chengue.

CONCLUSIONES

- En términos de la cobertura de corales vivos en el nivel medio de profundidad, los arrecifes monitoreados durante el año 2001 en el Caribe colombiano no mostraron evidencias de deterioro con respecto al año anterior, mientras que en el Pacífico colombiano (Gorgona) se observó una aparente reducción.
- En todas las áreas monitoreadas, las coberturas de las principales categorías del sustrato arrecifal mostraron cambios o transiciones particulares que sugieren que en estos arrecifes se presentaron condiciones que promovieron los procesos de competición por espacio.

- En las localidades del Caribe, la cobertura coralina viva se mantuvo en 31% y las algas se redujeron casi un 15% en la bahía de Chengue respecto al año anterior; mientras que en la isla de San Andrés e islas del Rosario se registraron incrementos en la cobertura coralina (22 a 28% y 28 a 32%, respectivamente) pero acompañados de ligeros aumentos en las algas y esponjas.
- En la isla de Gorgona se mantuvo una alta cobertura coralina viva, aunque en el último año se registró una ligera disminución (80% al 74%), junto con un aumento considerable en la cobertura del sustrato abiótico (inerte). Hasta el momento se desconoce la explicación del cambio observado, ya que en los últimos dos años no se ha detectado la presencia de blanqueamiento o enfermedades coralinas en los arrecifes evaluados.
- Por el contrario, en las localidades del Caribe la incidencia de enfermedades se incrementó en el 2001, aunque a niveles menores que en 1998-1999, y continuó presentando el mayor valor en la isla de San Andrés (6.31%) y menores cifras para Chengue (3.4%) e islas del Rosario (3.3%). La enfermedad de los lunares oscuros y la plaga blanca continúan siendo los síndromes más frecuentes.
- El blanqueamiento no mostró un patrón de cambio común para las localidades de monitoreo durante el periodo evaluado; se incrementó para las islas del Rosario (1.7 a 3.2%) y San Andrés (1.6 a 1.9%) y disminuyó en Chengue (2.4 a 0.8%).
- La riqueza de peces arrecifales registrada en censos aumentó notablemente en el 2001 para la isla de Gorgona (20.0 a 29.8 especies) y la bahía de Chengue (41.7 a 48.7 especies), mientras que sólo se incrementó levemente en San Andrés (40.3 a 43.0) y disminuyó en las islas del Rosario (43.4 a 37.2). Estos incrementos podrían estar relacionados en parte con un aumento en la capacidad de los observadores para detectar durante los censos a las especies pequeñas, crípticas y de hábitos solitarios.
- En cuanto a la abundancia de peces, en el 2001 se continuó presentando en las localidades del Caribe gran escasez de especies de valor comercial de las familias Lutjanidae (pargos) y Serranidae (meros, chernas y cabrillas), con densidades muy bajas (menos de 3 individuos/60 m²). Entre los grupos evaluados siguen dominando las damiselas (Pomacentridae: 7-31 individuos/60 m²) y los peces loro (Scaridae: 4-9 individuos/60 m²). En el Pacífico (Gorgona), se destacó por el contrario la abundancia de pargos, meros, cabrillas y roncós (Haemulidae), con densidades de 10-39 individuos/60 m².
- Los parámetros de calidad del agua evaluados en el 2001 en la estación arrecifal de la bahía de Chengue mostraron en general el mismo patrón de variación registrado en años anteriores (1993-2000). La temperatura superficial (26.6°C) y la transparencia de la columna de agua (13.2 m) tuvieron además promedios anuales muy similares a los de 1993-2000. Por el contrario, la salinidad superficial se mostró más elevada durante varios meses del 2001, resultando en un promedio anual superior (37.3). Estas ligeras anomalías de temperatura y salinidad parecen estar relacionadas con una mayor influencia en el 2001 de las aguas de surgencia. Otra variable que presentó valores superiores durante el 2001 fue la sedimentación, con una tasa promedio anual de 2.3 mg/cm²/día. Dichos valores,

al igual que los registrados en las demás variables evaluadas durante el 2001, no son considerados nocivos para el arrecife.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar ampliando la cobertura de los programas de monitoreo en los arrecifes colombianos, ya que en la actualidad sólo se está observando de manera sistemática un pequeño porcentaje 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.
- Existen muy pocas leyes o políticas específicas en el país que involucran la protección y manejo sustentable de los arrecifes de coral, por lo cual hay que comenzar a trabajar 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.
- Darle a la bahía de Chengue el estatus de *Área Intangible*, por los grandes valores naturales que alberga, el buen estado de conservación de sus recursos y su importancia como sitio clave de monitoreo de ecosistemas marinos.

ESTADO DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS

Lina M. Barrios, M. Sc. y Diana I. Gómez, M. Sc.*

A finales del año 2000, INVEMAR dio inicio al proyecto “Distribución, estructura y clasificación de las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano INVEMAR - COLCIENCIAS 210509-10400”, encaminado a caracterizar ecológica y ambientalmente los ecosistemas en este sector colombiano, particularmente en cuanto a su distribución, extensión, estructura, biota asociada y grado de intervención (INVEMAR, 2002a). Lo anterior, como respuesta a la carencia de información que se presentaba a la fecha en casi todos los niveles (línea base y ecología) para este ecosistema, requerida para 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.

DIAGNÓSTICO

Las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano (INVEMAR, 2002a), muestran que los pastos marinos en el Caribe colombiano forman praderas con una extensión total de 43219 ha (Tabla 2), 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 2,004 ha (4.7%) se localizan en el archipiélago de San Andrés y Providencia, restringidas alrededor de las dos islas y a pequeños rodales en los cayos Albuquerque y Bolívar. Las otras 41190 ha (95.3%) se distribuyen en aguas someras (0 – 14 m de profundidad) a lo largo de la costa continental y rodeando las islas situadas a cierta distancia de la costa sobre la plataforma continental. El área de mayor abundancia de pastos es la zona somera de la plataforma continental de la península de La Guajira, que incluye desde el cabo de La Vela a Riohacha, la bahía de Portete y Puerto López. 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 34673 ha, constituyendo el 80.2% del total existente en el Caribe colombiano (Tabla 2). 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, dejando a

* Investigadoras, Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - INVEMAR

continuación una franja de arena desnuda hasta los cuatro metros, desde donde se extiende una amplia pradera dominada generalmente 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* en esta área son en promedio las más largas encontradas en el Caribe colombiano y por lo general, están muy epifitadas por algas filamentosas.

Tabla 2. Localización y extensión de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano

| Áreas | ha | % Total |
|------------------------------------|--------------|------------|
| Cabo de la Vela-Riohacha | 33174 | 76.8 |
| Puerto López | 180 | 0.4 |
| Portete | 1320 | 3.1 |
| Tayrona | 97 | 0.2 |
| Isla Arena | 2 | 0.005 |
| Cartagena | 77 | 0.2 |
| Barú-I. Rosario | 835 | 1.9 |
| Punta San Bernardo-Canal del Dique | 2170 | 5.0 |
| Golfo de Morrosquillo | 189 | 0.4 |
| Islas de San Bernardo | 2443 | 5.7 |
| Isla Fuerte | 624 | 1.4 |
| Isla Tortuguilla | 12 | 0.02 |
| Urabá | 94 | 0.2 |
| San Andrés | 400 | 0.9 |
| Providencia | 1603 | 3.7 |
| Total Caribe colombiano | 43219 | 100 |

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 (Tabla 2), se encuentran otras 5714 ha (13.2% del total) de praderas. Allí, las praderas son de extensión pequeña a mediana y se desarrollan especialmente sobre arenas bioclásticas. Los elementos más conspicuos de la fauna son las estrellas (*Oreaster reticulatus*), erizos, pepinos, esponjas y algunos corales.

Como resultados comparativos de monitoreos a largo tiempo de praderas de fanerógamas en el Caribe colombiano a través del seguimiento temporal y espacial (CARICOMP) en la bahía de Chengue en los últimos nueve años, los resultados para el 2001 indicaron que los valores de biomasa se encuentran dentro de los más bajos y son menores al promedio del periodo 1994 - 2000 (1091.4 g/m²) del intervalo de variación de los años monitoreados. Por su parte, la productividad (2.0 g/m²/día) y la tasa de renovación (2.8 %/día) estimadas, son de las más bajas registradas durante el periodo de monitoreo y notablemente menores al promedio general (1994 - 2000), sin embargo, no se consideran anómalos, puesto que las variables estructurales y funcionales de las praderas de

pastos en el Caribe, y en especial en esta área, han presentado variaciones a lo largo del tiempo (CARICOMP, 1997).

Uno de los objetivos del proyecto, estuvo relacionado con la obtención de información de línea de base sobre localización, extensión y distribución de las praderas de fanerógamas en el Caribe colombiano. En este sentido, los valores de extensión de pastos marinos obtenidos para el área de La Guajira, la cual representa la mayor distribución en el país (Tabla 2), parecen ser el resultado, entre otros, de la amplia plataforma continental presente frente a estas costas. No obstante, existen otros factores estructurales abióticos y bióticos (Tanto de los pastos como de su fauna asociada) que también han favorecido la amplia extensión de praderas en este sector.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS PRADERAS

Dentro de las 12 áreas evaluadas se encontraron cinco especies de pastos: *T. testudinum*, *S. filiforme*, *H. decipiens*, *H. baillonis* y *H. wrightii*, pero sólo las dos primeras mostraron ser formadoras de praderas como tal, ya fueran monoespecíficas o mixtas. *H. 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. *H. 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, *S. filiforme* se desarrolló principalmente sobre sustratos de profundidad media (2-5 m) conformados por arenas finas a medias de origen biológico o terrígeno y en ocasiones en ambientes a menor profundidad. En contraste, *T. 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%.

Cobertura de epífitos

Otro de los elementos a considerarse dentro de las praderas de pastos marinos es la cobertura de organismos epífitos, ya que estos reflejan en alguna medida el grado de intervención sobre el ambiente. Bajo condiciones “normales”, las algas epífitas son un elemento indicador de 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). Los resultados obtenidos 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.

Fauna asociada

Paralelamente, se registró un total de 301 especies y 17766 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 13). 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 14). 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 modulus* y la esponja *Niphates erecta* (Figura 15), 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 *P. porites*, la anémona *Bartholomea annulata* y el gastrópodo *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.

En cuanto a sus estrategias de vida o alimentación, la mayoría mostró ser sedentaria o sésil sobre el sustrato y de hábitos alimentarios detritívoros principalmente. Adicionalmente, la composición observada para la macrofauna asociada a los pastos del Caribe colombiano fue similar a la de otras regiones del Gran Caribe.

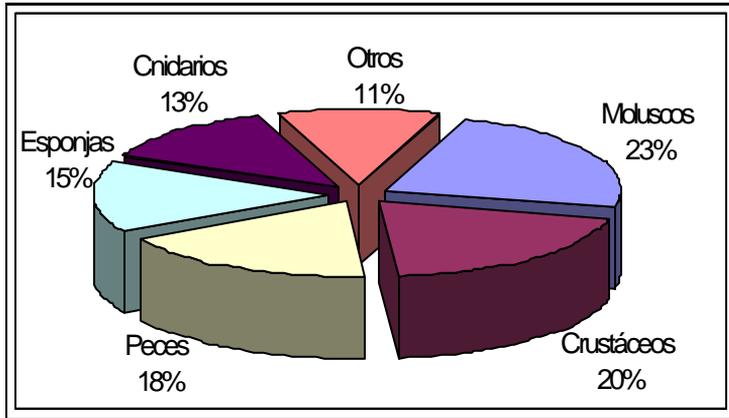


Figura 13. Representatividad de los principales grupos taxonómicos a la riqueza de especies presente en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano

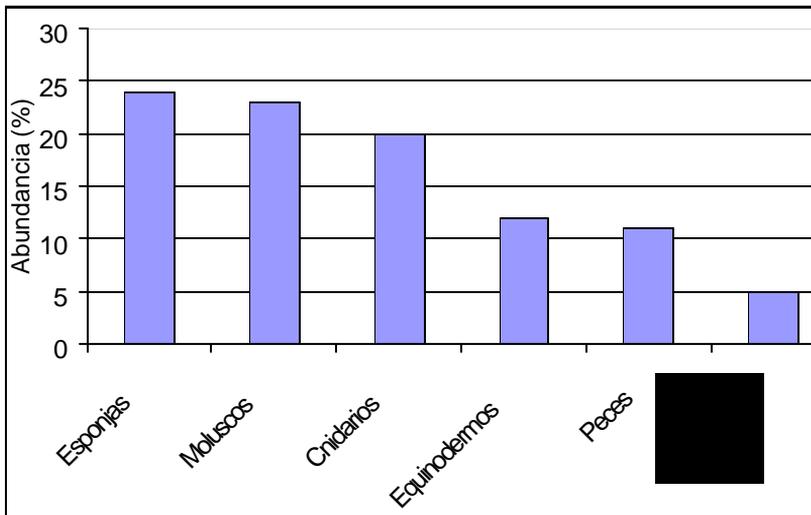


Figura 14. Aporte de los principales grupos taxonómicos a la abundancia de organismos dentro de las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano

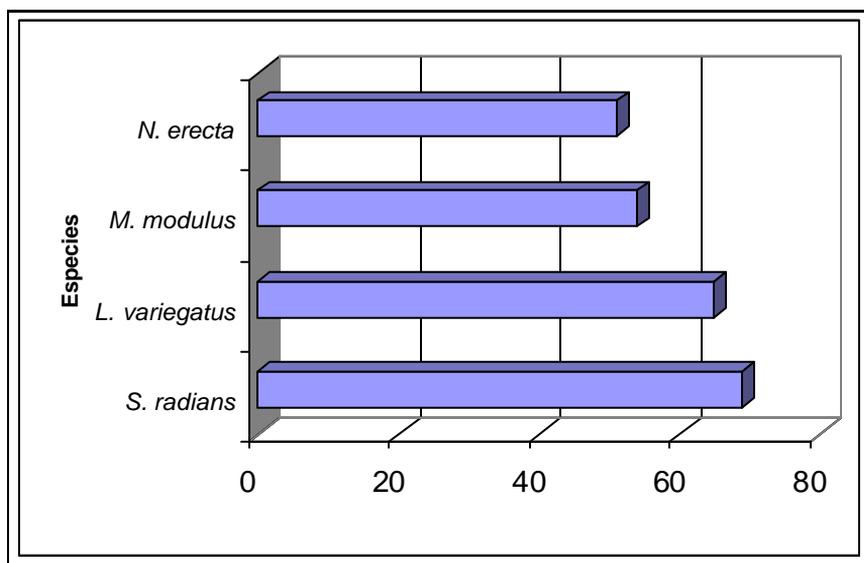


Figura 15. Frecuencia de ocurrencia de organismos dentro de las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano

ESTRUCTURA DE LAS PRADERAS

El análisis de clasificación y de tendencia empleado para determinar grupos entre las 55 estaciones medidas con respecto a atributos de la comunidad vegetal, mostró la formación de tres asociaciones. La primera estuvo conformada por 15 estaciones pertenecientes en su mayoría al Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) y otras áreas con influencia de arrecifes continentales (Tabla 3). Sus praderas tendieron a desarrollarse en ambientes con buena visibilidad (± 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. El análisis agrupó praderas que se desarrollaron en ambientes con alta visibilidad (≥ 8 m), también sobre fondos de arenas medias a gruesas de origen biológico, pero con bajos contenidos de materia orgánica (Tabla 3).

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

Tabla 3. Principales atributos estructurales y ambientales de las asociaciones resultantes en la prueba de clasificación. Densidad de vástagos=vástagos/m². Biomasa rizoidal= gramos de peso seco /m². Biomasa foliar= gramos de peso seco /m². Área foliar=área en cm². Epífitos= porcentaje (%) en peso de los epífitos. Pastoreo= frecuencia (presencia-ausencia) de hojas pastoreadas

| Atributos | PNN Tayrona | Áreas insulares | Guajira |
|--------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| Tamaño sedimento | Arena media - gruesa | Arena media - gruesa | Arena fina - lodo |
| Origen sedimento | Bioclástico | Bioclástico | Litoclástico |
| Visibilidad promedio (m) | 6 | ≥ 8 | 3 |
| % Materia orgánica | Baja 6.5 ± 4 | Media 9.1 ± 7.6 | Alta 16.4 ± 14 |
| Densidad de vástagos | Alta 570.1 ± 194.4 | 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 | Alta 31.9 ± 9.8 |
| Epífitos | Bajo 6.9 ± 3 | Medio 12.5 ± 4.6 | Alto 20.7 ± 8.8 |
| Pastoreo | Medio 14.4 ± 1.6 | Alto 15.3 ± 2 | Bajo 12.13 ± 4 |

Al integrar la información de los dos componentes, con el objeto de determinar atributos estructurales, ambientales y bióticos que pudieran influir en los ambientes de pastos marinos, se encontró que las áreas de la bahía de Cartagena, PNNT, PNN Corales del Rosario, Barú y golfo de Morrosquillo mostraron ser las más influenciadas por variables ambientales, mientras que en isla Arena, San Bernardo y Portete las variables estructurales fueron más importantes. Por su parte, para el sector comprendido entre el cabo de la Vela - Riohacha, el PNNT, bahía Portete, bahía de Cartagena y Urabá, las variables bióticas fueron más determinantes (Tabla 4).

Estos valores son confiables 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, si se observó un efecto directo de algas y organismos epífitos sobre las hojas de *T. testudinum* y *S. 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 estas plantas y por consiguiente, de organismos que las 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 indicativa del grado de contaminación (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 cubrían 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". 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.

Por otra parte, en San Andrés y Providencia, bahía de Cartagena, Barú e islas del Rosario la permanente influencia de actividades humanas, tanto náuticas como de descarga de aguas servidas, es palpable. 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.

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 acciones humanas ya sea por industrias, explotación pesquera, actividades náuticas, poblaciones adyacentes, descarga de aguas servidas y/o continentales), dentro de la tabla 4 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, teniendo en cuenta que entre ellas hay dos que corresponden a áreas marinas protegidas de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales - UAESPNN (PNNT y PNN Corales del Rosario).

Para el caso particular de la bahía de Cartagena, Díaz y Gómez (2002) recopilaron la información secundaria existente desde los años 30, y en la que describieron 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 cambios sufridos en estos ecosistemas. Concluyeron 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 16). 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. El documento 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.

A partir de la información recolectada hasta la fecha y teniendo como base el Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia para el año 2000 (INVEMAR, 2001a), se presenta una tabla comparativa del aumento del conocimiento para cada uno de los temas principales establecidos para el ecosistema de pastos marinos (Tabla 5).

Tabla 4. Atributos estructurales, bióticos y ambientales de las praderas de fanerógamas presentes en cada área. El valor que adquiere cada atributo corresponde al promedio de cinco datos, cada uno de los cuales expresa la suma de incidencia (frecuencia de ocurrencia) y permanencia en el tiempo, organizado en categorías de 0 a 5 (0= no hay, 1=valor muy bajo, 2= bajo, 3=medio, 4=alto, 5=muy alto o importante). 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 (ámbito 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, L=bahía Portete, M=Puerto López, N=San Andrés, O=Providencia. Grado de intervención antrópica= Consenso general del estado ambiental de las praderas de fanerógamas marinas de acuerdo con el grado de intervención antrópica (1. Muy baja 2. Baja 3. Media 4. Alta 5. Muy alta o importante); esta última incluye los atributos marcados con asterisco (*)

| ATRIBUTOS | AREAS | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 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 |
| | Epifitos * | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| | Influencia actividades humanas* | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 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 o 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 |
| 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 |
| Bióticos | Grado de mosaicismo | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| | No. Especies pastos | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| | No. Especies fauna asociada* | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 4 | 5 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| | No. Especies algas | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | Grado de intervención antrópica | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |

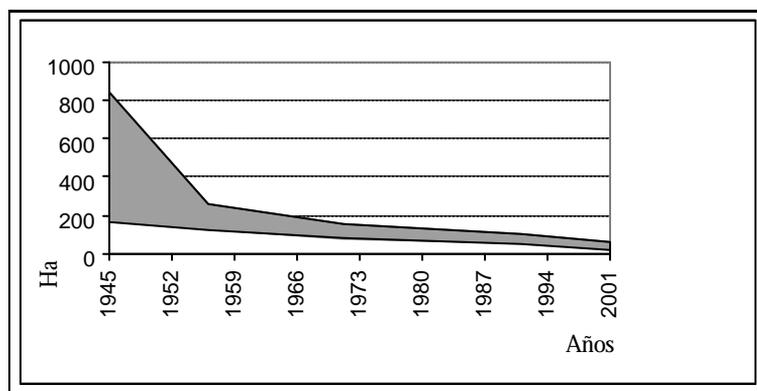


Figura 16. Tendencia de disminución de praderas de fanerógamas marinas desde la década de 1935-45 a 2001, en la bahía de Cartagena. El área subrayada corresponde al sector interno de la bahía. Tomada de Díaz y Gómez (2002).

Tabla 5. 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. BIO= estudios biológicos e inventarios. EST= estado de salud ambiental. MON= programas de monitoreo sobre el estado ambiental de las praderas. 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 | LB | | MAP | | BIO | | EST | | MON | | TENS | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 |
| Bahía Portete | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | P | P |
| Costa de La Guajira | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | P | P |
| Santa Marta y PNN Tayrona | 3 | 3* | 3 | 3* | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | P,D,C | P,D,C |
| Isla Arena | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | P,C | P,C |
| PNN Islas del Rosario | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | P,D | P,D,C |
| Isla Barú | 0 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | P,D,C | P,D,C |
| Cartagena | 2 | 3* | 1 | 3* | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | P,D,C | P,D,C |
| San Bernardo | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | P,D,C | P,D,C |
| Golfo de Morrosquillo | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | P,D,C | P,D,C |
| Isla Fuerte | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | P,D,C | P,D,C |
| Isla Tortuguilla | 1 | 3 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | P,D | P,D |
| Urabá | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | P | P |
| Cayos Courtown | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | - | - |
| Cayos Albuquerque | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | ? | ? | 0 | 0 | - | - |
| Isla de San Andrés | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | P,D,C | P,D,C |
| Isla de Providencia | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | P,D | P,D |

CONCLUSIONES

- Las praderas de fanerógamas marinas en Colombia se encuentran exclusivamente en el área del Caribe. Su distribución geográfica general está concentrada en el área de La Guajira y en la zona central, desde la bahía de Cartagena hasta isla Fuerte.
- La extensión total de pastos marinos en el Caribe colombiano es de 43219 ha, de las cuales sólo el 4.6% corresponden a áreas insulares oceánicas, 9% a áreas insulares continentales y el restante 86.4% a áreas adyacentes a costas continentales, especialmente La Guajira, siendo *T. testudinum* el principal formador de praderas.
- Con respecto a la estructura del componente vegetal se han encontrado tres grupos principales de áreas (Entre La Guajira y el PNN Tayrona, con influencia de arrecifes continentales e insulares con influencia arrecifal), en las cuales la visibilidad, así como el origen y tipo de sedimentos fueron las características predominantes.
- El grado de intervención antrópica sobre las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano se estableció para las condiciones actuales como “Intervenido” y se reconoce especialmente atención en las áreas de los Parques Nacionales Naturales del Tayrona y Corales del Rosario.

RECOMENDACIONES

- La información obtenida hasta el momento, constituye la base fundamental del reconocimiento de indicadores de estado ambiental para este ecosistema siendo posible a futuro, identificar 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 la 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 que las muestras de agua para determinación de nutrientes y demás parámetros de calidad ambiental (Hidrocarburos, metales pesados y plaguicidas. INVEMAR, 2002b) fueron tomadas una sola vez por lugar de muestreo, los resultados obtenidos no son concluyentes, ya que es información que en algunos casos es la primera y única disponible para el área y para el caso se requeriría un seguimiento, tanto en el tiempo (Ciclo anual) como espacial, para comprobar directamente si existe un efecto apreciable de estos químicos sobre las praderas de fanerógamas.

ESTADO DEL MANGLAR

Oscar Casas-Monroy y Laura Perdomo-Trujillo, M. Sc*

Los trabajos de investigación sobre bosques de manglar durante el año 2001, tuvieron como objetivo establecer las condiciones ambientales de los bosques en las diferentes costas del país. En el Caribe colombiano la Corporación Autónoma Regional de Urabá – CORPOURABA, planteó el diagnóstico y zonificación de los manglares, en el golfo de Urabá, mientras que en el departamento del Atlántico, la Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA propuso un estudio similar. Se espera que los resultados de estos trabajos, contribuyan a la evaluación del estado de los bosques, a fin de establecer criterios de manejo y conservación de los manglares en estos departamentos. En el departamento de Córdoba, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR y la empresa Urrá S.A. E.S.P., se encuentran estudiando el impacto de las variaciones hidrológicas de la Zona Deltaica Estuarina del río Sinú - ZDERS. En el departamento del Magdalena, INVEMAR, la Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG, el Banco Interamericano de Desarrollo – BID y la Agencia Alemana para la Cooperación -GTZ continúan los monitoreos de las condiciones ambientales de la Región de la Ciénaga Grande de Santa Marta - RCGSM.

En el Pacífico colombiano, los estudios se han desarrollado a lo largo de una banda de 279.724 ha de bosques con algunos parches específicos hacia el norte. Aunque los trabajos han sido menos numerosos, algunos buscan establecer la productividad del ecosistema como los realizados por el Centro de Control de Contaminación del Pacífico – CCCP, otros contribuyen con la caracterización de los diferentes tipos de bosques, su composición, distribución y zonación; en este sentido, la Corporación Autónoma Regional de Nariño - CORPONARIÑO, la Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC, el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP, los Consejos comunitarios del bajo Guapi, Guajui, Chanzará, Unicosta, Alto Seuihonda y el INVEMAR, adelantan investigaciones, en la unidad de manejo integrado de la bocanas de Guapi e Icuandé (UMI-GAUPI-ISCUANDE). Estas investigaciones están enmarcadas dentro de la implementación de la Política Nacional Ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia, liderado por el Ministerio del Medio Ambiente - MMA, las corporaciones autónomas regionales costeras e INVEMAR.

DIAGNÓSTICO

CARIBE COLOMBIANO

Siguiendo estrategias similares, las evaluaciones de INVEMAR-URRÁ e INVEMAR-CORPAMAG-BID-GTZ, se apoyaron en los sensores remotos con el fin de establecer los cambios en la cobertura vegetal. Se utilizaron imágenes de satélite SPOT XS, Landsat TM para determinar el área (Km²) de manglar vivo, manglar muerto y vegetación acuática presente en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y en la Zona Deltaica Estuarina del Río Sinú (ZDRS).

* Investigadores, Programa Calidad Ambiental Marina - INVEMAR

A partir de la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales tomadas en 1993, 1995, 1997, 1999 y 2001, se obtuvieron registros en el tiempo de las áreas de manglar vivo a partir de 1956 en la CGSM. Con base en estos datos, se calcularon las áreas perdidas de bosques de manglar en el periodo entre 1956 y 1995, cuando ocurrió la mortalidad masiva. A partir del año 1996, como resultado de la reconexión hidrológica con el río Magdalena se registró un incremento de la cobertura del bosque, que actualmente continúa en proceso de recuperación (Figura 17).

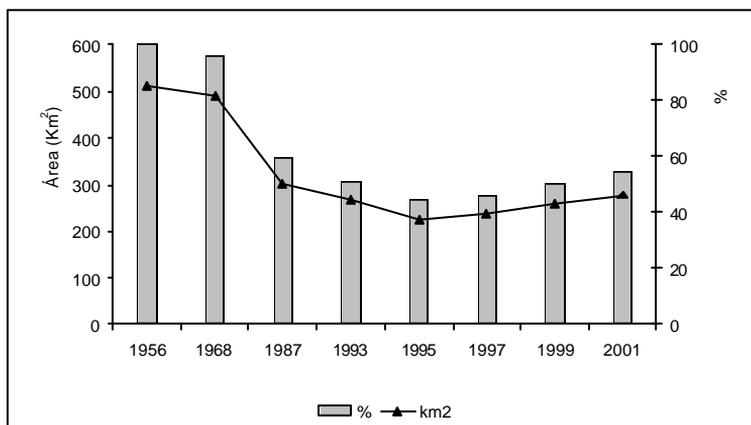


Figura 17. Área (Km²) y porcentaje de la cobertura de manglar vivo en la Ciénaga Grande de Santa Marta durante el período 1956-2001 (Porcentajes con base en el dato de cobertura del año 1956 como 100%) (Modificada de INVEMAR, 2001a).

El análisis de la cobertura del bosque de manglar en la ZDES, dio como resultado (Figura 18):

- Áreas de manglar presentes en el periodo 1957-2000, se clasificó como Estable (E).
- Áreas de manglar presentes en el año 1957, pero no en el año 1989, se catalogaron como Pérdida de área de manglar (P1) en el periodo 1957-89.
- Áreas de manglar presentes en el año 1989, pero no en el 2000, se catalogaron como Pérdida de área de manglar (P2), en el periodo 1989-2000.
- Áreas de manglar presentes en el año 1989, pero no en 1957, se clasificaron como Incremento en área de manglar (I1), entre 1957 y 1989.
- Áreas de manglar presentes en el 2000, pero no en el año 1989, se clasificaron como Incremento en área de manglar (I2) entre 1989 y 2000.

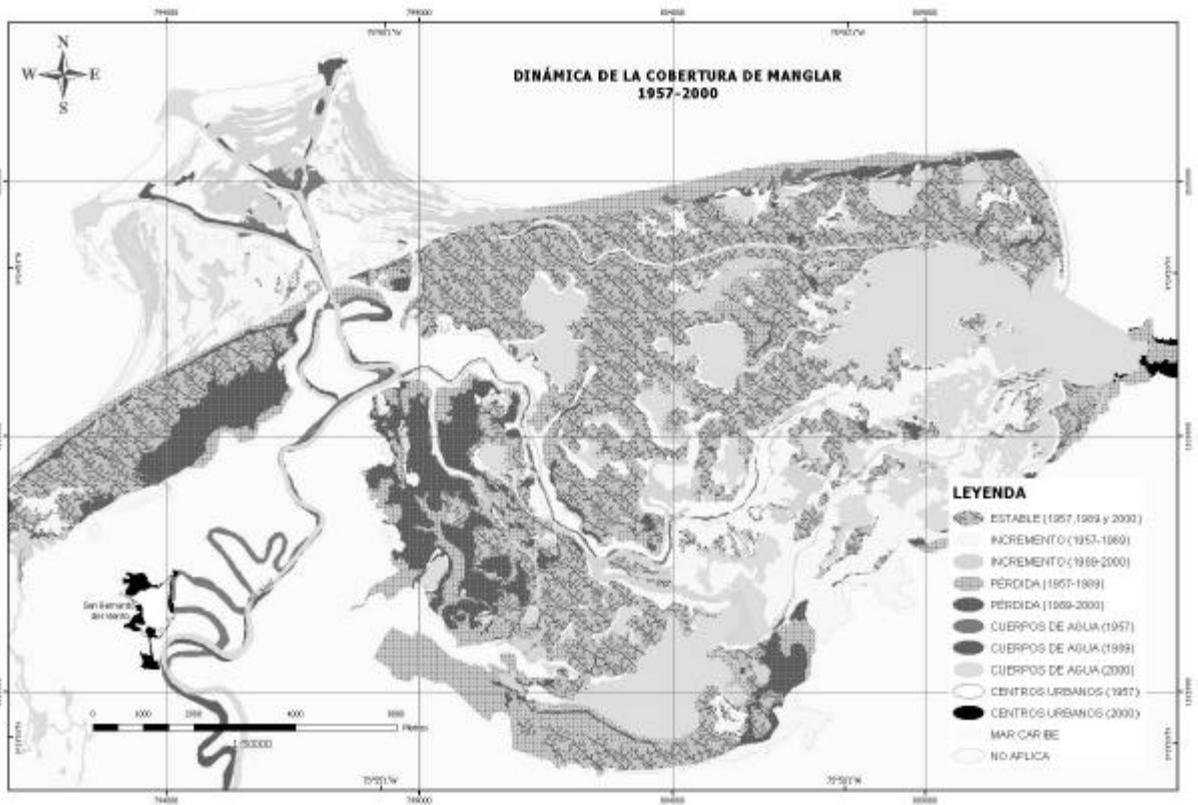


Figura 18. Dinámica de cobertura de bosques de manglar en la zona deltaico estuarina del río Sinú (ZIDERS) (Tomado de INVEMAR, 2001 b)

Salinidad del agua superficial e intersticial

La salinidad de los suelos determina la distribución espacial de los bosques de manglar en la zona costera (Rivera-Monroy *et al.*, 2001). Las variaciones de la salinidad de los suelos están directamente asociadas a las variaciones de los cuerpos de agua adyacentes, a la magnitud de los flujos hídricos y a las condiciones climáticas globales y regionales. En el sistema lagunar estuarino de la CGSM, el restablecimiento de los flujos hídricos, las descargas de los ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta y la magnitud de las precipitaciones en los últimos cinco años, han producido la reducción de la salinidad de los suelos. Estas variaciones han pasado de valores de 152 antes de la reapertura de caños (Botero, 1990) a valores promedio cercanos a 30 en 1999 (INVEMAR, 2000; Rivera-Monroy *et al.*, 2001) (Figura 19).

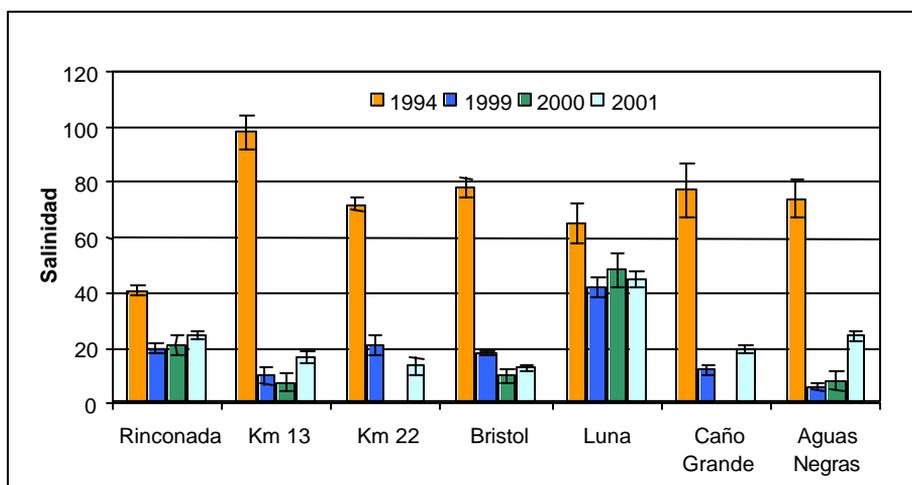


Figura 19. Media anual (\pm EE) de la salinidad intersticial (0,5 m) en siete sitios de la RCGSM (Tomado de Invemar, 2001a).

Estas disminuciones en los valores de la salinidad desde 1996, le han significado al bosque los aumentos en la cobertura vegetal, anteriormente mencionados. Sin embargo, el último año se caracterizó por una marcada tendencia a la sequía con influencia sobre la salinidad de los cuerpos de agua y suelos de las áreas de manglar. Tomando como punto de referencia la desembocadura del canal Clarín a la CGSM (Rinconada), se observó una tendencia al incremento que indudablemente puede tener repercusiones sobre aspectos estructurales y funcionales de las comunidades animales y vegetales (INVEMAR, 2001a).

En la ZDERS, por ejemplo, las variaciones de la salinidad del agua superficial e intersticial de los suelos, estuvieron determinados por la época climática, los niveles de inundación y por los efectos de los cuerpos de agua adyacentes; adicionalmente, por el manejo de los caudales del río Sinú (Figura 19). La salinidad superficial e intersticial tuvieron un comportamiento similar, presentándose un gradiente entre los sectores de

la región (Estuarino>Litoral>Piedemonte). Los valores más bajos se registraron para las temporadas de aguas altas o de lluvias. De tal manera, las variaciones estuvieron relacionadas con la disminución de los niveles de agua en los suelos de los bosques, dado que dependen no sólo de la época de lluvias y las mareas sino de los aportes del río Sinú (ahora represado por la puesta en funcionamiento de la hidroeléctrica de Urrá I). Factores como la cercanía de las estaciones a cuerpos de agua (continentales o marinos), la textura del sedimento, el microrelieve y la presencia de canales internos que irrigan los diferentes bosques favorecen el lavado de los suelos. Así, la salinidad determina atributos de la vegetación como la altura de los árboles, el diámetro de los troncos y el arreglo de las especies con respecto a la línea de costa y dentro del bosque y los procesos de regeneración natural.

Calidad de las aguas en la bahía de Chengue

El comportamiento a lo largo del año de las variables fisicoquímicas evaluadas del agua superficial de la laguna adyacente al bosque de *Rhizophora mangle*, del sector sur de la bahía de Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona), tuvo un patrón similar al de años anteriores. Los valores mensuales de salinidad durante el año 2001 tendieron a incrementar, con respecto a los años anteriores (excepto mayo, octubre y noviembre (Tabla 6)). Además, algunos se constituyeron en los promedios mensuales más altos registrados para la laguna hasta el momento (marzo, abril y septiembre). Por ello, el promedio anual de salinidad para el año 2001 en la estación de la laguna (38.6) superó en una unidad el promedio de 1993-2000 (37.6). Estos aumentos en los valores de salinidad están posiblemente asociados con la influencia de la surgencia y con la baja precipitación registrada durante el 2001 (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002). Sin embargo, los valores de esta variable están por debajo de la salinidad promedio encontrada en bosques de manglar (45) y del límite (60) a partir del cual la salinidad representa un factor de estrés fisiológico para los bosques de manglar (Rivera-Monroy *et al.*, 2001).

Regeneración natural del bosque de manglar

De los procesos funcionales relacionados con la dinámica poblacional de las diferentes especies de manglar, el proceso de regeneración es quizá uno de los más importantes (Duke *et al.*, 1998 en: Rivera-Monroy *et al.*, 2001). Evaluar los cambios a los cuales ocurre el reemplazo de las especies da información clave para conocer el estado del ecosistema.

En la RCGSM, se observó un aumento en la densidad de plántulas y juveniles en Rinconada, Luna y Aguas Negras, con respecto a los valores registrados para el año 2000 (Figura 20). Para ambos años (2000 y 2001), *L. racemosa* fue la especie dominante en las estaciones perturbadas (Bristol, Luna, Aguas Negras y Km. 22), con excepción de Caño Grande. En estos sitios la especie presentó una dominancia entre el 76 y el 90 % del total de las plántulas y juveniles registrados. Esta especie, considerada pionera, capaz de soportar mayores intensidades lumínicas en comparación con *A. germinans* y *R. mangle* y se le encuentra frecuentemente asociada a zonas de manglar perturbadas (INVEMAR, 2000). *A. germinans*, por su parte se encontró como especie dominante en sitios no

perturbados (Rinconada y Caño Grande), ubicados sobre el margen occidental del cuerpo de agua de la Ciénaga Grande. Su dominancia en estas áreas está relacionada con una mayor densidad de propágulos disponibles.

Las variaciones de las densidades en las plántulas de la ZDERS para el 2001, estuvieron asociadas a la época climática, a los niveles de inundación y a la incidencia de luz. Por ejemplo en algunos casos, las mayores densidades de *Rhizophora mangle* coincidieron con bajos niveles de incidencia de luz, producida por la cobertura del dosel. Esta especie necesita menores requerimientos de luz, lo que favoreció el desarrollo de las plantas, en las primeras etapas (Cintrón *et al.*, 1978) (Figura 21).

Tabla 6. Cambios temporales (\pm EE) en la salinidad del agua superficial de la laguna adyacente al bosque de manglar, en la bahía de Chengue, PNNT, durante el periodo 1993-2000 y el año 2001 (Tomada de Garzón-Ferreira *et al.*, 2002)

| | Salinidad | |
|------------|-------------|-------------|
| | 1993-2000 | 2001 |
| Enero | 38.4 | 39.8 |
| EE | 0.5 | 0.8 |
| Febrero | 35.5 | 39.5 |
| EE | 0.4 | 0.3 |
| Marzo | 38.7 | 40.3 |
| EE | 0.2 | 0.5 |
| Abril | 39.2 | 41.0 |
| EE | 0.2 | 0.6 |
| Mayo | 37.7 | 37.0 |
| EE | 0.7 | 0.5 |
| Junio | 38.0 | 39.8 |
| EE | 0.5 | 0.3 |
| Julio | 38.7 | 39.9 |
| EE | 0.4 | 0.3 |
| Agosto | 37.8 | 39.8 |
| EE | 0.7 | 0.2 |
| Septiembre | 35.8 | 39.3 |
| EE | 0.7 | 0.7 |
| Octubre | 35.4 | 34.0 |
| EE | 0.6 | 1.4 |
| Noviembre | 36.0 | 34.0 |
| EE | 0.6 | 0.6 |
| Diciembre | 37.3 | 38.7 |
| EE | 0.6 | 0.3 |

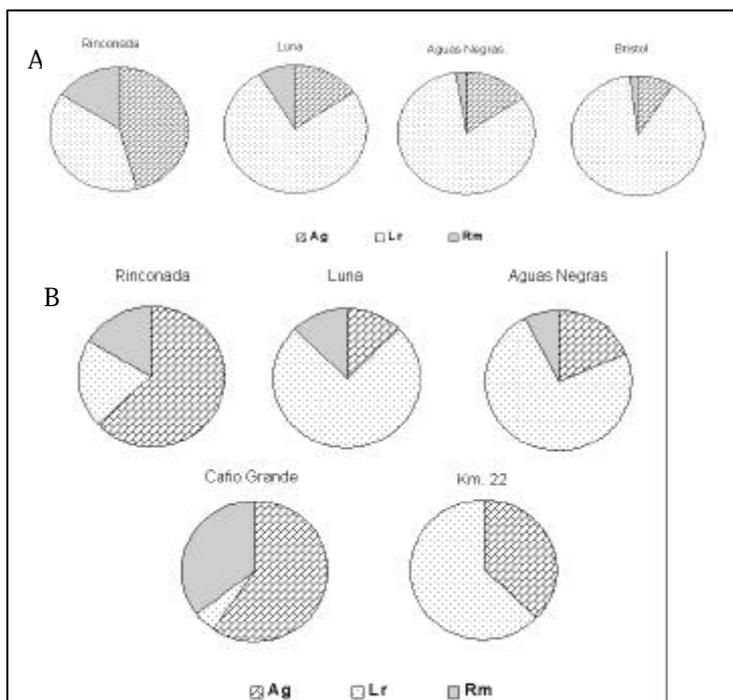


Figura 20. Proporción de especies de manglar en diferentes sectores del departamento colombiano. A) año 2000 y B) año 2001. Ag = *A. germinans*; Lr = *L. racemosa*; Rm = *R. mangle* (Tomado de INVEMAR, 2001a).

