

---

**Diagnóstico**  
de la  
**erosión**  
en la  
**ZONA costera**  
del  
**Caribe colombiano**

---



**COLOMBIA**  
**50% MAR**

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras  
"José Benito Vives De Andrés" - INVEMAR  
Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

**Francisco A. Arias Isaza**  
Director General

**Jesús Antonio Garay Tinoco**  
Subdirector Coordinación de  
Investigaciones (SCI)

**Carlos Augusto Pinilla González**  
Subdirector de Recursos y  
Apoyo a la Investigación (SRAI)

**Gabriel Rodolfo Navas Suárez**  
Coordinador Programa de Biodiversidad  
y Ecosistemas Marinos (E)(BEM)

**Mario Enrique Rueda Hernández**  
Coordinador Programa de Valoración y  
Aprovechamiento de Recursos Marinos (VAR)

**Luisa Fernanda Espinosa Díaz**  
Coordinadora Programa de  
Calidad Ambiental Marina (CAM)

**Paula Cristina Sierra Correa**  
Coordinadora Programa de Investigación  
para la Gestión de Zonas Costeras (GEZ)

**Georgina Guzmán Ospitia**  
Coordinadora Programa de  
Geociencias Marinas (GEO)

**Óscar David Solano Plazas**  
Coordinador Programa de  
Servicios Científicos (CSC)

Santa Marta, DTCH  
www.invemar.org.co

## Autores

### Blanca Oliva Posada Posada

**Geóloga M.Sc.**, con especialización en sensores remotos y SIG aplicados al manejo de zonas costeras y metodologías de impacto ambiental. Coordina la Línea de Geología del Programa de Geociencias Marinas del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés", INVEMAR, y apoya el proyecto BPIN *Diseño e implementación de un programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia*.

### William Henao Pineda

**Geólogo**, investigador auxiliar del Programa de Geociencias Marinas del INVEMAR. Experiencia en manejo de sistemas de información Geográfica y bases de datos. Coordinador del área de SIG en el proyecto *Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta* y el proyecto BPIN *Diseño e implementación de un programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia*.

Esta publicación fue preparada y publicada por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" (INVEMAR) con fondos del proyecto del Banco de Proyectos de Inversión Nacional (BPIN), *Programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia*.

© 2007 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" (INVEMAR), Santa Marta, Colombia. Vinculado al Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, desde 1993 (Ley 99)

#### Cítese como:

Posada, P., Blanca Oliva y Henao P., William, 2008. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta, 200 páginas.

**Palabras clave:** Erosión Costera, geomorfología, Caribe colombiano, diagnóstico.

#### ISBN:

Derechos reservados conforme a la ley. Los textos pueden ser reproducidos, total o parcialmente, citando la fuente.

**Revisión técnica:** Jaime Orlando Martínez

**Revisión de estilo:** María Carlota Ortiz

**Diseño, diagramación y supervisión de producción:** Carlos González/John Khatib (Ediprint Ltda.)

**Impresión:** Ediprint Ltda. - Bogota D.C., Colombia

# Nota del director

La zona costera del Caribe colombiano es un mosaico de ecosistemas estratégicos, altamente sensibles a los cambios ambientales naturales o inducidos por el hombre. Uno de los más ampliamente intervenidos por las actividades humanas, y menos considerado como tal, es el de las playas. Aunque podría ser quizás uno de los de menor diversidad biológica, constituyen filtros importantes de los nutrientes y materia orgánica traídos por las olas y las mareas, sitios de anidación de especies de aves y tortugas marinas y protección natural de las lagunas costeras y pantanos de manglar contra la turbulencia que proviene del mar. No obstante, su mayor importancia, se relaciona comúnmente con el turismo.

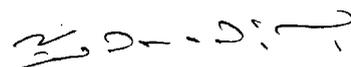
Las playas son ambientes extremadamente dinámicos y frágiles, donde arena, agua y aire están siempre en movimiento; las arenas viajan por cientos a miles de kilómetros y por largos periodos de tiempo para conformar playas, cuya posición y morfología cambian en respuesta al movimiento de las olas, las corrientes, al nivel del mar y por supuesto al viento. La intervención humana sobre ellas, con la construcción de vías y otras obras de infraestructura urbana y de servicios, transforma este sistema e introduce un alto valor de desequilibrio ambiental cuya respuesta es por lo general la erosión.

Los litorales rocosos, de otra parte, son más estables, pero igualmente importantes refugios de especies y testigos de una evolución expresada en sus capas y estructuras, disponibles para la investigación sobre amenazas geológicas locales y regionales. Los manglares y lagunas costeras relacionadas en su génesis con las playas y espigas litorales, han sido grandemente impactados por el uso indiscriminado de los recursos que proveen, lo que ha llevado a la disminución de su área, el deterioro del ecosistema como tal y la pérdida en alto porcentaje de su función ambiental.

El control de estos procesos tiene que ver con la planificación del uso de la zona costera, como elemento de prevención y manejo y con las actividades de recuperación representadas en programas y obras, acordes con estudios técnicos particulares y que deben incluir estrictas regulaciones para su aprovechamiento, por ejemplo en la operación turística, el uso del suelo, la ocupación urbana, la acuacultura entre otros.

La costa del Caribe colombiano cuenta con aproximadamente 900 km lineales de playas, la mayoría constituidas por sedimentos de origen terrígeno, traídos por las corrientes fluviales o como resultado de la erosión de los acantilados. El 28% de ellas sufre actualmente procesos de erosión con consecuencias no deseables sobre los centros poblados y la actividad económica.

El INVEMAR presenta en esta publicación especial, el diagnóstico de la erosión costera en el Caribe, tanto para los ecosistemas de playas, en los cuales se hace énfasis, como para los rocosos, de pantanos de manglar y lagunas costeras, como un instrumento de planificación, construido por el equipo de trabajo del programa de Geociencias Marinas durante los últimos años.



Francisco A. Arias Isaza

## Acrónimos

<b>BPIN</b>	Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional
<b>CARDIQUE</b>	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
<b>CARSUCRE</b>	Corporación Autónoma Regional de Sucre
<b>CGSM</b>	Ciénaga Grande de Santa Marta
<b>CIOH</b>	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas
<b>CORPAMAG</b>	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
<b>CORPOGUAJIRA</b>	Corporación Autónoma Regional de La Guajira
<b>CORPOURABA</b>	Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá
<b>CRA</b>	Corporación Autónoma Regional del Atlántico
<b>CVS</b>	Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge
<b>DIMAR</b>	Dirección General Marítima
<b>EAFIT</b>	Escuela de Administración Finanzas y Tecnologías
<b>EPA</b>	Establecimiento Público Ambiental
<b>ERS</b>	Earth Research Satellite
<b>ICOADS</b>	International Comprehensive Ocean Atmosphere Data Set
<b>IDEAM</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<b>IDEHA</b>	Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales
<b>IGAC</b>	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
<b>INGEOMINAS</b>	Instituto Colombiano de Geología y Minería
<b>INVEMAR</b>	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
<b>MAVDT</b>	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>PNAOCI</b>	Programa Nacional Ambiental para el Ordenamiento y Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia
<b>SNSM</b>	Sierra Nevada de Santa Marta
<b>ZCIT</b>	Zona de Convergencia Intertropical
<b>UMATAS</b>	Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria

## Lista de abreviaturas

<b>anm</b>	(aumento del nivel del mar)
<b>msnm</b>	(metros sobre el nivel del mar)
<b>ppm</b>	(partes por millón)
<b>hPa</b>	(hectoPascal)
<b>Mt</b>	(millones de toneladas)
<b>E</b>	(este, oriente)
<b>W</b>	(oeste, occidente)
<b>N</b>	(norte)
<b>S</b>	(sur)

# Agradecimientos

Esta publicación fue posible gracias a los recursos financieros del proyecto BPIN *Diseño e implementación de un programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia*, los que permitieron, durante los años 2006 y 2007, trabajar en el diagnóstico de la erosión costera en el Caribe continental colombiano mediante revisión de información, trabajo de campo y talleres con las comunidades y administraciones municipales.

A la coordinadora del Programa de Geociencias Marinas del INVEMAR, Georgina Guzmán Ospitia, y a Sandra Rincón y Jaime Orlando Martínez, quienes revisaron el contenido del libro e hicieron valiosos aportes para concebirlo como un libro técnico, pero escrito en un lenguaje entendible para los administradores de las zonas costeras.

A mis compañeros del INVEMAR que me colaboraron con fotos y documentos; a los geólogos del Programa GEO que proporcionaron bibliografía y datos actualizados para incluir en la publicación, en especial a Nelson Guillermo Rangel, quien desde hace varios años nos acompaña en la labor de caracterizar las costas y cartografiar los resultados. A mi compañero de autoría, William Henao Pineda, el cual trabajó arduamente, durante más de un año, los mapas geomorfológicos, de geología y tipos de costas, incluidas las estadísticas pertinentes, y tuvo paciencia para hacer los cambios y correcciones que constantemente estuve solicitando; este libro perdería su razón de ser sin esos mapas.

A los representantes de las alcaldías municipales, con sus oficinas de planeación, turismo y de atención de desastres; a las UMATAS y los líderes de las comunidades que viven o trabajan en las zonas costeras; a los representantes de las gobernaciones departamentales y de las CAR costeras; a las capitanías de puerto, universidades y demás instituciones y personas que nos acompañaron en los talleres de evaluación y aportaron material documental muy valioso.

Y, principalmente, quiero agradecer al Director del INVEMAR, Francisco Armando Arias Isaza, por haber confiado en que sacaríamos adelante este proyecto y tomar la decisión, incluso, de posponer la entrega de resultados en aras de obtener un producto más actualizado y veraz.

**Blanca Oliva Posada**



Foto: Comunidad Moñitos

# Introducción

Como parte de las actividades que INVEMAR está desarrollando para responder a la Política Nacional Ambiental para el Ordenamiento y Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (PNAOCI), en lo relacionado con el programa de gestión de riesgos para la prevención y atención de desastres, se encuentra la ejecución del proyecto BPIN *Diseño e implementación de un programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia*, iniciado en el año 2006 y cuyo objetivo es definir las características geomorfológicas y dinámicas de la zona marino-costera, que permitan la formulación de un programa nacional de prevención y mitigación de dicho fenómeno en los sectores afectados.

Para lograr dicho objetivo se implementó la Fase I o Diagnóstico de la erosión en la costa Caribe, la cual constituye la base para orientar los planes de acción destinados a desarrollar proyectos en esta zona. Los resultados se entregaron al Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y a las autoridades departamentales, municipales y ambientales en diciembre de 2006, y contienen la información básica necesaria para orientar la toma de decisiones relativas al manejo, la prevención y la mitigación de los fenómenos de erosión litoral.

La presente obra expone ese diagnóstico, modificado y complementado con un capítulo relativo al tema del manejo de la erosión costera, el cual aspira a ser una guía para los administradores locales y regionales y los planificadores del desarrollo, para orientar decisiones respecto de las labores de prevención y las propuestas de mitigación y control de la erosión costera.

El Atlas de Geomorfología y Procesos Erosivos, publicado por INGEOMINAS diez años atrás, sirvió de base para adelantar el ajuste preliminar del diagnóstico y el ulterior trabajo fue posible gracias al desarrollo de nuevos proyectos de investigación llevados a cabo por INVEMAR y otras instituciones, entre ellas las Universidad EAFIT, la Universidad Nacional de Colombia (sedes Medellín y Bogotá), la Universidad de Cartagena, el Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales (IDEHA) de la Universidad del Norte y todas las corporaciones autónomas regionales con injerencia en la zona costera.

También se actualizó gracias a los talleres llevados a cabo por el INVEMAR en cada uno de los departamentos, los cuales estuvieron enfocados primordialmente a lograr la identificación de aquellos sectores del litoral que presentan procesos erosivos que afectan a las comunidades, los ecosistemas o los usos del suelo. De ellos hicieron parte las administraciones departamentales y municipales, las corporaciones autónomas, las universidades, las capitanías de puerto, los institutos de investigación y las ONG ambientales, además de las comunidades vulneradas.

Los mapas cubren una franja definida como zona costera, cuyos límites engloban el 100% de la cobertura de manglar y bosques de transición, así como las lagunas costeras hasta la cota máxima del nivel de la orilla, los terrenos emergidos de unidades de reserva y los centros urbanos costeros, amén de una zona de amortiguamiento de 2 km. En el mar, el límite llega hasta las 12 millas náuticas o la isóbata de los 200 m, lo que ocurra primero. Por tal motivo contemplan no sólo las unidades geomorfológicas del borde costero, sino también las facies sedimentarias de la plataforma tal y como figuran reportadas por los mapas de Dirección General Marítima (DIMAR), si bien con algunas modificaciones aportadas por estudios posteriores.