Laguncularia racemosa, la segunda especie en importancia en los diferentes sectores, presentó las menores densidades en el sector estuarino. Por el contrario *R. mangle*, esta especie se ve favorecida por altos niveles de radiación solar, lo que se constituye en una ventaja competitiva respecto a las otras dos especies. *Avicennia germinans*, por su parte, presentó sus máximas densidades durante los meses pertenecientes a las épocas de lluvias. Así mismo, se registraron plántulas (valores menores 11.1 Ind m^{-2}) en estaciones donde no se presentaron árboles maduros de esta especie que proveyeran diásporas y que son dominadas por *R. mangle*. Estas bajas densidades, aparentemente, son el resultado de altos niveles de inundación, que impidieron el establecimiento durante la época de lluvias y que incidieron en la sobrevivencia durante la época seca. Finalmente, la especie con menores valores de densidad fue *Pelliciera rhizophorae*. Se encontró, únicamente, en el sector Estuarino, justamente, donde se encuentran las mayores densidades de árboles parentales de esta especie (Figura 21).

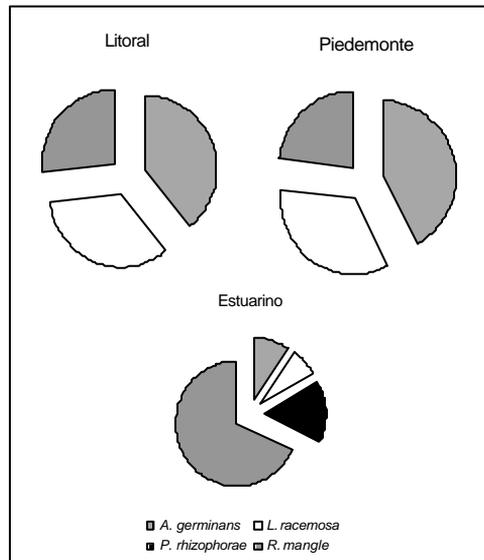


Figura 21. Proporción de plántulas entre sectores de la Zona Deltaico Estuarina del Río Sinú (ZDERS) (Datos tomado de INVEMAR, 2001 b).

Estructura del bosque de manglar

La estructura de un bosque indica su composición, el estado de desarrollo y las edades de los árboles que lo componen (Casas-Monroy *et al.*, 2001). También revela la organización en el espacio, de los individuos que componen los rodales (Steubing *et al.*, 2001). Estos atributos se pueden inferir a partir de los valores de densidad, área basal e Índice de Valor de Importancia (IVI) (Casas-Monroy *et al.*, 2001).

Las seis áreas de manglar que se han monitoreado en la región noroccidental de la CGSM durante el período 1997-2001, *A. germinans* registró el mayor valor de área basal con un rango entre 0 y 17.3 m² ha⁻¹, mientras que los valores más bajos correspondieron a los sitios con mayor deterioro (INVEMAR, 2001a) (Figura 22). Dentro de las estaciones que más se destacaron está Aguas Negras que presentó áreas basales cercanas a cero en 1997, que contrastaron con los valores obtenidos en los años 1999-2000. Esta diferencia se debió principalmente a la disminución de la salinidad intersticial por la apertura del Caño Aguas Negras a partir del año 1998 (INVEMAR, 2001a).

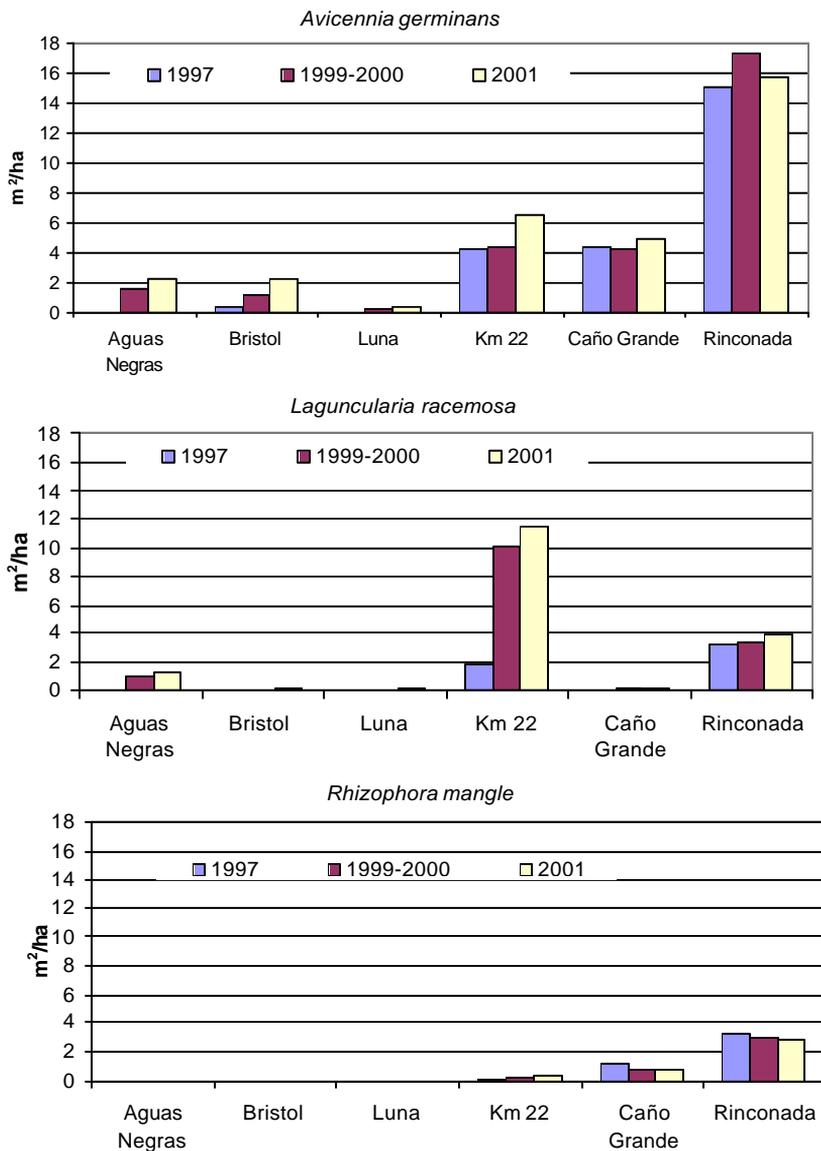


Figura 22. Cambio temporal (1997-2001) del área basal para tres especies de manglar en seis estaciones de la CGSM. (Tomado de INVEMAR, 2001a)

De igual forma, se detectaron incrementos del área basal en Caño Grande y Bristol (0.6 y $1.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), siendo los más significativos en Km 22 ($2.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) durante el período 2000-2001. En contraste, Rinconada ($2.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) entre los años 1997-2000,

registró disminución de esta variable para el año 2001 por la muerte de árboles de *A. germinans* (INVEMAR, 2001a).

Para los sectores Piedemonte y Estuarino de la ZDERS, *Rhizophora mangle* fue la especie más abundante (Figura 23) (INVEMAR, 2001b). Esta especie siguió un gradiente similar al de la salinidad, sector Estuarino ($1.11 \text{ m}^2 \text{ 0.1 ha}^{-1}$), Litoral ($1.0 \text{ m}^2 \text{ 0.1 ha}^{-1}$) y finalmente, Piedemonte ($0.67 \text{ m}^2 \text{ 0.1 ha}^{-1}$) (Figura 23). Esto le confirió un 55.4% del área basal total, para la región. La segunda especie en valores de área basal fue *L. racemosa* con un 22.3% del total y estuvo mejor representada en el sector del litoral ($0.69 \text{ m}^2 \text{ 0.1 ha}^{-1}$). *A. germinans* por su parte, en el sector de Piedemonte obtuvo valores menores a $0.05 \text{ m}^2 \text{ 0.1 ha}^{-1}$, confiriéndole un 18.98% del área basal total. En contraste, *P. rhizophorae* y *P. copaifera* obtuvieron el 0.05% y 3.27% y sólo se encontraron en Caño Salado y en La Balsita, respectivamente (INVEMAR, 2001b).

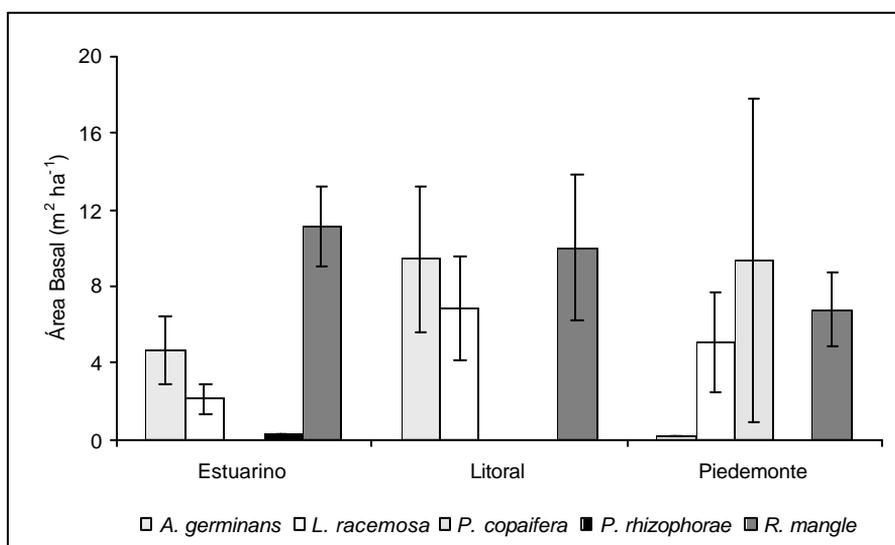


Figura 23. Media de Área Basal (\pm EE) ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) por especie, en los sectores de la cuenca baja del río Sinú (Tomado de INVEMAR 2001b)

Los datos de los atributos evaluados en la franja de *Rhizophora mangle*, en la laguna sur de la bahía de Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona), indicaron claramente que la estructura del bosque no varió apreciablemente en el 2001, en comparación con los años anteriores (Tabla 7). La información analizada desde 1995, sugiere que el bosque no ha sufrido alteraciones o procesos de deterioro, aún cuando su crecimiento ha sido lento. En cuanto a la productividad del bosque (tasa de caída de hojarasca), los valores registrados en los meses monitoreados de octubre ($5.8 \text{ g m}^{-2} \text{ día}$) y noviembre ($4.8 \text{ g m}^{-2} \text{ día}$) del año 2001, se encontraron dentro del intervalo de variación registrado entre 1995 y 2000 (Tabla 8).

Tabla 7. Media (\pm EE) de los atributos estimados para el bosque de *Rhizophora mangle* de la bahía de Chengue, durante el periodo 1995-2001. (*) No se registra debido a que se calcula con la altura de los árboles, los cuales no fueron medidos en el año 2001. (Tomada de Garzón-Ferreira *et al.*, 2002).

| | Área Basal | Biomasa (Golley <i>et al.</i>) | Biomasa (Cintrón y Schaeffer-Novelli) |
|------|--------------------------------------|---|--|
| | M² ha⁻¹ | Kg m² | Kg m² |
| 1995 | 42.6 | 13.5 | 19.4 |
| EE | 3.6 | 0.5 | 2.4 |
| 1996 | 43.4 | 13.5 | 20.2 |
| EE | 3.8 | 0.5 | 2.8 |
| 1997 | 42.3 | 13.2 | 20.0 |
| EE | 3.0 | 0.7 | 2.8 |
| 1998 | 43.8 | 13.4 | 20.7 |
| EE | 2.7 | 0.6 | 2.8 |
| 1999 | 43.9 | 13.4 | 20.7 |
| EE | 3.2 | 0.7 | 3.1 |
| 2000 | 44.1 | 13.4 | 19.6 |
| EE | 3.3 | 0.7 | 2.5 |
| 2001 | 44.1 | 13.2 | * |
| EE | 3.6 | 0.8 | |

Tabla 8. Tasa media (\pm EE) de la caída de hojarasca (g m² día) del bosque de *Rhizophora mangle* de la bahía de Chengue, durante el periodo 1995-2001. (Tomada de Garzón-Ferreira *et al.*, 2002).

| | Promedio | EE |
|--------|-----------------|-----------|
| OCT-95 | 5.2 | 0.5 |
| NOV-95 | 5.0 | 0.2 |
| OCT-96 | 4.0 | 0.5 |
| NOV-96 | 4.9 | 0.5 |
| OCT-96 | 6.5 | 0.5 |
| NOV-97 | 3.0 | 0.2 |
| OCT-98 | 6.2 | 0.4 |
| NOV-98 | 4.1 | 0.1 |
| OCT-99 | 6.2 | 0.6 |
| NOV-99 | 13.7 | 0.8 |
| OCT-00 | 3.8 | 0.2 |
| NOV-00 | 6.3 | 0.4 |
| OCT-01 | 5.8 | 0.1 |
| NOV-01 | 4.8 | 0.2 |

PACÍFICO COLOMBIANO

En la costa pacífica, se ejecutó la primera fase del proyecto piloto “Formulación del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera para las Bocanas de Guapi-Iscuandé, Pacífico colombiano”, se realizó la caracterización y el diagnóstico de la UMI, para lo que se recopiló información biofísica y socioeconómica y de gobernabilidad. Dentro del componente biofísico, la caracterización de la cobertura vegetal y uso de la tierra, comprendió el análisis de los bosques de manglar, guandal y bosques mixtos sobre terrazas y colinas bajas. Esto con miras a lograr la definición de las unidades ecológicas de paisaje, el proceso de zonificación y el diseño final de un plan de ordenamiento.

De las composiciones en bosque de manglar, *Rhizophora* spp. y *Mora megistosperma* (Rm), y *Rhizophora* spp., *P. rhizophorae* y *M. megistosperma* (Rpm) son las de mayor distribución en el área (37212 km² y 32764 km², respectivamente).

Para los bosques de transición, se destaca la composición de *Pterocarpus officinalis*, *Euterpe oleraceae*, *M. megistosperma*, *P. rhizophorae*, *Rhizophora* spp., *Pachira acutata* y *Meliosma* spp. (Bt2), con un área de 15197 km². Por último, los cultivos más predominantes en la zona de manglares y transición a guandal corresponden a monocultivos de coco con cierto grado de manejo (21576 km²) y cultivos multiestrata, principalmente de coco, palma naidi y plátano (20495 km²).

La información que complementa cada composición es un gran aporte no sólo por su valor descriptivo del área, sino como elemento de análisis en la toma de decisiones a la hora de formular planes de manejo, encaminados al ordenamiento del uso y conservación de los recursos naturales asociados al bosque de manglar de la UMI-Guapi-Iscuandé. A partir de los mapas de cobertura vegetal de 1989 y 2000 y sus respectivos atributos, se obtuvo el mapa escala 1:75000 (Figura 24), que presenta el análisis de cambio para el periodo 1989-2000. En él se localizan las áreas en que hubo pérdida o ganancia en cobertura de manglar, entendiéndose la pérdida como el paso del bosque de manglar hacia otra cobertura distinta y/o la invasión del bosque por cultivos. La ganancia se definió como el avance del bosque de manglar hacia otras coberturas y/o la desaparición de cultivos dentro de este; generalmente debido al abandono por parte de los colonos y la consiguiente regeneración natural del sistema. Por último, las áreas sin cambio fueron aquellas que mantuvieron la misma cobertura desde 1989 hasta el 2000.

Desde 1989 hasta el 2000 han sido sustituidos 33352 km², de la cobertura de bosque de manglar, principalmente por cultivos. Los cambios en el uso del suelo para la UMI-Guapi-Iscuandé, están dados por la expansión de cultivos ya establecidos y la transformación de terrenos ocupados con manglar por cultivos de coco con cierto grado de manejo y cultivos mixtos mezclados con las especies típicas hacia el interior del bosque, donde los suelos son más consolidados.

Estas pérdidas se localizan principalmente en el área de influencia de los firmes Bellavista y San José en la parte central de la UMI, y en el área de influencia del municipio de Guapi y el poblado Limones, hacia el noreste de la UMI.

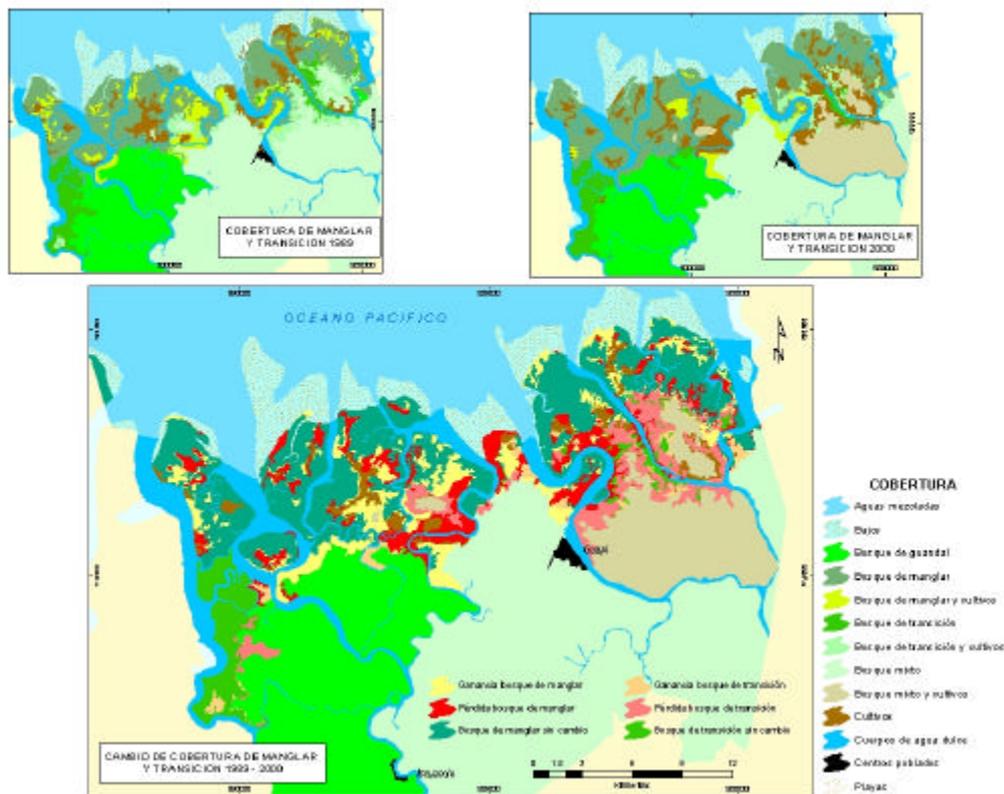


Figura 24. Mapa de cambio en la cobertura del bosque de manglar y bosque de transición a guadanal, periodo 1989-2000, en la UMI Guapi-Iscuandé, Pacífico colombiano (Tomado de Vargas, 2001)

En contraste, durante el mismo período se ganaron en total 38015 km² de área de bosque de manglar. El 33.87% de la ganancia se debe a la desaparición de cultivos mezclados dentro de la cobertura de manglar, el 25.34% corresponde a la restitución de zonas de cultivos con cobertura propia de manglar y en menor proporción, el 5.89% de ganancia se identificó como el avance de las especies de manglar en áreas de cultivos (ganancia en cobertura bosque de manglar y cultivos).

La recuperación del bosque de manglar se da en antiguos cultivos de coco abandonados por la invasión de plagas. Otras ganancias se deben a la expansión del bosque sobre otras coberturas boscosas, lo que implica la adaptación de sustratos y ambientes, de acuerdo con los requerimientos fisiológicos de cada especie de manglar.

A través del mapa de cambio también se identificó la formación de bajos como un aspecto favorable para la expansión de los manglares de borde. El 1.5% de las ganancias equivalen al avance del manglar sobre la línea de costa, primordialmente árboles de *Rhizophora* spp. de considerable altura.

A pesar de presentarse áreas de ganancia de cobertura de manglar en mayor proporción que las de pérdida, es importante resaltar no sólo el espacio recuperado sino la estructura del bosque caracterizado. Actualmente el bosque de manglar se encuentra en un estado de desarrollo intermedio, con predominancia de latizales y bajas densidades en las categorías fustal y brinzal. En términos generales, se tiene un bosque frágil, cuya dinámica natural se ve amenazada por el patrón de uso de la tierra y el aprovechamiento de sus recursos, actividades realizadas por las comunidades que habitan los manglares de la UMI-Guapi-Iscuandé.

Bosques de manglar

En el Pacífico colombiano, la pérdida de bosques de manglar en los últimos 27 años ha sido de 13712.24 ha, es decir, el 4.7% respecto al área actual de manglar, siendo el hombre el mayor alterador. También contribuyen a esta dinámica procesos erosivos del océano Pacífico que actúan sobre las costas, devorándolas, ampliando golfos y bahías; las dinámicas fluviales, que cambian los deltas de los ríos y modifican su orden geomorfológico, ocasionando una disminución del área de manglar. La invasión de vegetación no halohelofítica a expensas del bosque de manglar, se estima en 3475.05 ha, correspondiendo al 1.2%.

Otros factores importantes que tienen influencia directa sobre el ecosistema son algunos proyectos, obras o actividades que sugieren la transformación del uso actual del suelo como la camaronicultura, cultivos de coco, palmito, arroz y desarrollos turísticos. Estos originan cambios en el comportamiento del agua alterando los requerimientos naturales a los cuales los manglares están sometidos.

Bosques de guandal

Pese a que para la UMI Guapi - Iscuandé el ecosistema de guandal no ha sido cuantificado, el Ministerio del Medio Ambiente y la Corporación Autónoma Regional de Nariño impulsan y desarrollan el proyecto "Monitoreo ambiental del aprovechamiento de los bosques de Naidi y Guandal". Este proyecto fue planteado preliminarmente hacia el año de 1994, comenzando actividades en el segundo semestre de 1996, con base en la necesidad de contar con una base científica para sustentar las políticas forestales que el Estado colombiano ha definido hacia esta región, dada su permanente actividad de extracción de maderas.

Análisis estructural del bosque

Sin duda el género *Rhizophora* presenta una mayor dominancia reflejada por el Índice de Valor de Importancia (IVI), que osciló entre 142% y 300%, con respecto a los otros géneros (Tabla 9). Acompañan a *Rhizophora*, las especies *P. rhizophorae*, *L. racemosa*,

M. megistosperma y *Ptterocarpus officinalis*, con una densidad de 250 indha⁻¹, 147 ind ha⁻¹, 59 ind ha⁻¹ y 31 ind ha⁻¹, respectivamente.

Tabla 9. Comparación estructural del bosque de manglar para el área de estudio, entre sitios comunes estudiados (Tomada de INVEMAR, 2001c).

| Fuente | Lugar | Especie | Densidad # Ind ha ⁻¹ | Área basal m ² ha ⁻¹ | I.V.I (%) |
|--------|------------------|-------------------------|------------------------------------|---|--------------|
| 1 | Bocana Tapaje | <i>Rhizophora</i> spp. | 350.8 | 21.1 | 228.91 |
| 2 | Punta de Coco | <i>Rhizophora</i> spp. | 245.3 | 30.2 | 279.90 |
| 1 | Bocana Guajui | <i>Rhizophora</i> spp. | 231.5 | 12.2 | 142.87 |
| | | <i>M. megistosperma</i> | 94.7 | 7.2 | 85.52 |
| | | <i>P. rhizophorae</i> | 84.2 | 6.8 | 71.59 |
| 2 | Cantil | <i>Rhizophora</i> spp. | 148.6 | 14.9 | 171.46 |
| | | <i>M. megistosperma</i> | 29.8 | 0.08 | 25.69 |
| | | <i>P. rhizophorae</i> | 148.6 | 0.39 | 102.84 |
| 1 | Brazo Quiroga | <i>Rhizophora</i> spp. | 312.3 | 1.88 | 300.00 |
| 2 | Brazo Quiroga | <i>Rhizophora</i> spp. | 177.5 | 1.32 | 256.95 |

Fuente: 1. Proyecto Manglares de Colombia (Ministerio del Medio Ambiente); 2. Presente estudio

Teniendo en cuenta las líneas y sectores de muestreos y teniendo en cuenta la disposición de las especies desde Guajui a Bazán y desde la zona marina hacia la parte continental con sus gradientes, se observaron las siguientes asociaciones para el bosque de manglar:

- Asociación *Rhizophora* spp. – *L. racemosa* – *M. megistosperma* (RLM)
- Asociación *P. rhizophorae* - *Rhizophora* spp. – *M. megistosperma* (PRM)
- Asociación *Rhizophora* spp. – *P. rhizophorae* – *M. megistosperma* (RPM)
- Asociación *Rhizophora* spp. – *M. megistosperma* (RM)
- Asociación *M. megistosperma* (M)
- Asociación *L. racemosa* (L)

Si bien estas asociaciones y en general los rodales presentan en algunas ocasiones bajas densidades, el estado de los bosques y las condiciones ambientales bajo las cuales crecen, les permiten aún presentar árboles de buen porte.

CONCLUSIONES

CARIBE COLOMBIANO

- Para el año 2001 en la CGSM, se estimó un valor de 278.5 Km² de manglar vivo, que representa un aumento de 21 Km² respecto al valor registrado para

el año de 1999 y una tasa de incremento de $11.16 \text{ Km}^2 \text{ año}^{-1}$. No obstante, estos valores deben ser sujetos a validación mediante visitas al campo y sobrevuelos en la zona de estudio.

- *Laguncularia racemosa* se destacó como la especie con mayor incremento en el área basal en zonas del bosque de manglar en proceso de recuperación durante el periodo 1997-2001. *Avicennia germinans* se vio favorecida debido a su tolerancia a la salinidad por déficit hídrico y consecuente incremento en la salinidad de los suelos en estos sectores.
- En cuanto a la regeneración natural de la vegetación de manglar, se observó un aumento en la densidad de plántulas con relación a los valores registrados para el año 2000. El mayor reclutamiento ocurrió durante y al final de la época lluviosa del año 2000.
- *L. racemosa* continúa siendo la especie dominante en la regeneración natural de las estaciones perturbadas. Esta especie ha sido catalogada como pionera dado que es más competitiva en altos niveles de intensidad lumínica y es frecuente en zonas de manglar perturbadas. Por otro lado, *A. germinans* es la especie dominante y presenta mayor tasa de reclutamiento en sitios con un dosel cerrado, en condiciones de menor exposición a la radiación solar, como las halladas en el bosque de la estación de Rinconada (estación de referencia).
- En la ZDERS, las modificaciones hidrológicas determinaron los valores de salinidad superficial e intersticial de los suelos de los bosques. Estas fluctuaciones se dieron conforme cambiaron los valores de la salinidad en los cuerpos de agua adyacentes. Así mismo, los valores de salinidad en relación al hidropuerto, estuvieron asociados a la época climática. Estos factores actuaron como fuerzas externas al sistema y determinaron y proveyeron las condiciones necesarias para el desarrollo y sobrevivencia de los bosques de manglar en cuanto a su estructura y función, como a los diferentes procesos de regeneración natural.
- Basados en los resultados estructurales obtenidos, se pudo establecer a *R. mangle* como la especie dominante en la cuenca baja del río Sinú. Además, que en la actualidad existen condiciones ambientales favorables para el mantenimiento de la vegetación. Sin embargo, el manejo de los caudales que realiza la hidroeléctrica de Urrá, produce una alteración a gran escala de los niveles de inundación, modificando el régimen hidrológico con respecto al histórico natural. A largo plazo, estas modificaciones pueden repercutir en los procesos de regeneración natural de las especies de manglar, constituyendo limitantes en el crecimiento, supervivencia y zonación de los bosques.
- En el bosque de mangle rojo de la bahía de Chengue, las variables estructurales obtenidas en el 2001 no mostraron ningún cambio apreciable (crecimiento lento) y la productividad presentó promedios dentro los rangos registrados anteriormente. Por lo tanto, se asume que el bosque se desarrolló normalmente en el último año.
- Los comportamientos de la salinidad del agua superficial en la laguna del manglar de Chengue fueron similares a los observados en años anteriores (1993-2000), pero varios de los promedios mensuales fueron notoriamente diferentes de los registros previos.

- Las variaciones descritas para la salinidad en la laguna de manglar, se asocian a una mayor influencia de la surgencia costera y a la exigua precipitación pluvial del año 2001, en el área de Santa Marta.
- Aparentemente las variaciones encontradas durante el 2001 en las variables fisicoquímicas del agua superficial de la laguna del manglar de Chengue no tuvieron repercusión en el desarrollo normal de estos ecosistemas.

PACÍFICO COLOMBIANO

- Dado que se encontraron bajas densidades en los fustales y en menor proporción para brinzales, es posible que la dinámica sucesional de estas categorías diamétricas de los bosques de manglar y transición a guandal, se encuentren amenazadas. Los latizales por su parte, presentan en general una buena oferta y desarrollo.
- Para 1989 y 2000 se identificaron diferentes unidades de cobertura vegetal, su extensión y ubicación en el área de estudio, las mayores zonas corresponden a bosques mixtos, luego bosques de manglar y en tercer lugar bosques de guandal.
- Se estableció la composición por especies, estructura, regeneración, intervención y uso de las unidades de cobertura de manglar y transición a guandal identificadas para el 2000. Se calculó que aproximadamente el 60% de áreas de cobertura de manglar pasaron a cultivos en el período de 1989 al 2000, debido principalmente a cambios en el uso del suelo y expansión de cultivos. El mapa de cambio indicó que estas pérdidas se localizan hacia la zona de influencia del municipio de Guapi y el poblado Limones.
- Aunque la mayoría de áreas de ganancia de manglar se deben a la restitución de zonas de cultivos (65%), se estableció que la recuperación de terrenos no implica un buen estado estructural de las especies del bosque de manglar, ni evidencia los problemas de competencia entre especies nucleares y asociadas.
- Los principales problemas debido a la intervención antrópica que ocasionan cambios en la cobertura vegetal son el aprovechamiento forestal, el cambio en el uso del suelo sustituyendo bosques de manglar por cultivos y la marginalidad socioeconómica basada exclusivamente en un sistema extractivo.

RECOMENDACIÓN

- Pese a disponer de información de suma relevancia sobre los ecosistemas de manglar en el país, existe un vacío de información en áreas como taxonomía, genética y biología molecular de las especies que los conforman. Es necesario canalizar posteriores estudios a la investigación de dichas áreas.

ESTADO DE LOS FONDOS BLANDOS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Ángela I. Guzmán-Alvis, *Cand. PhD* y Oscar David Solano, *M. Sc.**

La información presentada a continuación se basa en algunos estudios realizados sobre la plataforma del Caribe colombiano, principalmente en el golfo de Morrosquillo, y los departamentos del Magdalena y Guajira en los últimos diez años.

DIAGNÓSTICO

En la plataforma continental de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), se iniciaron los estudios en comunidades bentónicas en abril de 1982 (García y Sandoval, 1983). Estos autores describieron dos biocenosis que llamaron *Nucula* y *Solen* (ambos moluscos), que se extendían entre 5 y 36 m de profundidad. Diez años después se muestreó un área más amplia, comprendiendo sitios cercanos a la desembocadura del río Magdalena hasta la bahía de Santa Marta, con profundidades entre 15 y 100 m (Guzmán-Alvis y Díaz, 1993 y 1996). Comparando los resultados de ambos estudios, se concluyó que la estructura de la comunidad macrobentónica había cambiado al menos en el sector más costero; los organismos que fueron característicos para definir las comunidades de 1982 no se encontraron en los muestreos posteriores. La biocenosis *Nucula* fue reemplazada por una asociación comprendida principalmente por poliquetos de los géneros *Magelona*, *Lumbrineris*, *Aricidea*, *Tharyx*, *Mediomastus* y *Hyalinoecia* y un crustáceo del género *Ampelisca*.

Posteriormente, parte de esta comunidad fue nuevamente estudiada durante un período de dos años, diciembre 1994 a diciembre 1996 (Guzmán-Alvis *et al.* 2001). Los géneros característicos que definieron la comunidad del año 1992 no se encontraron, tan sólo el 25% de la composición genérica fue común en ambos periodos, el 65% lo constituyeron géneros nuevos y no encontrados en el último período de muestreo. Además de los géneros característicos registrados en el año 1992, se presentaron otros de poliquetos que contribuyeron con una importante abundancia y frecuencia a la comunidad.

Otro estudio posterior de 1999, muestra un mayor porcentaje (44%) de géneros comunes entre los años 1994 a 1996 y 1999; dentro de este porcentaje el 17% continuó siendo característico en el año 1999 (INVEMAR, 2000). Los géneros nuevos conformaron el 34 % y los no encontrados en el año 1999 formaron el 22%. Analizando los tres periodos de muestreo, se tiene que el 18 % de los géneros han estado presentes desde 1992 a 1999; los géneros *Ampelisca*, *Lumbrineris*, *Aricidea*, *Tharyx* y *Mediomastus* han sido característicos desde el año 1992 constituyendo el 3%

* Investigadores, Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - INVEMAR

de la composición genérica encontrada desde entonces, pero el mayor porcentaje (82%) ha cambiado paulatinamente desde entonces. También han ido cambiando las densidades infaunales en la plataforma del Magdalena. Se presentó un incremento de 1982 hasta 1992 año en el cual se alcanzó la máxima abundancia, para luego disminuir entre los años 1992 y 1998 (Tabla 10).

Tabla 10. Densidad (Número de ind.m⁻²) de la macrofauna en la plataforma continental del departamento del Magdalena. P, profundidad; DM, densidad media

| LOCALIDAD (Año de muestreo) | P Intervalo (m) | DM Intervalo (ind. /m ²) | FUENTE |
|---------------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------------|
| Plataforma Ciénaga Grande (1982) | 5 - 36 | 1118 (470 - 3108) | García y Sandoval (1983) |
| Plataforma Magdalena (1992) | 15 - 100 | 1,728 (34 - 6902) | Guzmán (1993) |
| Pozos Colorados (1994-1996) | 5 - 69 | 1551 (300 - 5073) | Guzmán - Alvis, <i>et al</i> (2001) |
| Golfo de Salamanca (1997-1998) | 14-150 | 609 (73 - 1713) | Vides (1999) |

Estas variaciones en densidad se han relacionado últimamente con cambios interanuales en la intensidad de las lluvias y en el caudal de los ríos (Guzmán-Alvis y Solano, 2001; Guzmán-Alvis y Carrasco, 2002). En los mares tropicales los esquemas de lluvias difieren grandemente, éstas regulan las descargas de los ríos y la escorrentía continental, que tienen influencia sobre los fondos sedimentarios y la macroinfauna. Las menores abundancias y número de taxa se presentan durante los años de menor precipitación y caudal y los valores más altos, corresponden a los de mayor caudal y precipitación.

La densidad media de la macrofauna en la plataforma continental del Caribe colombiano se presenta en la tabla 11. Las menores se presentan en el golfo de Morrosquillo y las más altas en la Guajira. Estas diferencias en densidad pueden atribuirse a dos tipos de ambientes diferentes: en el primero la descarga del río Sinú, puede provocar una alta perturbación física, fondos inestables formados por altos contenidos de cieno, contribuyendo así a disminuir la abundancia de la macrofauna (Alongi, 1990), mientras que en La Guajira no existen ríos importantes, los fondos son de arenas muy finas y además, existe una entrada importante de alimento al bentos proveniente de la surgencia.

Estas abundancias, comparadas con otras áreas tropicales del mundo, muestran valores intermedios (Guzmán-Alvis, *et al.*, 2001). En las zonas de surgencia como la del Perú, el mar Arábigo y Cabo Blanco, entre otras, se encuentran los valores más altos (4000-8000 ind*m⁻²), debidas a la alta productividad de estos ambientes; sin embargo, comparadas con La Guajira en donde existe un sistema de surgencia, las abundancias bentónicas son menores debido a que la productividad es mucho menor y a la alta dinámica que presenta el oleaje en esta región. Las diferencias en las abundancias del bentos están

relacionadas con la amplitud y profundidad de las plataformas continentales que las hacen más o menos susceptibles a los fuertes calentamientos y lluvias. También se ven afectadas por la cercanía a la desembocadura de grandes ríos, debido al continuo depósito de sedimento y erosión del fondo. Por ejemplo, el río Amazonas en Brasil, presenta abundancias promedio de $1038 \text{ ind}^* \text{m}^{-2}$ con intervalos de $59-3953 \text{ ind}^* \text{m}^{-2}$ y son similares a las de la plataforma del Magdalena que recibe descargas del río Magdalena a través de la serie de caños y ciénagas de la CSM.

Tabla 11. Densidad (Número de $\text{ind}^* \text{m}^{-2}$) de la macrofauna en la plataforma continental de algunas localidades del Caribe colombiano. P, profundidad; DM, densidad media

| LOCALIDAD (Año de muestreo) | P Intervalo (m) | DM Intervalo ($\text{ind}^* \text{m}^{-2}$) | FUENTE |
|-------------------------------------|--------------------|---|--------------------------------------|
| Golfo de Morrosquillo (1996) | 9 - 30 | 78.6 (13 - 256) | INVEMAR (1997) |
| Dibulla (Guajira) (1993) | 6 - 22 | 2,185 (1413- 3280) | Guzmán-Alvis y Solano (1997) |
| El Pájaro (Guajira) (1995) | 27 - 37 | 1,535 (720 - 2600) | INVEMAR (1995) |
| Plataforma Magdalena (1992) | 15 - 100 | 1,728 (34 - 6902) | Guzmán (1993) |
| Plataforma Magdalena (1994-1996) | 5 - 69 | 1,551 (300 - 5073) | Guzmán - Alvis, <i>et al.</i> (2001) |

Para el Pacífico colombiano la información es escasa, pero en investigaciones recientes (Cortés, 2001; Ruíz-López, 2001 y Solano *et al.*, 2001) se establecieron en la isla de Gorgona densidades que fluctúan entre épocas climáticas (Figura 25), variación que no ha sido observada en el Caribe; una comparación de los valores estimados, muestra con claridad que durante el periodo de enero a junio de 1999, la abundancia promedio de invertebrados infaunales por estación fue muy superior ($907 \text{ ind}^* \text{m}^{-2}$) a la observada durante la segunda mitad del año (agosto a diciembre con $306 \text{ ind}^* \text{m}^{-2}$). Esta variación estacional al parecer está relacionada con cambios en los contenidos de carbonato de calcio y de materia orgánica en los sedimentos y en la transparencia del agua, los que a su vez estarían determinados por fluctuaciones en variables climatológicas como la precipitación, el brillo solar y la temperatura (Solano *et al.*, 2001).

Además de las perturbaciones físicas y climáticas que afectan las comunidades de fondos blandos, están las alteraciones producidas por las actividades humanas. En este sentido es poco lo que se conoce en estos ambientes en Colombia. Se están adaptando una serie de metodologías que se han creado en las zonas templadas para determinar estas alteraciones, sin embargo, esto requiere de una serie larga y continuada de muestreos en el tiempo y en el espacio.

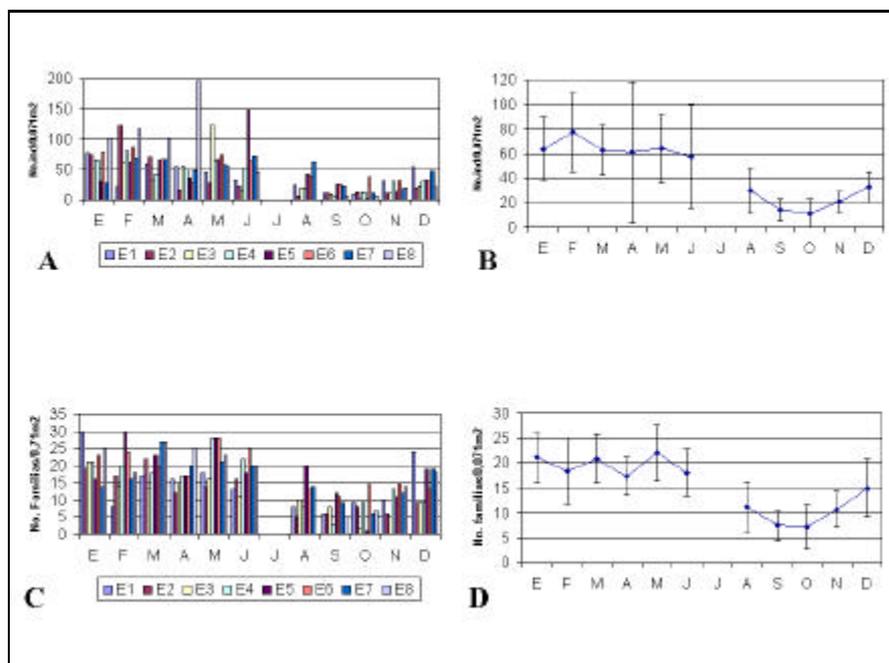


Figura 25. Variación mensual de: A. Número de individuos por unidad de área y estación (E1 a E8). B. Promedio y desviación estándar del número de individuos por unidad de área para la isla Gorgona. C. Número de familias por unidad de área y estación. D. Promedio y desviación estándar del número de familias para la Isla por unidad de área (Solano *et al*, 2001).

CONCLUSIONES

- A pesar de ser los fondos blandos el ecosistema marino más extenso es hasta ahora el menos conocido. Existen áreas como la plataforma del Magdalena y el golfo de Morrosquillo mejor estudiadas, y por ende de allí deriva el conocimiento actual del bentos en Colombia. Poco se conoce de estas comunidades en la costa Pacífica.
- Espacialmente, existen comunidades bentónicas reguladas por la desembocadura de ríos, amplitud y profundidad de la plataforma continental. Temporalmente, los cambios en abundancias parecen estar relacionados con los cambios en la intensidad y magnitud de las precipitaciones y el caudal de los ríos que ocurren interanualmente. Además, en algunas regiones, como es el caso de la isla Gorgona, podrían presentarse variaciones entre épocas, para un mismo año.

RECOMENDACIÓN

- Las comunidades bentónicas son buenas indicadoras de perturbaciones antrópicas y naturales y deben ser utilizadas en programas de monitoreo, evaluación y vigilancia. El conocimiento de su ecología, factores reguladores de la misma, riqueza y variación espacial y temporal es prioritario dada la importancia que en la cadena trófica tienen estos organismos como alimento de especies comerciales de peces e invertebrados.

BIODIVERSIDAD MARINA EN COLOMBIA

Juan Manuel Díaz, *Dr. rer. nat*

INTRODUCCIÓN

Hace una década, los mares y océanos eran considerados biológicamente menos diversos que el ámbito terrestre. Ahora se sabe que es al contrario; 33 de las 34 categorías de animales (phylums), están representados en el mar, comparado con los solamente 15 que existen en tierra.