Foto: Programa GEO-INVEMAR

# Tabla de contenido

<b>Generalidades</b> .....	<b>11</b>
<b>Clima y oceanografía</b> .....	<b>13</b>
Facies sedimentarias de la plataforma continental .....	14
<b>Geología regional</b> .....	<b>17</b>
<b>Geomorfología</b> .....	<b>20</b>
Costa con rocas cohesivas .....	20
Costa con rocas no cohesivas .....	24
Playas y otros depósitos arenosos .....	26
Costa lodosa y lagunar .....	29
Sistemas deltaicos .....	30
Costa urbanizada .....	32
<b>Red hídrica de la costa Caribe</b> .....	<b>35</b>
Río Ranchería .....	36
Río Magdalena .....	36
Río Sinú .....	36
Río Atrato .....	37
<b>Diagnóstico de la erosión costera</b> .....	<b>39</b>
Factores naturales que causan la erosión costera .....	41
Factores antrópicos que causan erosión costera .....	41
Extensión de la erosión por departamentos .....	44
Zona costera de La Guajira .....	45
Zona costera del Magdalena .....	48
Zona costera del Atlántico .....	54
Zona costera de Bolívar .....	56
Zona costera de Sucre .....	57
Zona costera de Córdoba .....	60
Zona costera de Urabá .....	65
Erosión costera asociada a zonas urbanizadas .....	68
Áreas reportadas como críticas en La Guajira .....	68
Áreas reportadas como críticas en Magdalena .....	70
Áreas reportadas como críticas en Atlántico .....	71
Áreas reportadas como críticas en Bolívar .....	72
Áreas reportadas como críticas en Sucre .....	72
Áreas reportadas como críticas en Córdoba .....	72
Áreas reportadas como críticas en el Golfo de Urabá .....	74
Erosión costera asociada a ecosistemas sensibles .....	75

<b>Manejo de la erosión costera</b> .....	<b>79</b>
Factores de recuperación natural de la zona costera (resiliencia costera) .....	79
Técnicas de manejo de la erosión costera .....	80
Técnicas estructurales o duras .....	80
Técnicas no estructurales o blandas .....	84
Retroceso o reubicación controlada de bienes .....	87
Obras de protección en el Caribe colombiano .....	87
Técnicas de monitoreo comúnmente usadas en el mundo .....	88
Requerimientos de información para proyectos de mitigación de erosión costera ...	88
Análisis de costos-beneficios en proyectos de mitigación de la erosión costera ...	89
<b>Glosario</b> .....	<b>90</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>93</b>
<b>Anexo cartográfico</b> .....	<b>97</b>

## Índice de mapas geomorfológicos

Mapa 6-1. Departamento de La Guajira. Sector Castilletes-Punta Espada .....	99
Mapa 6-2. Departamento de La Guajira. Sector Punta Espada-Punta Huayapain .....	100
Mapa 6-3. Departamento de La Guajira. Sector Punta Huayapain-Bahía Honda .....	101
Mapa 6-4. Departamento de La Guajira. Sector Bahía Honda-Cabo de La Vela .....	102
Mapa 6-5. Departamento de La Guajira. Sector Cabo de La Vela-Punta Jija .....	103
Mapa 6-6. Departamento de La Guajira. Sector Punta Jija-Boca Josoroy .....	104
Mapa 6-7. Departamento de La Guajira. Sector Punta La Vela-Laguna Grande .....	105
Mapa 6-8. Departamento de La Guajira. Sector Laguna Grande-Río Palomino .....	106
Mapa 6-9. Departamento del Magdalena. Sector Río Palomino-Punta Cañaveral .....	107
Mapa 6-10. Departamento del Magdalena. Sector Punta Cañaveral-El Rodadero .....	108
Mapa 6-11. Departamento del Magdalena. Sector El Rodadero-El Conchal (CGSM) .....	109
Mapa 6-12. Departamento del Magdalena. Sector El Conchal (CGSM)-Bocas de Ceniza .....	110
Mapa 6-13. Departamento del Atlántico. Sector Bocas de Ceniza-Cerro Furú .....	111
Mapa 6-14. Departamento del Atlántico. Sector Cerro Furú-Galerazamba .....	112
Mapa 6-15. Departamento de Bolívar. Sector Galerazamba-Punta Zapatero .....	113
Mapa 6-16. Departamento de Bolívar. Sector Punta Zapatero-Isla de Barú .....	114
Mapa 6-17. Departamento de Bolívar. Sector Isla de Barú-Punta La Salina .....	115
Mapa 6-18. Departamento de Sucre. Sector Boca Cerrada-Isla Boquerón .....	116
Mapa 6-19. Departamento de Sucre. Sector Isla Boquerón-Punta Rebujina .....	117
Mapa 6-20. Departamento de Córdoba. Sector Punta Mestizos-Paso Nuevo .....	118
Mapa 6-21. Departamento de Córdoba. Sector Paso Nuevo-Puerto Rey .....	119
Mapa 6-22. Golfo de Urabá. Sector Punta Arboletes-Río Mulatos .....	120
Mapa 6-23. Golfo de Urabá. Sector Río Mulatos-Punta Bobal .....	121
Mapa 6-24. Golfo de Urabá. Sector Punta Bobal-Punta Rica (vertiente oriental) y sector de las bahías Triganá y El Rotico (vertiente occidental) .....	122
Mapa 6-25. Golfo de Urabá. Sector sur, deltas de los ríos Turbo y Atrato .....	123
Mapa 6-26. Golfo de Urabá. Sector Bahía de Triganá-Bahía Colombia .....	124

# Generalidades

El Caribe colombiano está localizado en el extremo noroeste de Suramérica. Limita al norte con Jamaica, Haití y República Dominicana; al noroeste con Nicaragua y Costa Rica; al este con Venezuela, en la zona de Castilletes (N 11°50' W 71°18'); y al oeste con Panamá, en la zona de Cabo Tiburón (N 08°42' W 77°19'). Tiene una longitud de línea de costa de 1.760 km y un área de zona costera de 35.207 km<sup>2</sup> (INVEMAR, 2002) (Figura 1.1).

Políticamente está conformada por ocho (8) departamentos distribuidos de norte a sur de la siguiente

manera: La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó. Vías interdepartamentales en buen estado los unen a todos excepto la parte correspondiente al Chocó, a la cual se debe acceder por vía aérea o marítima.

La costa Caribe cuenta con un vasto paisaje conformado por depósitos cuaternarios y colinas terciarias bajas, como remanentes aislados dentro de la llanura costera o constituyendo lomeríos de menos de 500 m de altura. Hacia el corazón de la península de

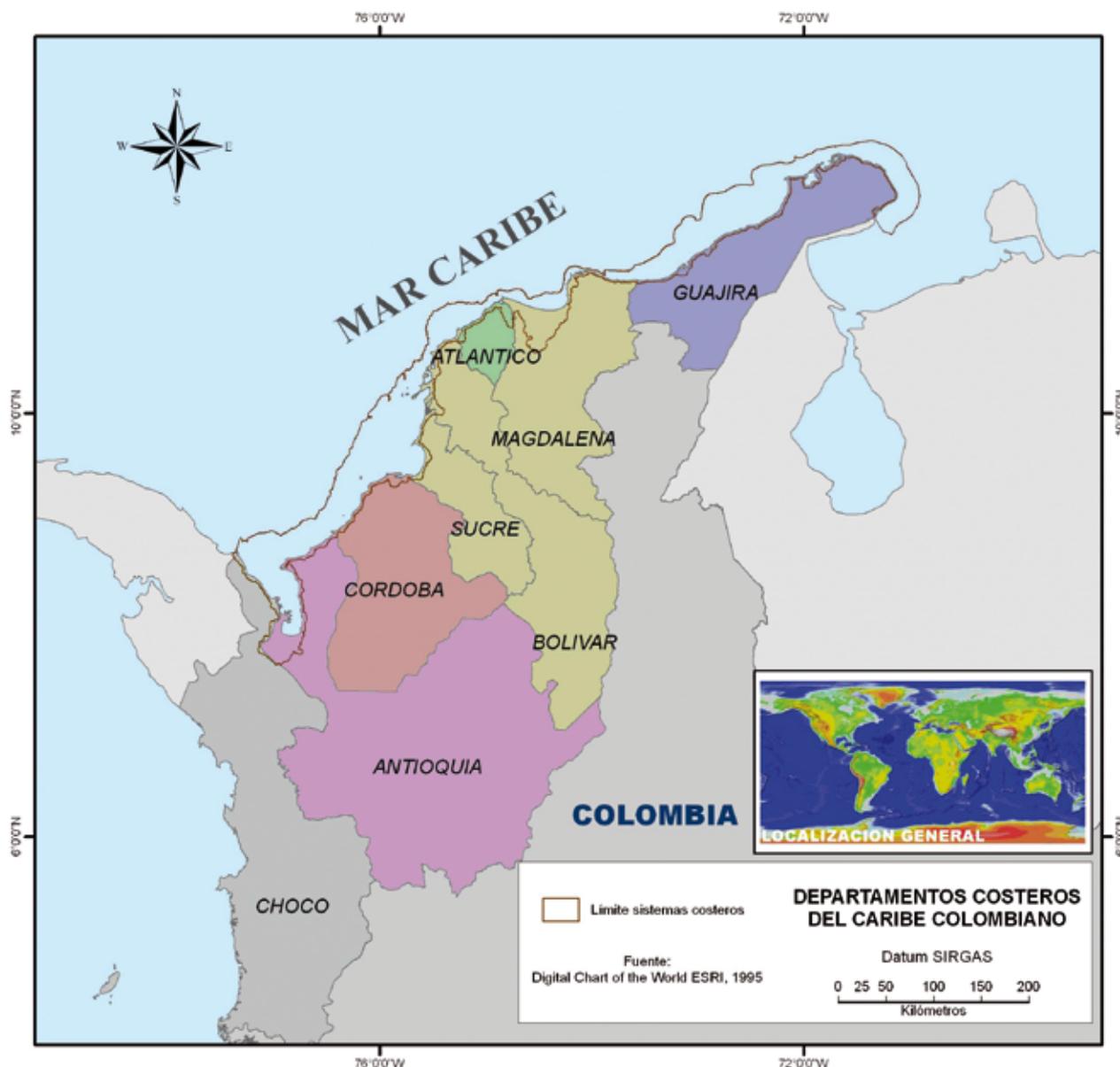


Figura 1.1. Ubicación del área de estudio.

La Guajira se elevan las serranías de Macuira, Jara-ra y Cocinas, formadas por rocas antiguas; la Sierra Nevada de Santa Marta, constituida al igual que las elevaciones anteriores por rocas antiguas, se yergue en un cuerpo piramidal aislado, con alturas de hasta 5.770 msnm, entre los departamentos de La Guajira, Cesar y Magdalena.

Asociadas a costas altas se presentan plataformas de abrasión, terrazas y cuerpos arrecifales antiguos que sobresalen en el borde costero, a diferentes niveles, como consecuencia de movimientos tectónicos y efectos diapíricos ampliamente extendidos. Los procesos morfodinámicos e hidrodinámicos que actúan sobre bordes costeros de diferente diseño, perfilan una línea de costa accidentada, con bahías tranquilas y ambientes de estuarios, acantilados y salientes rocosos, frentes deltaicos altamente dinámicos, al igual que lagunas costeras y pantanos de manglar.

Como rasgos notorios del paisaje, por su magnitud, belleza e importancia ecológica, sobresalen la península de La Guajira y las bahías de Honda y Portete en este departamento; el sector acantilado del alto de Los Muchachitos; la barra de Salamanca y el complejo de ciénagas de la Ciénaga Grande de Santa Marta que hace parte del sistema deltaico del río Magdalena, el cual se extiende en buena parte al departamento del Atlántico, en donde se localiza Bocas de Ceniza. En Bolívar, se destacan la isla de Barú; en Córdoba, el delta del río Sinú; y en el golfo de Urabá el del río Atrato.

En la plataforma continental, por su parte, los rasgos a destacar son las islas del Rosario y San Bernardo que forman parte del relieve originado por el diapirismo arcilloso asociado al Cinturón del Sinú y colonizado por corales; las formaciones coralinas asociadas a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y los cañones profundos como el del Magdalena, La Aguja y el del río Ranchería.