La investigación acerca de la diversidad de vida en el mar ha sido relativamente desdeñada, pero hay grandes beneficios que podemos esperar si ésta se protege. Las capturas de peces dependen de ello; las especies capturadas por las pesquerías se sostienen de la biodiversidad de sus cadenas tróficas y hábitats. Las especies marinas son probablemente el mayor reservorio de sustancias químicas que pueden ser usadas en productos farmacéuticos. El material genético de algunas especies puede resultar útil en aplicaciones biotecnológicas.

Los nombres científicos de los organismos son la base para la comunicación acerca de la biodiversidad y, como tal, son la clave de nuestro conocimiento acumulado sobre la vida en la Tierra. Con el advenimiento del Convenio de Biodiversidad (CdB), en particular en lo atinente a los compromisos señalados en el llamado "Mandato de Jakarta", y la concomitante necesidad de elaborar los inventarios nacionales de biodiversidad, las disciplinas de la taxonomía y la sistemática de organismos marinos, desestimuladas durante casi veinte años, recobran una inusitada importancia, por lo que se hace necesaria la organización de las colecciones de referencia y la formación de nuevos taxónomos. La conformación de equipos interdisciplinarios, liderados por científicos de alto nivel, que enfrenten el reto de reducir el grado de incertidumbre acerca de la biodiversidad marina, conscientes de lo que falta por explorar y de lo que definitivamente quizás no se logre conocer, así como las causas y consecuencias de ello, es probablemente la mejor manera de dar solución a los problemas del mundo real y de enfrentar las amenazas que se ciernen sobre la biodiversidad del mar.

* Investigador, Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - INVEMAR

¿HASTA DÓNDE HEMOS AVANZADO?

Colombia, a pesar de poseer una considerable proporción de territorio marítimo y de tener costas sobre dos mares, es quizás el país con menor tradición y vocación marina entre las naciones americanas, a excepción obviamente de Bolivia y Paraguay. Ello se refleja no solamente en la escasa participación de los recursos biológicos del mar en la economía nacional y en los bajos índices de desarrollo de las poblaciones costeras, sino también en el generalizado bajo grado de cultura marítima de la población en general y en la reducida disponibilidad de información sobre las características oceanográficas, ecológicas y biológicas de nuestros mares.

La investigación marina en Colombia es bastante joven, esencialmente no sobrepasa los 30 años, comparada no sólo con la de los países del mundo desarrollado, sino también con la de los demás países del área, que cuentan con un bagaje cultural que en muchos casos es el resultado de un proceso científico iniciado hace más de un siglo. Lo poco que se conocía acerca de la biodiversidad marina de Colombia hasta comienzos de la década de 1970, era producto de la esporádica actividad investigativa realizada por científicos foráneos y de expediciones oceanográficas emprendidas por instituciones extranjeras a aguas colombianas.

No fue sino hasta finales de la década de 1960, con la creación casi en forma simultánea del entonces Instituto Colombo-Alemán de Investigaciones Científicas – ICAL- en Santa Marta (hoy INVEMAR), de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional – CIOH-, del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología - COLCIENCIAS y de la Comisión Colombiana de Oceanografía - CCO, cuando realmente se dio inicio a un proceso investigativo y de formación que constituye la base del conocimiento científico autóctono sobre la fauna, flora, recursos pesqueros y ecosistemas marinos y costeros en Colombia.

Hacia finales de la década de 1970 se sucedieron cuatro circunstancias que dieron a la postre un decisivo impulso a la investigación marina del país. En primer lugar, se realizaron actividades mancomunadas pioneras, a manera de expediciones científicas entre distintas instituciones, algunos de cuyos resultados dieron lugar a las primeras publicaciones monográficas, aunque éstas distaban mucho de tener una visión integral. Segundo, se estableció el primer programa de postgrado en biología marina, mediante convenio entre la Universidad Nacional de Colombia y COLCIENCIAS, que se nutrió significativamente de la experiencia de científicos extranjeros vinculados al INVEMAR. En tercer lugar, se formuló el “Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia – PDCTM”, bajo la coordinación del Departamento Nacional de Planeación - DNP, COLCIENCIAS y la CCO y con el concurso de varias instituciones. Finalmente, gracias a los convenios de cooperación suscritos con entidades extranjeras de fomento e intercambio educativo y a algunos esfuerzos individuales, los primeros contingentes de investigadores iniciaron estudios de doctorado en universidades europeas y norteamericanas. Los trabajos de tesis de postgrado y las disertaciones doctorales de estos investigadores significaron un incremento considerable en la calidad y un

enfoque más funcional de las investigaciones sobre fauna, flora y ecosistemas marinos del país.

En la década de 1980, con la paulatina incorporación de las primeras promociones de postgraduados y el retorno de los investigadores doctorados en el extranjero, el desarrollo de la investigación estuvo marcado por la ejecución de proyectos con carácter cada vez más ecológico y también en relación con la acuicultura, y por el abandono paulatino de las disciplinas descriptivas, entre ellas la taxonomía. No obstante, se trataba aún en su mayoría de investigaciones aisladas, más bien puntuales e individuales, poco articuladas al desarrollo de planes y programas institucionales, aún menos nacionales, pero que en todo caso significaron un aumento considerable en el conocimiento de la biodiversidad marina colombiana. Fue esa la época de adolescencia de la investigación en biodiversidad marina en Colombia.

Con la reformulación del PDCTM y la puesta en vigencia de la Ley de Ciencia y Tecnología (Ley 29 de 1990), de una parte, y la creación del Sistema Nacional Ambiental – SINA, que vincula al Ministerio del Medio Ambiente cinco institutos de investigación, entre ellos el INVEMAR, y la adhesión de Colombia al CdB (Constituido en Ley de Biodiversidad en 1994), de otra parte, se determina en la década de 1990 un nuevo ámbito de acción de las ciencias del mar en el país y se las orienta con más claridad en el contexto de la problemática ambiental de las zonas costeras y del mar en general. Como carta de navegación que permita trazar los rumbos de la investigación en biodiversidad marina en Colombia, desde hace un año el INVEMAR lideró la formulación del Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina - PNIBM, diseñado en el *contexto* de los lineamientos del CdB y en consideración de los vacíos que subsisten en conocimiento para permitir una acertada toma de decisiones en cuanto a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad marina y costera. Con ello, se marca el inicio de la adultez de la investigación marina en Colombia.

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO EN BIODIVERSIDAD MARINA

Para Colombia, cuya extensión de mar territorial es equivalente a la de su territorio emergido y posee costas sobre el océano Pacífico y el mar Caribe, la tarea de conocer la biodiversidad marina es un reto de grandes proporciones, pero también una obligación, si se quiere garantizar a las futuras generaciones la disponibilidad de una importante cantidad de recursos vitales para su aprovechamiento, bienestar y supervivencia, y un compromiso como país signatario del Convenio de Biodiversidad - CdB. Los siguientes resultados se basan en buena parte, aproximadamente un 25%, del esfuerzo realizado en los últimos tres años por parte del proyecto "Macrofauna del talud y plataforma continental del Caribe colombiano", adelantado por INVEMAR con la colaboración de la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Giessen (Alemania), el Smithsonian Institution, la Unidad de Parques del Ministerio del Medio Ambiente y la

Corporación Autónoma Regional de la Guajira - CORPOGUAJIRA, con los auspicios de COLCIENCIAS y FONAM.

DIAGNÓSTICO

No hay que desconocer que, a pesar de las dificultades económicas, el país ha venido desarrollando un importante esfuerzo en materia de investigación en la última década. Los inventarios de especies y la caracterización básica de los ecosistemas marinos en Colombia empiezan ya a arrojar cifras, aunque fragmentarias, que puedan hacer parte de estadísticas comparativas con otras regiones del mundo, especialmente en lo que respecta al Caribe.

Así, por ejemplo, se sabe ya con cierta certeza (Datos de las bases de datos del Sistema de Información en Biodiversidad Marina de INVEMAR) que en el Caribe colombiano se han registrado hasta la fecha 900 especies de peces, 1180 de moluscos, 530 de crustáceos decápodos, 150 de equinodermos, 127 de corales escleractinios, 97 de octocorales y 18 de corales antipatarios. Para otros grupos, como las esponjas, poliquetos, briozoos, otros crustáceos, picnogónidos y sipuncúlidos, las cifras son poco confiables y en muchos casos inexistentes, aunque actualmente se adelanta un inventario de la información secundaria disponible.

Para el Pacífico, donde el esfuerzo investigativo ha sido mucho menor, las cifras distan muy seguramente de ser tan confiables, pero un reciente estudio basado en la información secundaria disponible, así como los registros en las colecciones de referencia, permite al menos tener una idea de su riqueza de especies y vislumbrar qué tanto hace falta por inventariar. Se conoce de la presencia de 771 especies de peces, 412 de crustáceos decápodos, 963 de moluscos, 118 de equinodermos y 31 de corales, que son los grupos mejor estudiados. Estas cifras se espera se incrementen en alrededor del 25% en los próximos 3 años, una vez se tengan los resultados de los proyectos de inventario de macrofauna en la plataforma continental del Pacífico colombiano que se iniciarán en 2003.

De otra parte, en la lista de especies amenazadas de Colombia, categorizadas de acuerdo con la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, figura un total de 80 especies de hábitos marinos, incluyendo siete crustáceos, tres equinodermos, 21 moluscos, 38 peces y nueve corales. De ellas, el coral “cuerno de ciervo” y tres especies de peces, se encuentran en la categoría de peligro crítico de extinción en Colombia. Otras especies, incluyendo algunas que son objeto de explotación intensa, como la langosta espinosa y el caracol de pala, se encuentran en la categoría de vulnerables. De muchas especies, pero especialmente de 17 incluidas en la lista, se sospecha que están en algún grado de amenaza, sin embargo la información disponible acerca de su distribución y abundancia no permiten establecer a ciencia cierta el estado actual de sus poblaciones, por lo que se deberán organizar y formular prioritariamente investigaciones al respecto.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

- Los exiguos presupuestos disponibles para investigación marina, que de por sí exige una alta dependencia de herramientas especiales y de personal técnico, la baja disponibilidad de investigadores de alto nivel, la discontinuidad de los programas y proyectos institucionales y el desbalance notorio en la inversión en investigación que se hace en las distintas regiones, hacen que los esfuerzos hechos durante esta corta historia parezcan insignificantes en relación con la magnitud de las áreas marinas y su enorme diversidad ambiental y biológica. Es indudable que ha habido un progreso significativo en el conocimiento de la biodiversidad marina colombiana en los últimos años, pero se está aún muy lejos de disponer de una visión general e integral, a una escala adecuada, de la biodiversidad de los mares y costas colombianas y de los patrones espacio-temporales que la determinan. Sin un conocimiento suficiente de la situación presente será muy difícil reconstruir la historia y los procesos del pasado que fueron la causa del presente, y mucho más difícil entonces establecer la posible trayectoria hacia el futuro.

VALORACIÓN DE LOS RECURSOS MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA

Federico Newmark Umbreit, *M. Sc.*, Marisol Santos-Acevedo*

MARCO GENERAL

Los conflictos de uso se han dado por desconocimiento de la estructura y el funcionamiento natural de sistemas ecológicos altamente dinámicos y complejos como las zonas marinas y costeras. Esto ha propiciado el deterioro ambiental acumulativo, incorporando permanentemente elementos de riesgo ecológico en los ecosistemas. Para enfrentar este problema, el INVEMAR dentro de sus lineamientos enfoca parte de su accionar a la producción de información ambiental básica, vital, innovadora y estratégica que permita preparar un plan integral de manejo adaptativo de los recursos marinos y costeros del país. Dentro de este plan se deben contemplar instrumentos útiles para el ordenamiento pesquero, el desarrollo y aplicación de la producción limpia y el fortalecimiento científico de la biotecnología marina.

Cabe destacar que fuera de las estadísticas del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, no es fácil recuperar información sobre el estado de otros recursos marinos y costeros. La mayoría de la información disponible se fundamenta en investigaciones puntuales que no corresponden a un monitoreo continuo y sistemático, que permita evaluar el real aprovechamiento de los recursos marinos bajo diferentes condiciones ambientales. Ello se constituye en el principal cuello de botella para la aplicación de un plan de manejo y aprovechamiento racional de dichos recursos; prueba de ello es la desaparición de recursos pesqueros importantes comercialmente como las ostras, las almejas y los ostiones, moluscos que por su vulnerabilidad y facilidad de bioacumulación de tóxicos, son excelentes indicadores de la sobrepesca y degradación de los ecosistemas que habitan.

ESTADO ACTUAL DE LOS RECURSOS MARINOS Y COSTEROS

El presente informe se basa en información del INPA, la FAO y el INVEMAR y la suministrada por las demás entidades del orden nacional con el fin de evaluar el aprovechamiento a escala nacional para el periodo comprendido entre 1989 – 2001.

* Investigadores, Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos - INVEMAR

DIAGNÓSTICO

PESQUERÍAS

Las capturas totales en Colombia, según las estadísticas de la FAO, descendieron durante 1999 a 170 mil toneladas, reflejo de la disminución en la captura de peces marinos; aunque aumentó el uso de moluscos y crustáceos en la alimentación, disminuyó el de peces. Las importaciones durante 1999 disminuyeron tanto en cantidad (Número de toneladas) como en valor en cuanto a moluscos, crustáceos y peces; mientras que las exportaciones de moluscos y crustáceos aumentaron, las de peces marinos disminuyeron considerablemente (Tabla 12) (<http://apps.fao.org/fishery/fprod4-s.htm>).

Tabla 12. Producción pesquera en Colombia y su utilización (Fuente FAO, [http:// apps.fao.org/fishery/fprod4-s.htm](http://apps.fao.org/fishery/fprod4-s.htm))

| | | Año | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
| Producción (t) | CAPTURAS TOTALES | 157329 | 160819 | 191628 | 178795 | 170896 |
| | Crustáceos, moluscos y cefalópodos | 12178 | 11310 | 15045 | 12052 | 15376 |
| | Peces Marinos, total | 93088 | 101679 | 119185 | 106618 | 83012 |
| Alimentación (t) | CAPTURAS TOTALES | 42875 | 4612 | 63759 | 72959 | 67913 |
| | Crustáceos, moluscos y cefalópodos | 573 | 1000 | 1258 | 891 | 3459 |
| | Peces Marinos, total | 8058 | 16097 | 23254 | 27552 | 9567 |
| Importaciones cant (t) | CAPTURAS TOTALES | 8833 | 8051 | 6091 | 7934 | 3022 |
| | Crustáceos, moluscos y cefalópodos | 449 | 253 | 181 | 200 | 50 |
| | Peces Marinos, total | 48 | 162 | 5119 | 7549 | 2925 |
| Importaciones valor (1000\$) | CAPTURAS TOTALES | 13483 | 11667 | 7139 | 5758 | 1797 |
| | Crustáceos, moluscos y cefalópodos | 4836 | 3679 | 2406 | 1205 | 106 |
| | Peces Marinos, total | 113 | 186 | 3816 | 4239 | 1549 |
| Exportaciones cant (t) | CAPTURAS TOTALES | 724 | 408 | 307 | 522 | 1162 |
| | Crustáceos, moluscos y cefalópodos | 111 | 113 | 65 | 218 | 567 |
| | Peces Marinos, total | 428 | 14 | 0 | 10 | 27 |
| Exportaciones valor (1000\$) | CAPTURAS TOTALES | 7246 | 5971 | 5401 | 5625 | 9808 |
| | Crustáceos, moluscos y cefalópodos | 827 | 816 | 418 | 1168 | 3642 |
| | Peces Marinos, total | 1583 | 27 | 0 | 14 | 116 |

La producción pesquera para el año 2000 en el océano Pacífico estuvo alrededor de 86600 ton, mientras que en el mar Caribe fue cercana a las 22000 ton. Las mayores capturas están representadas por peces (Figuras 26 y 27).

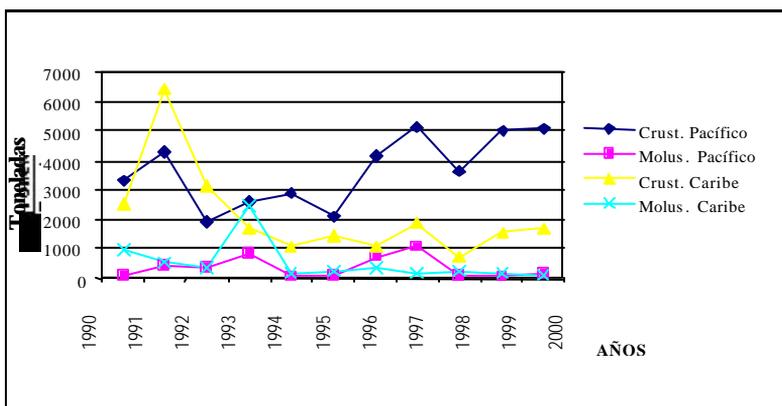


Figura 26. Estadística de captura de crustáceos y moluscos en el océano Pacífico y el mar Caribe colombianos (Datos INPA - http://www.inpa.gov.co/inside/3servicio/tablas/ser_atl.html).

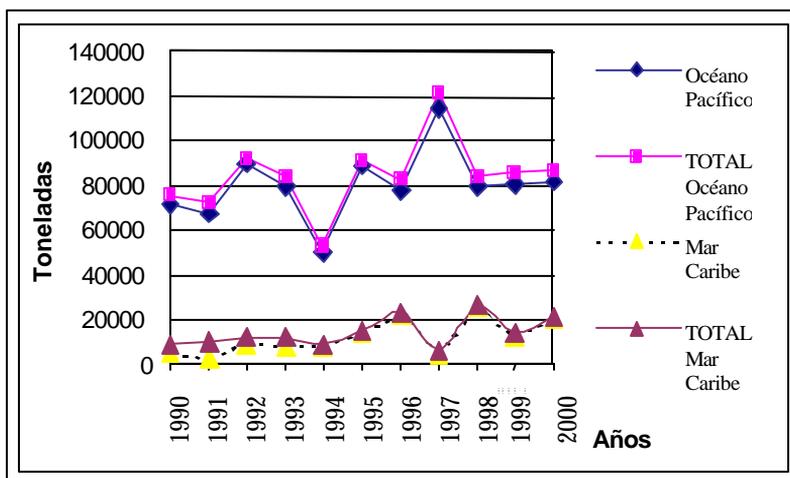


Figura 27. Estadística de captura de peces en el océano Pacífico y el mar Caribe colombianos (Datos INPA).

En las figuras 26, 27 y 28, realizadas a partir de los datos estadísticos del INPA, se observa que el fenómeno de “El Niño” afecta de diferente manera los volúmenes de captura en el Pacífico y en el Caribe colombianos. Mientras que en el Pacífico durante la fase seca y caliente del evento (92 y 97) se incrementó sustancialmente la producción de peces, crustáceos y moluscos, en el Caribe

disminuyeron los volúmenes de los tres grupos. Durante la fase húmeda del fenómeno o de “La Niña” (93 y 98) se observó una tendencia contraria en las dos regiones. La captura durante el año 2000 se mantuvo dentro del promedio con una leve tendencia al alza.

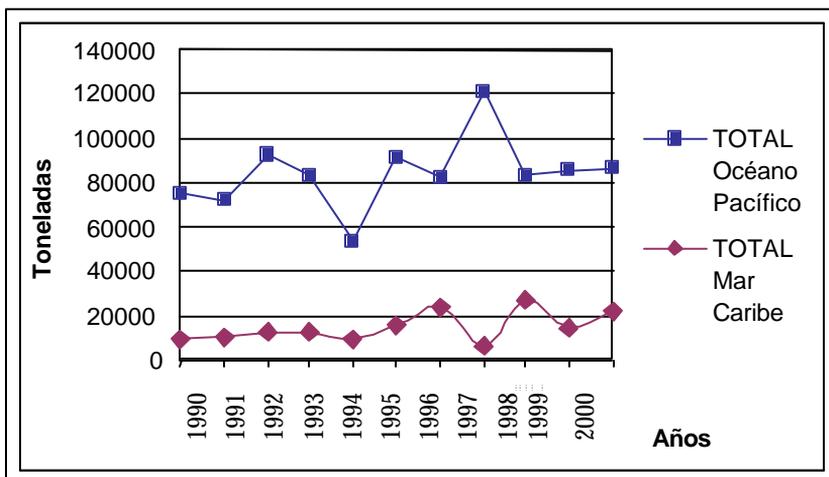


Figura 28. Estadística de la captura total en el océano Pacífico y el mar Caribe colombianos (Datos INPA).

De acuerdo con las estadísticas del INPA, otra actividad que se ha incrementado notablemente en la costa Pacífica, es la pesca del atún y de pequeños pelágicos como la carduma, dado que de las 86590.66 ton de peces pescados para el 2000 47146.54 fueron de atún y 25098.96 de carduma. La cantidad de atún disminuyó con respecto a las 50962 ton extraídas durante 1999 y la de carduma aumentó considerablemente, ya que durante 1999 se extrajeron 15780 ton representadas por carduma y sardina (Tabla 13). De igual forma, el camarón blanco y el titi constituyen el 70% de la captura de crustáceos, y el calamar y la piangua el 82% de la captura total de moluscos en el océano Pacífico durante el 2000.

En la tabla 14 se observa que en el mar Caribe el 85% de la producción de peces lo constituye la captura de atunes y el 2% por jureles. Las capturas de crustáceos son en su mayoría por camarón rojo (65%) y langosta (21%) y las de moluscos por caracol con un 68% y calamar con un 26%.

En el Caribe, la pesca de langosta y caracol pala probablemente ya hace mucho tiempo sobrepasó sus niveles de sostenibilidad, al punto que su extracción comercial se limita a La Guajira y a las zonas insulares remotas del país. Para el caso de la langosta, para el período 1989-1999 su producción osciló entre 327 y 340 mientras que para el 2000 fue de 356 ton aproximadamente. La máxima captura se registró durante 1995 con 449 ton.

Tabla 13. Producción en toneladas de las especies más importantes en el océano Pacífico colombiano año 2000 (Fuente INPA)

| ESPECIES | CANTIDAD | PORCENTAJE |
|-------------------------|-----------------|------------|
| Atún | 47146.54 | 58% |
| Carduma | 25098.96 | 31% |
| TOTAL PECES | 81326.01 | 89% |
| Camarón Blanco | 1218.73 | 24% |
| Camarón Tití | 2341.43 | 46% |
| TOTAL CRUSTÁCEOS | 5086.92 | 70% |
| Calamar | 87.29 | 49% |
| Piangua | 59.07 | 33% |
| TOTAL MOLUSCOS | 177.73 | 82% |
| GRAN TOTAL | 86590.66 | |

Tabla 14. Producción en toneladas de las especies más importantes en el mar Caribe colombiano año 2000 (Fuente INPA)

| ESPECIES | CANTIDAD | PORCENTAJE |
|-------------------------|-----------------|------------|
| Atún | 17071.73 | 85% |
| Jurel | 401.45 | 2% |
| TOTAL PECES | 19954.00 | 87% |
| Camarón Rojo | 1105.83 | 65% |
| Langosta | 355.67 | 21% |
| TOTAL CRUSTÁCEOS | 1694.04 | 86% |
| Caracol | 74.4 | 68% |
| Calamar | 28.83 | 26% |
| TOTAL MOLUSCOS | 109.82 | 64% |
| GRAN TOTAL | 21757.87 | |

El caracol de pala se encuentra incluido en el Apéndice II de CITES y su producción está regida por cuotas de pesca para la flota pesquera nacional, restricción que es difícil de controlar pues el área de pesca es muy grande y es frecuentemente visitada por embarcaciones de países vecinos. En concordancia con la información del INPA, entre 1994 y 1999, las cuotas de pesca oscilaron entre 121 y 129 ton respectivamente y 74 ton aproximadamente en el 2000, con un pico de 329 ton en 1996. En general, es preocupante la situación de explotación de los moluscos en el Caribe, pues su producción ha disminuido de manera alarmante entre 1989 y 1999, pasando de 1695 a 174 ton y durante el 2000 la extracción fue de 109 ton. Dentro de este grupo cabe destacar a los ostiones, que durante este mismo período disminuyeron de 1008 ton a cero en 1999 y a cerca de tres toneladas durante el 2000, lo cual amerita la toma de medidas urgentes para fomentar su cultivo y recuperación. La misma situación se observa para las ostras y las almejas, especies que desaparecieron de las estadísticas en 1996 y 1997, respectivamente.

Otros recursos de importancia económica que están siendo evaluados por el INPA son la sardina y el machuelo en las costas de La Guajira, sin que hasta el momento se conozca su verdadero potencial de pesca. Para el período 1989 –1999, el total de la captura de peces de los años comprendidos entre 1990 y el 2000 estuvo

entre 3 y 25 mil toneladas, registrándose para el 2000 una captura de 20 mil toneladas, con un pico máximo en 1998 de 25706, de las cuales 23207 ton fueron de pesca de atún.

Estado de los recursos pesqueros en la Ciénaga Grande de Santa Marta y complejo de Pajarales (CGSM y CP)

En esta sección se analizaron los datos recopilados desde 1993 hasta el 2001, que hacen parte del monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de los recursos pesqueros en cuanto a capturas en función de los cambios en la salinidad en aguas del sistema. Así mismo, se obtuvo por primera vez una información detallada de la selectividad de los principales artes de pesca en el sistema, que permite determinar el impacto que la extracción está causando sobre las poblaciones recurso y que servirán de criterio y pauta para el manejo de los recursos y para el ordenamiento de la pesquería. De igual modo, se analizaron los aspectos económicos relativos a la pesquería. Este proyecto es desarrollado por el INVEMAR - Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros, MMA – BID, GTZ y CORPAMAG.

Se observa como al reiniciar INVEMAR el monitoreo en septiembre de 1999, los moluscos (Ostra y caracoles) ya habían desaparecido prácticamente de la producción pesquera del sistema CGSM - CP, cuando antes de la reapertura de los canales eran el principal recurso, aportando casi la mitad del total de biomasa extraída antes de 1996.

Los crustáceos, principalmente camarones y jaibas, siempre han presentado altibajos desde 1.4 ton en octubre de 1994, hasta 98.5 ton en marzo de 1996. Después de la apertura de los canales, el valor mínimo se observó en diciembre de 1999, con 17.1 ton y el máximo en mayo de 2000 con 86 ton. Sin embargo, en 2001 destacaron las capturas de jaibas, que son un recurso cuya demanda ha venido en aumento por ser producto de exportación por varias procesadoras locales.

En lo que respecta a los peces, los mayores volúmenes se observaron para septiembre de 1999 al comenzar el monitoreo y se mantuvieron relativamente altos durante 1999 y 2000. A partir de noviembre de 2000, se notó una disminución de la captura de peces, afectada también por eventos de alteración del orden público. Ya en 2001 regresó a valores similares a la extracción observada en años anteriores a 1996, con un máximo relativo en marzo y un mínimo en julio de ese año.

En la figura 29 se presenta la variación que han sufrido las capturas pesqueras en la CGSM - CP por grupos de recursos. Se destaca la producción del recurso peces, que en septiembre de 1999, luego de la apertura de los canales, alcanzó su máximo nivel con 1227 ton, bajando en febrero de 2000 a 735 ton por la influencia de fenómenos de orden público en la zona.

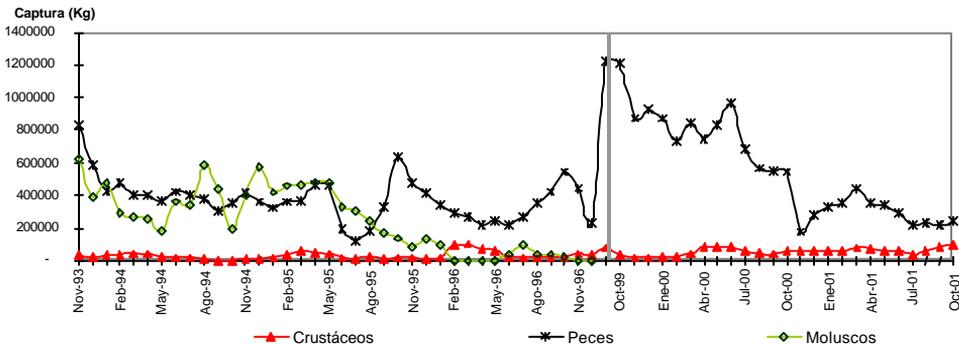


Figura 29. Variación de las capturas por grupos de recursos en la CGSM

Para junio de 2000, se notó un incremento relativo llegando a 961 ton, pero para noviembre del mismo año, se llegó al menor nivel con sólo 173 ton, también afectada por problemas de inseguridad. Ya en 2001, el máximo valor mensual de captura de pescados llegó a 444 ton en marzo, para descender gradualmente a 213 ton en julio. Para agosto se notó un leve aumento a 232 ton, llegando a 238 ton en octubre de 2001.

La composición de las capturas se observa en la figura 30 y da una idea clara de los cambios en la participación mensual de las especies de la pesquería y de los cambios observados en 2001. Se destaca el caso de la mojarra lora, otrora el principal recurso, que de un máximo de 67% del total de la biomasa desembarcada, cayó seis meses después al 1% del total, sin mostrar signos claros de recuperación después de julio de 2001. Por el contrario, las especies eurihalinas tradicionales de la pesquería del sistema, como el chivo cabezón, mostraron un comportamiento distinto, pasando de apenas un 4% de participación en enero de 2001 a un máximo de 38% cinco meses después en junio, a lo cual siguió un descenso continuado, ubicándose en el 21% en octubre. Por su parte, la lisa, que comenzó el año con valores de 4% de participación en la captura total, ascendió progresivamente a un máximo de 35% en agosto, luego descendió para mantenerse en 31% en octubre. El macabí que comenzó año con 4% del total, alcanzó un máximo de participación (11%) en mayo y de allí descendió progresivamente hasta octubre con apenas un 2% del total. El sábalo tuvo figuración de abril a agosto con 2 - 4% del total y sólo en septiembre y octubre superó el 8% de participación. De los crustáceos, el recurso jaiba azul presentó oscilaciones en su participación, alcanzando valores altos relativos en abril, junio y máximo en septiembre (14%) para terminar en octubre con sólo 8%. A su vez, la jaiba roja tuvo máxima participación en enero y valores relativamente altos 8 - 9% en febrero, septiembre y octubre de 2001; los demás meses, osciló entre 4 - 5% de la captura total. Es de notar que durante el primer semestre la pauta de producción pesquera la dio la mojarra lora; pero en el segundo semestre, los recursos con más participación fueron, en su orden lisa, chivo cabezón y jaiba azul, especies tradicionales más tolerantes a la salinidad.

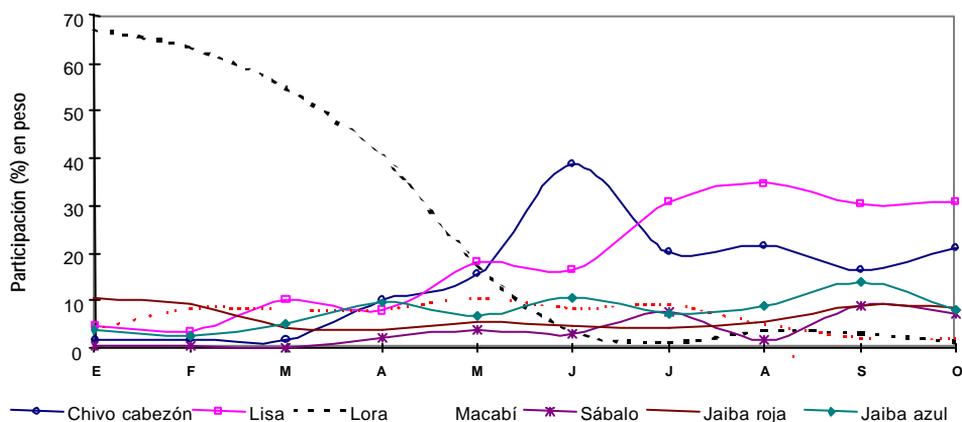


Figura 30. Composición de la captura durante el 2001 en la CGSM

Todo lo anterior muestra que la importancia relativa de los recursos pesqueros ha cambiado drásticamente luego de las obras hidráulicas. De las especies tradicionales, sólo la lisa y la mojarra rayada mantienen su representación aunque muy disminuidas, sobre todo la mojarra que aún no llega a los niveles de captura observados antes de la apertura de los caños; mientras que la lisa muestra una preocupante tendencia a la baja. La mojarra lora, que antes de las obras no era tan significativa en la pesquería, ha sido la especie dominante llegando en junio de 2000 a un máximo de 816 ton, siendo el máximo volumen de captura registrado para cualquiera de las especies de 1993 a 2001. Es evidente la vinculación de la abundancia de esta especie invasora de agua dulce a la penetración del agua de los ríos al sistema. Lo anterior es válido cuando se observa que al disminuir los flujos de agua dulce y aumentar la salinidad de las aguas, la abundancia de esta especie disminuye, llegando en julio de 2001 a valores similares a los de 1995, justo antes de las obras hidráulicas. La única especie de peces que figura con tendencia de aumento es la lisa, con 101 ton en octubre de 2001, aunque este valor es inferior a los observados antes de la apertura de los caños. Lo visto permite afirmar que la producción pesquera está directamente relacionada con la efectividad de la operación de los caños, que al quedar sin mantenimiento, hacen que el sistema y la producción pesquera retornen a las condiciones vistas antes de acometer la apertura de los caños. El caso de la disminución de la lisa, especie tolerante a los cambios de salinidad, es inquietante y probablemente responda no sólo a los cambios adversos en las aguas del sistema, que causan mortandad en sus juveniles, sino también a la presión que se ejerce sobre ellos, utilizados como forraje para los cultivos de sábalo incentivados por entidades de desarrollo sostenible y como carnada para atraer jaibas a las nasas. Estas prácticas son definitivamente perjudiciales para la sostenibilidad del recurso lisa, pues afectan la producción futura de esta especie.

En lo que se refiere a los crustáceos, el recurso camarón tiene sus altibajos de extracción, generalmente asociados a épocas de alta salinidad en las aguas del sistema, evidentes en meses como marzo, abril y mayo. Sin embargo, se observa una

reducción para los meses de junio y julio de 2001, aunque con tendencia a aumentar ligeramente para agosto del mismo año. Las capturas de las redes camaroneras en 2001 son menores a las de 1999 y 2000, incluso inferiores a las de antes de la apertura de los caños. Destaca también que la jaiba azul no tenía una explotación intensa hasta febrero de 1996, cuando alcanzó un nivel de extracción de 63 ton, todavía no igualados. Después de las obras de los caños, los máximos volúmenes observados se presentaron en abril y junio de 2001, con 40 y 38 ton respectivamente. No obstante, en julio mostró un mínimo relativo, aunque en agosto y septiembre se observó alguna recuperación (41.5 ton), para bajar nuevamente en octubre a 27.4 ton, manteniendo sus oscilaciones. Por su parte, la jaiba roja, cuya presencia en las capturas anteriores a la apertura de los caños era poco significativa, aumentó su participación gracias a la demanda del mercado, alcanzando un volumen de producción de 18 ton en enero de 2000, y para diciembre se incrementó hasta 42.3 ton. En el 2001 la tendencia general de los crustáceos fue a la baja progresiva, con un mínimo registrado también para julio de este año (31 ton) y con un leve aumento para agosto (53 ton) y terminando en octubre con 91 ton, con un comportamiento similar al observado con los demás recursos antes mencionados.

A partir de junio del año 2001, se incluyeron dentro del análisis de distribución de los ingresos pesqueros, a las comunidades de comerciantes que operan en cada uno de los sitios de desembarco. Se estimó la población promedio de comerciantes activos y sus ingresos, partiendo de la estimación de los márgenes de comercialización y los volúmenes de captura comercializada.

Durante este periodo el estuario presentó como característica relevante una relativa escasez de especies importantes con valor comercial; esta situación tiende a excluir del grupo de comerciantes a los mayoristas que contratan medios de transporte para su uso exclusivo. Los comerciantes mayoristas manifiestan que los volúmenes de las capturas no son suficientes para optimizar el uso de los medios de transporte, minimizar costos de comercialización y aprovechar las economías de escala. Bajo estas condiciones, los pescadores sólo cuentan en su mayoría con comerciantes minoristas que distribuyen al detal, para vender la captura.

El valor agregado a los productos pesqueros en el proceso de comercialización es representado por márgenes de comercialización que permiten una participación del precio pagado al pescador, en el del consumidor, comprendida entre el 50 – 70%. Algunas especies en sitios como Nueva Venecia y Caño Clarín presentan valores atípicos que llegan a proporciones del 40 y 80%. Lo anterior permite estimar que los comerciantes minoristas en la CGSM y el CP obtienen beneficios netos (Descontados los gastos de comercialización) estimados entre 30 y 25% del costo pagado a los pescadores. Esta situación enmarca a los minoristas dentro de una economía de subsistencia.

En términos generales, durante el periodo 1994 – 2001, la actividad pesquera artesanal en la CGSM y el CP produjo desembarcos cercanos a las 39200 ton, que incluye peces, moluscos y crustáceos. Estas capturas valoradas en pesos indexados de la primera venta, representaron un ingreso para la población de pescadores de la región cercano a los 36000 millones de pesos durante el periodo estudiado. Cabe recordar que en los años 1997, 1998 y parte de 1999, no se realizó

monitoreo a las pesquerías de la CGSM y el CP. La captura desembarcada por año y su respectiva valoración a precios de la primera venta, se relaciona en la tabla 15.

Tabla 15. Captura total en la CGSM y el CP durante el período 1994 – 2001

| Año | Total anual | | Promedio mensual | |
|--------------------|---------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
| | Captura (ton) | Valor monetario (millones \$) | Captura (ton) | Valor monetario (millones \$) |
| 1994 (12 meses) | 9269 | 7918 | 772 | 660 |
| 1995 (12 meses) | 8275 | 7693 | 690 | 641 |
| 1996 (12 meses) | 4638 | 6252 | 386 | 521 |
| 1999 (4 meses) | 4380 | 2543 | 1095 | 636 |
| 2000 (12 meses) | 8423 | 6755 | 702 | 563 |
| 2001 (12 meses) | 4209 | 4832 | 351 | 403 |

Durante el período analizado, una proporción de la captura total, comprendida entre el 50 y el 92%, corresponde a peces y entre el 2 al 10% al grupo de los crustáceos. Los moluscos, por su parte, pasaron de una representación del 47% de la captura total en 1994, al 44% en 1995 y desde 1996 (Cuando su representación fue 7%), la captura de este grupo de especies pierde importancia, por la desaparición de las especies que cuentan con interés comercial (Tabla 16).

Durante el monitoreo se incluyeron los procesos de comercialización de los productos pesqueros y se pudo determinar que el grupo de los peces con valor comercial medio y bajo (Lisa, mapalé, mojarra peña, moncholo, viejita y otros) entraron a suplir las necesidades proteicas de las dietas de la población ubicada en asentamientos rurales como la Zona Bananera del departamento del Magdalena, municipios del departamento del Atlántico y en los estratos populares de la ciudad de Barranquilla. Los peces con alto valor comercial (Mojarra rayada, sábalo, róbalo, lebranche y mojarra lora) se comercializaron principalmente para atender la demanda generada en los estratos medio y alto de las ciudades de Barranquilla, Santa Marta y Cartagena.

Los crustáceos, por lo general, son sometidos a procesos de mercadeo, en los cuales se les da utilidad de tiempo y forma para dosificar la oferta en el tiempo. Esto requiere de procesos de transformación que implican un alto valor agregado. El producto final, consistente en colas de camarón, langostino, o pulpa de jaiba, es comercializado en los mercados internacionales. En el mercado doméstico se distribuyen los crustáceos por medio de las pescaderías, almacenes de cadena, cevicherías y restaurantes.

Tabla 16. Composición de las capturas por grupo de especies en la CGSM y el CP durante el período 1994 – 2001

| Año | Captura Peces (ton) | Captura Moluscos (ton) | Captura Crustáceos (ton) | Captura Total (ton) |
|--------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1994 (12 meses) | 4704 | 4354 | 211 | 9269 |
| 1995 (12 meses) | 4319 | 3689 | 267 | 8275 |
| 1996 (12 meses) | 3840 | 319 | 479 | 4638 |
| 1999 (4 meses) | 4234 | | 146 | 4380 |
| 2000 (12 meses) | 7773 | | 649 | 8423 |
| 2001 (12 meses) | 3422 | | 786 | 4209 |

Tradicionalmente los moluscos, no hacen parte de las dietas ordinarias de la población en la región, pero existe la costumbre de consumirlos en ocasiones especiales, dado su alto valor comercial. El proceso de mercadeo sólo incluye el desconche, empaque y transporte. La distribución comercial de los moluscos cuenta con las mismas instituciones de mercado que los crustáceos destinados a satisfacer la demanda del mercado doméstico.

ACUICULTURA

La producción en el área de acuicultura durante el año 2000 estuvo dominada por el cultivo de peces de agua dulce, aunque dicha producción disminuyó casi a la mitad con respecto al año anterior, mientras que el cultivo de crustáceos siguió en aumento, al igual que el de moluscos. En total se produjeron cerca de 32000 ton (Tabla 17).

Respecto a la acuicultura, cabe destacar el inicio por parte del INPA del cultivo de ostras en 1996, con producciones de 10 ton en la bahía de Cispatá, llegando dicha producción en 1999 a 16.3 ton. Este avance merece destacarse como significativo si se tiene en cuenta la desaparición de este recurso en la CGSM, donde la producción pasó de cerca de 4000 ton en 1995 a menos de 500 en 1996 y a cero en 1997.

No se conocen aún, y las cifras existentes son muy contradictorias, las áreas con potencial para el desarrollo y el verdadero impacto que se ha ejercido, por parte de la industria del cultivo de camarón, sobre los ecosistemas de manglar del Pacífico y del Atlántico. No obstante, es evidente que dicho impacto es mucho menor que en el Ecuador y el Sudeste Asiático. En este sentido, es urgente

concertar con el sector privado, dado el incremento de la conciencia sobre esta problemática, un diagnóstico que identifique las áreas con potencial de uso, las realmente afectadas y las que cuentan con la posibilidad de recuperarse, hasta donde sea posible. Del mismo modo, diseñar y adoptar un código de conducta para el uso sostenible de estos recursos y el fortalecimiento de los criterios de producción limpia que se están llevando a cabo por parte de este sector.