En cuanto al factor climático, la península de La Guajira presenta un clima desértico a semidesértico que gradualmente se va tornando más húmedo a medida que se acerca a la Sierra Nevada de Santa Marta. Más hacia el sur, los cinturones de San Jacinto y Sinú (Montes de María), y en Urabá la serranía del Darién, favorecen asimismo un clima húmedo. Como consecuencia de este clima, la vegetación de matorrales espinosos y cactáceos que predomina en La Guajira cambia a xerofítica (con cactáceas) e higrofítica, con desarrollo de bosques semidecíduos en la llanura costera, y a densa y boscosa en La Sierra y serranías. En el golfo de Urabá, la vegetación es la típica de bosques húmedos de tierras bajas y pantanosas (Tabla 1).

Importantes ciudades colombianas, como Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Riohacha, se levantan en este entorno que ofrece multiplicidad de recursos marinos y costeros representados en ambientes ricos y productivos, pero a la vez frágiles y sensibles como los manglares, las lagunas costeras, los arrecifes coralinos y las playas de anidación de tortugas.

Tabla 1.1. Aspectos climáticos generales de la región Caribe colombiana (datos recopilados de informes varios).

Departamento	Clima	Precipitación (mm/año)	Días (lluvia/año)	Temperatura (en °C)	Humedad (en %)	Presión atmosférica (hpa)	Vegetación
La Guajira	Semiárido	500-1.000	45-50	30 +- 2	80-90	1.010-1.012	Matorrales Cactáceas
Norte SNSM	Húmedo	2500		27 +- 2	80-90	1.010-1.012	Bosque seco o subxerofítico
Santa Marta, Barranquilla y Cartagena	Seco	1.000	50-75	30 +- 2	80-90	1.010-1.012	Xerófita Higrofítica Bosques semidecíduos
Sucre y Córdoba	Húmedo	1.500 -2.000		27+- 2	80-90	1.010-1.012	Rastrojos, árboles y arbustos Plantas espinosas
Golfo de Urabá	Húmedo	1.500 -2.000		27 +- 2	80-90	1.010-1.012	Bosques húmedos

# Clima y oceanografía

El clima del Caribe colombiano es, en términos generales, tropical semiárido, y presenta dos periodos climáticos principales, llamados época seca (verano) y época húmeda (invierno), y una época de transición, conocida como veranillo de San Juan (Figura 2.1), que se siente localmente hacia el sur de Barranquilla. El clima en general se encuentra bajo la influencia de los desplazamientos norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y del movimiento meridional del sistema de monzones americanos.

Adicionalmente está influido por la temporada de huracanes del Caribe que se extiende desde junio hasta noviembre, periodo durante el cual departamentos como La Guajira, Cesar, Córdoba, Magdalena, Atlántico y Bolívar pueden verse afectados por vientos fuertes, abundantes lluvias y marejadas en la costa.

El fenómeno conocido como "mar de leva" es típico de la época seca o de vientos (diciembre-abril), aunque las estadísticas muestran que casi siempre se presenta entre enero y febrero y en algunas ocasiones se extiende hasta marzo. Su duración es de aproximadamente 48 horas, pero su fuerza se ve reforzada por la acción de los vientos alisios que por la época soplan del este-noreste y son más intensos en horas de la tarde (Molares *et al.*, 2001).

La presión atmosférica está caracterizada por un mínimo localizado entre Santa Marta y el golfo de Urabá, entre febrero y mayo, el cual aumenta en los meses de junio y julio, cuando se registra un máximo en Urabá. A partir de entonces desciende de nuevo y se extiende a todo lo largo de la costa hasta el mes de noviembre, cuando la presión es mínima a la altura del golfo de Morrosquillo. Se tiene allí una circulación atmosférica de tipo célula de Walker que va a depender de la distribución de los vientos y de las olas (ICOADS *En: Thomas*, 2006a) (Figura 2.2).

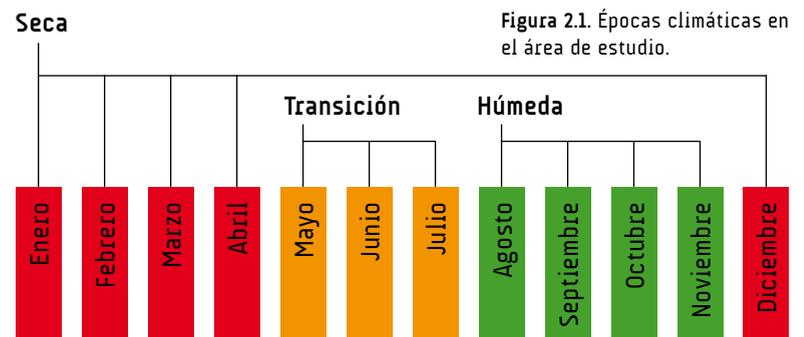


Figura 2.2. Mapa del valor medio de presión atmosférica para los meses de (a) febrero, (b) julio y (c) octubre. Tratamiento de la base de datos ICOADS para el periodo de 1963 al 2002 (tomado de Thomas, 2006a).

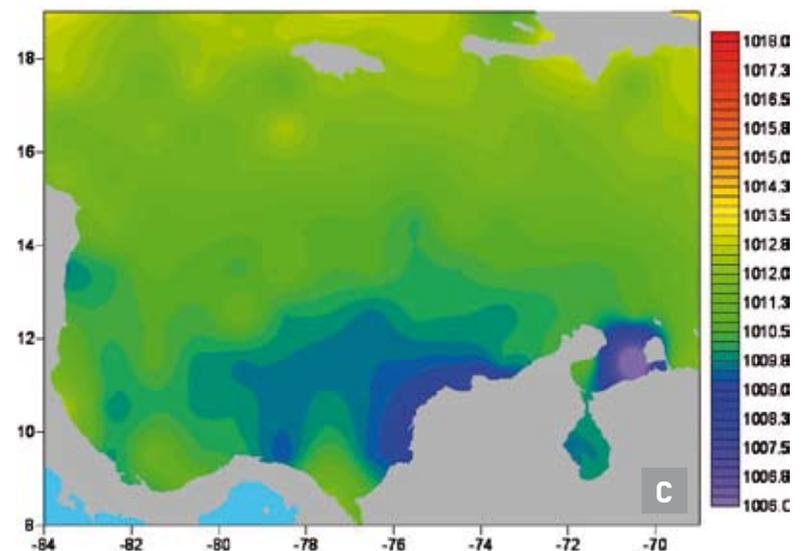
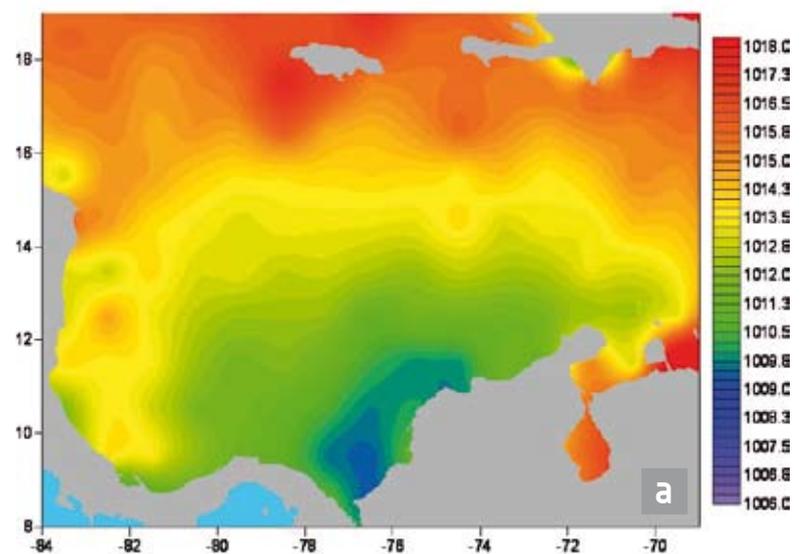
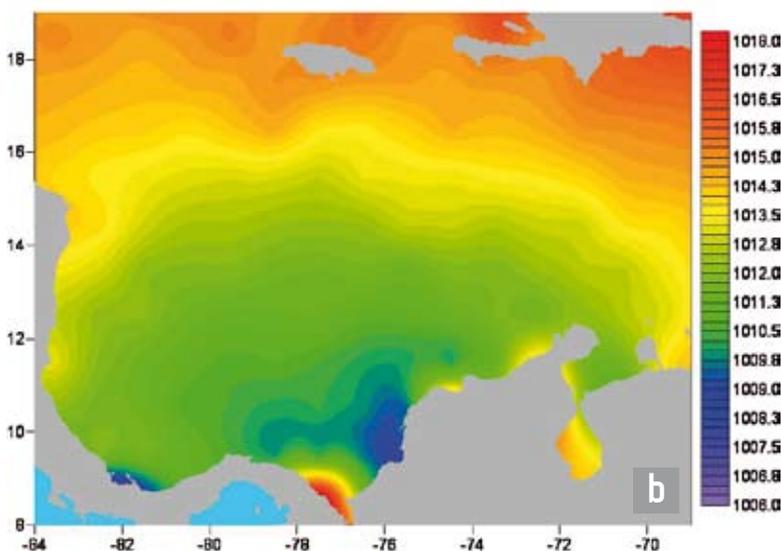


Figura 2.3. Velocidad y dirección del viento en  $\text{cm.s}^{-1}$  para los meses de enero y octubre. Datos de los satélites ERS-1, ERS-2 y QUIKSCAT entre los años 1991 - 2006 (tomado de Thomas, 2006).

Los vientos son relativamente estables en dirección: al sur de la latitud 14 grados la circulación dominante es E-W en la parte oriental de la cuenca, pero adopta una distribución en abanico que se caracteriza por una rotación NE-SW entre la península de La Guajira y las costas de Centroamérica. La surgencia

reportada cerca de la costa norte de Colombia y Venezuela parece deberse a la orientación E-W del viento, cuya velocidad media es siempre inferior a  $12 \text{ m.s}^{-1}$  y muestra un máximo de diciembre a marzo y un mínimo entre septiembre y noviembre (ERS-1, ERS-2 y QUIKSCAT En: Thomas, 2006) (Figura 2.3).

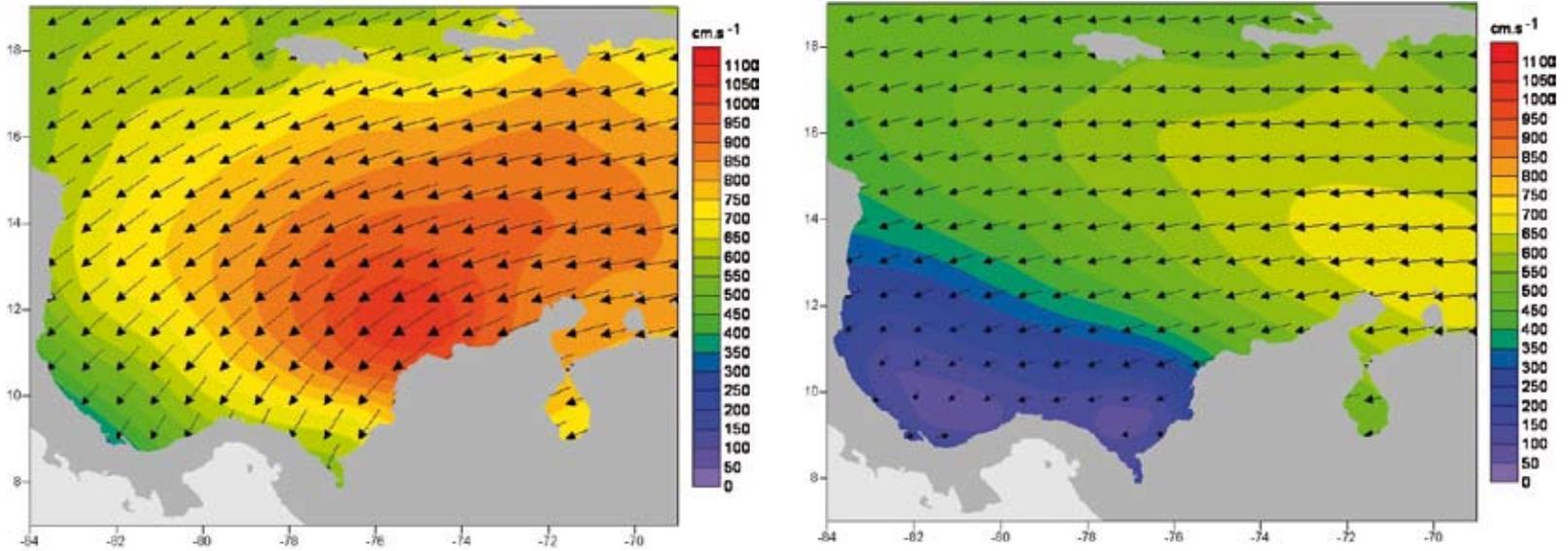


Figura 2.4. Registro característico de la amplitud diaria de la marea, registrada en la estación CIOH Cartagena, la semana del 14 al 21 de noviembre de 2000 (tomado de Molares et al., 2001).