Tabla 17. Producción de acuicultura en Colombia período 1990-2000 en toneladas (Fuente INPA)

| AÑOS | PECES* | CRUSTÁCEOS | MOLUSCOS | TOTAL |
|-------------|---------------|-------------------|-----------------|--------------|
| 1990 | 4400.00 | 6000.00 | 0.00 | 10400.00 |
| 1991 | 5520.00 | 6717.00 | 0.00 | 12237.00 |
| 1992 | 14500.00 | 6302.00 | 0.00 | 20802.00 |
| 1993 | 16634.00 | 7327.00 | 0.00 | 23961.00 |
| 1994 | 16698.00 | 8944.00 | 0.00 | 25642.00 |
| 1995 | 22423.00 | 8091.00 | 0.00 | 30514.00 |
| 1996 | 24771.00 | 5221.00 | 10.00 | 30002.00 |
| 1997 | 36880.51 | 6907.20 | 0.00 | 43787.72 |
| 1998 | 39421.40 | 7466.32 | 15.00 | 46902.72 |
| 1999 | 42969.32 | 9227.53 | 16.35 | 52213.21 |
| 2000 | 21640.85 | 10000.00 | 18.00 | 31658.85 |

* Peces: bocachico, cachama, carpa, tilapia, trucha y otros.

Perspectivas del cultivo de bivalvos en el Caribe colombiano

Los bivalvos son uno de los grupos de invertebrados marinos cultivables que ofrecen atractivas perspectivas en cuanto a producción y rentabilidad económica. Los costos de producción no son elevados y constituyen una valiosa fuente de alimento. Su cultivo puede considerarse en los planes de ordenamiento costero, ya que la maricultura de estos animales es una actividad limpia, fácil de realizar y sostenible a largo plazo por cuanto se fundamenta en la producción de organismos que se sitúan en un nivel trófico bajo de la cadena alimenticia. Dichos organismos son filtradores de microalgas y de otras partículas suspendidas, lo cual les permite aprovechar al máximo la productividad natural de la zona de cultivo. Esto quiere decir que para la alimentación de los animales no se depende del suministro de materias primas costosas como la harina de pescado, que es un producto derivado de la extracción de recursos pesqueros, y por lo tanto, su futuro desarrollo no está condicionado a las fluctuaciones o al colapso de las pesquerías mundiales.

Otras ventajas comparativas, derivadas del bajo nivel trófico de los bivalvos, se fundamentan en:

- Contribuye a la disminución de la presión sobre los recursos pesqueros al no depender del cultivo de la harina de pescado.

- Baja utilización de tierra en la zona costera, pues la operación del cultivo se realiza directamente en aguas marinas, lo que permite incorporar estas áreas a la producción, reduciendo la presión sobre los ecosistemas costeros. Solamente se requieren áreas pequeñas (dos a tres hectáreas) para la instalación de bodegas, laboratorios de producción de semilla, procesamiento y control de calidad.
- Escasa generación de desechos, porque el engorde es en ambiente natural sin la adición de alimento, no requiere utilización de otros insumos como fertilizantes, antibióticos, pesticidas y otros productos que se utilizan en diversas actividades agrícolas y pecuarias.
- Requiere mano de obra directa durante el montaje, operación y mantenimiento del cultivo.

En Colombia, la comercialización de moluscos bivalvos es prácticamente nula y no figura dentro de los productos de exportación provenientes del sector pesquero y acuícola debido, en parte, a la marcada regionalidad que existe para su consumo, y por otra, a que son pocas las especies utilizadas como alimento debido a la falta de conocimiento sobre su aprovechamiento y utilización. Lo anterior ha llevado a que el desarrollo de cultivos comerciales en Colombia haya sido muy lento (Franco, 1995).

A pesar de lo anterior, algunas especies de bivalvos se extraen comercialmente en Colombia para el consumo interno. Tal es el caso de algunas almejas (*Donax* spp., *Macrocallista* spp., *Protothaca* spp., *Trachycardium* spp.), Pianguas (*Anadara* spp.), Mejillones (*Mytella* spp., *Pteria* spp.) y Scallops (*Nodipecten* spp., *Euvola* spp.), los cuales proceden de la pesca artesanal o industrial (Barreto *et al.*, 1997). En cuanto a cultivo se han venido realizando actividades con la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* en la costa Caribe, concretamente en la bahía de Cispatá.

Dada la necesidad de generar alternativas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades, así como el uso sostenible de los recursos marinos, el INVEMAR desde 1994 ha llevado a cabo una serie de investigaciones que han contribuido a identificar algunas especies de bivalvos con potencial para ser cultivadas y profundizar en el conocimiento básico sobre la biología, ecología y comportamiento reproductivo de especies como *Pteria colymbus*, *Pinna carnea* y *Pinctada imbricata*. Se ha determinado además la estacionalidad de fijación de las postlarvas a colectores artificiales y comportamiento en cultivo respecto a artes de cultivo, densidades, sobrevivencia, crecimiento y engorde durante las fases de levante y engorde. Lo anterior fue medido también para las especies de pectínidos *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* y *Argopecten nucleus* (García-Valencia *et al.*, en revisión).

En las actividades de investigación llevadas a cabo desde 1994 hasta 1998 en el área del Parque Nacional Natural Tayrona, se sugieren a la ostra perliífera *P. imbricata* y a los pectínidos *L. nodosus* y *A. nucleus*, como las especies para ser utilizadas en los cultivos piloto y comerciales en algunas regiones del Caribe colombiano. Los resultados obtenidos en cuanto a fijación de semilla en colectores para *P. imbricata* (Tabla 18) y en cuanto a crecimiento y aporte en carne para los pectínidos (Tabla 19), permiten catalogarlas como las especies promisorias con mayor potencial frente a las otras estudiadas como *P. colymbus* y *P. carnea*.

Tabla 18. Meses de máxima fijación y abundancia promedio de semilla de bivalvos en colectores artificiales

| ESPECIE | MESES DE FIJACIÓN | ABUNDANCIA PROMEDIO |
|---------------------------|--|----------------------------|
| <i>Pinctada imbricata</i> | Febrero a mayo Agosto a octubre | 47 juveniles/colector |
| <i>Pteria colymbus</i> | Febrero a mayo | 15 juveniles/colector |
| <i>Argopecten nucleus</i> | Continuo | 4 juveniles/colector |
| <i>Lyropecten nodosus</i> | Enero a julio | 5 juveniles/colector |
| <i>Pinna carnea</i> | Noviembre a diciembre Junio a julio | 45 juveniles/colector |

Tabla 19. Tiempo de cultivo, talla y peso de cuerpo (carne) para cosecha de las especies de bivalvos

| ESPECIE | TIEMPO (MESES) | TALLA (cm) | PESO (gr) |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| <i>Pinctada imbricata</i> | 10 meses | 5 | 2.0 |
| <i>Pteria colymbus</i> | 10 meses | 6 | 2.3 |
| <i>Argopecten nucleus</i> | 9 meses | 5 | 8.1 |
| <i>Lyropecten nodosus</i> | 9 meses | 9 | 43 |
| <i>Pinna carnea</i> | 10 meses | 16 | 23 |

Los antecedentes sobre las actividades que ha desarrollado INVEMAR en este aspecto conducen a la necesidad de determinar el nivel óptimo de cada una de las fases del cultivo de bivalvos: desde el momento de obtención de semilla a partir del medio natural utilizando colectores artificiales, hasta llegar a su comercialización. En el caso de la obtención de semilla, si bien el medio natural es la fuente ideal, para garantizar una oferta a largo plazo dentro del proceso productivo, es necesario fortalecer la producción bajo condiciones controladas, de tal manera que no sólo se garantice una oferta suficiente para la demanda identificada, sino que se permita la repoblación o creación de bancos y la consecuente disminución de la presión actual sobre las poblaciones naturales.

A partir de 2001, se viene desarrollando un proyecto piloto con los aportes financieros del Fondo para la Acción Ambiental - FPAA, el INVEMAR, la Asociación de Pescadores Artesanales de Playa del Muerto - ASOPLAM y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales - UAESPNN, en el sector de Playa del Muerto, bahía de Neganje. El proyecto abarca todos los pasos a tener en cuenta durante el proceso en ambiente natural: ubicación y montaje de los sistemas de cultivo, captación y levante de semilla, engorde de animales y cosecha de los mismos. Lo anterior junto con la participación de la comunidad y el estudio económico del cultivo, permitirá al final del proyecto contar con una propuesta de producción, extracción y de mercado de bivalvos marinos con productores artesanales.

CONCLUSIONES

- De la información pesquera del monitoreo en la CGSM-CP se deduce que sus especies tradicionales no muestran signos claros de recuperación y aunque la lisa aún persiste, su tendencia es a la baja. Especies como el chivo mapalé sigue siendo diezmada por la mala calidad del agua del sistema, como antes de las obras, con alta mortalidad de juveniles, que no se ajusta a ningún modelo pesquero tradicional. Otras especies, como el chivo cabezón, han adquirido importancia llegando a ser un 38% del total extraído en junio de 2001 y aunque en septiembre bajó a 16% ya en octubre llegó al 21% del total. Sin embargo, la especie que mayor protagonismo tuvo después de la apertura de los caños, la mojarra lora, tuvo un descenso tan espectacular en 2001, como fue su incremento en las capturas en 1999 y 2000, convirtiéndose en un indicador del cambio en la hidrología del sistema.
- Al taponarse los caños abiertos, el déficit de agua dulce ha revertido las condiciones del sistema CGSM a condiciones similares a las que dieron pie a la construcción de las obras hidráulicas. Lo que se ha registrado desde 1999 al presente, indica la variación del régimen hidrológico natural, como si no existieran los caños, mostrando la influencia de los altos caudales del Magdalena, inundando la región en 1999 - 2000, durante el fenómeno de la “Niña” o ENOS fase húmeda, y de los bajos caudales debidos al “Niño” leve a moderado que se ha observado en el año 2001 y que ha determinado un aumento preocupante de la salinidad en ciénagas como La Luna y La Ahuyama del Complejo de Pajarales, donde se registraron de agosto a octubre valores de salinidad cercanos a las 43 UPS, cuando el agua de mar tiene 35 UPS.
- El auge y caída de la especie recurso, protagonista del cambio dinámico del sistema de una situación a otra y a la anterior, la mojarra lora, indica como un recurso puede abundar y desaparecer si no se atiende adecuadamente al manejo de su intervención hidráulica. Se deben destapar urgentemente los caños para permitir el flujo de agua dulce hacia las áreas de salinidad aumentada en Pajarales.
- La hidrología del sistema determina cambios en los recursos pesqueros, que a su vez definen el nivel de esfuerzo (Trabajo) e ingresos de sus pescadores. El conocimiento del funcionamiento y el manejo de la salud del sistema determinan en gran medida la socioeconomía de sus comunidades de pescadores y comercializadores de recursos pesqueros, usuarios del sistema CGSM - CP.
- Respecto al estado de los recursos marinos y costeros a escala nacional, hay que mencionar que el incremento desordenado de las economías extractivas en la región natural del Pacífico o Chocó biogeográfico y la mala planificación de actividades industriales, agrícolas y pecuarias en el interior del país y en la costa Caribe, continúan produciendo un gran

impacto en la zona costera y el mar adyacente. Se causa así la destrucción física de hábitats que constituyen zonas de cría para estadios juveniles de muchas especies, o su contaminación, siendo los ejemplos más representativos las lagunas costeras y el bosque de manglar asociado, así como los arrecifes coralinos, cuya pérdida a su vez está reduciendo la abundancia de los recursos pesqueros y de otros con potencial acuícola y de interés industrial y farmacológico.

- La biota y la biodiversidad de las zonas costeras y marinas han ido mermando principalmente por efecto de presiones colonizadoras, en especial alrededor de corredores viales y de avance de la ganadería extensiva, la agricultura de monocultivo, la introducción de especies exóticas, la explotación de bosques a gran escala y el vertimiento de aguas servidas de origen doméstico e industrial sin ningún tratamiento.
- La pesca industrial del camarón en el Pacífico y Caribe colombianos, es una de las actividades con más desarrollo del sector pesquero, con una historia de cerca de 40 años. A partir de 1984 se observaron los primeros síntomas de sobrepesca de este recurso en el Pacífico, lo cual coincidió con el incremento de barcos de la flota pesquera y la introducción del denominado trasmallo electrónico por parte de los pescadores artesanales. Para la vigencia del 2001 la situación del sector pesquero de camarón de aguas someras continuó en franco deterioro por los bajos volúmenes de pesca registrados.

RECOMENDACIONES

- El cambio cultural de la pesca hacia la acuicultura, es un proceso a largo plazo que requiere un sólido apoyo del Estado y del sector empresarial, para lograr una transición gradual hacia tecnologías más limpias y sostenibles, que permitan incorporar en el conocimiento tradicional nuevas alternativas de producción como el cultivo de bivalvos. Los resultados obtenidos con la ejecución de este proyecto colaborarían en gran medida con las políticas de diversificación de las exportaciones menores y contribuirían a mejorar el ingreso de la población, ya que esta actividad se podría administrar de tal manera que permita la creación de microempresas, como una alternativa económica para muchos pescadores que hoy hacen parte del sector informal de la economía.
- Es fundamental el establecimiento de un monitoreo continuo y sistemático sobre el estado, uso y manejo de los recursos vivos marinos y costeros, y de las actividades de explotación y de cultivo, como función básica que no dependa de los recursos de inversión del Estado. Este proceso es necesario para concentrar y validar la información disponible o existente hasta la fecha, organizándola y sistematizándola, para identificar con mayor claridad las necesidades de investigación y de los procesos de

conservación, protección y regulación. Se trata de establecer una base sistemática de toma de información y acopio sobre el uso de los recursos vivos marinos y costeros, lo cual permitirá generar análisis y conclusiones útiles para los procesos de manejo y conservación de los recursos, ecosistemas y actividades afines (pesca, cultivos, biotecnología).

- El INVEMAR por medio del programa de Valoración y Aprovechamiento de los Recursos y del Sistema de Información Nacional Ambiental Marino, SINAM, trabajarán estrecha y conjuntamente para lograr esta meta. El monitoreo tiene dos frentes: uno, el de los usuarios, sus características socioeconómicas, su forma de uso de los recursos y su percepción de la problemática. Esto implica trabajar mancomunadamente con las CAR, cooperativas de pescadores, industria pesquera, INPA y todas aquellas entidades que tienen que ver con el uso y administración de los recursos vivos marinos y costeros. El segundo frente corresponde a los recursos mismos, sus características, composición y dinámica biológica, ecológica y pesquera, su distribución geográfica, su potencial y respuesta al uso. A partir del monitoreo general se diseñarán planes de manejo adaptativo para la extracción y conservación de recursos, así como de paquetes tecnológicos para el cultivo de organismos.
- En el área de investigación-valoración (Socioeconómica) de los recursos marinos y costeros, las actividades incluyen la compatibilidad de la conservación de los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico regional. Por ello, esta área apunta a la generación de ingresos y beneficios con preferencias para las comunidades locales, en un proceso que reconozca la importancia de los ecosistemas e inicie un camino de tecnificación y valoración del uso y conservación de dichos recursos.

CONTAMINACIÓN MARINO-COSTERA EN COLOMBIA

Jesús A. Garay T., *M. Sc.*, Bienvenido Marín Z., *Dr. rer. nat.* y Ana María Vélez G.*

PROBLEMÁTICA ACTUAL

La problemática de la contaminación marina y su marcada influencia en la “salud” de los ecosistemas costeros, está estrechamente relacionada con el aumento creciente de las poblaciones que habitan las zonas costeras y de igual forma, con el incremento de las actividades domésticas, agrícolas e industriales que, por el mal manejo e inadecuado control de los desechos sólidos y líquidos, afectan el medio marino con significativas implicaciones a nivel ecológico, socioeconómico y de salubridad (Marín, 2001). Para hacer un análisis profundo de dicha problemática es necesario empezar por identificar las fuentes en las cuales se originan los contaminantes, las vías por donde estos llegan a los estuarios y al mar, los flujos y la dinámica que experimentan en el medio marino y la manera como afectan a los ecosistemas y los pobladores costeros.

Otro componente de la problemática ambiental de los ecosistemas marinos en el país, reside en que no existen en general normativas sobre la calidad química y sanitaria para sus aguas marinas, lo cual limita la categorización de dichos ecosistemas de acuerdo con su calidad ambiental, condicionando esto la falta de mecanismos adecuados y efectivos para mitigar las causas que originan el deterioro de la calidad de los litorales colombianos.

PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN QUE AFECTAN LA ZONA COSTERA

Se considera que las principales fuentes de contaminación que afectan las zonas costeras colombianas se dividen en: directas (Externas), indirectas y autóctonas, tal como se muestra en la tabla 20.

* Investigadores, Programa Calidad Ambiental Marina - INVEMAR

Tabla 20. Principales fuentes de contaminación que afectan las zonas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano

| FUENTES DIRECTAS (EXTERNAS) | FUENTES INDIRECTAS | FUENTES AUTÓCTONAS |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Descargas industriales - Aguas servidas urbanas - Aportes de los ríos - Vertimientos de buques - Lixiviados de basuras - Residuos sólidos | <ul style="list-style-type: none"> - Demanda béntónica en áreas contaminadas como las bahías de Cartagena, Buenaventura y Tumaco (Sedimentos) | <ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica muerta (Fitopláncton) en áreas eutrofizadas |

Tomado de Garay *et al* (1997)

DIAGNÓSTICO

FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y VÍAS DE ENTRADA

Región Caribe continental

Las áreas costeras de la región del Caribe presentan un alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos, industriales, oleosos, agroquímicos, descargas de los ríos y basuras. Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y llegan directamente o a través de los ríos a las aguas costeras. Tal es el caso del río Magdalena, que drena la hoya hidrográfica del mismo nombre, constituida por 31 afluentes, de los cuales el Cauca y el Bogotá, son los mayores receptores y conductores de toda clase de contaminantes.

Desechos domésticos:

Las aguas servidas han sido identificadas como el mayor contaminante que afecta el medio costero del Caribe colombiano (Garay, 2001a). Según estadísticas del presente estudio, en total 472653 m³/día de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento son arrojadas a las zonas marino-costeras del Caribe colombiano (Tabla 21 y figura 31), representadas en residuos líquidos de 3073483 habitantes de las 26 principales ciudades y asentamientos humanos costeros (DANE, 2000), siendo los más poblados: Riohacha, Santa Marta, Ciénaga, Barranquilla, Cartagena, Tolú, Coveñas y Turbo. Los efectos principales se manifiestan por el deterioro de la calidad de las aguas desde el punto de vista sanitario, al punto de convertirse en un problema de salud pública, principalmente en los grandes centros urbanos. Así

mismo, el impacto sobre una actividad productiva como el turismo tiene serias repercusiones socioeconómicas para las ciudades que dependen de ésta actividad.

Tabla 21. Cargas aportadas por los vertimientos domésticos de asentamientos humanos costeros al Caribe colombiano 2001

| CARIBE | | |
|------------------------------|---------------------|-----------|
| POBLACIÓN | Habitantes | 3073483 |
| CAUDAL | m ³ /día | 472653 |
| Demanda biológica de oxígeno | ton/día | 151.23 |
| Sólidos en suspensión | ton/día | 91.62 |
| Aceites y grasas | ton/día | 59.15 |
| Nitrógeno total | ton/día | 31.1 |
| Fosfatos | ton/día | 5.62 |
| Detergentes | ton/día | 1.08 |
| Coliformes fecales | NMP/día | 7.26 E+19 |

Fuente población: Proyecciones DANE 2001; fuente caudales: Metroagua, Triple A, Acucar, Cardique, DAMARENA, CRA; fuente cargas : INVEMAR. Proyecto MMA-FONAM- BID 2001

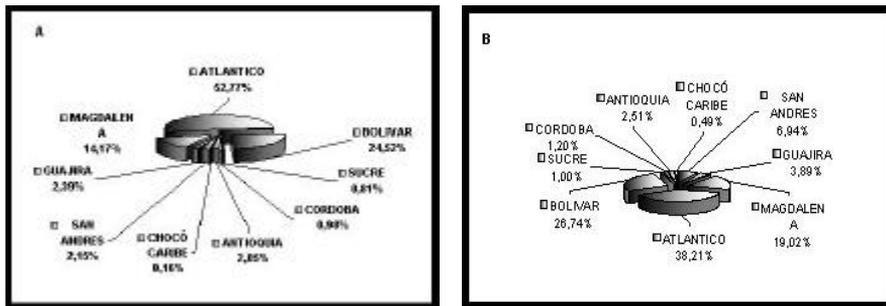


Figura 31. (A) Distribución porcentual de la población costera y (B) Contribución porcentual a los aportes (caudal en m3/día) de aguas servidas urbanas de la población costera en los nueve departamentos del Caribe colombiano

En general, los cerca de tres millones de habitantes que se encuentran en la zona costera aportan al Caribe alrededor de 472653 m³/día de aguas servidas urbanas sin ningún tipo de tratamiento, de los cuales el 65% 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 del Caribe colombiano (Figura 31).

Residuos oleosos provenientes de los buques:

Los residuos oleosos producto de las actividades marítimas y portuarias, representan un gran problema para la región del Caribe colombiano. Actividades como el transporte marítimo de cabotaje, cuyos buques no están bajo el control del Convenio MARPOL (Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación Proveniente de Buques), generan una parte importante de los residuos oleosos eliminados en las zonas costeras y marinas del Caribe, especialmente aguas de sentinas y residuos de aceites lubricantes. En el Caribe colombiano existen 105 muelles en los siete principales puertos y se calcula que aproximadamente unos 7970 barcos arriban anualmente a estos puertos (Garay y Bermúdez, 1995), movilizando un promedio anual de carga de aproximadamente 26 millones de toneladas.

Se calcula, según la metodología OMI (Organización Marítima Internacional), que los buques “no petroleros” generan cerca de 4127 Ton/mes de residuos oleosos entre las aguas de sentinas y los slops, los cuales son botados a las zonas costeras, por no disponer los puertos colombianos de infraestructura para recepción, manejo y disposición final de estos, incluyendo lo generado por las embarcaciones de cabotaje y algunos buques de tránsito internacional antiguos que no disponen de equipos MARPOL abordado (Garay y Bermúdez, 1995). Así mismo, la actividad de exploración, explotación, refinación y usos del petróleo, es generadora en forma crónica de contaminación por hidrocarburos (Garay, 1996). Los puertos marítimos con mayor movimiento de buques son también importantes fuentes de estos residuos, tal es el caso, en orden de importancia, de Cartagena, Santa Marta, Barranquilla, Puerto Bolívar y Coveñas y en menor escala, Turbo, Riohacha y San Andrés (Figura 32) (Garay y Bermúdez, 1995).

Vertimientos industriales:

Las descargas de residuos líquidos de las actividades industriales en las zonas costeras del Caribe colombiano se concentran especialmente en Cartagena y Barranquilla a gran escala, mientras que de menor importancia están Puerto Bolívar, Santa Marta, Tolú-Coveñas y Turbo (Garay *et al*, 1997). Se han identificado, además, las categorías mayores de industrias que producen altas cargas contaminantes como: refinerías de petróleo; destilerías; procesadoras y envasadoras de alimentos (especialmente carnes de res, pollo, langostinos y pescado); manufactura de cerveza, licores y bebidas gaseosas; fábricas de pulpa y papel; industria química (orgánica e inorgánica), entre otras. En Cartagena por ejemplo, las procesadoras de pollos y pescados, contribuyen con el 70% del total de las cargas industriales de DBO₅ (Garay, *et al* 1997), mientras que la refinería de petróleo junto con los buques petroleros y no petroleros que arriban al puerto, son responsables del 80% de las cargas contaminantes de petróleo (UNEP/CAR, 1994).



Figura 32. Principales asentamientos humanos, actividades económicas que generan contaminación y ríos en el Caribe colombiano

De acuerdo con los datos suministrados por el Proyecto UNOPS (Garay *et al*, 1997), la industria aporta 6.02 ton/día de la carga de materia orgánica que recibe la bahía de Cartagena (Tabla 22), 3.9 ton/día de los nutrientes, buena parte de los residuos de aceites, combustibles y fertilizantes que llegan a la misma y la mayor parte de los vertimientos típicamente industriales como carbonatos, amoníaco, fenoles y aguas calientes.

Tabla 22. Cargas aportadas por los vertimientos de residuos líquidos industriales a la bahía de Cartagena en el año 2000

| PARÁMETROS | CARGAS |
|--------------------|-----------------------------|
| Caudal Total, | m ³ /día 1364132 |
| DBO ₅ , | ton/día 6.04 |
| Nitrógeno, | ton/día 3.73 |
| Fósforo, | ton/día 0.17 |
| Sólidos Susp., | ton/día 39.3 |
| Aceites y Grasas | ton/día 0.83 |

Información suministrada por CARDIQUE 2000 y el Proyecto UNOPS (CIOH, 1997)

De acuerdo con datos de 1998 - 1999 de la Cámara de Comercio de Cartagena, existen 620 establecimientos comerciales, de los cuales 29 de ellos son productores de efluentes líquidos en volúmenes significativos, todos ubicados en la costa oriental de la bahía de Cartagena, hacia la que se vuelcan por lo tanto el 100% de los efluentes industriales, algunos de los cuales sin previo tratamiento. Fuera del área de Mamonal, hacia la zona nororiental de la bahía, resultan importantes las descargas de las pequeñas industrias (talleres mecánicos, pinturas, muebles y gaseosas), cuyos vertimientos no se han cuantificado pero que pueden ser de importancia.

El control ejercido sobre los vertimientos industriales de las grandes empresas ha avanzado rápidamente en el último decenio en Cartagena. En los últimos cinco años, el número de empresas controladas a través del “Convenio de Producción Más Limpia”, liderado por el Ministerio del Medio Ambiente - MMA y la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE, cubre la totalidad de las grandes industrias.

Escorrentía de agroquímicos:

En todo el territorio colombiano en la actualidad, se usan cerca de 600 plaguicidas diferentes que en promedio representan alrededor de 33,000 Ton/año, entre organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretrinas (Garay *et al.*, 2001a). Los cultivos con mayor demanda de plaguicidas, en su orden son: arroz con el 21%; papa con el 19%; pastos con 14%; banano con el 7%; caña de azúcar con el 6%; café con el 5%; hortalizas 5%; algodón 4%; flores 4%; maíz 4%; tomate 3% y los frutales 3% (MMA, 2000). Principalmente en la gran cuenca hidrográfica del Magdalena y Cauca, la más extensa del territorio y donde se encuentran asentados cerca del 80% de la población de todo el país (Garay, 1993), y cuya influencia finalmente afecta al Caribe. Así mismo, en Cartagena y Barranquilla se fabrican, manufacturan y distribuyen gran parte de estos compuestos, actividades que han generado desde hace 20 años vertimientos importantes a las zonas costeras. En los últimos cuatro años se ha presentado un incremento en la importación, exportación y ventas nacionales de plaguicidas. Por otra parte, la producción nacional se mantiene estable. Los productos de mayor producción en estos años fueron el Propanil (Herbicida), Clorpirifos (Insecticida), Mancozeb (Funguicida), y en ventas nacionales ha sido el Glifosato (Herbicida), Metamidofos (Insecticida) y Mancozeb (MMA, 2000).

Vías de transporte y entrada de contaminantes al mar:

Los ríos son las principales vías de transporte y entrada de residuos orgánicos tóxicos, metales pesados, sedimentos, algunos microorganismos y nutrientes a los ambientes marino-costeros de la región del Caribe colombiano. Los valores de las cargas de los diferentes parámetros que aportan los ríos al Caribe colombiano se muestra en la tabla 23. En total los 28 principales ríos vierten al Caribe colombiano en promedio 921.4 millones de m³/día de aguas dulces con cargas de contaminantes de diferente índole (Garay, 2001b). Los más importantes

por su caudal, carga de sedimentos e impactos son el río Magdalena (Atlántico) con su brazo el Canal del Dique (Bolívar), los cuales tienen una vasta zona de influencia en el Caribe, llegando a traspasar las fronteras nacionales. Su contribución al aporte en el Caribe es muy significativo, llegando a ser el 71% del caudal total (Figura 33), 88% del aporte de carga en términos de DBO₅ y 93.4% de los aportes de fósforo, entre otros.

Tabla 23. Cargas totales que aportan los ríos al Caribe colombiano

| CARIBE | | |
|---------------------------------------|---------------------|--------|
| Caudal | m ³ /seg | 10664 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | ton/día | 2968 |
| Sólidos suspendidos totales | ton/día | 308027 |
| Nitrógeno total | ton/día | 760 |
| Fosfatos | ton/día | 155.6 |
| Organoclorados totales | kg/día | 10.6 |
| Hidrocarburos disueltos y dispersos | kg/día | 9125.2 |
| Cadmio | g/día | 1.6 |
| Plomo | g/día | 24.9 |
| Cromo | g/día | 0.51 |
| Coliformes fecales x 10 ¹⁵ | NMP/día | 4116 |
| Coliformes totales x 10 ¹⁵ | NMP/día | 9355 |

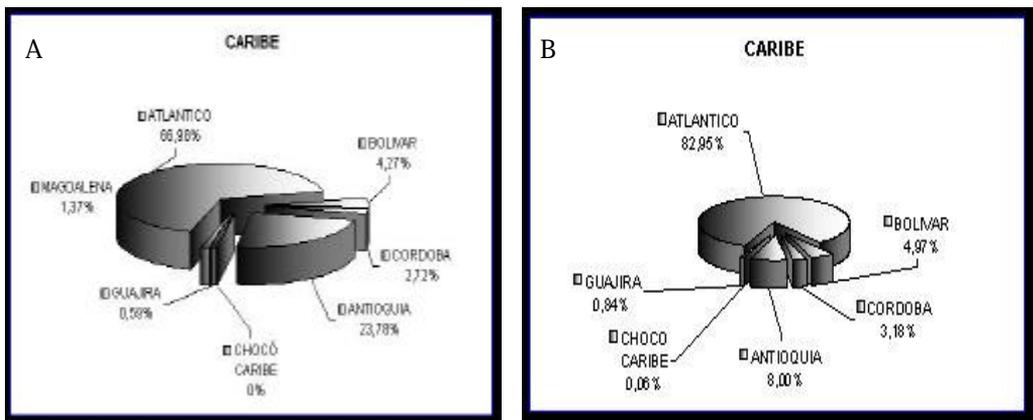


Figura 33. (A) Distribución de los caudales y (B) cargas de DBO₅ aportados por los ríos al Caribe colombiano

Otros ríos de importancia en Caribe son el Sinú, el cual desemboca en el golfo de Morrosquillo y el Truandó, Atrato y León en el golfo de Urabá (Garay, 2001b). El río Magdalena por ejemplo, con un caudal promedio de 7149 m³/s, aporta al Caribe colombiano unas 900000 ton/año de DBO₅, 90 millones de ton/año de SST, 186000 ton/año de nitrógeno total y 47000 ton/año de fósforo total.

Región Caribe insular

Dado el tamaño del territorio y el carácter insular, el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se considera como una zona costera cuyos componentes están estrechamente relacionados entre sí, por lo tanto, cualquier factor que ocasione un impacto negativo sobre la misma, se reflejará de forma directa o progresiva en la calidad del recurso hídrico. En las islas no existen ríos o cursos de agua con caudal permanente y el aporte de agua a éstas se garantiza mediante el ciclo hidrológico. Como el sistema es reducido, ante las fuentes de contaminación el agua se deteriora fácilmente. La capacidad de autodepuración del recurso hídrico soluciona en parte este problema; sin embargo, cuando las acciones antrópicas incontroladas aportan más carga contaminante, el sistema de depuración se debilita drásticamente (Marín, 2001), haciendo más difícil la remediación. (Figura 34)

Desechos domésticos:

La zona costera de la isla de San Andrés está siendo afectada principalmente por los vertimientos directos de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, los cuales se deben a un bajo cubrimiento del sistema de alcantarillado. De esta forma, están llegando a las aguas marinas y costeras 14466 m³/día de aguas servidas de la ciudad sin ningún tratamiento (Garay, 2001b), de aproximadamente 62446 habitantes (DANE, 2001). Estos vertimientos representan en términos de cargas que entran a los ecosistemas acuáticos adyacentes a la isla, en promedio 1.91 ton/día de SST, 3.23 ton/día de DBO₅, 1.45 ton/día de aceites y grasas, 0.7 ton/día de nutrientes y aproximadamente 1.49×10^{18} NMP/día de Coliformes fecales (Tabla 24).

Otro problema derivado del anterior se relaciona con la disposición final de parte de esas aguas servidas, a través de la construcción inadecuada de pozos sépticos, permitiendo que las aguas negras se filtren hacia los acuíferos, contaminándolos y finalmente, estas aguas a su vez confluyen al mar (Marín, 2001).

Otros factores también influyen en el deterioro de la calidad de esta zona costera: Inapropiada disposición de los residuos sólidos cuyos lixiviados llegan al mar, vertimientos de aceites lubricantes provenientes de las embarcaciones, alta densidad poblacional, explotación desmesurada de los recursos marinos, deterioro de bosques de manglar, entre otros (Marín y Garay, 2001). El aporte de contaminantes al medio marino causa progresivamente un impacto sobre la calidad

misma del agua creando efectos sobre la salud pública debido a la posibilidad de encontrar microorganismos patógenos, así como efectos estéticos por la contaminación visual y olfativa que se produce y efectos sobre la ecología marina por la presencia de sustancias tóxicas.



Figura 34. Principales asentamientos humanos, actividades económicas que generan contaminación en la isla de San Andrés

Tabla 24. Resumen de las cargas aportadas por los vertimientos domésticos a las aguas costeras y marinas de las islas de San Andrés y Providencia en el 2001

| PARÁMETRO | ISLA DE SAN ANDRES | ISLA DE PROVIDENCIA |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| Población 2001 | 62446 | 3500 |
| Caudal, m ³ /día | 14466 | 735 |
| DBO ₅ , ton/día | 3.23 | 0.08 |
| SST, ton/día | 1.91 | 0.07 |
| Aceites y grasas, ton/día | 1.45 | 0.04 |
| NiT, ton/día | 0.58 | 0.02 |
| Fosfatos, ton/día | 0.12 | 0.003 |
| Coliformes fecales, NMP/día | 1.49E+18 | 9.2E+14 |
| Detergentes, ton/día | 0.03 | 0.0002 |

Por las razones expuestas anteriormente la Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA, implementó desde 1997 una red de monitoreo de la contaminación de las aguas costeras alrededor de la isla de San Andrés. Esta red se diseñó con base en la presencia de vertimientos directos de aguas residuales domésticas, así como el conocimiento previo de zonas contaminadas por grasas y aceites, como es el caso de bahía Hooker. Debido a la importancia que representa la zona costera en su totalidad, la Corporación también implementó redes de monitoreo de manglares, aguas subterráneas, arrecifes y vertimientos y en 1998 extendió el monitoreo de zona costera a la isla de Providencia con base en la presencia de descargas puntuales y de zonas protegidas como el manglar Mc Bean.

Región Pacífico continental

Las áreas costeras de la región del Pacífico, al igual que el Caribe, también presentan un alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos, industriales, oleosos, agroquímicos, descargas de los ríos y basuras. Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y son vertidos directamente en las aguas costeras o a través de los ríos. Las zonas más afectadas resultan ser las adyacentes a las ciudades o centros urbanos más poblados (Figura 35) y con un nivel de desarrollo mayor como lo son Buenaventura y Tumaco (Marín y Garay, 2001).

Se ha puesto de manifiesto en la región Pacífico el aumento de asentamientos humanos e incremento de la explotación de los recursos naturales, sin adecuados sistemas de tratamiento, lo que coincide con el aumento de fuentes y tipos de contaminantes: físicos (Materiales sólidos, basuras, sedimentos y derrames de hidrocarburos); químicos (Sustancias orgánicas e inorgánicas tales como residuos de petróleo, productos químicos, aguas residuales industriales y domésticas); tóxicos como plaguicidas y metales pesados; y bacteriológicos (Bacterias fecales, patógenos, protozoarios y virus) que involucran microorganismos provenientes esencialmente de aguas servidas y últimamente de las aguas de lastre de los buques que arriban a los puertos (Marín, 2001; Garay, 2001a).

Desechos domésticos:

Las aguas servidas han sido identificadas como uno de los mayores contaminantes que afectan el medio costero del Pacífico colombiano (Garay, 2001b). Según los datos del presente estudio, aproximadamente 87211 m³/día de aguas servidas urbanas sin ningún tipo de tratamiento son arrojadas a las zonas costeras (Tabla 25), representadas en residuos líquidos de cerca 374631 habitantes de las principales ciudades y asentamientos humanos costeros (DANE, 2001), principalmente Buenaventura y Tumaco. De estos datos de vertimientos domésticos el 91.5% lo aportan las ciudades costeras de los departamentos de Valle del Cauca y

Nariño (Figura 36B), especialmente las ciudades de Buenaventura y Tumaco, cuya población sumada representa el 86.6% del total de la población costera del Pacífico colombiano (Figura 36A).



Figura 35. Principales asentamientos humanos, actividades económicas que generan contaminación y ríos en el Pacífico colombiano.

Residuos oleosos provenientes de los buques:

Los residuos oleosos producto de las actividades marítimas y portuarias, representan también un gran problema para la región del Pacífico colombiano. Actividades como el transporte marítimo de cabotaje generan 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. Se calcula que aproximadamente unas 3000 ton de aguas de sentinas son botadas a las zonas costeras por mes, incluyendo lo generado por las embarcaciones de cabotaje y algunos buques de tránsito internacional antiguos que no disponen de equipos MARPOL abordado. Igualmente, 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). Los puertos marítimos con mayor movimiento de buques son así mismo importantes fuentes de estos residuos, tal es el caso, en orden de importancia, de Buenaventura y Tumaco (Garay y Bermúdez, 1995). Por Buenaventura se mueve el 60% de la carga de exportación a nivel nacional.

Tabla 25. Cargas aportadas por los vertimientos domésticos de asentamientos humanos costeros al Pacífico colombiano 2001

| PACÍFICO | | |
|-------------------------------|---------------------|---------|
| Población | Habitantes | 374631 |
| Caudal | M ³ /día | 87211 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | ton/día | 16.52 |
| Sólidos suspendidos totales | ton/día | 10.7 |
| Aceites y grasas | ton/día | 7.43 |
| Nitrógeno total | ton/día | 2.97 |
| Fosfatos | ton/día | 0.59 |
| Detergentes | ton/día | 0.21 |
| Coliformes fecales | NMP/día | 6.35+18 |

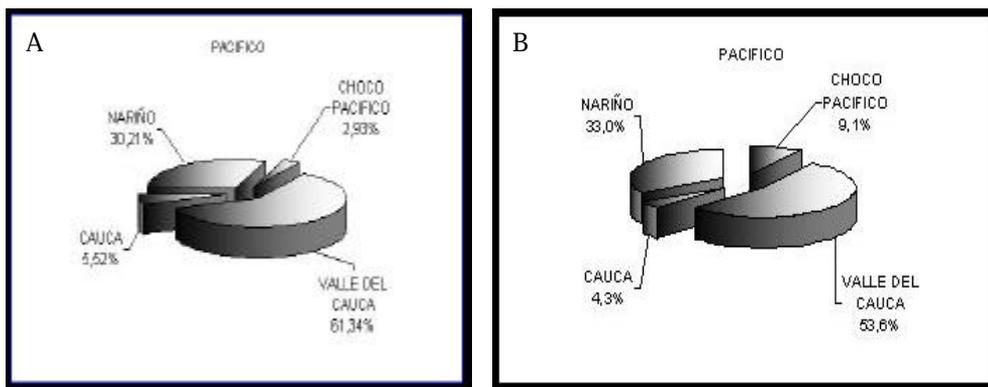


Figura 36. Poblacion de los principales asentamientos humanos costeros del Pacífico (A) y distribución de los caudales de aguas servidas (m³/día) aportados por los mismos al Pacífico colombiano (B)

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 (Garay, 2001b). Actividades como el procesamiento de alimentos (Pescado y mariscos), la explotación y el tratamiento de madera, representan los mayores problemas de contaminación de este sector.

Escorrentía de agroquímicos:

En todo el territorio colombiano en la actualidad, se usan cerca de 600 plaguicidas diferentes que en promedio representan alrededor de 33000 ton por año, entre organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretrinas (Garay, 2001b). Los cultivos con mayor demanda de plaguicidas, en su orden son: arroz con el 21%; papa con el 19%; pastos con 14%; banano con el 7%; caña de azúcar con el 6%; café con el 5%; hortalizas 5%; algodón 4%; flores 4%; maíz 4%; tomate 3% y los frutales 3% (MMA, 2000). Para el caso del Pacífico, el mayor uso se da en los cultivos de papa en Nariño y en las zonas agrícolas de la cuenca del río San Juan que tiene un impacto sobre la calidad de las aguas marinas y costeras de los departamentos de Chocó y Valle del Cauca.

Vías de transporte y entrada de contaminantes al mar:

Al igual que en el Caribe, los ríos son las principales vías de entrada de residuos orgánicos tóxicos, metales pesados, sedimentos, algunos microorganismos y nutrientes a los ambientes marino-costeros de la región del Pacífico colombiano. En la tabla 26 se relacionan las cargas aportadas por los ríos a la costa del Pacífico colombiano.

Tabla 26. Carga total que aportan los ríos de los departamentos costeros del Pacífico colombiano

| PACÍFICO | | |
|------------------------|---------------------|--------|
| CAUDAL | m ³ /seg | 5047 |
| DBO ₅ | ton/día | 438.9 |
| SST | ton/día | 25801 |
| NTT | ton/día | 285.5 |
| PO4 | ton/día | 12.72 |
| OCT | Kg/día | 1.07 |
| HDD | Kg/día | 2103.2 |
| Cd | G/día | 0.42 |
| Pb | G/día | 7.36 |
| Cr | G/día | 0.28 |
| CFS x 10 ¹⁵ | NMP/día | 2988 |
| CTT x 10 ¹⁵ | NMP/día | 10652 |

En total, los nueve principales ríos vierten al Pacífico colombiano en promedio 5047 m³/s de aguas cargadas de sedimentos y otros contaminantes. Los más importantes por su caudal, carga de sedimentos e impactos, son el 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 vasta zona de influencia en

el Pacífico (Garay, 2001b). Su contribución al aporte en el Pacífico es muy significativa, llegando a ser el 41% del caudal total (Figura 37) y el 22% del aporte de carga en términos de DBO₅. Le siguen en importancia los ríos del departamento del Cauca, Guapi, Iscuandé y Micay, los cuales aportan el 36% del caudal total y el 50% de la carga de DBO que entra al Pacífico colombiano.