Las corrientes superficiales que dominan la circulación en el Caribe colombiano son la corriente del Caribe, que avanza casi todo el año en sentido E-W, y la contracorriente del Darién, o de Colombia, que recorre desde Panamá hasta la altura de Isla Fuerte en la época de los vientos alisios fuertes y alcanza La Guajira cuando disminuye la intensidad de los mismos.

La marea del Caribe colombiano es semidiurna y presenta una irregularidad que genera que su am-

plitud, generalmente inferior a los 0.5 m, no sea uniforme las dos veces durante el día. Se caracteriza por lo tanto como una micromarea en la que predomina la componente armónica diurna (Figura 2.4 y Tabla 2.1).

La distribución de las olas muestra un máximo principal de la altura significativa  $H_s$  entre diciembre y febrero seguido de una disminución que conduce a un mínimo bien caracterizado de este parámetro entre los meses de septiembre y noviembre (Topex-Poséidon En: Thomas, 2006b) (Figura 2.5).

Existe una fuerte analogía entre las direcciones de las olas y los vientos, por lo que a mayor energía del viento mayor es la altura de la ola. (ICOADS En: Thomas, 2006a) (Figura 2.6).

En cuanto al cambio relativo del nivel del mar, estudios regionales a largo plazo han encontrado que el Mar Intra-americano (mar Caribe, golfo de México y Estrecho de Florida) ha presentado en los últimos 30 años un alza en su nivel a un promedio de  $0.35 \text{ cm/año}$  ( $\pm 0.25 \text{ cm/año}$ ) debido a la complicada actividad tectónica, la subsidencia y la extracción masiva de petróleo (Gallegos et al., 1993 y Mercado et al., 1993 En INVEVAR, 2003). De otro lado se ha proyectado, de 1990 a 2100, un aumento del nivel del mar entre 0,09 y 0,88 m como consecuencia de la expansión térmica (calentamiento global) y la pérdida de masa de los glaciares asociada a este fenómeno.

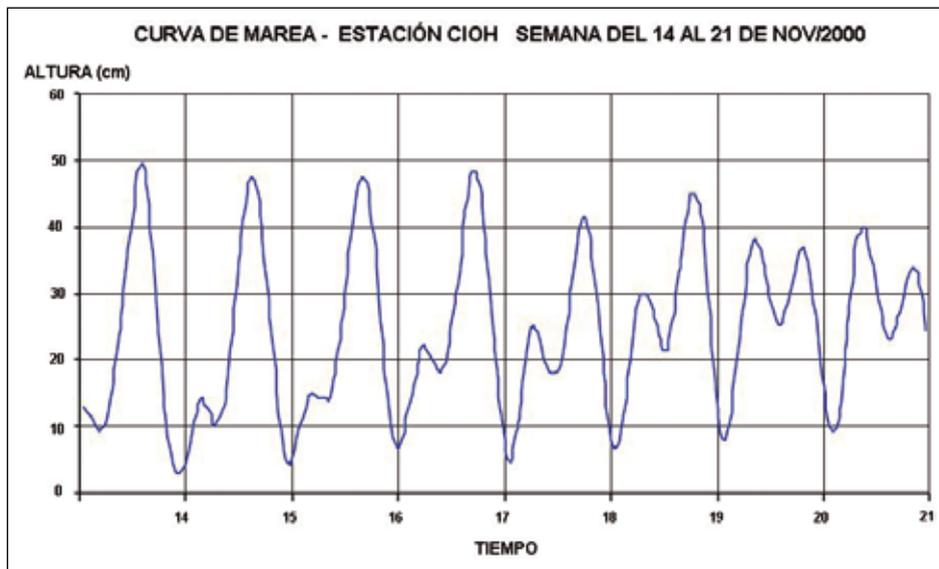
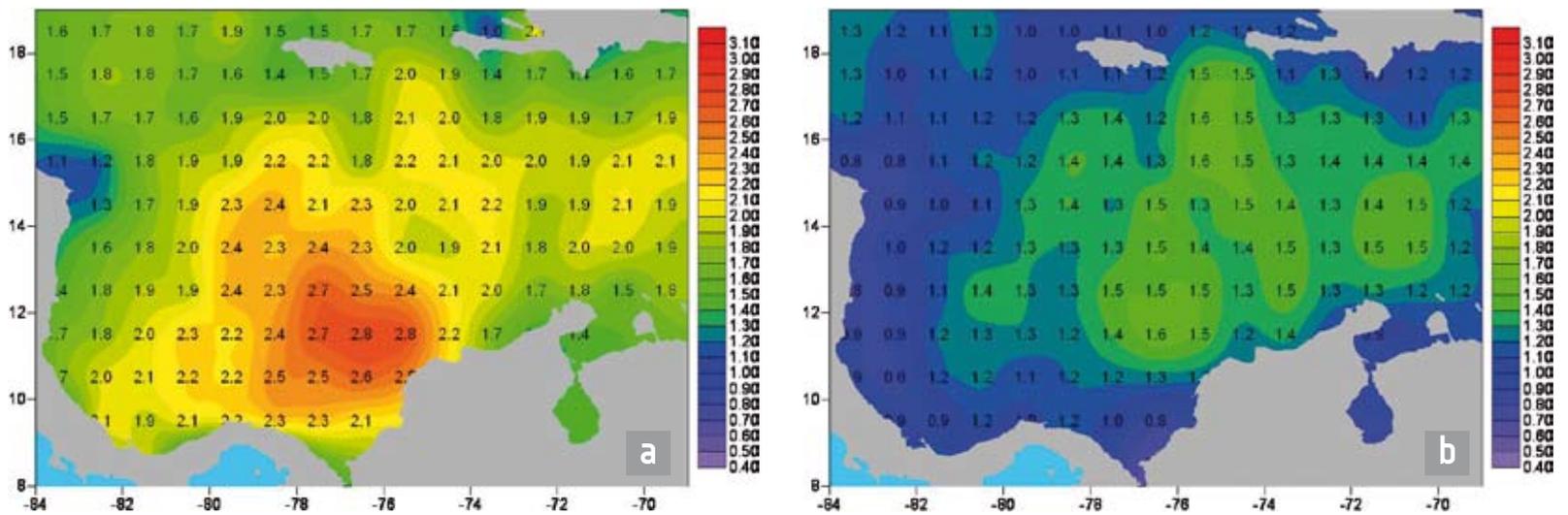


Tabla 2.1. Características generales de los principales parámetros de las aguas marinas del Caribe colombiano.

	Verano	Invierno
Temperatura superficial	25,5°C-27,5°C	27°C-29,5°C
Salinidad superficial	35,6 ppm-37,0 ppm	34,5 ppm-36,5 ppm
Oleaje	1,50-2,5 m, T 8,5-9,2 s	0,5 m-1,4 m, T 7,8-9 s
Corrientes superficiales	Corriente del Caribe EW Contracorriente del Darién SW-NE hasta isla Fuerte	Corriente del Caribe EW Contracorriente del Darién SW-NE hasta La Guajira
Mareas	30 cm variable	30 cm variable

## Facies sedimentarias de la plataforma continental

El Centro de Investigaciones Oceanográfico e Hidrográfico de la Armada Nacional (CIOH) adelantó en el año de 1990, con el apoyo de la Misión Técnica Francesa, el proyecto *Estudio Sedimentológico de la Plataforma Continental del Caribe Colombiano* que presenta la distribución de los sedimentos, su relación con la morfología del fondo, los procesos oceanográficos que tienen lugar en los diferentes sectores, la



herencia dejada por la última trasgresión marina, la geología del continente y la distribución de ecosistemas marinos y costeros (CIOH, 2000).

Para la elaboración del mapa de repartición de las facies sedimentarias de la plataforma continental, el CIOH (2000) utilizó la nomenclatura presentada en la **Tabla 2.2**, donde se tienen en cuenta tanto el tamaño de grano como el porcentaje de carbonato de calcio presente en las muestras analizadas.

El análisis de la distribución de las facies sedimentarias de la plataforma continental del Caribe colombiano, tal y como las presentó el CIOH, muestra dos provincias sedimentarias de dominio bioclástico, la provincia arrecifal de islas del Rosario y San Bernardo y la de La Guajira, y un resto de dominio de provincias litoclástico (Romero, 2006).

Los mapas geomorfológicos que se presentan en el capítulo de diagnóstico muestran las facies sedimentarias como un aporte adicional a la interpretación de los procesos y una guía para la búsqueda de materiales arenosos que puedan requerirse para obras de recuperación de la zona costera. Las descripciones siguientes hacen énfasis en los materiales de la plataforma interna (hasta 10 m, aproximadamente).

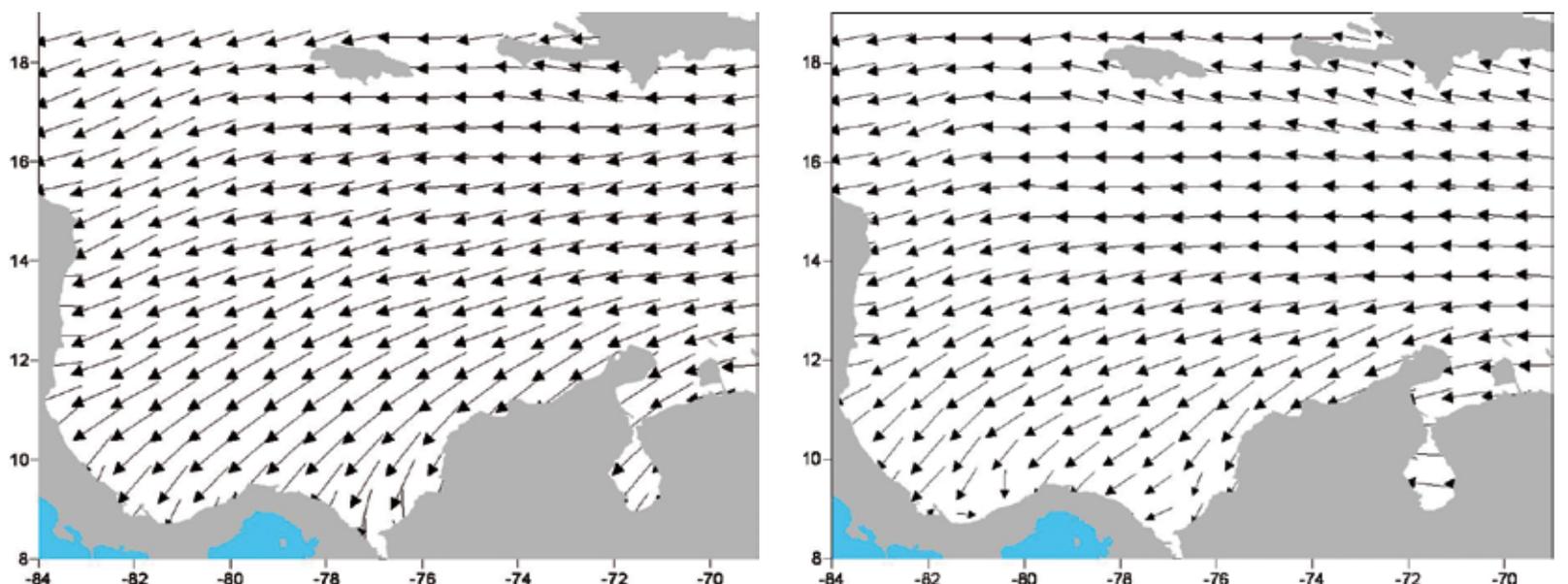
En la Alta Guajira (límites con Venezuela), en las zonas adyacentes a la costa, predominan las arenas biolitoclásticas o fragmentos de corales, algas y arenas terrígenas que se extienden hasta Puerto Es-

trella, aproximadamente. De allí hasta bahía Hondita abundan los lodos arenosos terrígenos, los que paulatinamente van transformándose, a medida que se avanza en dirección SW, en arenas lodosas con predominio de material carbonatado. A partir del Cabo de La Vela hasta Dibulla son más abundantes las arenas con un mayor contenido de material biogénico, las cuales que se manifiestan en franjas alargadas que siguen aproximadamente el contorno costero y las isóbatas, y cuyo amplitud transversal varía entre uno y ocho kilómetros.

Desde Dibulla y hasta empezar el Parque Nacional Natural Tayrona se encuentran, hacia el área costanera, los lodos arenosos biolitoclásticos que trascurren en franjas paralelas a la costa de hasta ocho kilómetros de amplitud y de modo paulatino gradan hasta lodos terrígenos que cubren la plataforma aledaña al mencionado parque natural, donde sólo alcanzan un kilómetro de ancho; en Santa Marta, la franja se amplía nuevamente hasta seis kilómetros.

En la bahía de Cartagena la sedimentación es favorecida por dos estructuras antrópicas: la escollera de Bocagrande y el canal del Dique. Los lodos provenientes de este último se encuentran, en la mayoría de los fondos, en las partes profundas de la bahía, ocupando los sitios donde antes habían arenas; a lo largo de las costas y en la parte sur de la bahía predominan los limos y parcialmente las arcillas, en los sedimentos del fondo. Los limos se depositan en

**Figura 2.5.** Mapa del valor promedio de la altura de la ola significativa para los meses de enero (a) y octubre (b). Análisis de los datos SSHA Topex-Poseidon sobre el periodo incluido entre el 1 de enero de 1992 y el 24 de septiembre de 2005 en los nudos de de 1° x 1° para el área de estudio (tomado de Thomas, 2006b).



**Figura 2.6.** Mapa vectorial del valor medio de la dirección de las olas para los meses de enero y octubre expresada en grados. Tratamiento de la base de datos ICOADS para el periodo entre 1963 y 2002 (tomado de Thomas, 2006a).

Tabla 2.2. Clasificación de los sedimentos según su porcentaje de carbonato de calcio y porcentaje de arena (modificado de CIOH 2000).

% ARENA % CaCO <sub>3</sub>	ARENAS	ARENAS LODOSAS	LODOS ARENOSOS	LODOS	
<b>LITOCLÁSTICO</b>	IA	IIA	IIIA	IVA	0-15%
<b>LITOBIOCLÁSTICO</b>	IB	IIB	IIIB	IVB	15-50%
<b>BIOCLÁSTICO</b>	IC	IIC	IIIC	IVC	50-85%
<b>BIOCLÁSTICO</b>	ID	IID	IIID	IVD	85-100%
	100	90	50	10	100

la desembocadura del canal, mientras que las arcillas ocupan la parte central de la bahía. Las arenas finas provienen de la deriva litoral desde el norte de la costa caribeña y predominan en los sedimentos a lo largo de la playa de Bocagrande (Andrade *et al.*, 2004).

En el golfo de Urabá, los lodos arenosos terrígenos cubren casi toda el área y las arenas lodosas están asociadas al delta del río Atrato. Desde la ensenada de Río Negro hacia el norte, donde el Golfo se abre, los lodos arenosos de origen continental continúan dominando.

# Geología regional

El marco geotectónico de la costa Caribe colombiana se caracteriza por la interacción de las placas tectónicas de Nazca, Suramérica y El Caribe, y la presencia de la Sierra Nevada de Santa Marta como rasgo geológico sobresaliente y que se comporta como un bloque piramidal alóctono. Este bloque está limitado al norte por la falla regional de Oca y la cuenca de La Guajira, al oeste por la falla de Santa Marta-Bucaramanga y al este por la cuenca de los ríos Cesar-Ranchería que la separa de la serranía de Perijá.

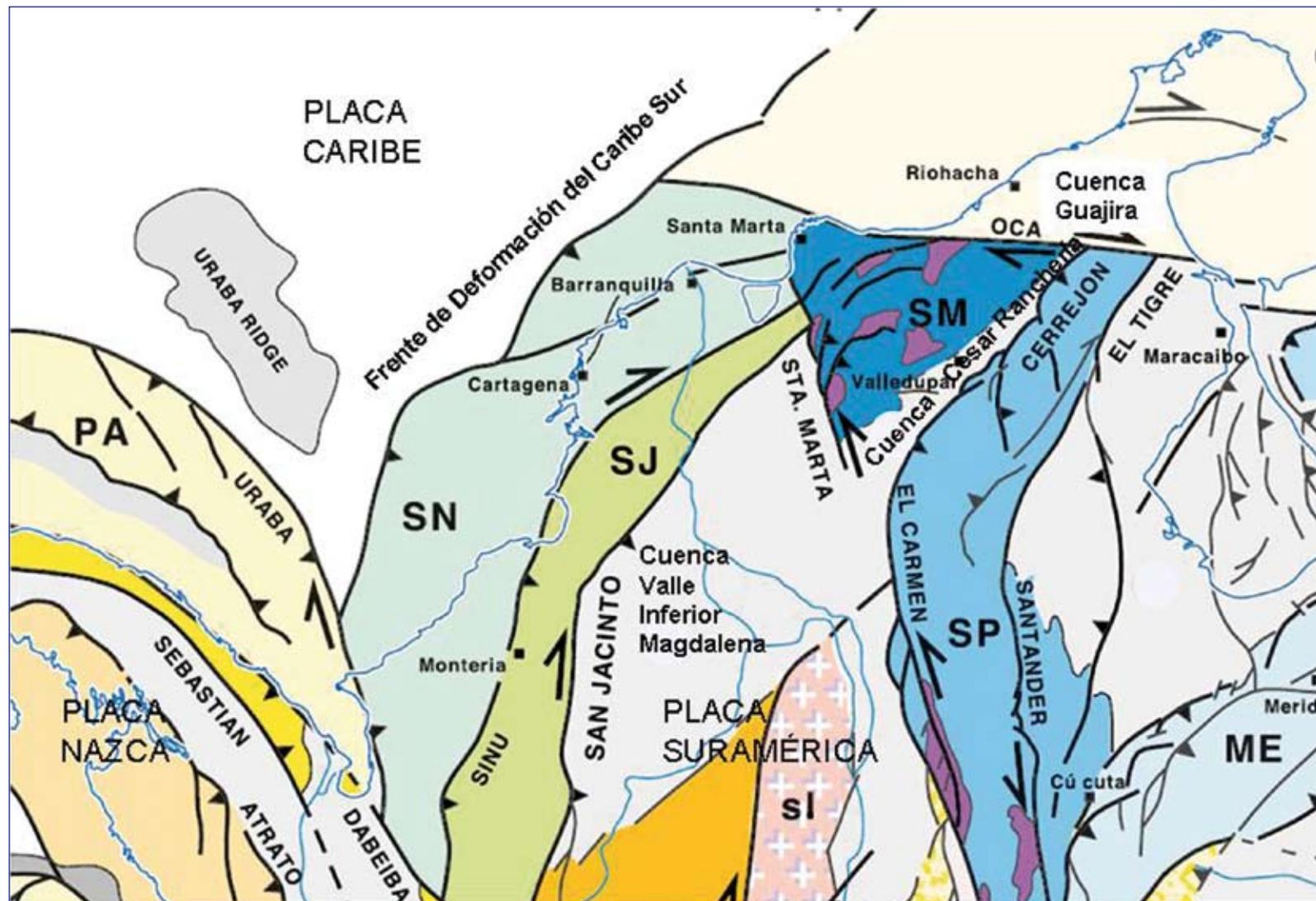
En la porción sur se destacan dos cinturones plegados adyacentes cuyo límite NW sería el Frente de Deformación del Caribe Sur: el Cinturón Plegado

de San Jacinto que aflora costa adentro, a excepción de la porción norte que se encuentra bajo el mar, y el Cinturón Plegado del Sinú, al oeste del Cinturón de San Jacinto, que aflora desde Santa Marta hasta el Urabá (González *et al.*, 1988; Geotec, 2003) (Figura 3.1).

Como fenómeno geológico particular, asociado al Cinturón del Sinú, se destaca el diapirismo de lodos en la evolución tectono-estratigráfica de la zona, controlando y generando, entre otros fenómenos, los levantamientos costeros, a la par que modificando la geomorfología de esta parte del Caribe (Vernette, 1985).

La geología regional de la costa Caribe es el resultado de este ambiente tectónico y estratigráfico

Figura 3.1. Mapa litotectónico y morfoestructural de la región Caribe. SN: Cinturón del Sinú; SJ: Cinturón de San Jacinto; SM: Sierra Nevada de Santa Marta; PA Terreno de Panamá; sl: Bloque San Lucas; SP: Macizo de Santander; ME: Sierra de Mérida (modificado de Cediel *et al.*, 2003).



complejo que permitió la formación de cuencas sedimentarias, separadas por altos estructurales compuestos de rocas ígneas y metamórficas antiguas. Es así como en más del 50% de la zona costera afloran depósitos cuaternarios de origen aluvial, marino o lacustre, que conforman costas bajas las cuales se extienden, principalmente, a lo largo de La Guajira, el delta del río Magdalena en el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los alrededores de Cartagena y en los golfos de Morrosquillo y Urabá.

Las rocas sedimentarias terrígenas del Paleógeno-Neógeno conforman terrazas al NE de La Guajira y sur de Riohacha, al sur de Barranquilla hasta

punta Canoas y en las costas del departamento de Córdoba, y se intercalan localmente con calizas del Terciario al norte de punta San Bernardo, Coveñas, Puerto Escondido y Los Córdoba. Rocas más antiguas, como peridotitas, afloran en pequeños parches en La Guajira y en Santa Marta. Como parte de las estribaciones de la Sierra Nevada se forman acantilados compuestos de rocas metamórficas de tipo esquistos, en contacto local con rocas ígneas del Batolito de Santa Marta u otros cuerpos más pequeños. En el Urabá chocono afloran rocas ígneas del Cretácico y Terciario que conforman la serranía del Darién (Figura 3.2).

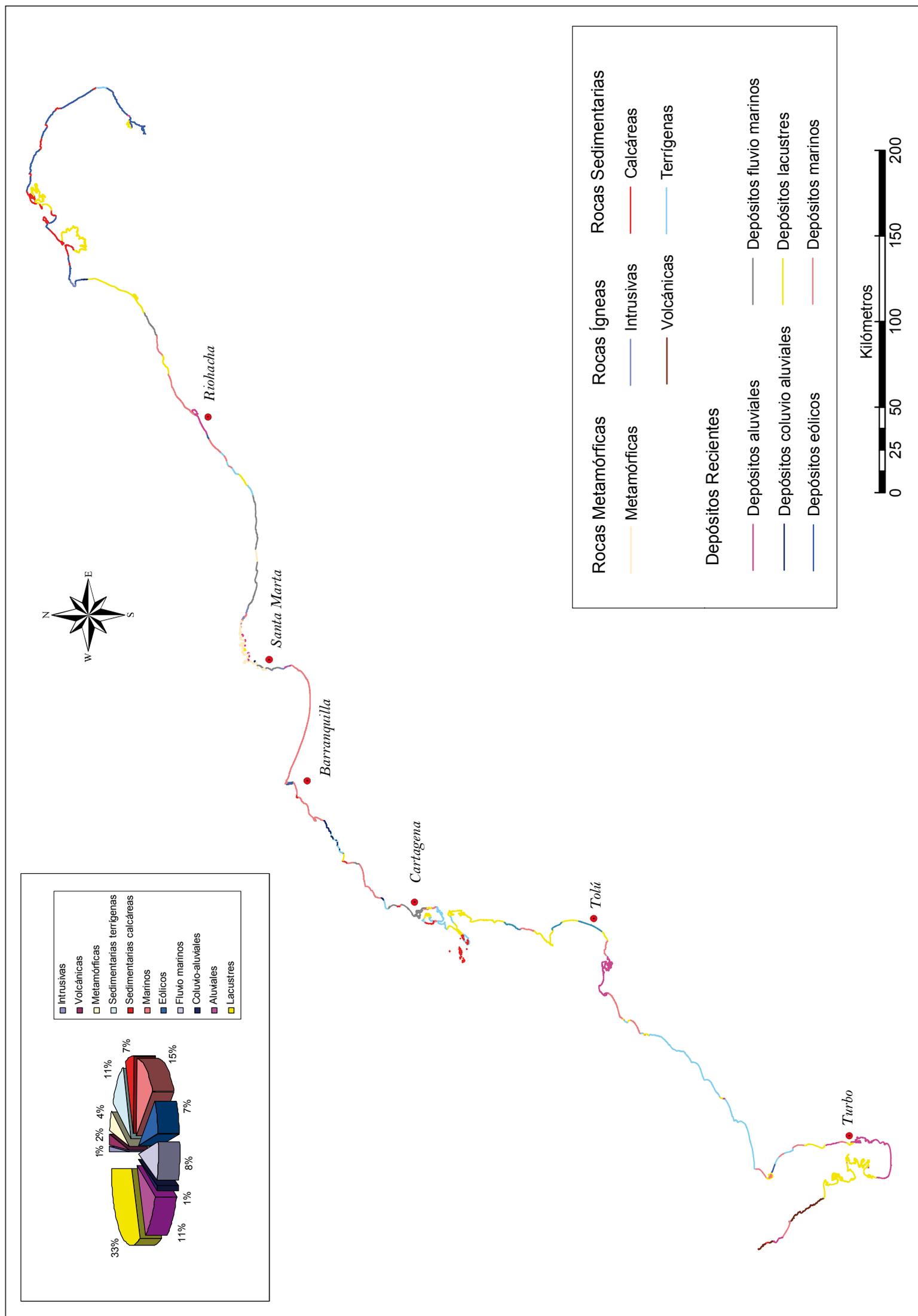


Figura 3.2. Mapa geológico costero.