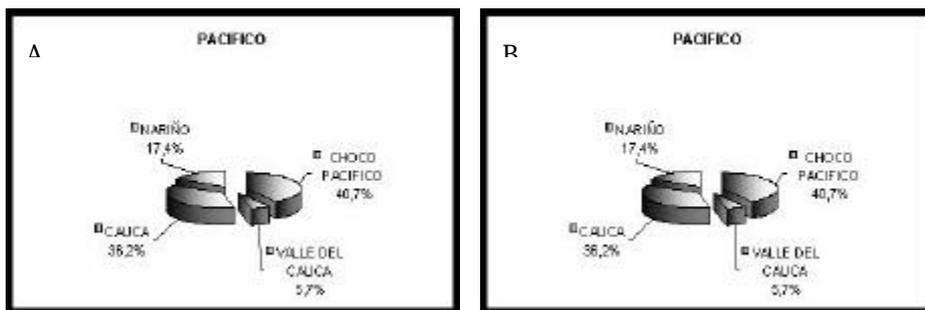


Figura 37. Distribución de los caudales (m³/seg) (A) y cargas de DBO (B) aportados por los ríos al Pacífico colombiano

CALIDAD DE LA AGUAS MARINAS Y ESTUARINAS

Los compuestos orgánicos tóxicos como los hidrocarburos aromáticos, los plaguicidas organoclorados, organofosforados, piretroides y carbamatos, así como los metales pesados y los microorganismos patógenos, constituyen un peligro potencial para los organismos vivos, incluido el hombre, por sus efectos deletéreos y acumulativos en la mayoría de los organismos acuáticos. Compuestos como los organoclorados y los aromáticos usualmente son asimilados por la biota marina y almacenados en los tejidos y órganos grasos y se acumulan a lo largo de la cadena alimenticia. Aunque algunas fracciones de estos compuestos que ingieren los organismos, es excretada al medio en heces y orina, la tasa de excreción es menor que la de acumulación en los organismos acuáticos (Phillips, 1980).

Procesos de fertilización y eutrofización

Las características de las aguas de la costa Caribe colombiana indican cuatro fuentes principales de elementos nutritivos, materia orgánica y agua dulce, que fertilizan o en algunos casos eutrofizan algunas zonas cerradas del Caribe. Estas fuentes están identificadas como el río Magdalena, el canal del Dique, el río Sinú y el golfo de Urabá cuyo principal tributario es el río Atrato. Estas fuentes son las

principales, pero no las únicas que están aportando sedimentos y nutrientes a las zonas costeras.

El vertimiento de aguas residuales de origen doméstico y la descarga de los ríos en las zonas costeras del Pacífico son los principales causantes del incremento de los nutrientes en el medio marino. En esta zona, las poblaciones que mayor impacto tienen en la descarga de residuos domésticos e industriales son las de Buenaventura y Tumaco, sin embargo, las demás poblaciones también hacen su aporte al Pacífico desde los ríos que drenan en toda la cuenca. Por la información que se posee hasta el momento muchas de las zonas donde se han registrado variables físicas y químicas en el Pacífico, presentan valores dentro del rango normal para sistemas de estuarios.

La ensenada de Tumaco recibe aguas de los ríos Colorado, Curay, Chagui, Chilvi, Guadal, Guandarajo, Guanapi, Mexicano, Mira, Rosario, Tablones y Yanaje, que se constituyen en fuentes de nutrientes y otras sustancias procedentes de su curso hacia el mar, ocasionando una baja en los niveles de salinidad de la ensenada.

La bahía de Buenaventura está totalmente cubierta de manglares y atravesada por esteros y canales que permiten la comunicación gracias a los significativos cambios de mareas, entre 0 y 4 m, cada seis horas. Al igual que en Tumaco, las aguas de esta bahía están diluidas notablemente por el aporte continental de ríos, quebradas y corrientes menores que descienden de la Cordillera Occidental. Esta situación causa la formación de deltas y numerosos esteros con notable sedimentación y alteración de los niveles de concentración de nutrientes.

Plaguicidas organoclorados

En el Caribe colombiano se han registrado concentraciones de plaguicidas organoclorados en aguas, sedimentos y organismos de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ramírez, 1988, 1995), encontrándose concentraciones de Aldrín entre 0.36 a 1.07 ppb, Lindano 0.40 a 44.2 ppb, Dieldrín 0.13 a 1.91 ppb y DDT total 0.01 a 0.08 ppb, especialmente en zonas cercanas a las desembocaduras de los ríos provenientes de las zonas bananeras de la Sierra Nevada de Santa Marta, el Sevilla, Aracataca y Fundación.

En la zona costera de Cartagena, principalmente la bahía de Cartagena y la ciénaga de Tesca, también han sido encontradas concentraciones de organoclorados en aguas, sedimentos y organismos; niveles de Aldrín, DDT, Heptacloro, Dieldrín y HCHs, se observaron en niveles de 0.01 a 0.34 ppb en la bahía (Garay, 1990; Garay, *et al*, 1993). De la misma forma, en la ciénaga de Tesca se han encontrado concentraciones de Aldrín, Lindano, Heptacloro, DDT y sus metabolitos DDE y DDD y PCBs, con valores entre 0.030 y 3.8 ng/g en sedimentos, entre 0.079 a 59.5 ng/l en aguas y entre 0.09 a 0.78 ng/g en peces de importancia comercial (Garay, *et al*, 1993; Castro, 1998).

En el golfo de Morrosquillo se encontraron concentraciones de Aldrín, DDT, Lindano y Heptacloro en aguas en concentraciones muy bajas, que van de 0.001 a 0.01 ng/l (Garay, *et al*, 1993; INVEMAR, 2000a). Para el golfo de Urabá,

cuya cuenca existe una fuerte actividad bananera que consume estos insumos agroquímicos, se reportan valores de Aldrin en concentraciones entre 0.01 – 30 ng/l (Garay, *et al*, 2001).

En el Pacífico se encontró una concentración promedio de plaguicidas organoclorados para sedimentos de 12.42 ng/g y en organismos (Bivalvos) de 94.53 ng/g, presentando una relación de 1:7.6, lo que indica que existe una gran capacidad por parte de los bivalvos de acumular estos compuestos, tomándolos del sedimento en su proceso metabólico (Calero y Casanova, 1995). El DDT y sus metabolitos en aguas, presentaron un comportamiento irregular durante el periodo de estudio (1999 - 2001), mientras que en los sedimentos son más estables. Las zonas más afectadas han sido Tumaco, Buenaventura y las adyacentes a las desembocaduras de los ríos San Juan, Guapi, Timbiquí y Mira, importantes tributarios de la cuenca del Pacífico.

Hidrocarburos derivados del petróleo

La problemática de los residuos de hidrocarburos en las zonas costeras colombianas tiene su origen en actividades portuarias y marítimas; y en la exploración, explotación, transporte, refinación y usos del petróleo y sus derivados (Garay y Bermúdez, 1995; Garay, 1996 y Garay y Castro, 1992). Tanto en el Caribe como en el Pacífico, existen problemas locales por derrames crónicos en los puertos, las refinerías de petróleo y por los buques de cabotaje, o accidentales por los buques de tráfico internacional.

Se han encontrado concentraciones de hidrocarburos aromáticos y alifáticos en aguas, sedimentos y organismos marinos en todo el Caribe colombiano, desde Castilletes hasta Urabá (Garay y Bermúdez, 1995; Garay, 1996; Garay y Castro, 1992; Garay, *et al*, 2001). Las mayores concentraciones se presentan en la zona de Cartagena y en algunas zonas del golfo de Urabá (Figura 38), donde el nivel en aguas supera ampliamente la norma internacional para aguas no contaminadas que es de 10 ug/l (UNESCO, 1974, en Garay, 1992). Valores promedio de hasta 50 ug/l han sido registrados en estaciones cercanas a los vertimientos industriales, refinería y fondeaderos de buques en la bahía de Cartagena y en los fondeaderos y muelles del golfo de Urabá. Valores entre 5 y 10 ug/l se encontraron para aguas del golfo de Morrosquillo, en Barranquilla, Santa Marta y San Andrés (Garay, 1992; INVEMAR 2000a), mientras que en La Guajira se presentan las menores concentraciones con valores promedio entre 0.5 y 5 ug/l.

En sedimentos, los mayores valores encontrados para hidrocarburos totales ha sido en promedio de 500 ug/g en la bahía de Cartagena y Hooker en San Andrés, mientras que los menores se registran en Guajira. Los organismos (Bivalvos) con mayores concentraciones de hidrocarburos totales se reportan en la zona de Cartagena con valores promedio de 30 ug/g, mientras que los más bajos resultan ser los organismos colectados en bahía Cispatá y la Ciénaga Grande de Santa Marta con valores promedio de 5 ug/g (Garay, *et al*, 2001).

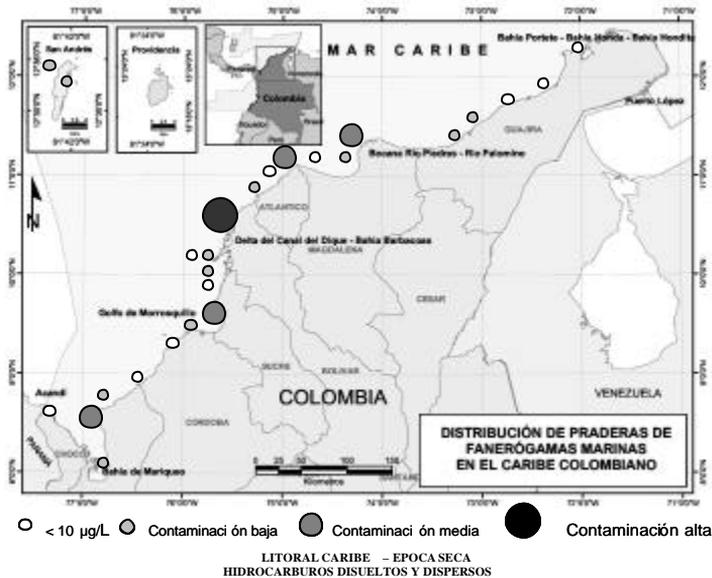


Figura 38. Hidrocarburos disueltos y dispersos en el Caribe colombiano en el 2001

En el Pacífico, en los monitoreos de hidrocarburos disueltos y dispersos realizados por el CCCP desde 1986 hasta el 2000, y lo realizado por INVEMAR y las Corporaciones se encontró que en promedio las concentraciones aumentan progresivamente desde aguas 0.25 ug/l, sedimentos 1.18 ug/g hasta organismos (Bivalvos) 7.45 ug/g (Calero y Casanova, 1997; Garay, 1997; INVEMAR 2000a). Se puede afirmar que existe un alto riesgo para los bivalvos y la salud de quienes los consumen, dada la relación de que por cada ug/l de hidrocarburos aromáticos en el agua (Figura 39), se espera encontrar aproximadamente 29.8 ug/g en dichos organismos (Calero y Casanova, 1997).

Metales pesados

La contaminación por metales pesados se ha constituido en una de las formas más peligrosas para los ecosistemas acuáticos, dado que son elementos poco o nada biodegradables, tienden a acumularse en los tejidos de animales y vegetales acuáticos y permanecen en ellos por largos periodos, desencadenando procesos de biomagnificación.

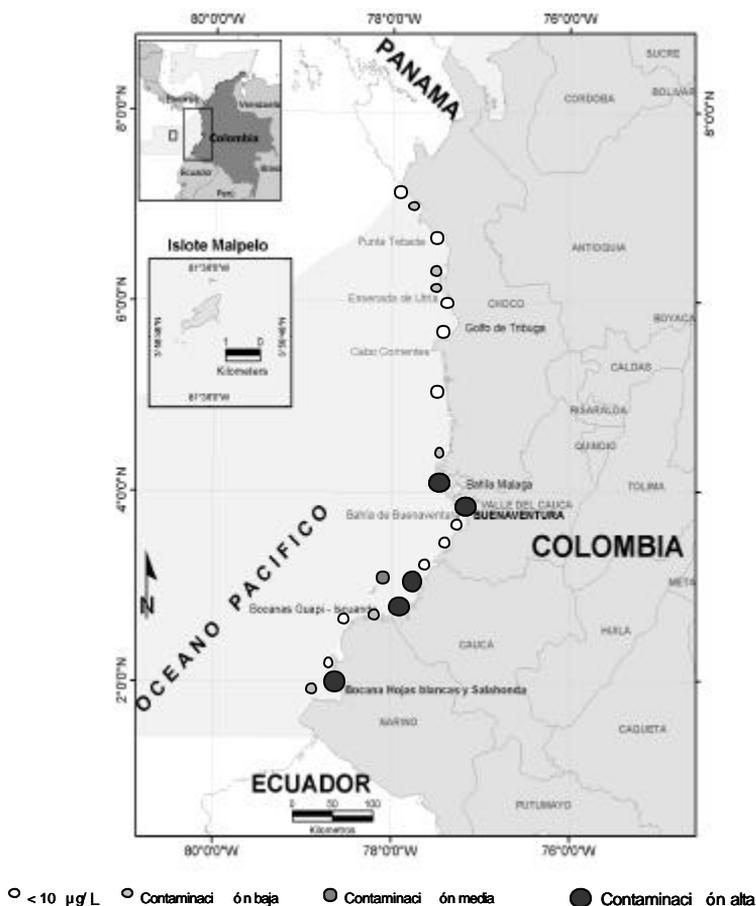


Figura 39. Hidrocarburos disueltos y dispersos en el Pacífico colombiano en el 2001

De acuerdo con el *Caribbean environment program*, las aguas del litoral Caribe han sufrido incremento en la contaminación por estos elementos durante las dos últimas décadas, siendo las zonas más afectadas aquellas cercanas o donde se han ubicado los principales asentamientos humanos, es el caso de las ciudades de Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, Coveñas, Tolú y Riohacha en el Caribe y Buenaventura y Tumaco en el Pacífico.

Para el caso de la costa Caribe, y más exactamente la bahía de Cartagena, sigue siendo motivo de preocupación las concentraciones de Hg encontradas durante los últimos registros ya que para la gran mayoría de los casos, estos han superado el valor máximo permisible propuesto por las legislaciones internacionales y la National Oceanic and Atmospheric Agency - NOAA. Los estudios sobre metales han evidenciado la presencia aún en sedimentos de niveles de Hg de 7.67

ug/g (Garay *et al*, 1997; Garay, *et al*, 2001), valor muy por encima de la norma permisible la cual es de 0.5 ug/g (Camacho, 1977). Lo anterior denota que aún persisten los problemas de contaminación generados hace ya 20 años por la fabrica de cloro-soda (Álcalis de Colombia).

De otra parte, en la Ciénaga Grande de Santa Marta - CGSM, los metales como el cadmio (Cd), cobre (Cu) y zinc (Zn) medidos en diferentes compartimentos se han detectado en concentraciones significativas. Vale anotar la importancia que tienen estos elementos desde el punto de vista ambiental, al resultar involucrados en algunos procesos metabólicos importantes para las diferentes formas de vida acuática, pero de otro lado, resultan peligrosos cuando exceden los niveles de concentración; aún a concentraciones muy bajas suelen ser muy tóxicos. En la CGSM se detectaron concentraciones de 11.1 ug/g de Cd, 39.2 ug/g de Cu y 171 ug/g de Zn, valores altos se comparan con los límites permisibles establecidos por la Environmental Protection Agency - EPA, por el Ministerio de Legislación Ambiental de Ontario, Ministerio de Salud del Brasil, entre otras (Wallner-Kersanach y Espinosa, 1996). Estas concentraciones se registraron en las zonas con mayor influencia del río Magdalena, denotando así mismo su directa influencia sobre el sistema.

En el Pacífico, las concentraciones de Cd en sedimentos de la bahía de Buenaventura se presentan entre 2.1 a 5.1 ug/g, sobrepasando los valores considerados como normales para sedimentos en bahías y costas, que es de 2 ug/g. Otros metales altamente tóxicos como el Hg y el Pb se encontraron en diferentes áreas de estudio de la costa Pacífica colombiana en concentraciones de 0.15 ug/g a 3.5 ug/g el primero y de 2.1 ug/g a 52.3 ug/g para el segundo (Calero y Casanova, 1997). Los niveles de mercurio en sedimentos para Buenaventura son mayores a 0.51 mg/g, considerado como “concentración alta” por la NOAA.

Contaminación microbiológica

En la actualidad el incremento de la contaminación microbiológica tiene gran importancia debido al deterioro progresivo de la calidad sanitaria de las aguas del Caribe y Pacífico colombianos. Las fuentes principales de esta contaminación son las descargas de aguas negras residuales no tratadas de los asentamientos humanos, sobre diferentes cuerpos de agua, principalmente ríos y zonas costeras. La preocupación debe ser grande cuando se sobrepasan los valores permitidos por la legislación nacional para usos por contacto primario y secundario, ya que los efectos sobre la población son directos y causan problemas en la salud de las personas, muchas veces con impacto significativo sobre actividades económicas de importancia fundamental como el turismo y las actividades pesqueras.

En el Caribe, las mayores concentraciones de Coliformes fecales, que sobrepasan los límites permitidos por la legislación colombiana se encuentran en Faro Nuevo y el muelle de Riohacha (Guajira) (INVEMAR, 2001), El Boquerón y las desembocaduras de los ríos Gaira y Manzanares (Zona costera de Santa Marta, Magdalena), las zonas adyacentes a la desembocadura del río Magdalena (Atlántico),

la bahía de Cartagena y la ciénaga de Tesca (Bolívar) y Tinajones (Córdoba) (Garay, *et al*, 2001), clasificándose como zonas de Contaminación Alta (Figura 40), basándose en la escala conceptual indicativa del grado de contaminación diseñada por Marín (2001) (Tabla 27).

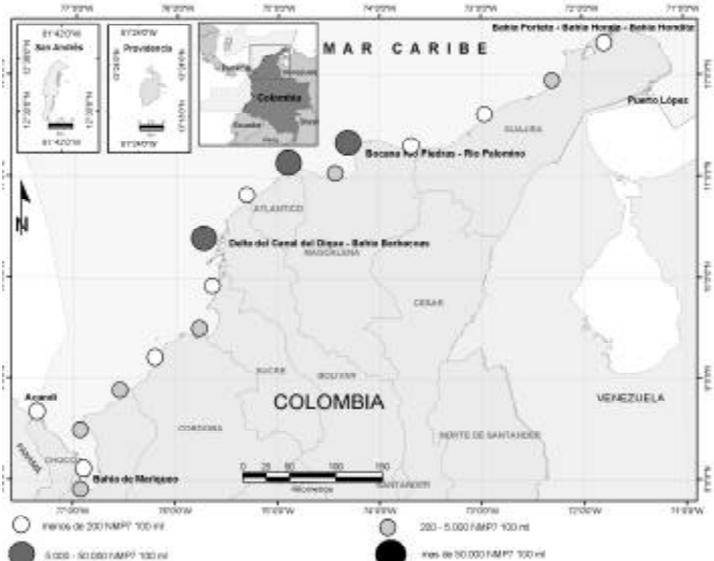


Figura 40. Zonas del Caribe impactadas por contaminación microbiológica, según la escala conceptual indicativa del grado de riesgo.

Tabla 27. Zonas con niveles de riesgo de coliformes totales y fecales en el Caribe colombiano

| NIVEL DE RIESGO | 100% - 80% < 200 | 79% - 60% < 200 | 59% - 40% < 200 | 39% - 0% < 200 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|---|
| NO CONTAMINADO | Norte Guajira, Salamanca, Tayrona, islas del Rosario, golfo de Urabá | | | |
| CONTAMINACIÓN BAJA | | Chocó Caribe | | |
| CONTAMINACIÓN MEDIA | | | San Andrés, Ciénaga Grande de Santa Marta, golfo Morrosquillo | |
| CONTAMINACIÓN ALTA | | | | Riohacha, Santa Marta, Ciénaga, Barranquilla, Cartagena |

En San Andrés los niveles de coliformes fecales en bahía Hooker, Muelle y alrededor de las descargas del alcantarillado, sobrepasan los valores permisibles. Estos lugares se caracterizan por tener vertimientos directos de aguas residuales, estando ésta zona valorada de acuerdo con la escala indicativa, como una zona de Contaminación Alta (Garay, *et al*, 2001) (Tabla 27).

La bahía de Cartagena y la ciénaga de Tesca en Bolívar presentan una problemática compleja por ser Cartagena el destino de mayor promoción turística a nivel nacional e internacional. Las aguas de la bahía se ven influenciadas por una contaminación alta de coliformes fecales (Figura 41) como consecuencia de las descargas de aguas negras a través del alcantarillado sanitario de la ciudad de Cartagena y las descargas que se hacen en forma directa, así que la conjugación de las descargas y el régimen de circulación de corrientes de la bahía y la ciénaga, favorecen la permanencia de coliformes en niveles no permisibles en algunos sectores turísticos, como Castillo Grande y El Laguito. Notándose que la zona con mayor concentración de éstos microorganismos es el sur de la isla de Manzanillo en donde se encuentra ubicado el emisario submarino, registrándose niveles entre 22 y 600000 NMP/100ml durante cualquier época del año (Garay, 1997; Garay, *et al*, 2001).

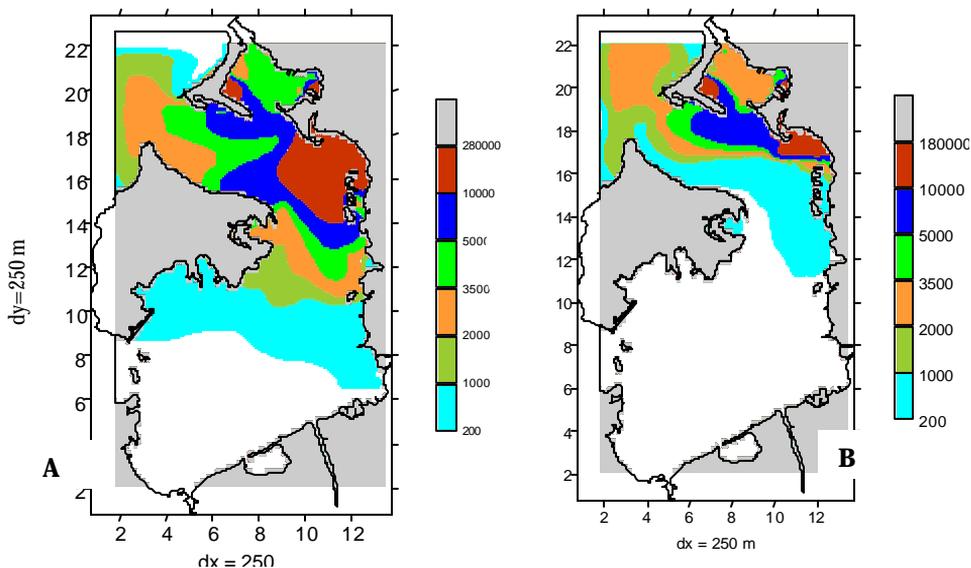


Figura 41. Coliformes fecales (NMP/10ml) en la capa superficial de la bahía de Cartagena. (a) Período seco (b) período húmedo, 1996-1998 (Garay *et al.*, 1997)

En el Pacífico, las zonas que presentan algún impacto debido a contaminación microbiológica se ubican en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Nariño (Figura 42). Las zonas críticas son las playas de La Bocana,

Juanchaco y Ladrilleros, zonas turísticas en la costa del Valle del Cauca; La Bocana por clasificarse como una zona de contaminación alta, es una región de alto riesgo (mayor de 200 NMP/100 ml para fecales y de 1000 NMP/100 ml para totales), que recibe los vertimientos de aguas residuales de la población turística, especialmente en épocas de temporadas vacacionales (Tabla 28)

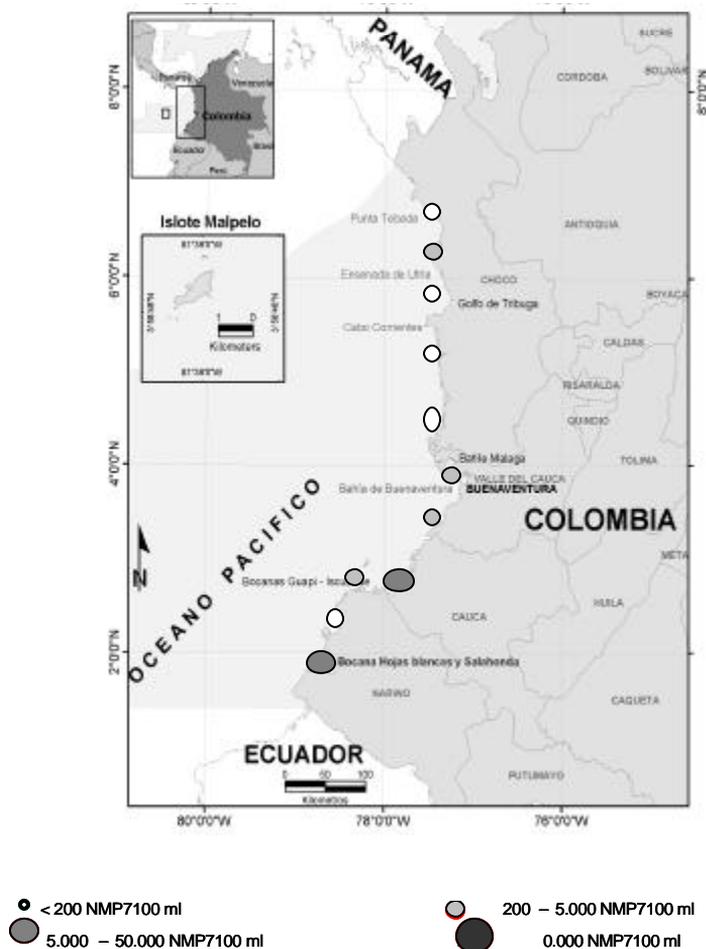


Figura 42. Zonas del Pacífico impactadas por contaminación microbiológica, según la escala conceptual indicativa del grado de riesgo

Tabla 28. Zonas con niveles de riesgo de coliformes totales y fecales en el Pacífico colombiano

| NIVEL DE RIESGO | 100% - 80% < 200 | 79% - 60% <200 | 59% - 40% <200 | 39% - 0% <200 |
|----------------------------|---|---|---------------------------------|-------------------------|
| NO CONTAMINADO | Zonas del Chocó, Cauca, norte de Nariño | | | |
| CONTAMINACIÓN BAJA | | Algunas zonas del Cauca, norte del Valle y Nariño | | |
| CONTAMINACIÓN MEDIA | | | Juanchaco, Ladrilleros y Tumaco | |
| CONTAMINACIÓN ALTA | | | | La Bocana, Buenaventura |

IMPACTO SOBRE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

Aunque los procesos de alteración de los ecosistemas de la costa colombiana sobre el Caribe se iniciaron desde épocas prehispánicas, sólo en los últimos 20 años se ha documentado la ocurrencia de una serie de eventos y signos que denotan situaciones de avanzado deterioro ambiental. En el Pacífico, aunque la información sobre el estado y la evolución de los ambientes marinos es mucho más escasa que la existente sobre el Caribe, es evidente que los grados de alteración o daño ambiental son drásticamente menores. Por una parte, los niveles de desarrollo urbano, agrícola e industrial son mucho menores que en el Caribe; por otra, la cuenca del Pacífico oriental es abierta, a diferencia de la del Caribe que es cerrada y por lo tanto, se facilitan los procesos de acumulación de contaminantes (Garzón-Ferreira, 1998).

La magnitud de la contaminación actual y su impacto en los ecosistemas costeros del país apenas se ha comenzado a evaluar en unos pocos casos, a pesar de estimarse considerable (Garzón-Ferreira, 1998). Los factores causantes de mayor deterioro en los ecosistemas marinos y costeros en el país son fenómenos tanto naturales como antropogénicos, entre los que se encuentran la sedimentación, las anomalías climáticas, la acumulación de contaminantes y basuras, la interrupción de los flujos bioenergéticos, la sobreexplotación de los recursos marinos, la utilización de artes de pesca altamente destructivas y las actividades turísticas.

El deterioro de los ecosistemas ocasionado por las actividades antropogénicas es mayor en las áreas localizadas alrededor de las desembocaduras de los grandes ríos y de los centros urbanos, donde convergen la presión poblacional, el turismo y la industria (Johannes y Betzer, 1975).

Manglares y lagunas costeras

Los manglares y lagunas costeras, por ser los ecosistemas ubicados en las desembocaduras de los ríos, son los primeros en recibir el impacto de los contaminantes y sedimentos transportados desde los grandes centros poblacionales, industriales y agrícolas del país. Los manglares tienen una gran capacidad para retener elementos disueltos y suspendidos; sin embargo, en algunas zonas se ha rebasado esta capacidad. A esto se suma la intervención de los bosques y los recursos pesqueros en forma tal que la extensión y calidad de estos ecosistemas se ha visto altamente reducida y deteriorada.

Los manglares del Caribe han recibido una amplia gama de impactos, entre los que se cuentan como más fuertes la alteración del régimen hídrico, la tala, el relleno, la sobreexplotación y la contaminación. En los manglares y lagunas del Caribe la alteración del régimen hídrico ha provocado un deterioro notable en áreas como la isla de Salamanca y la CGSM, Tesca y del Francés, donde los suelos se han hipersalinizado y el manglar ha muerto (IDEAM, 1998). Este fenómeno ha sido provocado por la construcción de obras civiles y la ampliación de las fronteras urbanas, agrícolas y ganaderas. Aunque en menor grado, estos factores también han ejercido un impacto negativo sobre otros manglares del Caribe, especialmente alrededor de los grandes centros poblacionales como Riohacha, Barranquilla, Tolú, Coveñas, Turbo y San Andrés. En muchos de estos casos la recuperación es prácticamente improbable dado que no se han hecho suficientes esfuerzos para lograrla. Un caso diferente es el de la CGSM, la isla de Salamanca y la ciénaga de Tesca, en donde se han emprendido trabajos que pretenden devolver al sistema su dinámica natural por medio de dragados, obras de ingeniería y reforestación, logrando resultados alentadores.

En el Pacífico colombiano se concentra la mayor extensión de manglares del país, los cuales ocupan una franja casi continua y de ancho variable. Aunque en esta costa el impacto sobre el ecosistema ha sido de menores dimensiones, se calcula que hubo una reducción neta del 5% (Casi 14000 ha) de estos manglares entre 1969 y 1996, la mayor parte de la cual se ha dado en el Cauca, como consecuencia de la tala para construcciones, aprovechamiento de madera y desarrollo agropecuario (Vargas, 2002), además de procesos erosivos fluvio-marinos y desalinización de suelos (Garzón-Ferreira, 1998). Los manglares ubicados en las bahías de Buenaventura y Tumaco también enfrentan problemáticas que los han conducido a su deterioro. En la bahía de Buenaventura, debido al alto nivel de intervención por aprovechamiento forestal, la proliferación de asentamientos humanos y la contaminación por residuos líquidos y sólidos, los árboles de mangle son muy bajos y poco desarrollados (Sánchez *et al*, 1997). En Nariño los manglares han recibido impactos derivados de la explotación para la obtención de taninos, la construcción de piscinas camaroneras, la sustitución por cultivos agrícolas de subsistencia y la obtención de leña. Por otra parte, las autoridades locales han emprendido proyectos de recuperación, lo que sumado a la disminución del impacto por el cese del aprovechamiento y la reducción en el mercado de camaroneras, ha propiciado una lenta recuperación de este ecosistema.

La eutroficación de los ecosistemas acuáticos costeros es otro problema que está afectando a las lagunas costeras cercanas a los grandes centros poblacionales y las desembocaduras de las principales arterias fluviales, tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano. Se ha registrado presencia elevada de nutrientes y cambios en las poblaciones de especies características en zonas como Riohacha, las ciénagas de Mallorquín, Tesca, Santa Marta, en los manglares aledaños a Turbo, San Andrés y en las aguas interiores de las bahías de Buenaventura y Tumaco. En la CGSM la carga orgánica descargada por el río Magdalena y los pueblos palafíticos ha originado deficiencias de oxígeno, proliferación de algas, mortalidades masivas de peces y disminuido la diversidad de especies, afectando las funciones y estructura del ecosistema lo que produce un daño y cambios sucesionales; en la aparición de estos fenómenos puede estar implícita la acción de la entrada de contaminantes al sistema.

Playas y litorales rocosos

Las playas y los litorales rocosos han sufrido directamente el impacto del turismo y el crecimiento poblacional. Las poblaciones de invertebrados que habitan playas y acantilados han sido diezmadas e inclusive agotadas en los sitios de mayor afluencia turística. En estas zonas raramente se observan las cantidades y variedades de crustáceos y moluscos que normalmente habitan en áreas naturales y que se pueden observar más frecuentemente en las zonas de reserva o en los sitios de menor afluencia de turistas. Estas poblaciones constituyen un recurso alimenticio para animales como aves, peces, reptiles y mamíferos, comenzando así a perjudicarse la cadena alimenticia de estos litorales.

Igualmente, la actividad turística y la inadecuada disposición de desechos han impactado la calidad paisajística de estos ecosistemas, por la acumulación de basuras, aguas turbias y malos olores, redundando en el deterioro de estos hábitats que generan importantes ingresos económicos a los pobladores locales y a la Nación.

El efecto de los contaminantes sobre las playas y litorales rocosos ha sido escasamente estudiado en el país. Fenómenos como el impacto de los derrames de petróleo sobre los ecosistemas costeros reciben escasa atención. Aunque no se cuenta con información cuantitativa, en general se puede decir que las comunidades de playas y litorales que han sido más fuertemente impactados por la contaminación y la sobreexplotación son aquellas ubicada en las cercanías o frente a los centros poblacionales y turísticos, como Santa Marta, Cartagena, el golfo de Morrosquillo y San Andrés.

Arrecifes coralinos y praderas de pastos marinos

Los arrecifes coralinos y las praderas de fanerógamas son ecosistemas altamente sensibles y vulnerables ante los factores de deterioro presentes en las costas colombianas. Hay evidencias claras que sugieren que las últimas dos décadas han sido escenario de alteraciones ambientales dramáticas de cobertura regional o local, entre ellos la reducción de la cantidad de coral vivo, el blanqueamiento, la proliferación de algas y el incremento en la incidencia de enfermedades de los corales (Garzón-Ferreira, 1998).

Algunos trabajos desarrollados en Colombia muestran que el proceso de deterioro coralino ha alcanzado niveles preocupantes. Así mismo, las observaciones llevadas a cabo desde 1988 hacen notar que el deterioro es generalizado, no sólo en sitios sometidos a intensa actividad humana, sino también en sitios aislados como los bancos Quitasueño, Serrana, Roncador, o el bajo Tortugas (Díaz *et al*, 2000). Esto indica que los corales son particularmente vulnerables al efecto de los fenómenos climáticos globales; sin embargo, no por este hecho se puede desestimar el efecto negativo resultante de las actividades antropogénicas incompatibles con el equilibrio natural de estos ecosistemas.

El promedio general de coral vivo en el país parece haber descendido a valores entre 20 y 30%. Esta liberación de sustrato arrecifal, como consecuencia de la muerte de los corales, ha facilitado igualmente la proliferación generalizada de las algas (Garzón-Ferreira, 1998), principales competidores de los corales en la lucha por el espacio y la luz en los arrecifes. En la costa Caribe las evaluaciones de coral recién muerto indican que en promedio un 38% de los corales arrecifales ha muerto recientemente. En el Pacífico las reducciones han sido dramáticas pero temporales, asociadas generalmente a los periodos de ocurrencia del fenómeno El Niño (Garzón-Ferreira, 1998).

Las principales causas de degradación de los arrecifes coralinos han sido los cambios drásticos de temperatura ocurridos durante El Niño, el aumento en las tasas de sedimentación en las desembocaduras de los ríos y la descarga de desechos sólidos, tóxicos y aguas negras. Se ha demostrado ampliamente que los incrementos en la sedimentación, turbidez y contenido de nutrientes disueltos en las aguas costeras, tienen un efecto negativo en la sobrevivencia y desarrollo de los corales formadores de arrecifes; así mismo, el aumento de los niveles de nutrientes disueltos puede favorecer la proliferación de algas (Garzón-Ferreira, 1999).

Por otra lado, el incremento reciente en la frecuencia e intensidad de enfermedades en organismos arrecifales y la aparición de otras aparentemente nuevas, son supuestamente síntomas del deterioro de la calidad de las aguas, debido principalmente a la contaminación crónica de las áreas adyacentes (Garzón-Ferreira, 1998).

La zona donde se ha observado más dramáticamente el deterioro de las formaciones de corales y praderas de fanerógamas en el país es en la bahía de Cartagena. Hay evidencias que, hasta hace aproximadamente 50 años, en el interior de la bahía existían formaciones coralinas vivas y praderas de fanerógamas; actualmente han desaparecido o están en avanzado estado de deterioro, proceso que se inició hace tres siglos con la apertura del canal del Dique y la consiguiente llegada de una alta carga de sedimentos. Igualmente, la contaminación química ha sido identificada como otro agente potencial de degradación arrecifal (Garzón-Ferreira,

1998) debido al desagüe de los desechos industriales y domésticos de la zona industrial de Mamonal y Cartagena.

El efecto de los contaminantes sobre los ecosistemas coralinos y las praderas de fanerógamas ha sido poco estudiado en el país. Se sabe que la presencia de compuestos organoclorados produce un aumento en la tasa de respiración/fotosíntesis, provocando una disminución en el crecimiento coralino (Ferguson y Johannes, 1975). Igualmente, en otros países se han hecho estudios sobre la asimilación de otros contaminantes en los tejidos de los corales; sin embargo, el conocimiento de los efectos directos sobre la calidad total ecosistémica está muy lejos de determinarse.

Fondos sedimentarios y sistemas pelágicos

El mayor impacto que reciben los organismos que habitan los extensos fondos sedimentarios es la influencia de las actividades industriales tales como el manejo de hidrocarburos, la contaminación industrial y la pesca semi-industrial de camarón. Muchos recursos pelágicos han sido diezmados por la sobreexplotación, tanto en el Caribe como en el Pacífico. En Colombia es difícil evaluar la calidad ambiental de estas comunidades pues aún no existen estudios de referencia para evaluar impactos y perturbaciones sobre los sistemas bénticos, pelágicos y planctónicos componentes.

CONCLUSIONES

- En forma general, en los sectores costeros de Colombia, se han identificado los principales tipos de contaminantes químicos y microbiológicos que son descargados a los ecosistemas marino-costeros, destacándose los residuos líquidos domésticos, los industriales, los de explotación, transporte y usos del petróleo, los ríos, los de actividades agropecuarias y los de explotación y manejo de minerales. Las principales vías de entrada de estos contaminantes son los ríos y los vertimientos directos al mar.
- Las zonas costeras mayormente impactadas en Colombia corresponden a los cuerpos de agua de Cartagena en el Caribe, y a la bahía de Buenaventura en el Pacífico. En estas áreas, la contaminación microbiológica es alta, como consecuencia de las descargas de aguas negras a través del alcantarillado sanitario, los emisarios de emergencia y los que se hacen en forma directa sin ningún tratamiento. La conjugación de las descargas y el régimen de circulación de corrientes, favorecen la permanencia de coliformes en niveles no permisibles en algunos sectores turísticos, como Castillo Grande y El Laguito en Cartagena, y Juanchaco y

Ladrilleros en cercanías de Buenaventura. De igual forma, las descargas han llevado a los cuerpos de agua adyacentes a la eutrofización, la sedimentación acelerada y el deterioro ambiental generalizado.

- Aunque los efectos que ejercen estas cargas de contaminantes sobre los organismos y poblaciones marinas se conocen poco, a nivel ecosistémico es notoria la disminución de la calidad en arrecifes, praderas marinas, manglares y playas, ocasionada tanto por fenómenos naturales como por impactos de las actividades y poblaciones humanas. En el mapa de la figura 43 se indican las zonas en donde los ecosistemas marinos y costeros presentan mayor grado de deterioro. Puede observarse claramente que se concentran alrededor de los grandes centros poblacionales: Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, San Andrés, Tolú-Coveñas, Riohacha y Turbo en el Caribe y Buenaventura y Tumaco en el Pacífico.

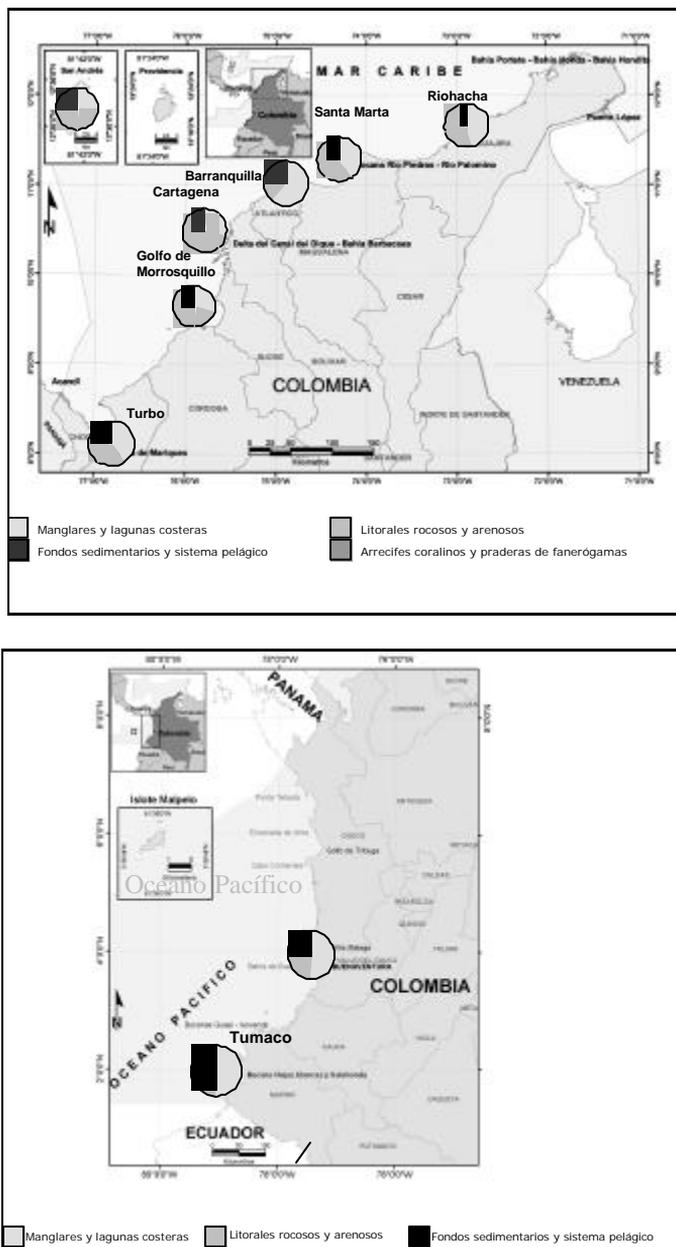


Figura 43. Mapas del Caribe y Pacífico colombianos en donde se muestran los sitios de mayor impacto sobre los ecosistemas marinos y costeros. De manera cualitativa se muestra dentro de cada círculo los ecosistemas impactados o vulnerables.