# Geomorfología

De acuerdo con los aspectos geológicos y estructurales descritos en el capítulo anterior, así como la respuesta de estos materiales a los agentes hidrodinámicos y geomórficos, la costa Caribe colombiana puede dividirse en costas conformadas por rocas cohesivas y no cohesivas, playas, planicies pantanosas-lodosas, zonas deltaicas y costas urbanizadas. Esta clasificación se ajusta a las recomendaciones dadas por Martínez (1993), Nicholls *et al.* (1995) y por el proyecto EUROSION (European Commission *et al.*, 2004) sobre los tipos de línea de costa según la geomorfología, donde se toma en cuenta la respuesta de los materiales en la zona litoral a los agentes marinos (Tabla 4.1 y Figura 4.1).

Los datos y análisis que se presentan a continuación y en el capítulo de diagnóstico, deben ser tomados teniendo en cuenta las siguientes precisiones:

- La longitud de línea de costa que aquí se presenta difiere de la oficial debido a que fue medida sobre la base 1:100.000 levantada por el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (o LABSI) de INVEMAR y contempla la medida de la longitud de la línea de costa dentro de las bahías y demás accidentes costeros cuando su tamaño así lo permitió.
- Las cifras presentadas se aproximaron al número entero para una mejor visualización y pueden diferir de otros estudios por la escala de trabajo y los mapas que sirvieron de base para tomar las medidas.

- El mapa geológico de la línea de costa, al igual que el inventario de tipos de costa, se fundamentó tanto en lo reportado por los mapas geológicos departamentales de INGEOMINAS, escala 1:250.000, como en los mapas geomorfológicos presentados en el capítulo de diagnóstico, escala 1:100.000, y cuya base es la geomorfología presentada por INGEOMINAS (1998) y modificada parcialmente en estudios posteriores, tal y como se detalla en cada mapa.

## Costa con rocas cohesivas

Una costa con rocas cohesivas está definida por acantilados conformados por rocas duras, en general poco propensas a los procesos de erosión. En este tipo de costa pueden estar presentes superficies de abrasión levantadas, plataformas parcialmente rocosas y, en algunos casos, alternar con playas de bolsillo de una extensión muy limitada.

Las costas con rocas cohesivas corresponden a las rocas metamórficas, ígneas intrusivas o volcánicas y sedimentarias terrígenas o calcáreas cartografiadas en La Guajira, Magdalena y noroeste del golfo de Urabá (Chocó). Representan un porcentaje reducido en el Caribe colombiano y se distribuyen fundamentalmente en la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Darién, ya que las serranías de Macuira, Jarara y Cocinas, en La Guajira, se encuentran hacia el interior del continente y sólo un pequeño afloramiento

Tabla 4.1. Inventario de tipos de costa y su longitud en cada uno de los departamentos costeros.

	Longitud total línea de costa (en km)	Costa con rocas cohesivas (% total línea de costa)	Costa con rocas no cohesivas (% total línea de costa)	Playas y otros depósitos arenosos (% total línea de costa)	Costas pantanosas y lagunas (% total línea de costa)	Sistemas deltaicos o estuarinos (% total línea de costa)	Costa urbanizada o artificial (% total línea de costa)
La Guajira	697	17	2	42	37	0	2
Magdalena	306	39		54	1		6
Atlántico	71	10	7	59		11	13
Bolívar	366	16	24	16	18	11	15
Sucre	112			36	40	19	5
Córdoba	228	0	26	14	3	53	3
Antioquia	489		14	19	17	47	4
Chocó	97	64		24	10		2

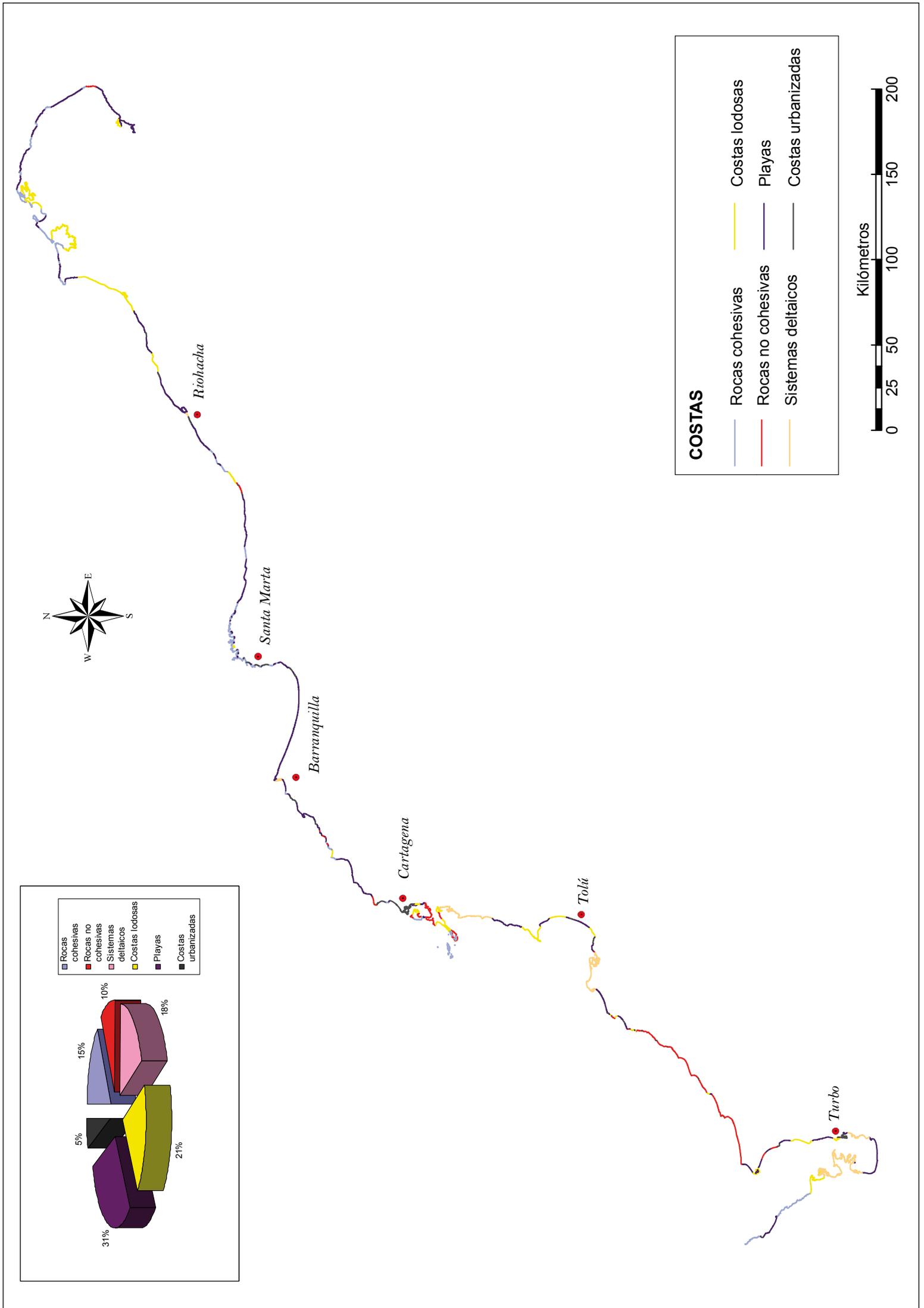


Figura 4.1. Tipos de línea de costa del Caribe colombiano.

de la Formación Carpintero (K2) alcanza la costa en el Cabo de La Vela. Constituyen unidades de colinas y montañas que forman acantilados con un grado alto de resistencia a la erosión. Hacia la base, por su parte, es posible encontrar una acumulación de gravas y bloques producto de su desprendimiento (Figuras 4.2 a 4.5).

El Cabo de La Vela es una colina estructural alargada, compuesta de cuerpos alargados de serpentinitas del Cretácico asociadas con esquistos y cuerpos tabulares de gabra y calizas arenosas arrecifales del Oligoceno. Conforman acantilados mayores de 30 m de altura, con flujos de escombros y desprendimiento de bloques favorecidos por fallas de y diaclasas (INGEOMINAS, 2002). Una plataforma de abrasión al norte del área urbana se distribuye por cerca de 2,5 km y alcanza alturas de hasta 5 m. Su composición es la misma y sobre ella puede ser diferenciado un estrato compuesto de sedimentos tanto terrígenos como biogénicos (INVEMAR, 2006). Pequeñas playas arenosas gravosas se forman entre acantilados y su longitud no excede los 200 m (Figura 4.2).

En el sector comprendido entre el cabo San Agustín y el río Don Diego (Magdalena) se presentan acantilados conformados por rocas metamórficas tipo Neis subverticales, con más de 30 m de altura, así como flujos de escombros y caída de bloques favore-

cidos por el elevado nivel de fractura de la roca y las abundantes lluvias propias de la zona. En el alto de Los Muchachitos dichos procesos afectan la estabilidad de la carretera y de la tubería de conducción de gas. Se forman en la base de los acantilados pequeñas playas arenosas o con gravas, así como cantos y bloques que pueden desaparecer en mareas altas o durante tormentas (INVEMAR, 2006a, INVEMAR, en preparación 2007) (Figura 4.3).

El sector Río Piedras-Cañaveral, en el Parque Tayrona (Magdalena), está formado por acantilados de rocas ígneas del Batolito de Santa Marta, subverticales, irregulares, de 15 a 20 m de alto, rocas fracturadas que dejan grandes bloques, rectangulares a redondeados, que eventualmente caen al pie del talud. Rocas aisladas, a manera de pilares o remanentes fósiles del proceso del retroceso de la costa, se encuentran también en este sector y se observan playas de bolsillo cuya longitud no excede los 200 m (INVEMAR, 2006a, INVEMAR, en preparación 2007) (Figura 4.4).

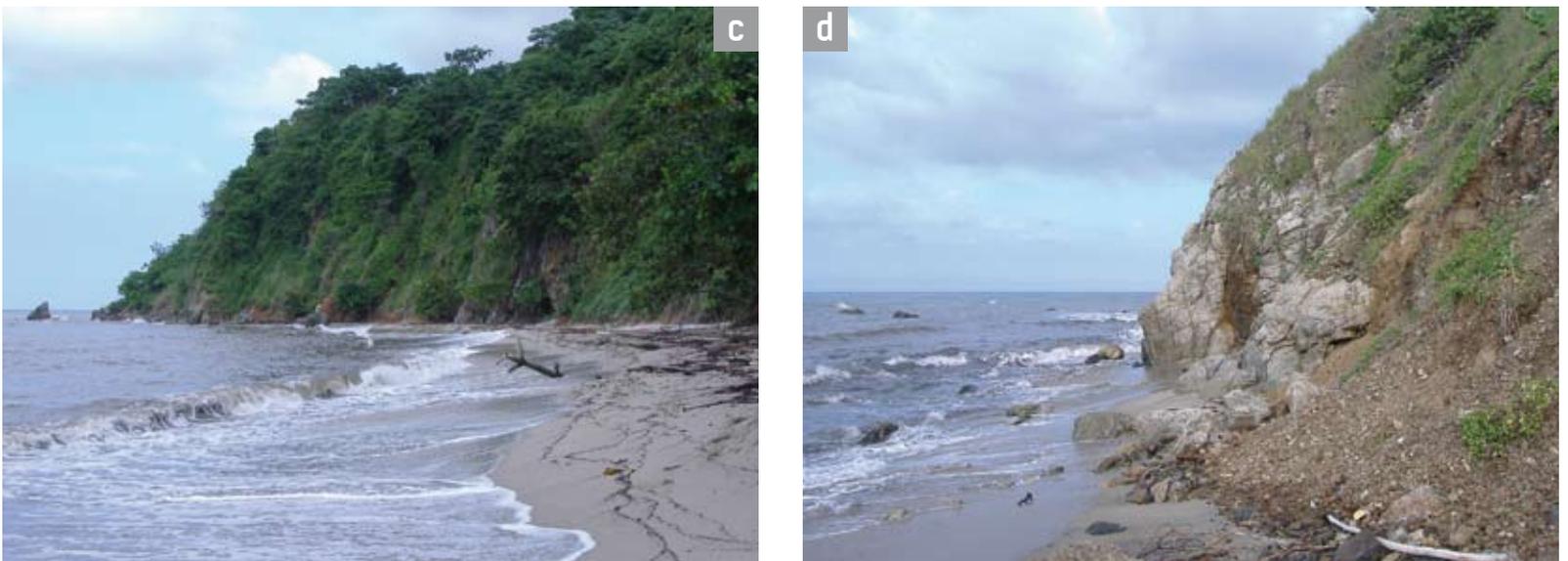
La zona de acantilados del Parque Nacional Natural Tayrona, por su parte, está conformada por rocas metamórficas esquistosas, altamente fracturadas y plegadas. Se presentan flujos de escombros, cavernas, superficies de abrasión a nivel de la marea alta y caída de bloques (INVEMAR, en preparación 2007) (Figura 4.5).

**Figura 4.2.** Afloramientos de rocas cohesivas en el Cabo de La Vela. a) Acantilados sobre serpentinitas; b) Acantilados que se extienden hasta el mar y playas de bolsillo; c) Serranía del Cabo de La Vela; d) Plataforma de abrasión levantada de material biogénico y terrígeno (fotos Programa GEO-INVEMAR).

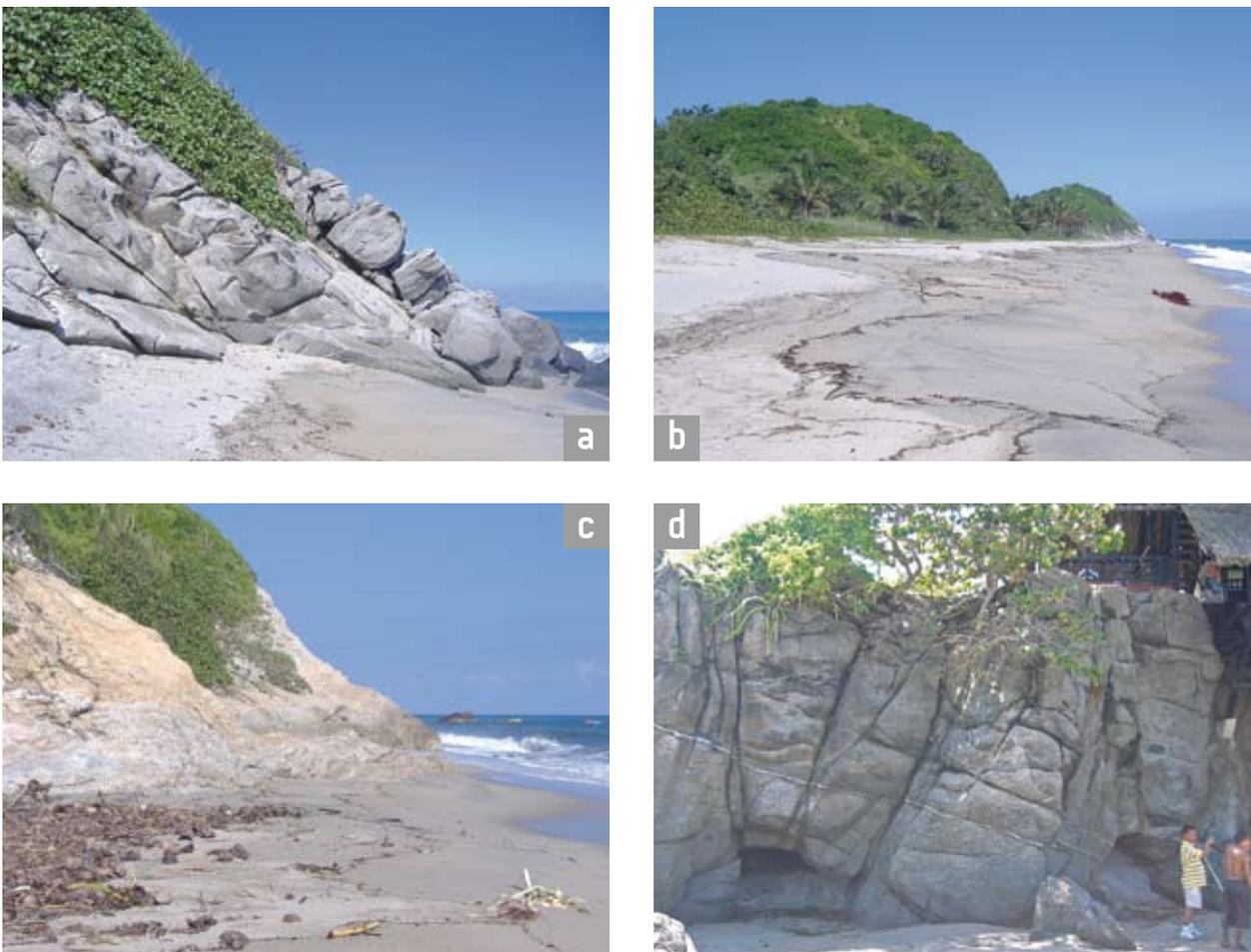




**Figura 4.3.** Afloramiento de rocas cohesivas en el alto de Los Muchachitos. a) Taludes de 15-20 m de alto, con caída de bloques y escombros; b) Testigos in situ del retroceso del escarpe; c) Vista panorámica del alto de Los Muchachitos; d) Flujo de escombros y bloques dispersos en el mar (fotos Programa GEO-INVEMAR).



**Figura 4.4.** Afloramiento de rocas cohesivas entre el río Piedras y Cañaveral. a) Rocas del Batolito de Santa Marta fracturadas en grandes bloques; b) Lomas redondeadas con vegetación y descubiertas a la base; c) Caída de fragmentos y bloques dispersos en el mar; d) Rocas muy fracturadas con formación de cavernas (fotos Programa GEO-INVEMAR).





**Figura 4.5.** Afloramientos de rocas cohesivas en el parque Tayrona. a) Rocas esquistosas y presencia de cavernas; b) Rocas plegadas y deformadas susceptibles a la erosión; c) Relieve alto y masivo; d) Taludes inestables y flujos de escombros (fotos Programa GEO-INVEMAR).

## Costa con rocas no cohesivas

Están conformadas, generalmente, por rocas poco resistentes al embate de las olas en la base del acantilado (Martínez, 1993) y se caracterizan por ser frágiles, poco consolidadas, altamente deleznable y afectadas por fracturas. Están conformadas por materiales limo-arcillosos y en una baja proporción por arenas y conglomerados. Al igual que las rocas cohesivas, forman acantilados de alturas variables y costas accidentadas, con entrantes y salientes, lo que las hace muy irregulares y propensas a la erosión.

Plataformas de abrasión formadas por rocas sedimentarias terrígenas del Neógeno y colinas o terrazas con materiales similares o coralinos se encuentran en la zona costera de la península de La Guajira, y también en los departamentos de Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba y Antioquia, donde se aprecian acantilados de diferente altura, muy susceptibles a los procesos de erosión. Localmente pueden tener pequeñas franjas de playa al pie del talud o conformar las así denominadas playas de bolsillo (Figuras 4.6 a 4.11).

En el sector de la Alta Guajira, las plataformas de abrasión elevadas conforman acantilados de hasta 5 m de altura, muy susceptibles a los procesos erosi-

vos relacionados principalmente con la escorrentía y el ataque del oleaje. El pie del talud presenta acumulación de cantos y gravas, lo que localmente favorece la formación de pequeñas playas (INGEOMINAS, 1998; INVEMAR, 2006) (Figura 4.6).

En los alrededores del río Cañas, en La Guajira, los acantilados oscilan entre 15 a 20 m de altura y se hallan conformados por rocas sedimentarias del Neógeno, tipo areniscas y conglomerados, afectadas por fallas y fracturas. Allí se presenta desprendimiento de bloques y erosión por escorrentía y socavación de la base del talud y se forman pequeñas playas, al pie de los mismos, con arenas, gravas y algunos bloques que desaparecen parcialmente durante la marea alta o tormentas (INVEMAR, 2006a) (Figura 4.7).

Entre punta Remedios y Dibulla, en La Guajira, los taludes sobre rocas sedimentarias del Neógeno, tipo areniscas, lutitas y en menor proporción conglomerados, se encuentran afectados de erosión por escorrentía intensa que produce el retroceso rápido del mismo, así como desprendimiento de bloques por infiltración de aguas y erosión de la pata de los taludes con formación de cavernas y hendiduras. Las playas que se forman al pie de los acantilados son incipientes o inexistentes (INVEMAR, 2006a, Ordóñez, 2002) (Figura 4.8).



**Figura 4.6.** Plataformas de abrasión elevadas a) Puerto Estrella; b) Punta Aguja, Guajira (foto INVEMAR-Diana Gómez).



**Figura 4.7.** Acantilados al sur de la termoelectrica del río Cañas compuestos por rocas sedimentarias del Neógeno. a) Con erosión moderada a ligera; b) Muy inestables con movimientos de masa (fotos Programa GEO-INVEMAR).

**Figura 4.8.** Contorno costero alto con rocas no cohesivas afectadas por escorrentía y socavación. a) En los límites de punta Remedios; b) En Dibulla (fotos Programa GEO-INVEMAR).



En el sector entre Canalete y Cristo Rey, municipio de Puerto Escondido (Córdoba), las rocas sedimentarias son del tipo lutitas, es decir, muy frágiles, altamente deleznales y fracturadas. Forman terrazas acantiladas con alturas entre 1 y 10 m de alto, aproximadamente, las que se caracterizan por su inestabilidad, afectación por efecto de la socavación de las olas, la infiltración de aguas y escorrentía, y la formación de surcos y cárcavas. Localmente forman plataformas de abrasión sobre las cuales se depositan o no las arenas para formar playas (González *et al.*, 2003, Rangel, 2004; Mazorra, 2004; INVEMAR, 2003a) (Figura 4.9).

En el río Mangle (Córdoba) y Tierrabomba (Cartagena), las terrazas coralinas conforman acantilados entre 2 y 6 m de alto. En el caso del río Mangle, los corales se encuentran en posición de vida sobre rocas sedimentarias del Neógeno, lo que los hace mucho más propensos a colapsar debido a que estos sedimentos son menos resistentes a la acción marina. En Tierrabomba se observa el proceso de disolución de la roca calcárea, con retroceso del acantilado por caída de bloques (Rangel, 2004; INVEMAR, 2003, 2003a, Alcaldía de Cartagena, 2001) (Figura 4.10).

En el municipio de Necoclí (Antioquia) se encuentran, a lo largo del borde costero, afloramientos subverticales de lutitas grises y pardas altamente deleznales. Forman terrazas de hasta 4 m de altura,

con profundas muescas de socavación por el oleaje al pie del talud y erosión intensa por escorrentía que origina surcos y cárcavas. El desprendimiento de grandes masas de suelo propicia adicionalmente el retroceso rápido del acantilado (Aristizábal *et al.*, 2001; Caballero, 1991; Franco *et al.*, 1996; Holguín, 1996) (Figura 4.11).

## Playas y otros depósitos arenosos

Las playas y otros cuerpos conformados principalmente por sedimentos no cohesivos, tamaño arena, se extienden en forma paralela a la línea de costa; su longitud y ancho son variables aunque por lo general tienen más de 500 m de longitud y amplitud entre 10 y 200 m, aproximadamente. Localmente hay playas endurecidas (*beach rocks*) y otras pocas conformadas por

**Figura 4.9.** Acantilados formados por rocas sedimentarias de tipo lutitas diaclasadas. a) Al sur del río Canalete; b) En Cristo Rey, donde forman localmente una plataforma de abrasión (fotos Programa GEO-INVEMAR).



**Figura 4.10.** a) Terraza coralina en Río Mangle, Córdoba sobre rocas sedimentarias; b) Terraza coralina en Tierrabomba (fotos Programa GEO y GEZ-INVEMAR).





gravas; detrás de la berma se extienden, sucesivamente, cordones de dunas, la llanura costera e incluso pantanos de manglar o lagunas. Los mapas geomorfológicos presentados en el capítulo de diagnóstico presentan muchas de las playas con una pequeña exageración en la escala para permitir su visualización.

Este tipo de playa constituye la unidad predominante en la costa del Caribe y está asociada con todas las geoformas bajas. Comprende playas, playones, espigas y barras, que son acumulaciones predominantemente arenosas localizadas a lo largo de la línea de costa actual, o playas antiguas localizadas detrás de la playa actual u otra unidad costera baja, como pantanos de manglar o lagunas costeras. Campos de dunas activas, o parcial a totalmente estabilizadas, se localizan por detrás de la línea de costa, en franjas de ancho y alto variable.

Estas playas están compuestas de material carbonatado derivado de antiguas o recientes formaciones arrecifales, o de algas, y por material de origen terrígeno aportado principalmente por los ríos, y en forma secundaria por la erosión de los acantilados. Acumulaciones longitudinales de gravas, cantos y bloques se encuentran al pie de costas acantiladas y, por lo general, se encuentran parcial o totalmente recubiertas por la marea alta. Están altamente expuestas a los procesos hidrodinámicos y las intervenciones antrópicas.