AMENAZAS Y RIESGOS AMBIENTALES EN LAS ZONAS COSTERAS COLOMBIANAS

David A. Alonso, Martha P. Vides y Marelvis Londoño*

INTRODUCCIÓN

En Colombia, como en la mayoría de los países del mundo, existen diversas instituciones en el ámbito nacional, departamental y municipal, responsables de aportar información necesaria para el establecimiento de políticas y programas de prevención de desastres; aunque la operatividad y eficiencia de las mismas sólo se ve en situaciones extremas de emergencia. En Colombia, la baja asignación de recursos para la investigación, ha dejado un gran vacío en estos temas y aunque se ha avanzado notablemente en esta última década, aún se está muy lejos de alcanzar un sistema y una información básica para el establecimiento de políticas y programas en este ámbito.

Algunas de las acciones más concretas en los que el país ha trabajado se podrían establecer a partir de la Ley 388 de 1997, en la que se reglamenta la formulación de estudios de amenazas y riesgos para la realización de los esquemas y planes de ordenamiento territorial - POT de los diferentes municipios (Vargas, 1999); pese a ello, los resultados obtenidos en la gran mayoría, no reúnen la calidad técnica ni científica, para constituirse en verdaderas herramientas para la elaboración de políticas. Incluso se observa en la mayoría de los POT de los municipios costeros, que el tema de amenazas y riesgos no tuvo un tratamiento especial o diferente al de los demás municipios del país, sin tenerse en cuenta que por poseer una franja costera y por ende mayor complejidad por su interacción tierra-mar-atmósfera, exige una visión mucho más integral de los problemática a la que se verían enfrentados y en general, las zonas costeras del país.

Son muchas las amenazas y riesgos a la que están expuestas las zonas costeras de Colombia, sin embargo, antes de continuar, es necesario definir a qué se refiere cada uno de estos conceptos en particular: *Amenaza*, se entiende, como el fenómeno o acontecimiento peligroso o arriesgado, natural o antrópico, que puede causar daño físico, pérdidas económicas o poner en peligro la vida humana y el bienestar social y económico de una región. Las amenazas creadas por el hombre pueden derivarse de procesos tecnológicos, actividades humanas con el medio ambiente o relaciones dentro o entre las comunidades (PNUD - UNDRO, 1991; DGPAD, 1989); *Riesgo*, se entiende, como el número total de pérdida de vidas humanas, bienes materiales, económicos o sociales esperados, tras la ocurrencia de un fenómeno dañino de cierta magnitud (PNUD - UNDRO, 1991; DGPAD, 1989); *Desastre*, se entiende como el daño o alteración grave de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma

* Investigadores, Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera - INVEMAR

accidental, que requiera por ello de la especial atención de los organismos del Estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social (DGPAD, 1989).

Entre los principales fenómenos de la naturaleza que crean situaciones de riesgo para la población de la zona costera colombiana se encuentran los fenómenos geológicos, tales como los terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos; fenómenos hidrometeorológicos, como las inundaciones, sequías, maremotos o tsunamis, ciclones tropicales y huracanes.

En el presente capítulo, sólo se abarcará una de las amenazas mencionadas anteriormente relacionada con el fenómeno de cambio climático global que es el posible aumento del nivel del mar.

VULNERABILIDAD DE LAS ZONAS COSTERAS COLOMBIANAS ANTE UN CAMBIO EN EL NIVEL DEL MAR

Actualmente, a nivel de investigación, se han realizado algunos esfuerzos encaminados a tratar de entender si las tendencias actuales del nivel del mar, van a llegar a ser tan críticas que afecten la vida humana de manera dramática en las zonas costeras. No obstante, es poco lo que se sabe sobre el cambio del nivel del mar en Colombia y si las tendencias globales son válidas para sus zonas costeras, reconociendo que el aumento del nivel del mar afecta las regiones de manera diferente y según las circunstancias propias de cada una. Por lo tanto, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés – INVEMAR, como parte del Sistema Nacional Ambiental – SINA, tiene responsabilidades concretas en este tema, de acuerdo con el Decreto No.1276 del 21 de junio de 1994, por el cual se organiza y reestructura. Por ende, deberá colaborar en los estudios sobre el cambio global y en todas aquellas actividades que le fije el Ministerio del Medio Ambiente en desarrollo de la política ambiental internacional. Es a partir de este punto y dentro de la estrategia de implementación de la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia – PNAOCI, que el INVEMAR desarrolló el proyecto de investigación titulado "Defining Vulnerability of Biogeophysical and Socio-economic Systems due to Sea Level Change in the Colombian Coastal Zone (Pacific and Caribbean) and Adaptation Measures" (Definición de la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe y Pacífico) y medidas de adaptación), en el cual se obtienen los resultados que se mencionan a continuación.

Este proyecto se ha venido desarrollando desde septiembre del 2000 en el INVEMAR a través del Grupo de investigación interdisciplinario del Programa para la Gestión Marina y Costera -GEZ. Es un proyecto inter y multidisciplinario en el que han participado profesionales de varias instituciones entre las cuales se incluyen, además del INVEMAR, la Universidad EAFIT, el Instituto Alexander von Humboldt, los Centros de Investigación de la Armada (CCCP y CIOH), el Ministerio del Medio Ambiente y algunos consultores externos como Amparo Ramos, Rafael Steer Ruiz y Carlos Andrade. Mediante tres talleres nacionales se ha

vinculado la participación de científicos nacionales y entidades que trabajan en el tema de cambio climático, así como los tomadores de decisiones con injerencia en las zonas costeras colombianas.

Este proyecto pretende contribuir directamente a la estimación de los efectos del cambio en el nivel del mar sobre la zona costera, la determinación de la vulnerabilidad y las posibles medidas de adaptación; hace parte del Programa Holandés de Asistencia para Estudios sobre Cambio Climático (Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme - NCCSAP), y se desarrolla bajo la cofinanciación del NCCSAP a través del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Libre de Amsterdam, el Ministerio de Cooperación para el Desarrollo de Holanda, por intermedio de la Embajada Real de Los Países Bajos en Colombia y el INVEMAR.

MARCO METODOLÓGICO

Como base se utilizó la Metodología Común propuesta por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC, que consiste en siete pasos diferentes e interrelacionados, cuya meta final es la producción de un plan de acción orientado a suministrar medidas que aminoren los impactos del aumento en el nivel del mar y a la identificación de estrategias de respuesta ante el mencionado fenómeno (Figura 44).



Figura 44. Metodología Común propuesta por el IPCC (1992) modificada

PASO 1. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES DE RIESGO

Límites del área de estudio

El área de estudio se definió como la zona para la cual se determina un perfil de vulnerabilidad ante un posible ascenso en el nivel del mar. Esta área puede definirse como una región específica dentro del país o como la totalidad del mismo.

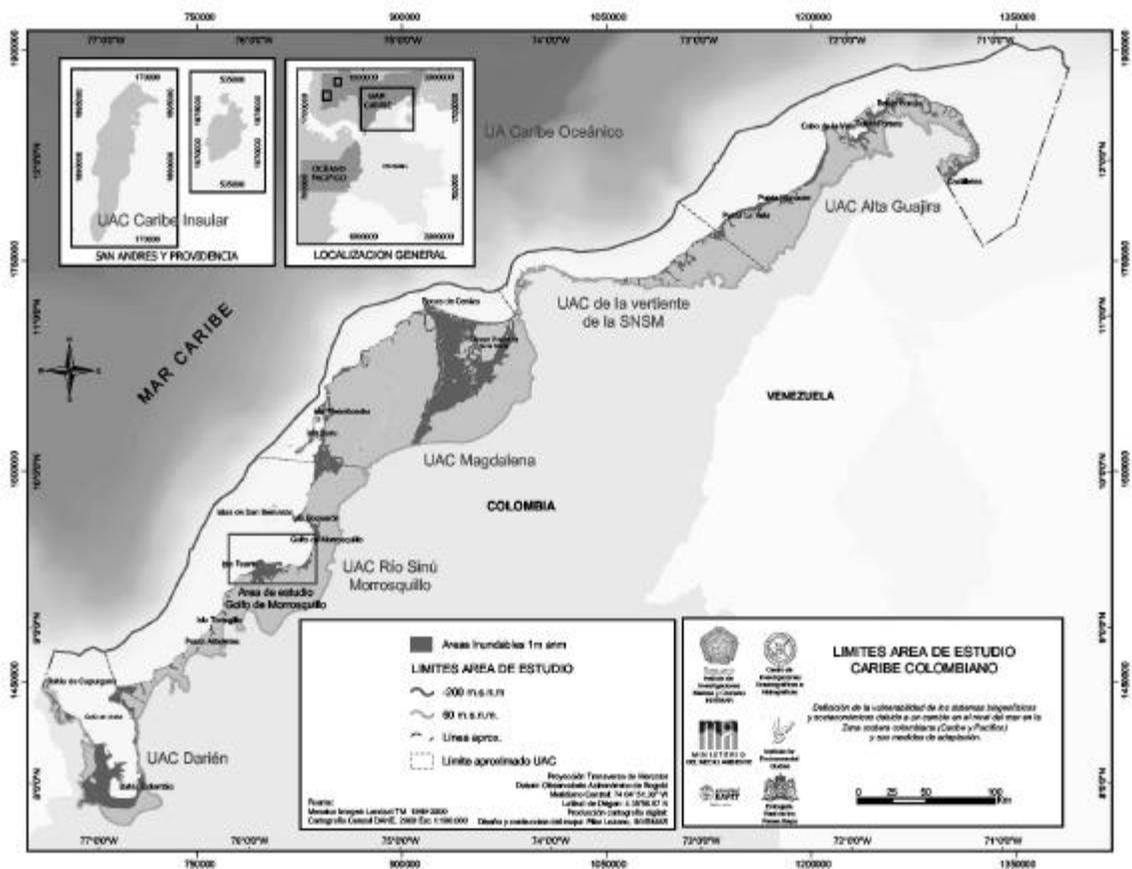
Tal como se aprecia en las figuras 45 y 46 para el área de estudio se determinaron límites en tierra y en el mar. La extensión tierra adentro del área de estudio debe, como mínimo, contener las zonas que serían afectadas físicamente por un posible aumento en el nivel del mar. Por otro lado, la extensión del área de estudio sobre el mar debe estar basada en los impactos ecológicos del cambio climático sobre los ecosistemas presentes en el área de estudio, tales como: arrecifes de coral, praderas de fanerógamas, lagunas costeras, estuarios, manglares, playas y acantilados, bosque seco tropical, desierto tropical y bosque húmedo tropical. (IPCC, 1992).

Para elegir los límites terrestres y marinos del área de interés se evaluaron criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos, al igual que la disponibilidad de la información concerniente a los mismos. La tabla 29 muestra los criterios utilizados.

Tabla 29. Criterios de evaluación para la elección del área de estudio

| FÍSICOS | BIOLÓGICOS | SOCIALES | ECONÓMICOS | POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS |
|---|---|--|---|---|
| Fenómenos meteorológicos Intrusión salina Erosión y/o acresión Subsidencia Mareas Corrientes Movimientos tectónicos | Extensión de los ecosistemas costeros que dependen del mar Extensión máxima de los ecosistemas arrecifales | Extensión de los asentamientos humanos costeros Límites político administrativos Identidad étnica y cultural costera | Infraestructura (Puertos, vías, sistema eléctrico, industria) Zonas de ganadería Zonas agrícolas Zonas de pesca y acuicultura Turismo Zonas de extracción minera Zonas de extracción maderera | PNAOCI Jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales o Desarrollo Sostenible Límites político-administrativos Presencia de áreas protegidas Límites y tratados internacionales |

Figura 45. Delimitación del área de estudio en el Caribe continental



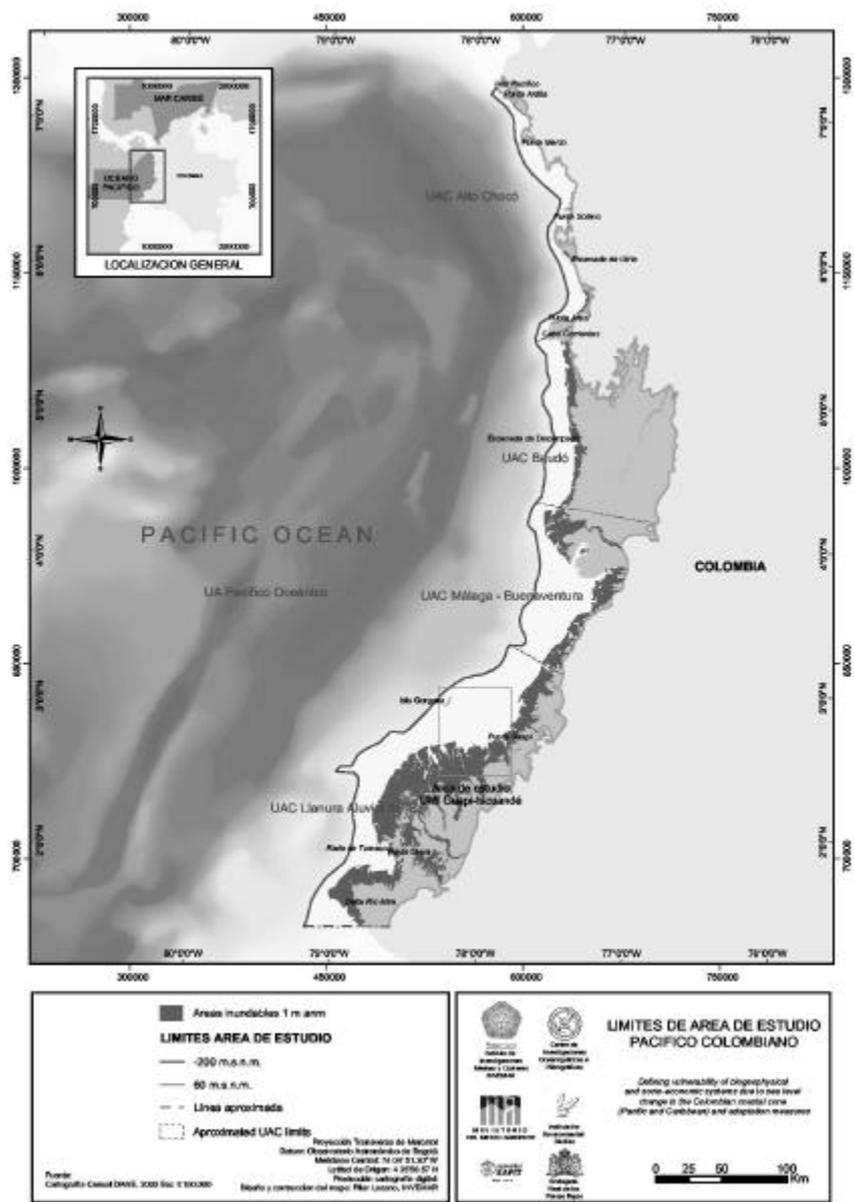


Figura 46. Delimitación del área de estudio en el Pacífico Continental

Límites tierra adentro:

El primer acercamiento hacia la definición de este límite se llevó a cabo al interior de varias discusiones entre expertos de diferentes disciplinas pertenecientes al grupo de trabajo del proyecto en el INVEMAR. La primera aproximación fue demarcar un límite coincidente con la delimitación política y administrativa de Colombia y consecuentemente, con el límite externo de los municipios costeros. Sin embargo, esta primera aproximación abarcó un área demasiado amplia y con características físicas que probablemente no se verían directamente afectadas por un eventual ascenso rápido en el nivel del mar (ARNM). Una segunda aproximación fue la elección de una cota de altura disponible y representada en la cartografía de la zona costera colombiana; los mapas cartográficos proporcionados por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) a escala 1:100000, muestran una cota mínima de 50 m, razón por la cual se hará necesario el levantamiento topográfico de cotas de nivel mucho más finas para las zonas que el proyecto arroje como críticas. No obstante, la elección de una cota de nivel de 60 m, encierra un área lo suficientemente extensa y apropiada para una posible delimitación del área de estudio.

Desde el punto de vista geológico y geomorfológico, se considera que el límite de 60 m sería apropiado debido a la conveniencia de su representabilidad en mapas, a una mayor cantidad y calidad de la información sedimentológica disponible: fallas, fracturas geológicas, epicentros sísmicos y diapirismo, entre otros. Este tipo de información, visto desde el nivel de escala propuesto, proporcionará valiosas herramientas en el momento de realizar aproximaciones de las consecuencias causadas por un ARNM.

Dentro de muchos estudios análogos al presente y llevados a cabo en otros países, se demuestra que los fenómenos de intrusión salina sobre los ríos, pueden llegar a aumentar la amplitud de la delimitación del área de estudio; no obstante, se considera que los efectos de este fenómeno no tendrán impacto en zonas más allá del límite trazado por la curva de nivel de los 60 m y, por lo tanto, se considera que la elección de límite terrestre basado en esta curva resulta apropiado para la presente evaluación.

Límite marino:

El límite inferior de la línea batimétrica de 200 m que bordea ambas costas colombianas, fue escogido debido a que, desde el punto de vista oceanográfico, la caracterización de una zona marina específica obedece a un conjunto de parámetros físicos que involucra corrientes, vientos, variaciones de temperatura, salinidad y otros. Estos parámetros y su variabilidad, normalmente no obedecen a fenómenos de orden local y más bien están sujetas a condiciones de orden regional. El límite marino de 200 m aparece como el más indicado, porque en ambas costas abarca áreas suficientes para la descripción de las condiciones oceanográficas de la subzona marítimo costera o franja mar afuera.

De igual forma, se tuvo en cuenta el concepto de plataforma continental, terminología adoptada desde 1952, y ratificada por la Convención de Ginebra de

1958 (Art. 1º) que designa “El lecho del mar y el subsuelo de las zonas marinas adyacentes a las costas pero situadas fuera de la zona del mar territorial, hasta una profundidad de 200 metros o más allá de ese límite, hasta donde la profundidad de las aguas suprayacentes permita la explotación de los recursos naturales de dichas zonas” (Steer *et al.*, 1997).

Este límite, de igual forma, asegura abarcar todos los ecosistemas marinos y costeros considerados dentro del proyecto, ya que los arrecifes coralinos son los ecosistema que mayor profundidad alcanzan y en las costas colombianas, no sobrepasan los 60 m de profundidad (Díaz *et al.*, 2000).

Adicionalmente, se incorporaron a la evaluación tres casos de estudio:(1) La zona norte de la Unidad Ambiental Costera (UAC) de Morrosquillo, en el sector comprendido entre Tolú y punta Rada; (2) la Unidad de Manejo Integrado (UMI) de las bocanas de los ríos Guapi e Iscuandé y (3) el área urbana del municipio de San Andrés de Tumaco, con el propósito de realizar un análisis más detallado.

Establecimiento de límites de riesgo:

El nivel del mar en las costas colombianas es principalmente modulado por la oscilación de la marea semidiurna (dos pleamares y dos bajamares en un día). Su amplitud es del orden de los centímetros en el Caribe y de los metros en el Pacífico. Sumada a esta oscilación, hay ‘pulsos’ de ondas de distintos periodos que afectan la zona costera.

Ondas de cortos periodos, como las producidas por el oleaje que el estrés del viento construye cuando se forma una tormenta o las ondas que se forman al dislocarse el fondo marino durante un movimiento sísmico, los mares de leva, ciclones tropicales, marejadas o tsunamis en el caso particular de la costa Pacífica, son las que afectan severamente las zonas costeras durante unas horas o unos días, siendo suficientes para impactar todos los sistemas de manera drástica. Las ondas de largo periodo, son aquellas que viajan por los océanos en un intento por equilibrar las fuerzas producidas por la rotación terrestre, la gravedad y los enormes gradientes de presión (como ondas de Rossby u ondas de Kelvin, por ejemplo). Estas oscilaciones pueden tener periodos del orden de las semanas y los meses y son importantes porque el efecto acumulado de las mareas de sicigia que ocurran en la cresta de una onda de este tipo van a ser más altas de lo esperado con los correspondientes efectos, por ejemplo.

Finalmente, la oscilación del nivel del mar que ocurre con periodos inter-anales y más grandes, producen ascensos y descensos graduales que son difíciles de detectar y cuyas tendencias de largo plazo producen cambios lentos pero dramáticos en las zonas costeras. Estas oscilaciones tienen que ver con las ocurridas al cambiar el balance energético del planeta, que hace descongelar los casquetes polares al final de una glaciación, o con el aumento de la emisión de CO₂ en la atmósfera que calienta la superficie del mar o, más generalmente, a la expansión de volumen que ocurre en el mar al tener más calor (expansión térmica) que implica el aumento de la columna de agua, manifestado en el ascenso del nivel.

La probabilidad de que oscilaciones del nivel medio del mar produzcan inundaciones parciales sobre la costa puede ser evaluada a través del análisis de los registros históricos de niveles medios de marea. En las costas colombianas es posible ubicar cuatro estaciones mareográficas, dos en el Caribe (Cartagena) y dos en el Pacífico (Tumaco y Buenaventura). Estos registros pueden ser traducidos en elevaciones máximas de nivel promedio del mar que reflejan la probabilidad y el riesgo de inundación de cada una de las costas.

A partir de los datos de estas estaciones se genera un modelo de predicción de eventos extremos, lo cuales son de gran importancia para evaluar las posibles áreas de riesgo causados por un súbito ascenso del nivel del mar.

Debido a la ausencia de una cartografía detallada que muestre cotas de nivel inferiores a 25 m o 60 m (para algunas regiones del Pacífico colombiano), es necesario desarrollar un modelo basado en la construcción de representaciones digitales de elevación, que permiten comparar los valores de altura del terreno con los de frecuencia de inundación de acuerdo con el área geográfica estudiada, generando como resultado un mapa de áreas de riesgo para cada caso. Para generar este modelo, se hizo indispensable contar con el conocimiento e inventario del área de estudio, lo cual es llevado a cabo en el siguiente paso de la metodología común (IPCC, 1994), de modo que la descripción detallada de el modelo en mención será explicada en el paso 2.

Dentro de los supuestos que fueron generados para la realización del modelo se consideraron los siguientes:

1. La línea de inundación máxima, determinada mediante criterios geomorfológicos, se asumió como la cota de 1 m; es decir, si se espera un aumento del nivel del mar de 1 m de altura en 100 años, entonces el área de inundación demarcado corresponde al área inundada por el ascenso de un metro de altura y por lo tanto este límite corresponderá a la cota de 1m.
2. Los datos de nivel medio del mar proveniente de las estaciones mareográficas de Cartagena, fueron extrapolados como valores para todo el Caribe. De igual forma, la serie de datos de Buenaventura, por tener un registro histórico mayor al de Tumaco, se extrapoló al resto de la cuenca Pacífica colombiana.

Usando este modelo fue posible generar áreas de riesgo con probabilidades de inundación en tres períodos de tiempo establecidos por la metodología común IPCC; un evento súbito de inundación cada diez años, cada 100 años y cada 1000 años (1/10, 1/100 y 1/1000). En la tabla 30 se muestran los resultados obtenidos para el establecimiento de estas áreas de riesgo actual y futuro (2100).

Tabla 30. Valores de nivel medio del mar en metros, causados por eventos oceanográficos extremos en períodos de 10 años, 100 años y 1,000 años, con base en el modelo de predicción

| ÁREA GEOGRÁFICA | RIESGO ACTUAL (m) | | | RIESGO FUTURO (m) | | |
|-------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| | Área I 1/10 | Área II 1/100 | Área III 1/1000 | Área I 1/10 | Área II 1/100 | Área III 1/1000 |
| Costa Caribe | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1.8 | 1.9 | 1.9 |
| Costa Pacífica | 4.1 | 4.3 | 4.4 | 5.1 | 5.3 | 5.4 |
| Caso UMI-Guapi Iscuandé | 4.1 | 4.33 | 4.4 | 5.1 | 5.3 | 5.4 |
| Caso golfo de Morrosquillo | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1.8 | 1.9 | 1.9 |
| Caso área urbana de Tumaco | 0.3 | 4.6 | 6.3 | 1.3 | 5.6 | 7.3 |

PASO 2. INVENTARIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

En este paso se realizó la colección de información secundaria y datos relevantes para caracterizar el área de estudio definida en el paso 1. Sobre el área de estudio, se generó una línea base teniendo como ejes temáticos los componentes biótico, físico, social, económico y de gobernabilidad. Dicha caracterización permitió conocer las dinámicas de los procesos costeros, el valor intrínseco y la identificación de los servicios ambientales de los ecosistemas marinos y costeros, la tendencia poblacional y los indicadores de calidad de vida, así como la evolución de los sectores económicos, con el fin de generar escenarios futuros que sirvieran de soporte a la evaluación temporal (años 2001 y 2030). En la tabla 31 se presentan algunos de los principales resultados actualizados de la caracterización del sistema natural tanto físico como de hábitat y especies.

El área de estudio definida para la Zona Costera del Caribe Continental – ZCCC, alcanza una extensión de 26898 km² correspondientes al 2.4% del territorio nacional (1141414 km² sin incluir la extensión de mar territorial). Esta área alberga 81 municipios con una población total de 5924481 habitantes que representan el 13.5% de la población nacional y el 87% de la zona costera colombiana en el 2001 (Fuente: DNP-UDS-DIOGS, SISD, 1995-1998). Sin embargo, es importante tener en cuenta que no siempre el 100% del área de estos municipios esta contenida dentro del área de estudio, de modo que bajo las estimaciones realizadas la población de la ZCCC correspondería aproximadamente a 4752137 habitantes en el año 2001 (Figura 47).

Por otro lado, el área de estudio dentro de la Zona Costera Pacífico – ZCP, comprende parte de los departamentos de Chocó, Cauca (incluye las islas de Gorgona y Gorgonilla), Valle del Cauca (incluye la isla de Malpelo) y Nariño. De este grupo, sólo el departamento del Chocó tiene también costa sobre el mar

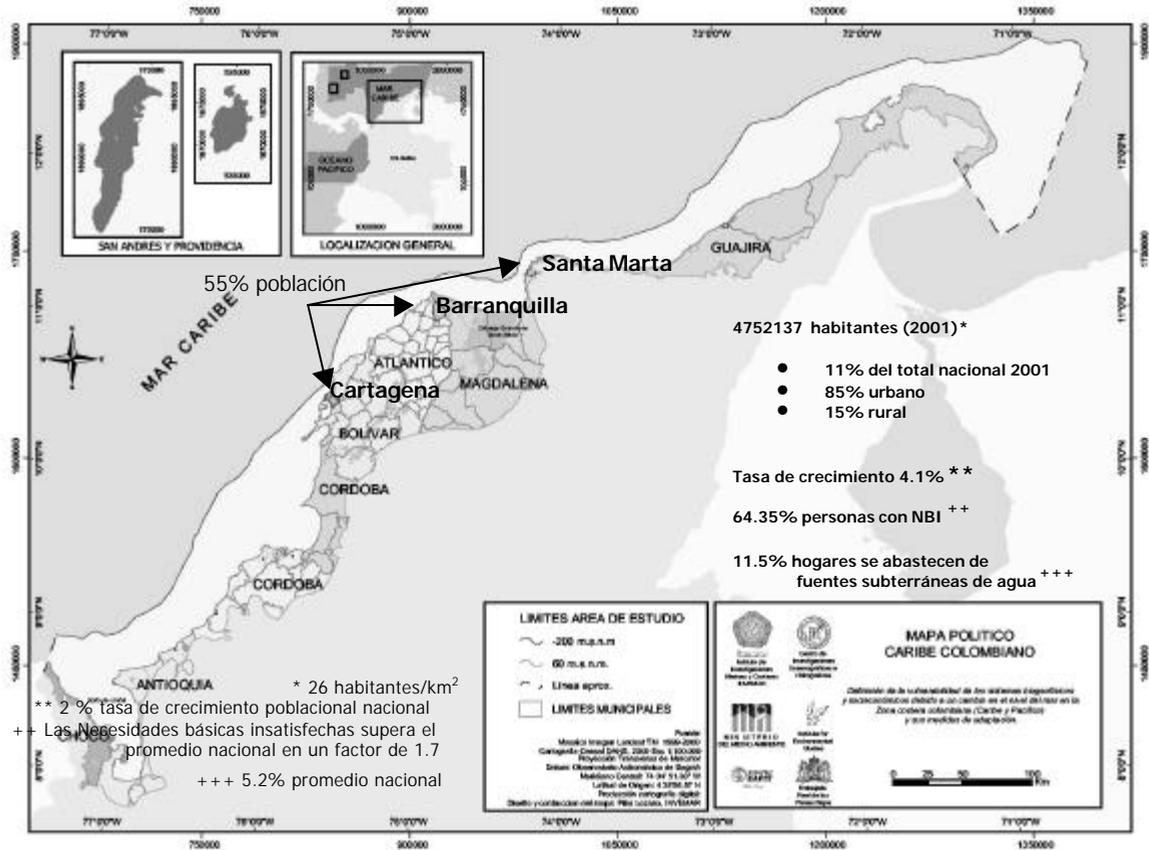
Caribe. Dentro del área de estudio, estos departamentos ocupan una extensión de 23505 km² representando el 2% del territorio nacional. Los 25 municipios que integran esta zona albergan un total de 795195 habitantes, que representan el 11.7% de la población de la zona costera y el 1.8% de la población nacional. Los datos anteriores corresponden al total municipal, sin embargo, si se hace referencia estricta al área de estudio las estimaciones indican que en el año 2001 aproximadamente 561296 personas habitan la ZCP (Figura 48).

Tabla 31. Características físicas más relevantes dentro del área de estudio del proyecto

| Información del sistema natural Características físicas | Unidad | Nacional | Costas | | Casos de estudio | | |
|--|-------------------|--------------------|-----------|----------|------------------|---------------|--------|
| | | | Caribe** | Pacífico | G. Morrosquillo | UMI-Guapi | Tumaco |
| Costa natural baja | | | | | | | |
| Longitud | km | 4 090.4 | 1 363.3 | 2 727.1 | 148.0 | 105.6 | 49.9 |
| Área | km ² | 31 040.2 | 17 743.1 | 13 297.2 | 296.1 | 573.3 | 14.2 |
| Costa natural alta | | | | | | | |
| Longitud | km | 35 130.4 | 19 106.3 | 16 024.3 | 444.1 | 678.9 | 64.1 |
| Área | km ² | 21 299.4 | 10 437.2 | 10 862.2 | 0.4 | 253.5 | 0.0 |
| Costa artificial | | | | | | | |
| Longitud canales- Canal del Dique | km | 114.0 | 114.0 | **** | **** | **** | **** |
| Longitud costa urbanizada | km | 94.1 | 30.6 | 63.5 | 4.3 | **** | 56.0 |
| Área urbanizada | km ² | 365.3 | 306.4 | 58.9 | 5.5 | 2.1 | 26.0 |
| Longitud de costa | km | 5 702.8 | 2 255.6 | 3 447.2 | 141.2 | 94.0 | 56.0 |
| Área de estudio en porción terrestre | km ² | 52 132.8 | 28 477.3 | 23 655.5 | 754.2 | 906.5 | 26.0 |
| Área de estudio en porción marina | km ² | 51 677.0 | 34 987.4 | 16 689.6 | 1 449.5 | 1 578.8 | 0.0 |
| Recursos hídricos | | | | | | | |
| Número de ríos principales que entran al mar (f.c.i) | # | 36.0 | 27.0 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | **** |
| Caudal anual promedio (f.c.i) | m ³ /s | 15 721.0 | 10 674.0 | 5 047.0 | 290.8 | 1 200.0 | **** |
| Descarga de sólidos suspendidos (f.c.i) | Tn/día | 333 851.0 | 308 051.0 | 25 800.0 | 5 452.0 | 3 810.0 | **** |
| Nombre de los principales ríos que desembocan al mar | | Magdalena San Juan | Magdalena | San Juan | Sinú | Guapi Icuande | N.A. |
| Área de drenaje | km ² | | 257 438.0 | 15 180.0 | 14 915.0 | **** | N.A. |
| Caudal promedio anual +++ | m ³ /s | | 7149.5 | 2054.2 | 290.8 | 1 200.0 | N.A. |
| Descarga máxima 1 en 50 años | m ³ /s | | 13000++ | **** | **** | **** | N.A. |
| Descarga de sedimentos al mar | Tn/año | | 180 x 106 | **** | **** | **** | N.A. |
| Distancia de influencia de la cuña salina (<30) | km | | 22.0 | **** | **** | **** | N.A. |
| Medidas de la estación | | | | | | | |
| Distancia a la costa (a lo largo del río) | km | | 110.0 | **** | **** | **** | N.A. |
| Máximo nivel del agua 1 en 50 años | m | | 8.5 | **** | **** | **** | N.A. |
| Máximo nivel del agua 1 en 10 años | m | | 8.8 | **** | **** | **** | N.A. |
| Meteorología | | | | | | | |
| Amplitud de la marea | m | | 0.4-0.5 | 04-Jun | **** | **** | 4-4.5 |
| Aumento máximo del nivel medio del mar | cm | | 22.0 | 10.0 | **** | **** | -4.0 |
| Fenómenos naturales (registrados entre 1931-2002) | | | | | | | |
| Inundaciones | # | 214.0 | 161.0 | 53.0 | 5.0 | 5.0 | 2.0 |
| Tormentas tropicales | # | 108.0 | 93.0 | 14.0 | 1.0 | 1.0 | **** |
| ANM | # | 74.0 | 27.0 | 49.0 | 2.0 | 2.0 | 14.0 |
| Invierno | # | 73.0 | 54.0 | 17.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0 |
| Huracán | # | 36.0 | 34.0 | 2.0 | **** | **** | **** |
| Sismo | # | 23.0 | 11.0 | 12.0 | **** | **** | 4.0 |
| Erupción volcánica | # | 5.0 | 5.0 | **** | **** | **** | **** |
| Destrucción de hábitat | # | 9.0 | 5.0 | 3.0 | **** | **** | 1.0 |
| Tsunami | # | 1.0 | **** | 1.0 | **** | 1.0 | 1.0 |

(*)Para el área de estudio, (**) incluye el Caribe insular, (*****) no existe información disponible, (++) datos entre 1922-2001, (+++) datos de los últimos 20 años, (f.c.i) ríos con información disponible, (N.A.) no aplica

Figura 47. Características demográficas e indicadores de calidad de vida para la zona costera del Caribe colombiano



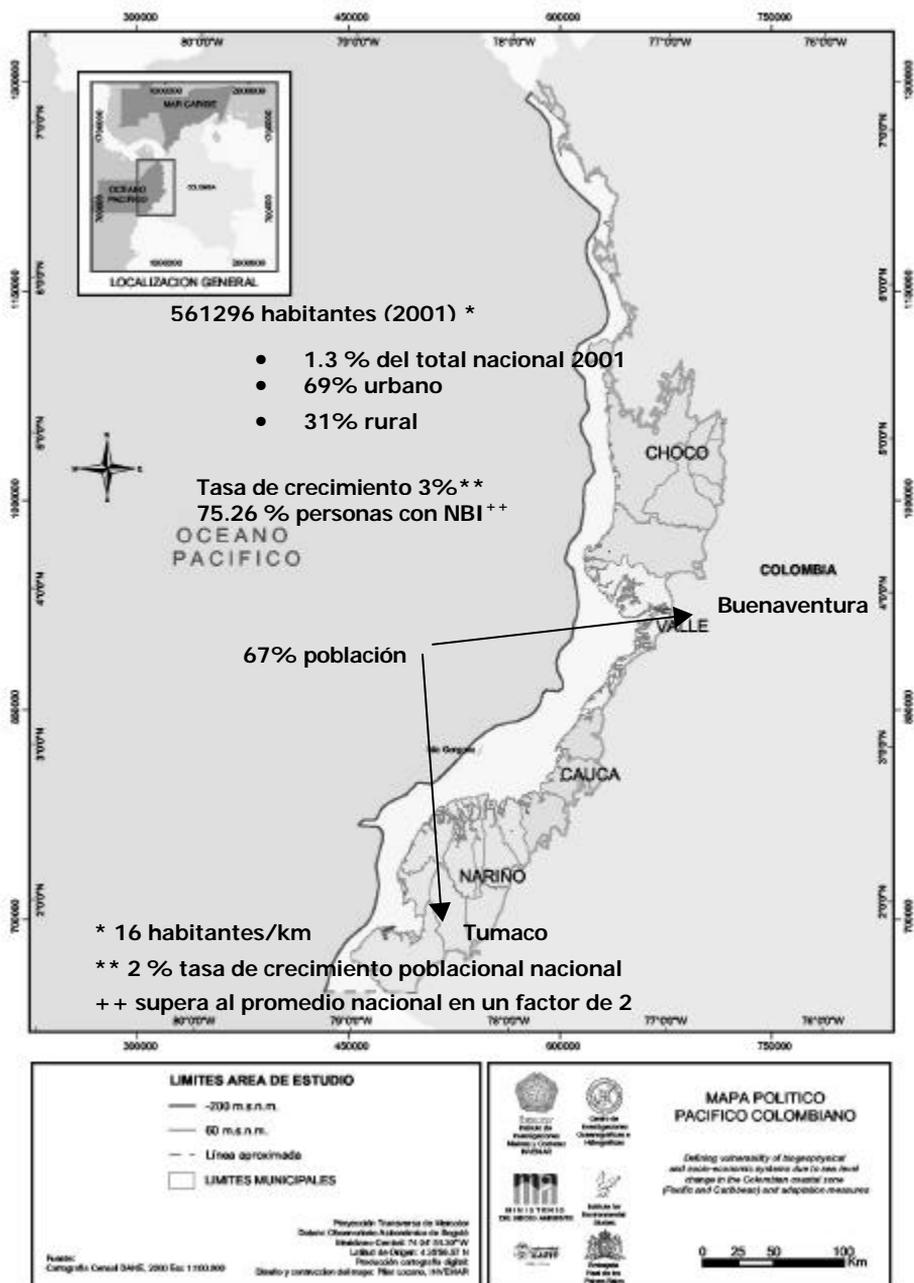


Figura 48. Características demográficas e indicadores de calidad de vida para la zona costera del Pacifico colombiano

En términos generales se identifican cuatro tipos de uso del suelo predominantes en el área de estudio de la ZCCC, el agrícola (29.9%), seguido por uno mixto definido por el ganadero y extractivo forestal (18.2%), el extractivo forestal (12.3%) y en cuarto lugar el ganadero (8.1%). Cabe anotar que un área bastante representativa, del orden del 24.4%, se encuentra bajo la categoría sin uso aparente. El restante 15.2% corresponde a menores extensiones. Por su parte, la ZCP tiene como formas de uso del suelo predominantes las áreas de hábitat de vida silvestre (23.6%), el aprovechamiento maderero (21.1%), la caza y/o pesca (19.2%), y los cultivos transicionales (8.5%). El 28% restante es ocupado por áreas con usos menos representativos en términos de extensión.

Dentro del área de estudio de las ZCCC y ZCP se encuentran seis de los ecosistemas marino costero comunes o unidades ecológicas, a excepción de las praderas de fanerógamas que se localizan únicamente en el Caribe: Fondos de plataforma continental, formaciones arrecifales, playas, litorales rocosos y acantilados, manglares y lagunas costeras y estuarios. De igual forma es posible demarcar tres biomas generales, el zonobioma de desierto tropical y zonobioma de los bosques secos tropicales para la ZCCC y el Zonobioma de Bosque Húmedo Tropical para el área de la ZCP (Tabla 32).

Tabla32. Características bióticas más relevantes dentro del área de estudio. Información aproximada

| Información del sistema natural | Unidad Nacional * | | Costas | | | | Casos de estudio | |
|---|-------------------|----------|----------------------|----------|-------|---------|------------------|--------|
| | | | Caribe ^{**} | Pacífico | Golfo | YML | Tamae | |
| Hábitats y especies | | | | | | | | |
| Ecosistemas terrestres | | | | | | | | |
| Zonobioma de desierto tropical | km ² | 10160.0 | 4300.0 | N.A | **** | N.A | N.A | |
| Zonobioma de los bosques secos tropicales | km ³ | 168.0 | 219.8 | N.A | **** | N.A | N.A | |
| Bosque húmedo tropical | km ³ | 415000.0 | 4159.0 | 9942.0 | **** | 1600.0 | **** | |
| Ecosistemas marino costeros | | | | | | | | |
| Arrecifes coralinos | | | | | | | | |
| Extensión total | km ² | 2860.0 | 2845.3 | 14.7 | | 32.5 | 14.1 | N.A. |
| Extensión de cobertura coralina viva | km ² | 1090.8 | 1090.3 | 0.5 | | 16.6 | 0.3 | N.A. |
| Playas | km ² | 207.9 | 189.6 | 8.3 | | 4.4 | 1.7 | 4.0 |
| Litoral rocoso y acantilados | km | 1383.0 | 378.0 | 1000.8 | | 4.2 | 0.0 | 0.0 |
| Manglar | ha | 379954.0 | 87230.0 | 292724.0 | | 11564.6 | 25817.3 | 1026.0 |
| Lagunas costeras y estuarios | km ² | **** | 2303.3 | **** | | 24.1 | N.A. | 2.6 |
| Especies con algún riesgo de extinción | | | | | | | | |
| <i>Flora</i> | # especies | 48.0 | 14.0 | 34.0 | **** | **** | **** | |
| <i>Fauna</i> | | | | | | | | |
| Mamíferos | # especies | 10.0 | 4.0 | 7.0 | **** | **** | **** | |
| Reptiles | # especies | 16.0 | **** | **** | **** | **** | **** | |
| Aves | # especies | 5.0 | 2.0 | 4.0 | **** | **** | **** | 1.0 |
| Peces marinos | # especies | 43.0 | 41.0 | 18.0 | **** | **** | **** | |
| Invertebrados marinos | # especies | 40.0 | **** | **** | **** | **** | **** | |

(*) Para el área de estudio, (**) incluye el Caribe insular, (***) incluye el PNN SNMS (383000 ha), (****) no existe información disponible, (N.A) no se aplica.

En términos político-administrativos, la Zona Costera Insular ZCI corresponde al departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Este departamento tiene una participación inferior al 1% de toda el área es estudio, de la cual sólo 48.4 km² es emergida y alberga los municipios de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. La población total asciende a 75445 habitantes correspondientes al 1.11% de la población de los municipios de la zona costera y al 0.2% del país en el año 2001 (Figura 49).

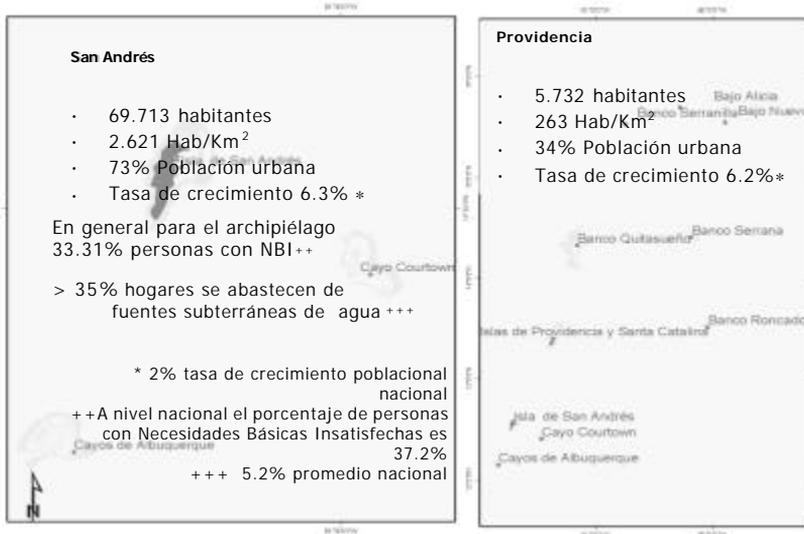


Figura 49. Características demográficas e indicadores de calidad de vida para la zona costera del Caribe insular colombiano

La zona de estudio, incluye parte de los territorios de siete Parques Nacionales Naturales (cuatro en el Caribe y tres en el Pacífico), dos Santuarios de Fauna y Flora, un Vía Parque, dos Reservas de Biosfera y un área Ramsar.

Desde el punto de vista de la gobernabilidad, entendida como *el sistema en el que interactúan la estructura administrativa, las normas y las políticas junto con los administradores y políticos que lo afectan* (Steer et al., 1997; Olsen et al., 1999; Henocque and Denis, 2001), el área de estudio incluye un marco legal, estructura administrativa y actores (administradores y usuarios) involucrados en la gestión costera, que deben ser implicados en la formulación de las estrategias de respuesta que podrían generarse, con el fin de recomendar las acciones para reducir la vulnerabilidad a los impactos causados por el Ascenso del Nivel del Mar-ANM (Tabla 33)

Tabla 33. Marco legal relacionado con las zonas costeras en Colombia

| MARCO NORMATIVO | |
|--|---|
| <p><i>Ordenamiento internacional</i> <i>jurídico</i></p> <p>Los convenios son los instrumentos –internacionales mediante los cuales los gobiernos establecen políticas y líneas de acción en el ámbito mundial, que sirven como marco conceptual para el establecimiento e implementación de las políticas regionales y nacionales.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (Ramsar, 1971) • Conferencia del medio ambiente y el hombre (Estocolmo, 1972) • Convención internacional para la prevención de la contaminación por buques, MARPOL (Londres, 1973) • Acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del Pacífico sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas (Lima, 1981). • Convenio para la protección del medio marino y la zona costera del Pacífico sudeste (Cali, 1981) • Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho al mar (Montego Bay, 1982) • Convenio para la protección y el desarrollo del medio marino en la región del Gran Caribe y el protocolo relativo a la operación para combatir los derrames de hidrocarburos en la región del Gran Caribe (Cartagena, 1983) • Protocolo para la conservación del Pacífico sudeste contra la contaminación proveniente de las fuentes terrestres (Quito, 1985) • Protocolo para la conservación y administración de las áreas marinas y costeras protegidas del Pacífico sudeste (Paipa, 1989) • Protocolo relativo a las áreas de flora y fauna silvestres especialmente protegidas del Convenio para la protección y el desarrollo del medio marino de la región del Gran Caribe, (Kingston, 1990) • Cumbre de la Tierra (1992) • Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992) • Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) • Convenio Constitutivo de la Asociación de los Estados del Caribe (Cartagena, 1994) • Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las actividades realizadas en tierra (Washington, 1995) |
| <p><i>Ordenamiento jurídico normal</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Constitución Nacional |
| <p><i>Ordenamiento jurídico ordinario</i></p> <p>Abarca no solamente a las normas expedidas por el Congreso en desempeño de su función legislativa, sino</p> | <p><u>Planificación:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley 136 de 1994, establece normas de modernización de la organización y el funcionamiento de los municipios • Ley 152 de 1994, Ley Orgánica del Plan de Desarrollo |

| MARCO NORMATIVO | |
|--|---|
| <p>también las de cumplimiento obligatorio para autoridades y particulares, contenidas en Decretos, Resoluciones, Acuerdos, etc.</p> | <p><u>Mar y costas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley 10 de 1978, se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva y plataforma continental • Ley 2324 1984, por la cual se reorganizó la Dirección General Marítima -DIMAR <p><u>Puertos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley 1 de 1991 <p><u>Transporte Marítimo y Fluvial:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley 105 de 1993, Estatuto General del Transporte <p><u>Legislación Ambiental:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Decreto 2811 de 1974, Código de Recursos Naturales y del Medio Ambiente • Ley 99 de 1993 • Decreto 1541 de 78, principal norma reglamentaria del recurso agua <p><u>Reservas Naturales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley 2 de 1959 <p><u>Políticas ambientales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Proyecto Colectivo Ambiental, Biodiversidad, Agua, Bosques, Fauna Silvestre, Producción más limpia, Desarrollo de la pesca y acuicultura • Agenda Pacifico 21 <p><u>Planeación y desarrollo urbano:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Decreto 1333 de 1986, define el marco normativo de la planeación urbana • Ley 9 de 1989, Ley de Reforma Urbana • Ley 388 de 1997, Ley de Desarrollo Territorial <p><u>Políticas, planes y programas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Políticas sectoriales • Planes de desarrollo • Programas de inversión • Planes prospectivos y estratégicos: Desarrollo del Caribe colombiano. Caribe siglo XXI • Plan Maestro del Transporte • Plan Nacional de Atención de Desastres • El Plan para la Prevención y Contingencia para el Manejo de los efectos del Evento del Pacifico. • Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en Aguas Marinas, Fluviales y Lacustres. • Planes de Desarrollo de los Departamentos costeros. |

PASO 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE DESARROLLO RELEVANTES

Dentro del concepto de vulnerabilidad, la naturaleza de las actividades humanas juega un papel crítico. La vulnerabilidad del sistema se estudia en concordancia con el desarrollo de las actividades humanas a través del tiempo y el espacio, debido a que la evaluación de impactos se ve influenciada por el desarrollo demográfico y económico de la región.

En este paso, la metodología común del IPCC recomienda plantear un escenario de variables con un horizonte de tiempo de máximo 30 años; se considera que la proyección realizada para un periodo superior arroja resultados con un alto margen de incertidumbre.

Para formular los escenarios, se escogieron tres elementos determinantes que condicionan el desarrollo socioeconómico del país en el mediano y largo plazo: (1) la intensidad del conflicto armado, (2) el crecimiento poblacional y (3) el crecimiento económico. Estas variables enmarcan dos de los factores de desarrollo escogidos, considerado el contexto sociopolítico definido por la intensidad de conflicto armado; el tercer factor de desarrollo se planteó como la tenencia de la tierra, variable de tipo cualitativo y elemento de análisis para la interpretación de los resultados en términos de la presencia de resguardos indígenas y consejos comunitarios en las áreas eventualmente afectadas. En este sentido, su inclusión no se orientó en términos de un factor con contribución en la generación de proyecciones y escenarios.

Se plantearon dos escenarios uno pesimista y otro optimista (Tabla 34), que fueron analizados en concordancia con una situación actual y una futura bajo un modelo de inundación de 1 m de ascenso del nivel del mar. El primer escenario (pesimista) refleja una situación con conflicto armado de alta intensidad, bajo crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) y bajo crecimiento poblacional; el segundo por su parte (optimista), refleja un conflicto armado de baja intensidad, un alto crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) y un crecimiento poblacional constante.

Tabla 34. Representación esquemática de los diferentes escenarios propuestos

| Conflicto Armado Alta Intensidad | | | | Conflicto Armado Baja Intensidad | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| PIB Bajo | | PIB Alto | | PIB Bajo | | PIB Alto | |
| Tasa de crecimiento poblacional baja | Tasa de crecimiento poblacional constante | Tasa de crecimiento poblacional baja | Tasa de crecimiento poblacional constante | Tasa de crecimiento poblacional baja | Tasa de crecimiento poblacional constante | Tasa de crecimiento poblacional baja | Tasa de crecimiento poblacional constante |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

PASO 4. EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS FÍSICOS Y NATURALES RESULTANTES

El análisis de vulnerabilidad comienza con la cuantificación de cambios físicos y respuestas del sistema natural, seguida de la evaluación de impactos sobre el sistema socioeconómico y ecológico, resultante de los cambios y respuestas de los sistemas ante un posible aumento en el nivel del mar.

Los principales efectos considerados ante un posible ascenso del nivel del mar sobre las costas colombianas, fueron:

- La intensificación de la erosión de las zonas litorales
- La inundación de las zonas litorales bajas
- La salinización de terrenos y acuíferos, como resultado tanto de la inundación en sí como de la intrusión de la cuña salina

El acelerado ascenso en el nivel del mar tiene el potencial de alterar muchos de los ecosistemas naturales de la zona costera tal cual los conocemos hoy en día. Sin embargo, dichos cambios no son un nueva influencia en la biosfera, por lo cual se podría pensar que todos los sistemas estarían en la capacidad de adaptarse sin efectos significativos en su forma o productividad. Existen tres razones principales por las cuales dicha adaptación no ocurre en la forma descrita:

- La tasa de cambio climático global y como consecuencia la tasa de ascenso del nivel del mar, tiene una proyección más rápida que ninguna otra registrada en los últimos 10000 años
- La población humana ha alterado la estructura de muchos de los ecosistemas que existen
- La polución, al igual que otros efectos indirectos provenientes de la mala utilización de los recursos naturales, se ha incrementado desde los inicios de la revolución industrial

En consecuencia, es muy probable que los ecosistemas no se logren adaptar al estrés adicional que causa el cambio climático, sin perder muchas de las especies que albergan o muchos de los servicios que ofrecen.

En la tabla 35 se pueden observar los impactos sobre la población y el valor de capital, tanto para el 2001 como para el 2030. Se ha estimado que como consecuencia de la inundación de áreas pobladas y otras con usos productivos, al año 2001 se vería afectada aproximadamente el 1.7% de la población del país y un valor de capital aproximado al 1.5% del PIB del mismo año. El mismo análisis en el contexto de un escenario de desarrollo socioeconómico optimista al 2030 arroja un

porcentaje de población afectada del 2% y un valor de capital del orden del 2.2% del PIB. Las estimaciones realizadas señalan que el impacto a nivel del país es significativo y se observa un moderado incremento en la participación de los porcentajes afectados tanto en población como en valor de capital para el año 2030.

Tabla 35. Estimaciones del efecto de inundación sobre la población y el valor de capital en el año 2001 y 2030 en el área de estudio

| ELEMENTOS EXPUESTOS | CON ASCENSO EN EL NIVEL DEL MAR (Participación en valores nacionales) | |
|--|--|--------------------------|
| | 2001 | 2030 |
| Población afectada en # personas | 748402 (1.7%) | 1239241 (1.9%) |
| Valor de capital afectado* en millones pesos col \$ | 2588666 (1.5%) | 1300000 (2.2%) |

El valor de capital constituye la agregación monetaria de la estimación de pérdidas en los sectores agrícola, ganadero, industrial, forestal, minero, comercio y turismo (Sólo para Cartagena) y las pérdidas en términos del costo de reposición de viviendas ubicadas en áreas de inundación

En cuanto a la población afectada, el cambio de escenario temporal arroja dos resultados (Figura 50): Un porcentaje de población del 72% en el Caribe continental y 28% en el Pacífico bajo un escenario de ascenso en el año 2001 y un porcentaje de población afectada de 74% en el Caribe continental y 26% en el Pacífico para el año 2030. Igualmente, se observa que la participación del valor de capital afectado del Caribe continental en el total de ambas costas pasa del 69% al 72% entre el año 2001 y 2030, mientras que en el caso de la costa Pacífica se reduce del 31% al 28% (Figura 51).

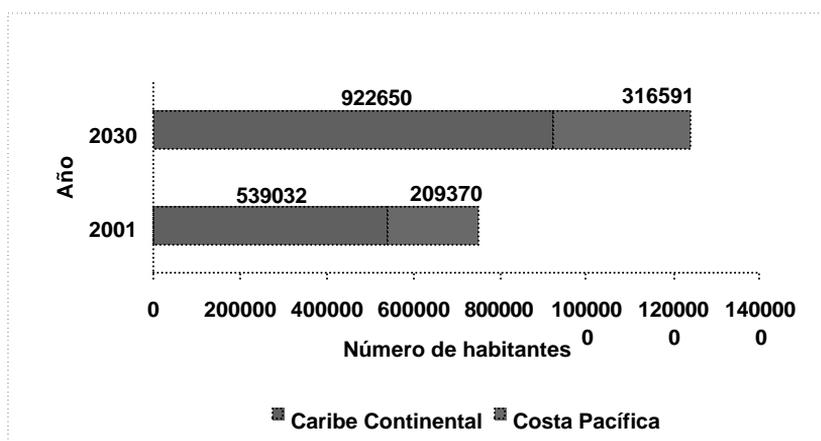


Figura 50. Población (En número de habitantes) localizada en áreas de inundación debido a un eventual ascenso del nivel del mar

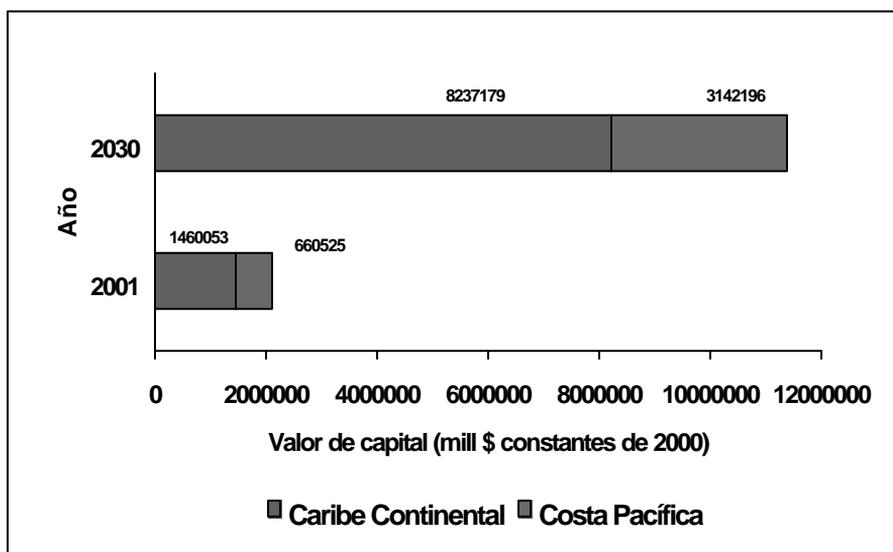


Figura 51. Valor de capital (en pesos colombianos) en áreas de inundación debido a un eventual ascenso del nivel del mar

PASO 5. FORMULACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE RESPUESTA, SUS COSTOS Y BENEFICIOS

La formulación de las estrategias de respuesta incluye tres opciones principales: acomodar, proteger o retirar. La posibilidad real de ejecución y el efecto sobre el sistema hacen parte integral de la evaluación de la vulnerabilidad. Por lo tanto, un estimativo de los costos y una evaluación de los efectos de las opciones seleccionadas deben ser incorporados dentro del estudio.

Sin embargo, por razones prácticas, una primera aproximación (como este estudio) debe basarse en un procedimiento sencillo que considere sólo el menor número necesario de opciones, con el fin único de ilustrar los efectos. Por esta razón, el estudio contempla la implementación de estrategias de respuesta en áreas identificadas como críticas con excepción del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Cartagena, Santa Marta, Barranquilla, Buenaventura y Tumaco), señaladas como tal por un índice de importancia previamente definido, que refleja las características relevantes, que a su vez determinan que ciertas áreas puedan verse mayormente perjudicadas por el efecto de la inundación. Cada escenario debe considerar al menos dos situaciones: una “sin medidas” y otra “con medidas de protección”. Con el primero se busca determinar el nivel de referencia, en el cual se muestra el mayor impacto provocado por el ARNM sin ningún tipo de

estrategia y con un costo nulo. La segunda situación contempla la respuesta que minimiza los efectos del ARNM y que por ende suele corresponder a un elevado costo de inversión.

Las estrategias para enfrentar el ascenso del nivel del mar en Colombia incluyen algunas utilizadas globalmente como la protección, la adaptación y la reubicación. En la opinión de expertos, algunas de las medidas (Por ejemplo: Islas y arrecifes artificiales, diques) serían posibles de implementar en sitios específicos después de análisis detallados. También se ha incluido como parte de las estrategias, la planificación y el desarrollo ordenado así como los planes de acción ante fenómenos naturales que impactan las zonas costeras.

Una aproximación de los costos de la implementación de las estrategias de respuesta sobre las áreas críticas se observa en la tabla 36, la cual indica que se necesita al menos una inversión inicial de USD\$ 2121 millones, con un costo anual de USD\$ 86 millones, equivalentes al 2.9% del PIB de Colombia al 2001, para establecer una estrategia de protección total ante los efectos causados por el ascenso del nivel del mar.

Tabla 36. Resumen de las estrategias de protección analizadas en las áreas críticas identificadas sobre el Caribe continental (Municipios de Cartagena, Santa Marta, Barranquilla) y el Pacífico (Municipios de Buenaventura, Tumaco). Cifras en millones de dólares americanos

| Estrategia de protección total | SIN MEDIDAS | | PROTECCIÓN TOTAL | |
|---|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | Sin aumento en el nivel del mar | | Con aumento en el nivel del mar | |
| | Costo inicial 2001 (Mill. USD\$) | Costo anual (Mill. USD\$) | Costo inicial 2001 (Mill. USD\$) | Costo anual (Mill. USD\$) |
| A. Planificación | 1680.3 | 50.4 | 1,680.3 | 50.4 |
| Subtotal | 1680.3 | 50.4 | 1,680.3 | 50.4 |
| B. Medidas adicionales | | | | |
| 1. Reubicación | 0.0 | 0.0 | 188.3 | 0.0 |
| 2. Adaptación | 0.0 | 0.0 | 51.9 | 0.5 |
| 3. Muros de contención | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 |
| 4. Diques Marinos | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.0 |
| 5. Dique fluvial | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 |
| 6. Relleno de playas | 0.0 | 0.0 | 177.1 | 35.4 |
| 7. Construcción de arrecifes artificiales | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 |
| 8. Formación de islas artificiales | 0.0 | 0.0 | ND | ND |
| 9. Sistemas de alerta | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |
| 10. Apoyo a la investigación | 0.0 | 0.0 | 18.1 | ND |
| Subtotal | 0.0 | 0.0 | 440.7 | 35.9 |
| Costos totales * | 1680.3 | 50.4 | 2121.0 | 86.3 |
| Porcentaje del PIB de 2001 | 2.2% | 0.1% | 2.9% | 0.1% |

(*) El costo total es equivalente al de las áreas críticas, (ND) no determinado

PASO 6. EVALUACIÓN DEL PERFIL DE VULNERABILIDAD E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La siguiente etapa para definir el perfil de vulnerabilidad de una zona costera es la determinación de la factibilidad de implementación de las estrategias de respuesta. Debido a la gran variedad de factores a tener en cuenta, se siguieron los lineamientos del IPCC, que sugieren utilizar una estructura de aspectos relacionados con cuatro categorías principales:

- Legislativa/ institucional/ organizacional
- Económica/ financiera
- Técnica
- Cultural y social

La interpretación de los resultados, se basa en su definición bajo las dos situaciones “con medidas de protección” y “sin medidas”, que estarían evaluando las situaciones extremas. Los impactos causados por el ANM, se calculan tanto para la situación presente, como para la situación futura. La combinación de estos aspectos, puede ser traducida fácilmente en valores cualitativos determinando un nivel de vulnerabilidad crítico, alto, medio o bajo, del perfil de la vulnerabilidad.

En términos generales, los resultados obtenidos sobre los análisis de la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas, determinan que la capacidad nacional de responder ante el impacto de un acelerado ascenso en el nivel del mar es limitada. En gran medida esta limitante se expresa en términos de la factibilidad de implementación de opciones de adaptabilidad en medio del actual contexto de conflicto armado. Las condiciones de violencia e inseguridad que afectan a la sociedad colombiana son el principal problema de la vida nacional y recientemente la evolución del conflicto armado en particular, ha señalado una clara intensificación. Junto con el inestimable valor de las vidas que se pierden, los costos económicos que trae la violencia son enormes, no sólo por la pérdida de capital humano, físico y natural, sino también por el estado de incertidumbre, inseguridad y desconfianza de la sociedad que deteriora las bases de la cohesión social y produce el desvío de la inversión pública y privada, los objetivos de financiación externa y endeudamiento y la asignación de ingentes recursos para combatir la violencia, en desmedro de la inversión social. De igual modo, la violencia contribuye a incrementar los costos de transacción de la economía y disminuye su productividad, convirtiéndose en un severo freno del crecimiento. En este contexto, la evaluación

de opciones de adaptabilidad al cambio climático en Colombia se convierte en un desafío necesario de emprender con el apoyo externo, debido a la necesidad de estudiar los mecanismos científicos, técnicos y financieros que facilitarían la adaptabilidad al cambio climático aún cuando las prioridades de inversiones estén orientadas en materia de seguridad.

Sumado a lo anterior, en términos de PIB, población y costos económicos de los posibles tipos de medidas, la evaluación arroja una vulnerabilidad alta de la zona costera colombiana ante el fenómeno de ANM. Desde el punto de vista de los elementos del sistema natural, los resultados indican que también es altamente vulnerable ante la amenaza. En conclusión, se podría asumir con base en los resultados anteriores que la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas es entre ALTA Y CRÍTICA frente a un posible ascenso del nivel del mar como consecuencia del cambio climático.

PASO 7. PLAN DE ACCIÓN

El desarrollo de un plan de acción dirigido a proponer acciones para contrarrestar, mitigar y alertar las zonas costeras de los efectos del aumento en el nivel del mar, es el último paso de la metodología propuesta por el IPCC. Los pasos anteriores aportan la información de base para la elaboración del plan de acción. En la mayoría de los países donde se han desarrollado proyectos similares, siguiendo la metodología común del IPCC, el plan de acción ha conducido a la creación de programas nacionales de manejo de zonas costeras. Sin embargo, en Colombia esto no sucede, pues, previamente a la realización de este proyecto ya existía un antecedente y proceso nacional de conciencia para llevar a cabo un programa de manejo costero a nivel nacional, el cual se cristalizó a través de la elaboración de la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia – PNAOCI. Así pues, en Colombia ya existe un marco de acción en el tema del manejo costero en el cual el presente plan de acción debe articularse, integrando los programas y los planes ya formulados con las nuevas acciones aquí propuestas.

El plan de acción propuesto se divide en tres partes:

- La parte I corresponde al marco institucional del plan, en ella se presenta el escenario en el cual el plan de acción debería ser introducido, lo que se espera de él y la aproximación que el proyecto ha propuesto para analizar la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas a un cambio en el nivel del mar
- La parte II corresponde a las acciones propuestas a nivel nacional. En esta etapa se identifican las acciones prioritarias necesarias para reducir la vulnerabilidad en los aspectos económicos, naturales y de factibilidad de implementación. También se incluyen las acciones propuestas, orientadas a suplir las deficiencias de información encontradas en este estudio, así

como al desarrollo de investigaciones que coadyuven a la formulación de opciones de adaptabilidad al cambio climático considerando que una eventual intensificación del conflicto armando generaría una fuerte limitante debido al rezago en el crecimiento económico y a la reasignación de inversiones en detrimento incluso de la inversión social

- En la parte III se presentan las acciones a desarrollar a nivel regional. Esta sección, es un acercamiento a las acciones relacionadas con áreas que se identificaron en los pasos 4 y 5 como “más críticas”.

El plan de acción está orientado a su articulación con instrumentos existentes, algunas de las acciones propuestas, complementarían acciones que se están desarrollando o implementado en otros programas y planes, pero que carecen de la suficiente profundidad en temas y medidas relacionados con el aumento en el nivel del mar, sus consecuencias y capacidad de respuesta o, que simplemente no han incluido el tema en absoluto.

Las acciones propuestas en la parte II se agrupan así:

1. Conocimiento e información
2. Planificación
3. Fortalecimiento institucional
4. Educación y divulgación
5. Gestión y convenios internacionales

Además, se analizan los diferentes tipos de vulnerabilidad según los componentes, identificados durante paso 6.

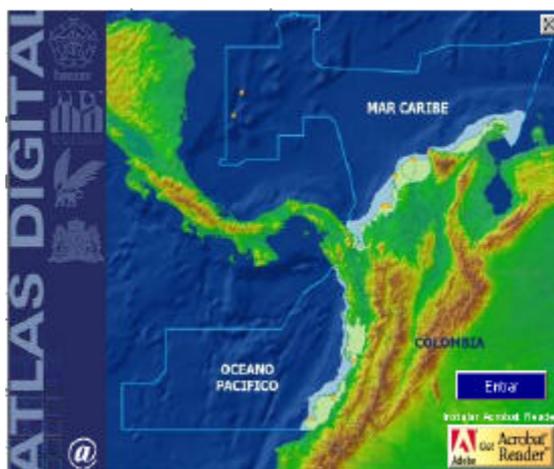
Las acciones propuestas en la parte III se refieren a la formulación de las propuestas orientadas a los análisis de vulnerabilidad de las áreas identificadas como críticas, las cuales deberán ser estructuradas por el INVEMAR con la mayor brevedad posible, apoyándose en cada caso sobre las entidades regionales y locales respectivas, buscando su apoyo, participación y compromiso tanto institucional como financiero. El orden en que se pueden acometer estas propuestas estará dada por la respuesta e interés expresado por las mismas autoridades territoriales de las áreas críticas. Sin embargo, los casos de San Andrés y Tumaco podrían encabezar la lista de áreas críticas para posteriores estudios en términos de opciones de adaptabilidad y evaluación del comportamiento humano frente al ascenso en el nivel del mar. En el caso del primero debido a sus particulares condiciones como isla oceánica y en el caso del segundo, debido a sus particulares condiciones de riesgos frente a la ocurrencia de tsunamis y evidencias de comportamiento ancestral frente a la oscilación de las mareas.

Para la puesta en marcha de los proyectos de “segunda generación” se deberán tener en cuenta los delineamientos establecidos por la PNAOCI y por el Documento CONPES 3146 sobre el Plan Nacional para la Prevención y Atención a Desastres - PNPAD. Los proyectos de áreas críticas deberán entrar a satisfacer, aportar y contribuir con varios de los programas y estrategias de dichos instrumentos. También puede nutrirse de los mismos y además puede buscar recursos para su ejecución en las fuentes financieras previstas para ellos.

Es conveniente evaluar los costos de las acciones propuestas en las áreas críticas, sin embargo, se ha considerado que dado el nivel de incertidumbre, esa valoración podría ser objetivo de proyectos en un futuro cercano. Por esta razón y teniendo en cuenta los resultados de la evaluación de vulnerabilidad, las acciones presentadas se proponen para ser desarrolladas a corto plazo. La investigación, divulgación, socialización, educación y articulación interinstitucional son acciones prioritarias y deben ser la base de un plan de acción para atender el cambio de nivel del mar más específicamente.

PRIMER ATLAS DIGITAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE COLOMBIA ANTE EL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR

Como uno de los resultados indirectos del proyecto se elaboró un atlas digital que integró la información disponible de las zonas costeras de Colombia. Las fuentes utilizadas corresponden a diferentes instituciones a una escala de 1:300000, con algunas ventanas a 1:100000 y 1:50000. El atlas digital almacena 60 mapas en total que contienen la caracterización de la zona costera colombiana (Caribe y Pacífico), ocho subconjuntos de imágenes de satélite, cuatro modelos de inundación, bases de datos, descripción de la metodología y un álbum fotográfico.



La cartografía incorporada está distribuida por regiones en: Zona costera del Caribe, zona costera del Pacífico y ventanas en la Unidad de Manejo Integrado UMI Guapi -Iscuandé, la Unidad Ambiental Costera – UAC Morrosquillo - río Sinú y en el área urbana de Tumaco.

En cada una de estas regiones se encuentran clasificados los mapas en las siguientes temáticas:

- División político administrativa
- Sedimentología de la plataforma continental
- Unidades geomorfológicas de la franja litoral
- Ecosistemas marinos costeros y biomas terrestres
- Uso actual del suelo
- Riesgo de inundación actual y futuro
- Efectos físicos (Erosión e inundación)

CONCLUSIONES

La evaluación del impacto y capacidad de respuesta de las zonas costeras colombianas a un eventual ascenso en el nivel del mar sugiere una vulnerabilidad entre alta y crítica. Este resultado se explica considerando lo siguiente:

- Aún cuando la inundación tiene un impacto medio sobre el sistema socioeconómico, la capacidad nacional para generar estrategias de adaptación estaría limitada por los costos que implican tanto en el escenario actual, como en el formulado a los próximos 30 años.
- La actual localización de la infraestructura costera y la elevada tasa de urbanización se convierte en un factor que probablemente afectaría de forma adversa la adaptación natural de los ecosistemas. Los resultados de la evaluación señalan una vulnerabilidad alta para el desierto tropical, manglares, playas y playones mientras para los pastos marinos, litorales rocosos y acantilados la vulnerabilidad es media.
- Finalmente, la evaluación de la factibilidad de implementación de las estrategias de respuesta indica la existencia de problemas críticos en los aspectos institucionales y económicos y un nivel alto de problemas en los aspectos técnicos y sociales.
- La socialización de estos resultados coadyuva en la tarea de generar conciencia en el público general sobre las posibles amenazas causadas por el rápido ascenso del nivel del mar y el establecimiento de cooperación internacional de países con amplia trayectoria en la evaluación de vulnerabilidad en las zonas costeras.
- Un elemento a favor lo constituye el hecho de que Colombia ya ha identificado la necesidad de manejar sus recursos marinos y costeros de una manera integral, holística, ordenada y sostenible, atendiendo el mandato de la Segunda Conferencia Ambiental y de Desarrollo (*Second United Nations Conference on Environment and Development*, UNCED - 2) llevada a cabo en Junio de 1992; de la

Convención de Diversidad Biológica (CBD) en el Mandato de Jakarta 1995 y de la CMCC de las Naciones Unidas.

- Colombia ya tiene un camino recorrido hacia el establecimiento de un programa de manejo de sus zonas costeras gracias a la existencia de un escenario nacional institucional y administrativo dentro del cual nace el Plan de Acción propuesto por el presente proyecto, permitiéndole partir, no de cero, sino de una posición relativamente avanzada aunque compleja.
- La complejidad de la posición que define el punto de partida para abordar la formulación e implementación de estrategias de adaptación, está estrechamente relacionada con los actuales vacíos de información sobre aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos de la zona costera, en particular a niveles de resolución que permitan evaluaciones detalladas.
- Uno de los resultados básicos del proyecto tiene que ver precisamente con la recomendación de acciones y proyectos que mejoren la capacidad del país para enfrentar las amenazas definidas por el cambio climático global y en particular el ascenso en el nivel mar dentro de un esquema de manejo integrado de sus costas.

RECOMENDACIONES: POSIBLES ACCIONES Y PROYECTOS PARA SUPLIR DEFICIENCIAS DE INFORMACIÓN

SISTEMA FÍSICO

| FALTAS - DEFICIENCIAS | ACCIONES - PROYECTOS |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Falta la cartografía detallada de las zonas costeras • La primera línea unificada de topografía que existe para todo el país es la de 60 m | <ul style="list-style-type: none"> • Cartografía de la línea de costa definida y homologada por todas las instituciones. Límites de mareas bajas y altas, áreas intermareales y terrenos de bajamar • Topografía detallada de la zona costera contigua a la línea de costa, hasta 60 m de altura • Batimetría detallada de la plataforma marina cercana a la línea de costa |
| <ul style="list-style-type: none"> • Falta de información y análisis detallados sobre la frecuencia, intensidad y consecuencias de los fenómenos naturales en las zonas costeras colombianas | <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación y análisis de evidencias físicas y de los cambios históricos en el nivel medio del mar a nivel local. Información concerniente al posible incremento de tormentas y otros fenómenos naturales por el cambio en el nivel del mar |
| <ul style="list-style-type: none"> • Falta información sobre la situación actual de los acuíferos en las zonas costeras | <ul style="list-style-type: none"> • Información relacionada con la localización, estado y volumen de los acuíferos ubicados en las zonas costeras • Información relacionada con la evaluación y medición de |

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Falta información relacionada con los procesos naturales en las zonas costeras colombianas, procesos de erosión y acreción costera: su localización, cambios históricos, magnitud, causas y posibles consecuencias | <p>la intrusión salina: datos históricos, localización y magnitud</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de áreas de subsidencia, natural e inducida, con sus correspondientes análisis de magnitud, periodicidad y consecuencias • Cambios históricos en el nivel medio de los ríos y sus valores de descargas, tasas de sedimentación, dinámica de deltas y estuarios • Información detallada sobre la magnitud e impactos de los eventos de máxima inundación en los deltas de los ríos y estuarios • Extensión de la cuña salina_ en los ríos y estuarios y evidencia de salificación de suelos |
|--|--|

.....

SISTEMA NATURAL

.....

| FALTAS - DEFICIENCIAS | ACCIONES - PROYECTOS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • La información histórica referente a los <u>procesos naturales</u> se encuentra disgregada, poco generalizada y sin continuidad | <ul style="list-style-type: none"> • Estudios históricos y con datos periódicos sobre cambios en los ecosistemas costeros • Definición, descripción y estado de hábitat y especies principales ubicadas en las zonas costeras • Valoración de hábitat y biodiversidad en las zonas costeras |
| <ul style="list-style-type: none"> • Información detallada sobre la biodiversidad costera | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de especies que se encuentran únicamente en estas áreas • Información relacionada con la pérdida y/o alteración en la oferta de bienes y servicios ambientales y reserva genética |
| <ul style="list-style-type: none"> • <i>Especies comerciales.</i> Los efectos del ascenso en el nivel del mar (Inundación, erosión e intrusión salina), determinan una respuesta en el sistema natural que altera en algún grado las formas de uso y aprovechamiento de recursos naturales que constituyen parte del sistema socioeconómico de las zonas costeras | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los sitios reconocidos de reproducción de peces, moluscos y otras especies comerciales, incluyendo producción anual, estado, sistemas de explotación y afectación por cambios en el nivel del mar |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Existe información cualitativa mas no cuantitativa, de las <u>respuestas de los sistemas naturales</u>, tanto al cambio del nivel del mar, como al cambio climático. La información cuantitativa es necesaria para establecer la valoración de los bienes y servicios | <ul style="list-style-type: none"> • Estudios tendientes a evaluar la estructura, dinámica y funcionalidad de los ecosistemas del área de influencia • Evaluación de áreas que puedan ser consideradas como zonas Ramsar • Información sobre los ecosistemas de las áreas intermareales (Excluyendo manglar) • Modelación de escenarios nacionales del cambio climático a nivel ecosistémico • Efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, evaluados de forma integral • Valoración económica del medio ambiente y los recursos naturales de las zonas costeras |
|---|---|

SISTEMA SOCIOECONÓMICO

| FALTAS - DEFICIENCIAS | ACCIONES - PROYECTOS |
|-----------------------|----------------------|
|-----------------------|----------------------|

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Distribución georeferenciada de la población a escala detallada • Estadísticas en series de tiempo de la producción bruta en los diferentes sectores económicos (Excepto agricultura e industria), en escala local • Proyecciones sectoriales de largo plazo, según posibles escenarios de desarrollo para el país • Información relacionada con la dinámica de las migraciones hacia las áreas urbanas, por concepto de migraciones recientes, de toda la vida y desplazamientos por el conflicto armado • Información detallada sobre las formas de uso del suelo con miras a determinar efectos potenciales locales ante un aumento en el nivel del mar • Información sobre valores de bienes y servicios de no mercado • Información referente a la pérdida y/o deterioro en el equipamiento urbano, incluidas áreas de patrimonio cultural en relación con la acción de niveles anómalos del mar • Cambios relacionados con el manejo del agua dulce en cuanto a su disponibilidad y cambios en la salinidad a escalas detalladas • Análisis multitemporales relacionados con cambios en el uso del suelo a escalas detalladas | <ul style="list-style-type: none"> • Estimación detallada de la población que se vería afectada por el cambio en el nivel del mar y por anomalías en el nivel medio del mar • Mejorar el suministro de información en el sistema de cuentas regionales de manera que proporcione estadísticas sobre los sectores productivos a nivel municipal • Articular el esfuerzo interinstitucional para el diseño de escenarios de desarrollo integrales y de carácter nacional en consistencia con escenarios de cambio climático formulados para el contexto colombiano • Desarrollar propuestas de investigación con miras a la identificación de opciones de adaptabilidad al cambio climático en el marco de escenarios en relación con la evolución del conflicto armado • Estudios para establecer los cambios en el uso del suelo como consecuencia de la inundación y la intrusión salina • Estudios sobre la reducción en la producción y restricciones al uso de especies agrícolas según el aumento en el nivel freático y la intrusión salina • Estimación de cambios en los costos de obtención y tratamiento de aguas por efecto de la intrusión salina • Valoración del impacto sobre el equipamiento urbano de 1 m de ascenso en el nivel del mar y la ocurrencia de anomalías en el Nivel Medio del Mar • Valoración de los recursos biológicos, tanto en variedad, como abundancia y diversidad genética • Inventario de la infraestructura de protección costera existente y cuantificación estandarizada de los cambios en los costos de inversión y mantenimiento • Evaluación de los incrementos de los costos de aseguramiento de inversiones en áreas en riesgo de inundación • Valoración del patrimonio histórico y cultural de la nación en áreas en riesgo de inundación. Cuantificación de las pérdidas eventuales y del costo de mantenimiento • Estimación del impacto de la contaminación y problemas sanitarios por efecto de la inundación y la intrusión salina • Diseño de incentivos para el ordenamiento efectivo del uso urbanístico y sectorial efectivo considerando la variable ANM • Desarrollo de tecnologías para uso eficiente, desalinización y reciclaje de agua |
|---|---|

COMPILACIÓN DE PROYECTOS EJECUTADOS POR DIFERENTES ENTIDADES

A continuación, se enlistan en orden alfabético las entidades que participaron en el proceso de recopilación de información que el INVEMAR realizó con el fin de dar a conocer otros proyectos de investigación relacionados con los ambientes marinos y costeros de Colombia durante el 2001:

CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS - CIOH

Contacto:

Capitán de Navío Rito Ernesto Gómez Sarmiento
Director
Tel: 6694286/6694427
Cartagena de Indias D.T.C.H.

Proyectos:

- Apoyo en el departamento de Bolívar al INVEMAR en el desarrollo del proyecto: Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano, REDCAM
- Generación de cartografía náutica, temática, fluvial y electrónica
- Caracterización de la zona costera Caribe colombiano, departamento de La Guajira
- Aplicación de la Modelación Numérica a la Solución de Problemas Ambientales en Lagunas Costeras del Caribe Colombiano. Ciénaga Grande de Santa Marta

CORPORACIÓN AMBIENTAL, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Contacto:

Francisco José Molina Pérez
Director
E-mail: corpamb@quimbaya.udea.edu.co
Medellín

Proyectos:

- Zonificación y ordenamiento de manglares en el golfo de Urabá
- Protección de tortugas en el Municipio de Acandí

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO - CORPONARIÑO

Contacto:

Francisco Santander Delgado
Director General
Tel: 219282
Pasto

Proyectos:

- Apoyo al INVEMAR en el desarrollo del proyecto: Formulación de un plan de manejo de la zona costera en la Unidad de Manejo Integrado (UMI) del complejo de las bocanas de Guapi-Iscuande
- Zonificación y ordenamiento de los manglares del Departamento de Nariño
- Apoyo en el departamento de Nariño al INVEMAR en el desarrollo del proyecto: Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano, REDCAM

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO - CRA

Contacto:

Raúl Tarud Jaar
Director general
E-mail: crautonomia@hotmail.com
Barranquilla

Proyectos:

- Recuperación de playas en la zona costera, incluyendo el componente socioeconómico costero
- Diagnóstico y zonificación de manglares en el departamento del Atlántico
- Apoyo en el departamento del Atlántico al INVEMAR en el desarrollo del proyecto: Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano, REDCAM

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA - CRC

Contacto:

Julio Cesar Rodríguez Pelaez
Jefe Oficina de Investigaciones Ambientales
E-mail: crc@emtel.net.co
Popayán

Proyectos:

- Apoyo al INVEMAR en el desarrollo del proyecto: Formulación de un plan de manejo de la zona costera en la Unidad de Manejo Integrado (UMI) del complejo de las bocanas de Guapi-Iscuande
- Apoyo en el departamento del Cauca al INVEMAR en el desarrollo del proyecto: Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano, REDCAM

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - CVC

Contacto:

Alejandro Lima de Bohmer
Director General
Tel: 3396638
Cali

Proyectos:

- Información y cartografía de la Unidad de Manejo Integrado (UMI) bahía Málaga, bajo San Juan
- Construcción estratégica para el Valle del Cauca de manejo integrado de zona costera (MIZC)
- Resultados de los muestreos realizados por la Subdirección de Gestión Ambiental de la costa Pacífica (Tributarios) en el año 2001

CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA ACUICULTURA DE COLOMBIA - CENIACUA

Contacto:

Carlos del Castillo Restrepo
Director Ejecutivo
E-mail: ceniacua@impsat.net.co
Bogotá D.C.

Proyectos:

- Evaluación del crecimiento de juveniles del pargo palmero, *Lutjanus analis* (Cüvier, 1828), y del mero guasa, *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822), cultivados experimentalmente en jaulas en una granja camaronera y en un ambiente marino: contribución para la diversificación de la acuicultura marina en Colombia.
- Análisis del efecto de condiciones de estrés y de compuestos inmunoestimulantes en la respuesta inmune y en parámetros fisiológicos de camarones penaeidos
- Mejoramiento genético del camarón y control de enfermedades

**CENTRO DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL
PACÍFICO - CCCP Y DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA
- DIMAR**

Contactos:

Contralmirante Carlos Humberto Pineda Gallo
Director General Marítimo
<http://www.dimar.mil.co>
Bogotá D.C.

Capitán de Fragata Carlos Enrique Tejada Vélez
Director General
Tel: 7272788
Tumaco

Proyectos:

- Estudio de las condiciones oceanográficas y biológicas en la cuenca del Pacífico Colombiano durante los cruceros oceanográficos de 2001 y de la ensenada de Tumaco
- Condiciones oceanográficas durante Agosto-Septiembre de 2001 en la cuenca del Pacífico colombiano
- Condiciones de la ensenada de Tumaco
- Estructura vertical de las aguas en el océano Pacífico colombiano

- Caracterización y evaluación de la zona costera, litoral pacífico colombiano - Fase VII. Casco Urbano, municipio de Tumaco - Isla Cascajal, municipio de Buenaventura
- Caracterización y evaluación de la zona costera, litoral pacífico colombiano - Fase VII. Diagnóstico ambiental del municipio de Buenaventura
- Evaluación del impacto de un tsunami sobre la bahía de Buenaventura
- Estudio de los procesos hidroquímicos, biológicos y de contaminación por hidrocarburos en la costa Pacífica colombiana - Caso de estudio, ensenada de Tumaco
- Estudio piloto de las etapas sucesionales de los organismos asociados a un ecosistema de manglar en la ensenada de Tumaco, Pacífico colombiano

UNIVERSIDAD EAFIT

Contacto:

Juan Felipe Gaviria Gutiérrez
Rector
Tel: 2619500
Medellín

Proyecto:

- Erosión Marina en el Litoral Antioqueño (Sector Turbo-Arboletes) – Causas y estrategias de prevención y mitigación

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

Contacto:

Carlos Castaño Uribe
Director General
Hipervínculo: www.ideam.gov.co
Bogotá, D.C.

Proyecto:

- Colombia. Primera comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC

Contacto:

Dimas Malagón Castro
Director General (E)
E-mail: -webpage@igac.gov.co
Bogotá D.C.

Proyectos:

- Conflictos del uso de las tierras en Colombia
- Tres espaciomaps en escala 1:100000 que incluyen la costa Caribe, elaborados con base en imágenes de satélite del año 1994

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUACULTURA - INPA

Contacto:

Yolima Padilla Cabrera
Jefe Oficina Santa Marta
Tel: 4212455/2721
Santa Marta

Proyectos:

- Reproducción de los pargos rojos del Pacífico *Lutjanus guttatus* y *L. argentiventris* (Buenaventura)
- Evaluación de las pesquerías demersales del área norte del Caribe Colombiano y parámetros ecológicos, biológico-pesqueros y poblacionales del recurso pargo
- Proyecto (INPA/PRONATTA): Fototaxis turbo (Pesca con luz)
- Proyecto evaluación del recurso jaiba en la Ciénaga Grande de Santa Marta
- Evaluación del camarón de aguas someras
- Catálogo de ictioplancton del Pacífico

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA

Contacto:

Reinaldo R. Rosado Vioria
Director, sede Santa Marta
<http://www.sena.com.co>

Santa Marta

Proyectos:

- Identificación y control de parásitos *Diplostomum* spp. en la estación piscícola del SENA centro agropecuario de Gaira
- Obtención de semilla y crecimiento controlado de la almeja de agua dulce *Anodontites* sp.
- Evaluación fisicoquímica del agua utilizada en la estación piscícola del centro agropecuario Gaira del SENA Magdalena
- Formulación y elaboración de dos dietas experimentales para Tilapia Roja (*Oreochromis* spp.) en la etapa de pre-engorde

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Contacto:

Carlos Eduardo Caicedo
Rector
Tel: 4302046
Santa Marta

Proyecto:

- Monitoreo de los procesos indicadores de recuperación de ecosistemas en el delta exterior derecho del Río Magdalena

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Contacto:

Victor Manuel Moncayo Cruz
Rector
<http://www.unal.edu.co>
Bogotá D.C.

Proyectos:

- Sistematización diagnóstica y caracterización de las enfermedades de tres especies ícticas explotadas en Colombia y fisiopatología de la enfermedad septicémica
- Metabolitos de esponjas marinas de interés farmacológico y quimiotaxonómico
- Sistemática y biogeografía de los bagres marinos de la familia Ariidae (Ostariophysi: Siluriformes) del Atlántico y Pacífico oriental. Etapa I.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE SAN ANDRÉS

Contacto:

Jaime Polanía

Docente investigador

E-mail: jhpolanv@dnic.unal.edu.co

San Andrés Isla

Proyectos:

- Caracterización ambiental de tres sectores de manglar y pastos marinos con diferentes grados de impacto antropogénico en San Andrés y Providencia, Caribe colombiano
- Estructura, fenología y demografía del Riito y valle de los Cangrejos, delta del río Ranchería, Caribe colombiano
- Relaciones tróficas en ecosistemas de pastos marinos y manglar en San Andrés isla, Colombia: Cambios temporales y espaciales en isótopos estables
- Evaluación química del gorgonáceo *Pseudopterogorgia elisabethae* del archipiélago de San Andrés y Providencia
- Evaluación de la pesquería artesanal e industrial en el archipiélago de San Andrés y Providencia
- Programa para la recuperación del sector agropecuario y mejoramiento de la seguridad alimentaria en San Andrés isla
- Procesos sucesionales del manglar desde el holoceno reciente en el delta del río Ranchería y San Andrés isla, Caribe colombiano: Un análisis comparativo

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, I. y J. M. Díaz. 1990. Relieve submarino y sedimentos de la plataforma somera (0-100 m), pp. 80-105. In: Díaz, J. (ed.). Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. INVEMAR. Informe final, Santa Marta, 440 p.
- Alongi, D. 1990. The ecology of tropical soft-bottom benthic ecosystems. *Oceanogr. Mar. Annu. Rev.*, 28:381-496.
- Álvarez-león, R. 1984a. Sinopsis sobre el conocimiento de los ecosistemas de manglar en Colombia. Reunión técnica para el diseño de un proyecto especial sobre bioecología de manglar. OEA/COLCIENCIAS/INVEMAR. Santa Marta (Mag.) Colombia. 17 p.
- Álvarez-león, R. 1984b. Sinopsis sobre el conocimiento de los ecosistemas de manglar en Colombia. Primera revisión. En : Yanine-Díaz D. (ed.) Mem. Sem. Regional sobre Ordenación Integrada de la Zona de manglar. FAO / INDERENA. Cali (Valle) y Tumaco (Nariño) Colombia 31 p.
- Álvarez-león, R. 1992. Sinopsis sobre el conocimiento de los ecosistemas de manglar en Colombia. Segunda revisión. Workshop on conservation and sustainable utilization of mangrove forest in the Latin America and Africa regions. ITTO/ISME/UFF. Neteroi (RJ) Brasil. 56 p.
- Álvarez-león, R. 1993. Ecosistemas de manglar en Colombia. Pg. 69-105. En : Conservación y aprovechamiento sostenible de bosques de manglar en las regiones de América Latina y África. ITTO-ISME. Ecosistemas de manglar. Informes técnicos Vol 2. 256 p.
- Álvarez-león, R. y J. Polanía. 1996. Los manglares del Caribe colombiano: Síntesis de su conocimiento. *Rev. Acad. Col. Cienc.*, 78: 447 - 464.
- APHA. 1992 Standard Methods for the examination of water a wastewater. U.S.A.
- Barreto, C. G., R. Turriagu, B. J. Mosquera. 1997. Boletín estadístico pesquero. INPA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santafé de Bogotá. 103 p.
- Beck, L., L. Ruff, 1984. The Rupture Prcess of the Great 1979 Colombia Earthquake: Evidence for the Asperity Model. *J. Geophys. Res.*, 89,981-9291.
- Birkeland, C. (ed). 1997. Life and death of coral reefs. Chapman & Hall, New York, 536 p
- 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.
- Botero, L. 1990. Massive mangrove mortality on the Caribbean coast of Colombia. *Vida Silvestre Neotropical*, 2 (2): 77-78.
- Calero, L.A. y R.F. Casanova. 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y sustancias contaminantes en el Pacífico colombiano. CCCP, *Bol. Cient.* 6: 29-44. Tumaco.
- Camacho, G. 1977. Concentraciones de mercurio total en dos organismos bentónicos de la bahía de Cartagena, *Brachidontes exustus* Lin (Mollusca, Pelecypoda) y *Melongena melongena* Lin (Molusca, Gastropoda). Tesis de Grado. Biología Marina. Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. Bogota, 38 p.
- Cantera, J. 1980a. Estudio taxonómico y de distribución de los Moluscos de la Bahía de Buenaventura: 16-66. En: Fauna asociada al ecosistema manglar estero de la Bahía de Buenaventura (Pacífico colombiano).
- Cantera, J. 1980b. Crustáceos decápodos de la Bahía de Buenaventura: 67-75. En: Fauna asociada al ecosistema manglar estero en la Bahía de Buenaventura (Pacífico colombiano). Universidad del Valle. Cali, Colombia. 154 p.
- Cantera, J., E. Rubio, F. Borrero, R. Contreras, F. Zapata y E. Buttkus. 1979. Taxonomía y Distribución de los moluscos litorales de la Isla Gorgona: 141-167. En: Prah, H. Von.; F.Guhl y M. Grögl (Eds). Gorgona. Universidad de los Andes. Facultad de Artes y Ciencias. Futura grupo editorial. Bogotá, Colombia. 279 p.

- Cantera, J., P. Arnaud y R. Neira. 1992a. La macrofauna de playas arenosas en las bahías de Buenaventura y Málaga (Pacífico colombiano): estructura espacial y dinámica temporal. VIII Sem. Nal. de Cienc. y Tec. del Mar. C.C.O. Santa Marta, Colombia. 1: 225-241.
- Cantera, J. y A. Ocampo. 1988. Moluscos asociados a los principales ecosistemas de la Ensenada de Utría, Pacífico colombiano. VI Sem. Nal. de Cienc. y Tec. del Mar. Bogotá, Colombia. 87-92.
- Cantera, J. y R. Neira. 1988. Notas taxonómicas y ecológicas de los equinodermos de la Bahía de Málaga (costa pacífica colombiana). VI sem. Nal. Cienc. y Tec. del Mar. Bogotá, Colombia. 121-130.
- Cantera, J., R. Neira y J. Tovar. 1992b. Efectos de la producción doméstica sobre la macrofauna bentónica de sustratos blandos en la costa Pacífica colombiana. Revista de Ciencias, Facultad de Ciencias. Universidad del Valle, Cali. 7: 21-39.
- Cantera, J., R. Neira y R. Pardo. 1988. Taxonomía y ecología de equinodermos litorales del Pacífico colombiano. VI Sem. Nal. de Cienc. del Mar. Bogotá, Colombia. 115-120.
- CARICOMP. 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the CARICOMP network. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. 1:663-668.
- Casas-Monroy, O., H. Rodríguez, F. Daza y M. Rendón. 2001. Los manglares de la región de la cuenca baja del río Sinú. P. 109-170. En: Plan de Seguimiento y Monitoreo de la zona Deltaico Estuarina del río Sinú. INVEMAR-URRÁ. 500 p.
- Castro. L.A. 1998. Estudio de la Contaminación por Pesticidas en Ecosistemas Costeros en el Area de Cartagena, Ciénaga de la Virgen y Zonas Agrícolas Adyacentes. IAEA/CIOH. Bol. Cient. CIOH No. 18, P: 15-18. Cartagena, Colombia.
- CIOH. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Información Batimétrica, cartas: Col76084 escala 1:10000, col15384 escala 1:30000, col15084 escala 1:25000, col14984 escala 1:50000, col153184 escala 1:30000.
- Cintrón-Molero, G., A. Lugo, D. Pool y G. Morris. 1978. Mangroves fo arid environments in Puerto Rico and adjectent islands. Biotrópica, 44 :93-113.
- CONPES 3146 de Diciembre 2001. Estrategia para consolidar la ejecución del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres - PNPAD en el corto y mediano plazo
- Cortés, F.A. 2001. Fauna macrobentónica asociada a sustratos blandos y su relación con factores medioambientales en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Tesis de grado Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. Cali. 79pp.
- Cosel, R. 1984. Moluscos de la Isla Gorgona (costa del Pacífico colombiano). Anales Inst. Invest. Mar. y Cost. 14: 175-257.
- Courant, R. Friedrichs, K. & Lewy, H. Uber die Partiellen Differenzen Gleichungen der Mathematischen Physik. En Math. Ann. v. 100. En Imaura, F. Y Goto, C. Truncation Error in Numerical Tsunami Simulation by the Finite Difference Method. En Coastal Engineering in Japan. V 31. 1988.
- Dexter, D.M. 1974. Sandy beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. Rev. Biol. Trop., 22(1): 51-66.
- 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-Ángel; F. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Santa Marta, Ser. Publicaciones Especiales 5: 175 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 Álvarez Lleras, 7: 150 p.
- Díaz, J. M., J. R. Cantera y M. Puyana. 1998. Estado actual del conocimiento en sistemática de moluscos marinos recientes de Colombia. Boletín Ecotrópica No. 33: 15-37.
- Díaz, J.M. y D.I. Gómez. 2002. Cambios históricos en la distribución y abundancia de praderas de pastos marinos en la bahía de Cartagena y áreas aledañas (Colombia). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. En Prensa.
- Díaz, J.M. y M. Puyana, 1994. Moluscos del Caribe colombiano: un catálogo ilustrado. COLCIENCIAS-Fundación Natura-INVEMAR, Santafé de Bogotá, 291 p + lám. color + 74 lám. B. & N.

- Díaz-Pulido, G. 1997. Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad en Colombia: Ecosistemas marinos y costeros. INVEMAR, Santa Marta. 142p.
- Díaz-Pulido, G. y J. Garzón-Ferreira. 2002. Seasonality in algal assemblages on upwelling-influenced coral reefs in the Colombian Caribbean. *Botánica Marina*, 2002:284-292.
- Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres. 1999. Codificación de normas S.N.P.A.D. Decreto No. 919. Bogotá. 102p.
- DNP-UDS-DIOGS, (SISD) 1995-1998. En INFORMAR Fedesarrollo. Proyecciones. Bogotá.
- Durako, M.J. 1988. Turtle grass (*Thalassia testudinum* Banks ex König) - A seagrass: 504-520. En: Bajaj, Y.P.S. (Ed.). *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol 6 Crops II. Springer-Verlag, New York.
- Escobar, JJ y G. Camacho. 1977. Concentraciones de mercurio en aguas y sedimentos de la bahía de Cartagena, Colombia. Informe Técnico INDERENA, Cartagena, 21 p.
- Ferguson, E.J. & R.E. Johannes. 1975. Contaminación y degradación de comunidades de arrecifes de coral. *Tropical marine pollution*. Elsevier Scientific Publishing Co. pp.13-51
- Franco, L. 1995. Uso y conservación de moluscos del género *Anadara* (Molusca: Bivalvia): evidencia poblacional de un gradiente de explotación en el Chocó, Costa Pacífica colombiana. Tesis M. Sc. Mar. Univ. Nal. Col., Bogotá.
- Garay, J.A. 1990. Principales Cuencas y Sistemas Acuáticos de Colombia Impactados por el Uso de Plaguicidas en la Agricultura en Aguas Subterráneas, en Ríos y Cuencas". Memorias del Seminario Regional, "Impacto del Uso Agrícola en la Contaminación de las Aguas". P: 127-142. Puerto Morelos, México. Quintana Roo, México. P: 13-26.
- Garay, J.A. 1996. Estado Actual de los Puertos del Caribe Colombiano Relacionados con MARPOL 73/78. *Bol. Cient. CIOH No. 14 y 15*, pp- 42-55. Cartagena, Colombia.
- Garay, J.A. 2001a. Informe Anual Sobre el Estado de los Recursos Marinos y Costeros Durante el Año 2000. Calidad Ambiental Marina en Colombia. Santa Marta, Colombia, Febrero de 2001.
- Garay, J.A. 2001b. 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 y su impacto. *Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de la calidad de las aguas marinas y costeras*. INVEMAR. Tomo 2.
- Garay, J.A; Giraldo L; Castro, LA; Lonin, S y Tuchkovenko, Y. 1997. Informe Final Proyecto GEF/RLA/93/G41. Proyecto Regional de Planificación y Manejo de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe. Estudio de Caso: bahía de Cartagena. CIOH. 300P. Cartagena, Colombia.
- Garay, J.A; Giraldo L; Castro, LA; Lonin 1992. Informe Final "Estudio de las Condiciones Oceanográficas y Problemas de Contaminación del Golfo de Morrosquillo". ECOPETROL/CIOH. 220P. Cartagena, Colombia.
- Garay, J.A; Jurado, EA; Gómez, MA; Gutiérrez, H; Zapata, I; Pagliardini, JL y Vernet, G. 1982. Síntesis del Proyecto bahía de Cartagena. CIOH/U. Miami. *Bol. Cient. CIOH No. 4*. P: 49-110. Cartagena, Colombia.
- Garay, J.A. Marin, B ; Ramirez, G; Velez, A. M.; Troncoso, W ; Acosta, J; Lancheros, A ; Medina, O ; Cadavid, B Y Calvano, N. 2001. Informe Final Proyecto "Diagnostico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano. Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras". Fase I MMA/FONAM/INVEMAR. Santa Marta.
- Garay, J.A. ; Pion, A Y Castro, LA. 1993. Informe Final Proyecto Regional FP/5101-90-02-6912 UCR/CAR/COI/CIOH. "Evaluación del Impacto sobre Ecosistemas Marinos Costeros Generados por el Uso de Plaguicidas en Zonas Agrícolas (Arroceras) Adyacentes a la Ciénaga de la Virgen, Municipio de Cartagena, Colombia". CIOH. Cartagena, Colombia.
- Garay, J.A, S. Lonin & L.A. Castro. 1998. Generación de un modelo matemático para la solución de los problemas ambientales de la bahía de Cartagena. CIOH.
- Garay, J.A. y Bermúdez, H. 1995. Informe Final "Inventario de los Puertos del Caribe y Pacífico Colombiano y Estimación de los Desechos Generados por los Buques". Consultoría para el Proyecto WICSW de la OMI. 250p. Cartagena, Colombia.

- Garay, J.A. y Castro. L.A. 1992. Contaminación por Hidrocarburos Derivados del Petróleo en el Litoral Caribe Colombiano. bahía Cispatá hasta Riohacha. *Bol. Cient. CIOH No.10*, P: 13-26. Cartagena, Colombia.
- Garay, J.A. y Marín. B. 2001. Informe Parcial Proyecto 'Diagnostico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacifico Colombiano. Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras". Fase I MMA/FONAM/INVEMAR. Santa Marta.
- García, C. y H. Sandoval. 1983. Comunidades macrozoobénticas de fondos blandos en la plataforma continental de Ciénaga, Caribe Colombiano. Tesis de grado, Facultad Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 84 p.
- García L.E., A. Sarria. M., A. Espinosa M., C.E. Bernal L., M. Puccini L., 1984, Estudio General del Riesgo Sísmico de Colombia. Asoc. Col. De Ingeniería Sísmica, Bogotá. En Meyer, HJ. A. Velásquez , 1992, Aproximaciones al Riesgo por Tsunami en la Costa del Pacifico en Colombia. Publicaciones ocasionales del OSSO, No2, Universidad del Valle, Observatorio Sismológico del Sur Occidente. Cali.
- García-Valencia, C., A. Córdoba, A. Valero, J. P. de la Roche, S. Sánchez, M. Rueda, J. Gómez, C. A. Torres, C. Castellanos, K. Hernández, R. Bautista, J. P. Assmus y Y. Caballero. En revisión. Pteriidae, Pectinidae, Pinidae y Arcidae (Bivalvia: Mollusca): Su potencial para acuicultura en el Caribe colombiano. INVEMAR. Santa Marta.
- García-Valencia, C. y J. M. Díaz. 2000. Moluscos y su taxocenosis en los fondos someros del sector sur de la plataforma continental del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 29: 73-80.
- Garzón-Ferreira, J. 1997. Arrecifes coralinos: ¿Un tesoro camino a la extinción?. *Colombia - Ciencia y Tecnología*, 15 (1): 11-19.
- Garzón-Ferreira, J. 1998. Problemática ambiental en los mares colombianos. *Colombia patria de tres mares*. Expolisboa 98. pp 214 - 220
- Garzón-Ferreira. 1999. Evaluación rápida de estructura y salud de formaciones coralinas de la isla de Malpelo (Pacifico colombiano). *Bol. Inv. Mar. Cost.* (28):137-154
- Garzón-Ferreira, J. 1999. Primer taller del SIMAC – Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. Informe de resultados, INVEMAR, Santa Marta, 37 p.
- Garzón-Ferreira, J. 2000. Segundo taller del SIMAC – Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. Informe de resultados, INVEMAR, Santa Marta, 22 p
- Garzón-Ferreira, J.; A. Rodríguez-Ramírez; S. Bejarano-Chavarro; R. Navas-Camacho y C. Reyes-Nivia. 2002. Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (SIMAC). Síntesis de datos obtenidos en el año 2001. Informe de resultados, INVEMAR, Santa Marta, 37 p.
- Garzón-Ferreira, J. y A. Rodríguez-Ramírez. 2001. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia año 2000: 25-36. En Santos, M.: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: 2000. INVEMAR, Santa Marta, Serie Documentos Generales 3: 138 p.
- Garzón-Ferreira, J. y J.M. Díaz. 2000. Assessing and monitoring coral reef condition in Colombia during the last decade: 51-58. En Done, T. & D. Lloyd (eds.): Information Management and Decision Support for Marine Biodiversity Protection and Human Welfare: Coral Reefs. Australian Inst. Mar. Sci. (AIMS), Townsville, Australia.
- Goto, C. & Ogawa, Y. Numerical Meted of Tsunami Simulation with the Leap-Frog Scheme. Department of Civil Engineering, Tohoku University. 1982. Translated for the TIME Project by Shuto, N. Disaster Control Research Center. 1982.
- Goto, C., Ogawa, Y., Shuto, N. & Imaura, F. IUGG/IOC Time Project. IOC Manuals and Guides. No 35. UNESCO. 1997.
- Gutiérrez, J. y M. Jiménez. 1999. Caracterización de los pastos marinos presentes en el Balneario "El Rodadero", Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Grado Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Área de Ingenierías y Recursos Naturales. Santa Marta, p. 18-41.
- Guzmán, A. 1993. La comunidad macrozoobentónica de fondos blandos de la plataforma continental del Departamento del Magdalena (Caribe Colombiano) Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia-INVEMAR. Santafé de Bogotá, Colombia. 73 p.

- Guzmán-Alvis, A. y J. M. Díaz. 1993. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida-Mollusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betún*, 22: 45-59.
- Guzmán-Alvis, A. y J. M. Díaz. 1996. Soft-bottom macrobenthic assemblages off Santa Marta, Caribbean coast of Colombia. *Caribb. Jour. of Sci.*, 32: 176-186.
- Guzmán-Alvis, A. y O. D. Solano. 1997. Estructura de la taxocenosis Annelida-Molusca en la región de Minguo, Guajira (Caribe colombiano). *Bol. Inst. Inv. Mar. y Cost.*, 26, 35-52.
- Guzmán-Alvis, A. y O. D. Solano. 2001. Cambios temporales en la estructura comunitaria de la macroinfauna y su relación con la precipitación (Caribe colombiano). Resúmenes IX Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar. San Andrés Isla, p 493.
- Guzmán-Alvis, A., Solano, O.D. Córdoba-Tejada M. y López-Rodríguez, A. 2001. Comunidad macroinfaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe colombiano). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 30: 39-65.
- Guzmán-Alvis, A., y F. Carrasco. 2002. La biocenosis de poliquetos asociada a variaciones con la precipitación en el Caribe colombiano. Resúmenes XXII Congreso de Ciencias del Mar. Valdivia – Chile, p.
- Henocque, y Denis, J. (Editores) 2001. A methodological Guide: Steps and Tools Towards Integrated Coastal Area Management IOC Manuals and Guides No. 42. UNESCO.
- Hernández, A. y K. P. Mullen, 1975. Observaciones preliminares sobre la productividad primaria neta en un ecosistema de manglar, estudio (Guapi, Colombia) p.89-98. En : Mem. II Sem. Latinoamericano de Oceanografía Biológica. ALICMAR/UDO. Cumaná, Venezuela.
- Hernández, A. y K. P. Mullen, 1978. Productividad primaria neta en un manglar del Pacífico colombiano. p.665-687. En : Vegas-Vélez, M. y Rojas-Beltrán (eds.) Mem. Sem. Océano Pacífico sudamericano. Cali (Valle) Colombia. 760 p.
- IDEAM, 1998. *El medio ambiente en Colombia*. Ed. Pablo Leyva. 475 p.
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Mapas Cartográficos escala 1:2000, casco urbano de Buenaventura, Planchas Cartográficas escala 1:25000: Costa del Valle del Cauca 259I,III, IV (1969,1988,1969), 260III (1970,1968), 278II,IV (1968,1988), 298I,II,III (1988), 279I (1971).
- 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. 1995. Estudio de impacto ambiental proyecto Plataforma Chuchupa "B", componentes biológico, climatológico y oceanográfico. Asociación Ecopetrol-Texas Petroleum Company. Santa Marta. 161 p + 23 láminas.
- INVEMAR. 1997. Monitoreo de la fauna macrobentónica del área de influencia del proceso de construcción de la línea submarina y la TLU2 en el Golfo de Morrosquillo". Oleoducto Central S. A. OCENSA e INVEMAR, informe final, Santa Marta, 64 p + 4 anexos.
- INVEMAR, 2000. Estudio de impacto ambiental para el puerto integrado carbonífero del Caribe colombiano: componentes físico y biótico. Informe final. INVEMAR (Coordinación de Servicios Científicos) - Asesorías y Consultorías para el desarrollo del Caribe Ltda. Santa Marta, 224p. 1 anexo +10 mapas.
- INVEMAR. 2000. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Un enfoque de manejo adaptativo. Informe técnico final. Convenio MMA / BID / INVEMAR. No 029/99.- Universidad de Louisiana (USL)-COLCIENCIAS-CORPAMAG-GTZ-CIOH-UAESPNN. INVEMAR, Santa Marta. Diciembre de 2000.
- INVEMAR. 2000. Informe Anual Sobre el Estado de los Recursos Marinos y Costeros Durante el Año 1999. Santa Marta, Colombia, Septiembre 2000.

- INVEMAR. 2000a. Informe Anual de Actividades 95-2000. Santa Marta, Colombia.
- INVEMAR. 2000b. Informe Técnico Final Proyecto: "Monitoreo de las Condiciones Ambientales y los Cambios Estructurales y Funcionales de las Comunidades Vegetales y de los Recursos Pesqueros Durante la Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Un Enfoque de Manejo adaptativo". Santa Marta, MMA/BID/INVEMAR.
- INVEMAR. 2001. Informe Técnico Final Proyecto: "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". INVEMAR/COLCIENCIAS. Santa Marta.
- 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. 2001a. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Un enfoque de manejo adaptativo. Convenio 058 / 2000, Inst. de Invest. Marinas y Costeras "José Vives De Andrés" / MinAmbiente / Bco. Interamer. Desarrollo / Corp. Autón. de Desarrollo del Magdalena / Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbit / Inst. Colomb. para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" / Univ. Nal. de Colombia / Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Santa Marta (Mag.). Inf. técnico, CD-R.
- INVEMAR 2001b. Plan de seguimiento y monitoreo de la Zona Deltaico Estuarina del Río Sinú. Coordinación de Servicios Científicos. Informe final. Empresa Urrá S.A. E.S.P.-INVEMAR. Santa Marta. 374 p y 2 anexos.
- INVEMAR 2001c. Formulación del plan de manejo integrado de la zona costera para el complejo de las bocanas de Cauqui-Iscuandé, Pacífico colombiano. Informe técnico final. INVEMAR/ BID/ MINAMB/ CORPONARIÑO/ CVC/ IIAF/ OC/ CO.
- INVEMAR. 2002a. 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. 2002b. Diagnostico y evaluación de la calidad ambiental marina en el caribe y pacifico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de la calidad de las aguas marinas y costeras. Proyecto FONAM-BID-INVEMAR. Programa de Calidad Ambiental Marina. Informe Final. Santa Marta. 110 p.
- IPCC-CZMS. 1992. Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise - A Common Methodology. Report of the Coastal Zone Management Subgroup of IPCC Working Group III, The Hague.
- IPCC. 1994. Preparing to meet the coastal challenges of the 21st century. Conference Report, Word Cost Conference 1993., Noordwijk, The Netherlands.
- Javelaud, O. 1986. Sedimentología de la Plataforma Continental del Caribe colombiano. Bol. Cient. CIOH., 6: 17-39.
- JOHANNES, R.E. & S. BETZER. 1975. Las comunidades marinas responden diferenciadamente a la contaminación en los trópicos y en latitudes más altas. *Tropical marine pollution*. Elsevier Scientific Publishing Co. pp.1-12
- Keheller, J. En Journal of Geophysical Research. Vol. 77,2087 1972.
- 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.
- Klingebiel, A. y G. Vernet. 1979. Estudio batimétrico y sedimentológico en la plataforma continental entre Cartagena y la desembocadura del Río Magdalena (Colombia). Bol. Cient. CIOH., 2: 55-70.

- Lalli, C. M. and T. R. Parsons. 1997. *Biological Oceanography an introduction*. Second edition. The Open University, Oxford, 314 p.
- Landau, L.D Y Lifshitz. *Fluid Dynamics*. Pergamon Press. 1959.
- Laverde-Castillo, J. 1986. Lista anotada de los poliquetos Annelida) registrados para el Pacifico colombiano, con notas preliminares sobre su zoogeografía. *Actualidades Biológicas*, 15 (58): 123-132.
- Lemaitre, R. y R. Alvarez-León. 1992. Crustáceos decápodos del Pacifico colombiano: lista de especies y consideraciones zoogeográficas. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín*, 21: 33-76.
- López, E. 1978. Primeros datos sobre la biomasa y la composición del bentos infaunal de la Ria de Pontevedra, en relación con el contenido de materia orgánica del sedimento. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, IV (240): 55-68.
- Lorin, J., C. Hernández, A. Rovault y J. Bottagisio. 1973. Estudio sedimentológico de la plataforma continental entre Bocas de Ceniza y Santa Marta. *Laboratoire Central D'Hydraulique de France, Barranquilla*, 42 p. + 50 planos.
- Mansinha, L. & Smylie, E. The Displacement Field of Inclined Faults. En *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 70, No.3, June 1980.
- MARIN. B. 2001a. Informe Técnico Final Proyecto: "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". INVEMAR/COLCIENCIAS. Santa Marta.
- MARIN. B. y CADAVID, B. 2001. Informe Técnico "Descripción general de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Caracterización de la calidad de las aguas marinas". 80P. Santa Marta.
- MARÍN. B. y GARAY, J.A. 2001. Informe Anual Sobre el Estado de los Recursos Marinos y Costeros Durante el Año 1999. Componente Contaminación Marina. Santa Marta, Colombia. Abril 2001.
- MARIN. B.; FONSECA, D.; RAMIREZ, G. y CADAVID, B. 2000. Informe Técnico Final "Estudio del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal en el Golfo de Morrosquillo". Proyecto B-PIN-CAM 99-2000. 100p. Santa Marta.
- MARIN. B.; FONSECA, D.; RAMIRZ, G. y CADAVID, B. 2000a. Informe Técnico Final "Estudio del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal en el Litoral del Dpto del Magdalena". Proyecto B-PIN-CAM 99-2000. 100p. Santa Marta.
- Meyer, H. Desarrollo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami, .
- Ministerio del Medio Ambiente. 2000. Informe Nacional Reducción del Esguerrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe. Proyecto GEF/PNUMA/UCR/CAR. Bogotá, Colombia.
- Ministerio del Medio Ambiente. 2000. Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia. Bogotá. 96p.
- Ministerio del Medio Ambiente e INVEMAR. 1996. Memorias Primer Taller "Programa de Monitoreo de la Contaminación en la Costa Caribe y Pacifico de Colombia". 26-28 de Agosto de 1996. Santa Marta.
- Molina, A. 1990. Estudio geológico de la plataforma continental caribe (Santa Marta-Punta Morro Hermoso). Mem. VII Semin. Nac. Cienc. Tecnol. Mar, Comisión Colombiana de Oceanografía, Cali, 120-131 p.
- Murillo, C. 1988. Estomatópodos de la costa pacífica de Colombia e Isla Gorgona Crustacea: Stomatopoda: Squillidae, Gonodactylidae y Pseudosquillidae). *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín*, 18: 95-112.
- Olsen S., K. Lowry and J. Tobey. 1999. The common methodology for learning: A Manual for Assessing Progress in Coastal Management. Coastal Management Report # 2211. University of Rhode Island, Coastal Resources Center. Narraganset, RI 02882, USA.
- Ortiz, M. y R. Lemaitre. 1994. Crustáceos anfipodos (Gammaridea) colectados en las costas del Caribe colombiano, al sur de Cartagena. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín* 23: 129-135.
- Ortiz, M. y R. Lemaitre. 1997. Seven new amphipods (Crustacea: Peracarida: Gammaridea) from the Caribbean Coast of South America. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 26: 71-104.

- Panier, F. 1984. Analyses of soil, plant and water components. 131-144 p. En: Snaker, S. C. y J. G. Snaker (eds.). *The mangrove ecosystem: research methods*. Unesco, Montevideo. 251 p.
- PHILLIPS, D.J.H. 1980. *Quantitative aquatic biological indicators*. Applied Science Publishers, Ltd, London, 488
- PNUD-UNDRO, 1991. *Vulnerabilidad y evaluación del riesgo*. 1ª ed. AW Coburn, RJS Spence y A Pomonis
- Prahl, H. von. 1986. Notas sobre la zoogeografía de corales, crustáceos, moluscos y peces. Pg. 89-125. En: Prahl, H. Von y M. Alberico (Eds). *Isla Gorgona*. Universidad del Valle. Editorial Banco Popular. Bogotá, Colombia. 244 pp.
- Prahl, H. von, F. Guhl y M. Grögl. 1978. Carídeos (Decápodos, Natantia, Palaemonidae) de Gorgona. *Cespedesia*, VIII (25-26): 49-65.
- Prahl, H. von, F. Guhl y M. Grögl. 1979a. Crustáceos decápodos y su distribución en Gorgona: 41-81. En: Prahl, H. Von.; F.Guhl y M. Grögl (Eds). *Gorgona*. Universidad de los Andes. Facultad de Artes y Ciencias. Futura grupo editorial. Bogotá, Colombia. 279 pp.
- Prahl, H. von, F. Guhl y M. Grögl. 1979b. Poliquetos de Gorgona. Pp. 131-140. En: Prahl, H. Von.; F.Guhl y M. Grögl (eds). *Gorgona*. Universidad de los Andes. Facultad de Artes y Ciencias. Futura grupo editorial. Bogotá, Colombia. 279 pp.
- Prahl, H. von, J. R. Cantera y R. Contreras. 1990. *Manglares y hombres el Pacifico colombiano*. FEN/COLCIENCIAS. Editorial Presencia. Bogotá. 193 p.
- PROCIÉNAGA. 1995. *Plan de Manejo Ambiental de la Subregión Ciénaga Grande de Santa Marta. Proyecto de Cooperación Colombo-Alemán. Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. PROCIÉNAGA (CORPAMAG, INVEMAR, CORPES, GTZ)*.
- Proudman, J. *Dynamical Oceanography*. Methuen, J. Willey. 1953.
- Puentes, L., N. Campos y R. Reyes. 1990. Decápodos de fondos blandos hallados en el área comprendida entre Pozos Colorados y la Bahía de Taganga, Caribe colombiano. *Bol. Ecotrópica*, 23: 31-41.
- Quiceno, A.. *Proyecto Evaluación del Impacto de un Tsunami sobre al Zona Costera de Tumaco por medio de la modelación matemática*, Centro Control Contaminación del Pacifico, 2000.
- Quiceno A. y Ortiz M. *Evaluación del Impacto de Tsunamis en el Litoral Pacifico Colombiano (Región de Tumaco)*, a ser publicado, 2001.
- Ramírez, J. *Informe Preliminar Terremotos Colombianos noviembre 23 y diciembre de 1979, 1980*.
- Ramírez, M. 1983. *Contribución al conocimiento de los ostrácodos (Arthropoda-Crustácea) actuales de la Plataforma Continental frente a Riohacha y su relación con factores del medio ambiente*. Tesis de grado, Facultad Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 135 p.
- Ramirez, G. 1988. *Residuos de Plaguicidas Organoclorados en los Sedimentos de la CGSM*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR No. 18. Santa Marta.
- Ramirez, G. 1995. *Análisis de Residuos de Organoclorados en los Sedimentos de las Zonas de Manglar de la CGSM y la bahía de Chengue*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR No. 24. Santa Marta.
- Rivera-Monroy, V.H., E. Mancera., O. Casas., E. Castañeda., J. Restrepo., F. Daza., L. Perdomo., P. Reyes., E. Campos., M. Villamil., y F. Pinto. 2001. *Estructura y función de un ecosistema de manglar a lo largo de una trayectoria de restauración: El caso de la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Informe final. University of Louisiana-Lafayette, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR. pp 244.
- Rodríguez-Ramirez, A. y J. Garzón-Ferreira. En preparación. *Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la bahía de Chengue (Caribe colombiano): 1993-1999*. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones Especiales.
- Rosenberg, E. y Y. Bem-Haim. 2002. *Microbial diseases of corals and global warming*. *Environmental Microbiology*, 4(6):318-326.
- Ruíz-López, J.A. 2001. *Caracterización de la macroinfauna bentónica asociada a fondos blandos del Parque Nacional Natural Gorgona (Pacifico colombiano) y su variación espacio-temporal entre enero y junio de 1999*. Tesis de Grado Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 129 pp.

- Sánchez-Paez H., G. Ulloa-Delgado, R. Álvarez-León, W. O. Gil-Torres, A. S. Sánchez-Alferez, O. A. Guevara-Mancera, L. Patiño-Callejas y F. E. Páez-Parra. 2000b. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. Proyecto P.D., 171/91 rev 2, (F) Fase II, Etapa II. Min Ambiente/OIMT. Bogotá. 294 pp.
- Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, O. A. Guevara-Mancera y G. A. Ulloa-Delgado. 2000a. Lineamientos estratégicos para la conservación y uso sostenible de los manglares de Colombia. Proy. PD 171/91 Rev. 2 (F) Fase II (Etapa II). Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia, MINAMBIENTE / OIMT. Santa Fe de Bogotá D.C. (Colombia), 81 p.
- Sánchez-Páez, H. y R. Álvarez-León. (Eds.) 1997b. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Pacífico de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General Forestal y de Vida Silvestre-Organización Internacional de Maderas Tropicales, Bogotá. 343 p.
- Shuto, N., T. Suzuki, K. Hasegawa & K. Inagaki. 1986 A study of numerical techniques on the tsunami propagation and run up. *Science of Tsunami Hazard*, 4, 111-124.
- Singh, S.K., Bazan, E. & Esteval, L. Expected Earthquake Magnitude from a fault. En *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 70, No.3, June 1980.
- Smith, W. H. F. & Sandwell, D. T. Global Seafloor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings. En *Science*, v. 277. 1997.
- Solano, O.D., F. Cortés y J.A. Ruiz-López. 2001. Ambientes y comunidades de fondos blandos. Capítulo 5. Páginas: 65-77. En: Barrios, L.M. y M. López-Victoria. Gorgona Marina, contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 7. 160p.
- Soloviev, S.L. & Go, CH.N. Catalogue of Tsunamis on the Eastern Shore of the Pacific Ocean, 1984.
- Soloviev, S.L., Go, CH.N & Kim KH. Catalog of Tsunamis in the Pacific 1969-1982, 1992. Results of Researches on the International Geophysical Projects. Academy of Sciences of the USSR, 1992.
- Spalding, M.D.; C. Ravilious y E.P. Green. 2001. World atlas of coral reefs. Univ. California Press, Berkeley, EEUU, 424 p.
- Steer R., Arias-Isaza F., Ramos A., Sierra-Correa P., Alonso D. y P. Ocampo. 1997. Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas". Documento de consultoría para el Ministerio del Medio Ambiente. Serie Publicaciones Especiales No. 6, Santa Marta, 390 p.
- Steubing L., R. Godoy, M. Alberdi. 2002. Métodos de ecología vegetal. Universidad Austral de Chile. Editorial Universitaria. GTZ/CONAF, Chile. 345 p.
- Takahashi, TO., Ta. Takahashi, N. Shuto, F. Imaura & M. Ortiz. Source Models of the 1993 Hokkaido Nansei-Oki earthquake tsunami, A Topical Issue of Pure and Applied Geophysics, Vol. 144, No. 3/4, 1995.
- Thayer, G.W., D.A. Wolfe y R.B. Williams. 1975. The impact of the man on seagrass system. *Am. Sci.* 63:280-296.
- UNEP (OCA) / CAR. 1994. Informe Sobre Perspectiva Regional Sobre Fuentes Terrestres de Contaminación Marina en la Región del Gran Caribe. II Reunión de Expertos sobre Fuentes Terrestres de Contaminación Marina en la Región del Gran Caribe. San Juan, Puerto Rico.
- Vargas, C. y S. Arango. 1993. Una aproximación a la distribución de litofacies recientes en la plataforma continental frente a la Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena) y análisis morfoestructural entre Punta la Aguja (Magdalena) y Punta Hermosa (Atlántico). Tesis de grado, Facultad de Geología y Minas, Univ. de Caldas, Manizales, 99 p. + anexos.
- Vargas, D. 2001. Caracterización y determinación de los cambios espacio-temporales (1989-2000) en el bosque de manglar del complejo de las bocanas de Guapi-Iscuandé, Pacífico colombiano mediante la aplicación de sensores remotos. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 209 p.
- Vargas G. 1999. Guía Técnica para la Zonificación de la Susceptibilidad y al Amenaza por Movimientos en Masa. Cooperación Colombo-Alemana, Proyecto Río Guatiquía (PRG). GTZ. Villavicencio. 197p.
- Vernette, G. 1982. Estandarización de los criterios sedimentológicos para la cartografía de la plataforma continental. *Bol. Cient. CIOH.*, 4: 3-13.

- Vernette, G., S. Martínez, J. Martínez y C. Parada. 1983. Sediment characteristics and depositional processes on the Colombian Continental Shelf within the Caribbean Sea (from the Magdalena River to the Morrosquillo Gulf). 10a. Conferencia Geológica del Caribe-Memorias, Cartagena de Indias, Colombia, 303-317.
- Vides, M. 1999. La macrofauna de fondos blandos del Golfo de Salamanca (Caribe, colombiano): estructura espacial y dinámica temporal. Tesis Biol. Mar. Univ. de Bogota Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, 134 p.
- Wallner-Kersanach, M. y L.F. Espinosa. 1996. Heavy metal contamination in sediments from the Magdalena River and part of the lagoon complex of Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Memorias del II Simposio Internacional de Geoquímica Ambiental. Cartagena.
- www.fao.org
- www.inpa.gov.co
- Zapata, F.A., B. Vargas-Ángel y J. Garzón-Ferreira. 2001. Salud y conservación de las comunidades coralinas: 41-50. En Barrios, L.M. y M. López-Victoria (Eds). Gorgona Marina. Contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 7, Santa Marta, 160 p.