Todos los departamentos costeros contienen zonas de playas, aunque están mejor desarrolladas en

aquellos donde no hay acantilados, es decir, donde la costa es baja; se destacan las playas de la Alta Guajira, al pie de las plataformas de abrasión, playones y salares. En el Magdalena aparecen entre los ríos Don Diego y Cañaveral; en el Parque nacional Natural Tayrona se plasman en pequeñas playas presentes en todas las bahías, incluyendo las de Santa Marta, El Rodadero y Bello Horizonte; y también aparecen desde ciénaga hasta Tasajera. En el Atlántico son importantes las playas desde punta Morro Hermoso hasta punta Castillejo, y las que figuran entre Morro La Venta e isla Cascajal. En Cartagena, las playas se extienden desde Los Morros hasta Castillo Grande en forma casi continua y con anchos considerables, casi siempre mayores de 50 m y con gran contenido de arenas blancas coralinas; en Barú es importante playa Blanca, al igual que las playas de Tierrabomba.

En Sucre, prácticamente todo el golfo de Morrosquillo presenta playas tan solo interrumpidas por pantanos de manglar, pequeños sectores acantilados con terrazas coralinas y costas artificiales. En Córdoba, las playas se extienden al pie de acantilados, hecho que incide en su pequeña extensión y amplitud, y muchas de ellas desaparecen con la marea alta. Se destacan, sin embargo, las playas del Viento alimentadas por el delta del río Sinú. En el golfo de Urabá la situación es similar a la de Córdoba, con pequeñas playas bahía, de composición terrígena en Antioquia y parcialmente coralina en las playas del Urabá chocoano (Figuras 4.12 a 4.16).

Figura 4.11. a y b) Erosión por escorrentía y socavación en la base de los taludes sobre rocas no cohesivas en el sector costero de Zapata, municipio de Necoclí (Antioquia) (fotos Programa GEO-INVEMAR).



Figura 4.12. a) Playas de arenas blancas coralinas en playa Blanca, Cispatá; b) Playas en la zona de El Francés, Tolú, formando una barra delante de los pantanos de manglar (fotos Programa GEO-INVEMAR).

Las playas del golfo de Morrosquillo están compuestas por arenas coralinas en un pequeño porcentaje del área y terrígenas, de tamaño medio a fino, que se extienden por varios kilómetros, con un ancho variable y una pendiente baja a moderada. Poseen una berma muy sutil a bien desarrollada, generalmente marcada por la acumulación de restos orgánicos, detrás de la cual se emplazan pantanos de manglar o la llanura costera. Localmente pueden encontrarse escarpes de playa, palmeras desarraigadas o surcos labrados por el drenaje (INVEMAR, CARSUCRE, CVS, 2002) (Figura 4.12).

En el Valle de los Cangrejos, delta del río Ran-

chería, se extienden cordones de playa de varios cientos de metros de largo y de ancho variable, conformadas por arenas finas a medias, terrígenas. La berma es marcada por la acumulación de restos vegetales, a veces de tamaño considerable, y dunas incipientes que la vegetación coloniza rápidamente. En el Valle de los Cangrejos se desarrollan, detrás de la playa, la llanura de inundación del río Ranchería y parcialmente pantanos de manglar, más cerca del cauce del río, y cordones de dunas, mientras que en Riohacha, por el contrario, se encuentra el área urbana (INVEMAR, 2006; Ordóñez, 2002) (Figura 4.13).

Figura 4.13. a) Playas largas y suaves, con acumulación de restos orgánicos, en la línea de más alta marea, Valle de los Cangrejos; b) Playa amplia y suave al pie del malecón de la ciudad de Riohacha (fotos Programa GEO-INVEMAR).



Entre los ríos San Salvador, al occidente, y Palomino, al oriente, se extiende una playa de algo más de 3 km de largo y ancho variable entre 5 y 30 m, aproximadamente. Está formada por arenas terrígenas negras de alto contenido en ferromagnesianos; como evidencias de erosión se tienen pendientes altas, vegetación desarraigada y varios escarpes de erosión escalonados. Hacia atrás se extienden la llanura costera y, cerca de los ríos, pantanos de manglar (INVEMAR, 2006, INVEMAR, 2006a, INVEMAR, en preparación 2007) (Figura 4.14).

Las playas de La Guajira son muy variables en cuanto a composición, pero en general se hallan conformadas por arenas terrígenas de grano fino a medio, y localmente de gravas y cantos; se ubican cerca de zonas con plataformas de abrasión y terrazas del Neógeno y el Jurásico. A lo largo de las playas existe gran acumulación de restos de pastos marinos y detrás de ellas se encuentran, con frecuencia, cordones de dunas, lagunas costeras y salinas o llanuras costeras semidesérticas (INGEOMINAS, 1998; INVEMAR, 2006) (Figura 4.15).

Figura 4.14. a) Playas negras con pendiente alta y escarpes de tormentas; b) Parte trasera de la playa con pendiente suave hacia el manglar (fotos Programa GEO-INVEMAR).





Figura 4.15. a) Playa con gravas y arenas gruesas en Bahía Honda, costado NW; b) Acumulación de fragmentos y gravas en la playa al pie de las colinas en el Cabo de La Vela; c) Playas y dunas de diferentes tamaños en Puerto Inglés; d) Playas en Chichibacoa de arenas finas, con acumulación de abundantes restos de pastos marinos (fotos INVEMAR-Diana Gómez).

La zona costera de Cartagena cuenta con amplias playas que se prolongan por kilómetros, como la de la Boquilla, y se hallan compuestas de arenas finas a medias, terrígenas y calcáreas, que conforman una playa plana y rectilínea. En Barú, las arenas son coralinas, de tamaño medio a grueso y pendiente suave, al igual que en Tierrabomba. Todas ellas han sido intervenidas en demasía, razón por la cual sus rasgos naturales han desaparecido parcialmente (Alcaldía de Cartagena, 2001, INVEMAR, 2006a) (Figura 4.16).

## Costa lodosa y lagunar

En esta categoría se agrupan los pantanos de manglar y otras zonas cenagosas o propensas a la inundación, así como las lagunas costeras y los salares. Se presentan a lo largo de la línea de costa, en estrecha asociación con geformas depositacionales

arenosas, principalmente playas, espigas y barras litorales, y hacia el continente limitan con llanuras costeras o valles aluviales. En términos geomorfológicos, son áreas muy bajas, deprimidas y sometidas muchas veces a los cambios intermareales, conformadas esencialmente por lodos orgánicos y colonizadas por manglares y otras especies vegetales de afinidad salobre.

En algunas costas lodosas el desarrollo de manglares es escaso, y, por el contrario, proliferan lagunas y salares. Sectores con estas características se encuentran en bahía Honda, Hondita y Portete en la Alta Guajira; entre el Cabo de La Vela y Auyama, y entre Pájaro y la ciénaga de Buenavista en la Media Guajira. En la parte sur de La Guajira se localizan en Camarones y Dibulla. De allí en adelante y hasta el golfo de Urabá predominan, sobre las lagunas y salares, los pantanos de manglar.



Figura 4.16. a) Playas grises de la Boquilla; al fondo, arroyo que la separa del sector de Los Morros; b) Playas blancas en Barú (fotos Programa GEO-INVEMAR).

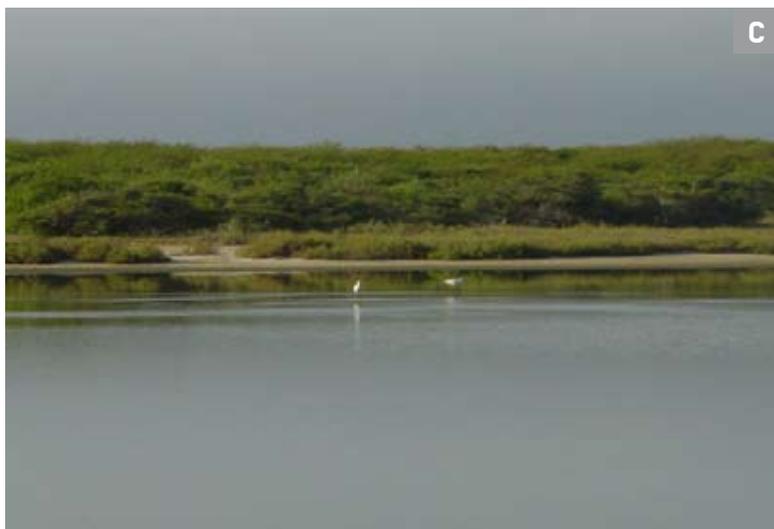
En el departamento de Magdalena existen costas lodosas en la Ciénaga Grande de Santa Marta; en el Atlántico se encuentran en la ciénaga de Mallorquín, y en Bolívar en la ciénaga de Tesca, en Tierrabomba, Mamonal, Barú y en la bahía de Barbacoas. En Sucre los sectores con costas bajas lodosas se presentan entre punta Chichimán y punta Boquerón y entre puerto Berregas y las playas del Francés. En Córdoba, este tipo de costa es casi inexistente, a excepción de las tierras localizadas en el delta del río Sinú. En el golfo de Urabá existen pantanos de manglar en la ensenada de Rionegro, entre punta Ocobo y punta Caimán, en la bahía de Turbo y en bahía Colombia (Figuras 4.17 a 4.18).

La zona costera del departamento de La Guajira posee abundantes zonas bajas cenagosas y lodosas, casi siempre limitadas hacia el mar por barras areno-

sas y hacia el continente por la llanura costera o sistemas de dunas. En ellas, la vegetación es de manglar y de otras especies de ambientes salobres cuyas raíces retienen los sedimentos. La desaparición de estas especies, debido a la tala o a cambios ambientales en el sistema, ha ocasionado la desecación de las tierras y la erosión de la costa (Figura 4.17).

La zona norte del golfo de Morrosquillo, desde punta Boquerón hasta las playas de El Francés, se caracteriza por grandes extensiones de terrenos cenagosos antes ocupados casi todos por un espejo de agua rodeado de manglares que han ido desapareciendo por la tala y los rellenos antrópicos. Lo mismo ha sucedido con pequeñas lagunas costeras en el departamento del Magdalena y de forma dramática con la Ciénaga Grande de Santa Marta (Figura 4.18).

Figura 4.17. Ejemplos de costas lodosas y lagunares en La Guajira. a) Pantanos de manglar en deterioro en bahía Honda; b) Manglares en el Valle de Los Cangrejos; c) Laguna de Navío Quebrado, refugio de flamencos; d) Laguna Grande muy seca en verano (fotos INVEMAR-Diana Gómez).



## Sistemas deltaicos

En la costa Caribe, los deltas más representativos son los de los ríos Ranchería, Magdalena, Sinú y Atrato. Conforman extensas superficies, planas a ligeramente inclinadas hacia el mar, dentro de las cuales se presentan ambientes lagunares, pantanos de manglar, depósitos de canal y varios canales distributarios con una extensión hacia adentro del continente de cientos a miles de hectáreas. En el delta del río Magdalena destaca el sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta y el de la Ciénaga de Mallorquín, al igual que el sistema del Canal del Dique. En el delta del río Sinú sobresale la bahía de Cispatá, con su sistema

lagunar y de canales, la espiga de Tinajones y, hacia el sur, el caño La Balsa. El delta del Atrato, por otro lado, conforma una amplia red de canales que drenan tierras muy bajas y cenagosas que ocupan cientos a miles de hectáreas y se extienden por el costado occidental del golfo de Urabá (Figuras 4.19 a 4.22).

Las áreas deltaicas reúnen varias geofomas propias de las costas bajas y, en general, representan ambientes de depósito con crecimiento del área terrestre. El delta del río Sinú en el sector de Tinajones, donde está actualmente, se empezó a construir desde 1938, año en el que comenzó su avulsión desde su antigua desembocadura en Cispatá. Es un área de sedimentación que ha favorecido el florecimiento de



**Figura 4.18.** Pantanos de manglar en el golfo de Morrosquillo y Ciénaga Grande de Santa Marta. a) Ciénaga y manglares en punta Boquerón, Sucre; b y c) Pantanos de manglar y ciénagas internas al norte del golfo de Morrosquillo (fotos CARSUCRE); d) Pantanos de manglar en Costa Verde, límite noreste de la Ciénaga Grande de Santa Marta (foto Programa GEO-INVEMAR).

pantanos de manglar y extensas áreas cenagosas dedicadas parcialmente a cultivos (Robertson & Chaparro, 1998; IDEAM, 1998; Serrano, 2004; Correa y Restrepo, 2002) (Figura 4.19).

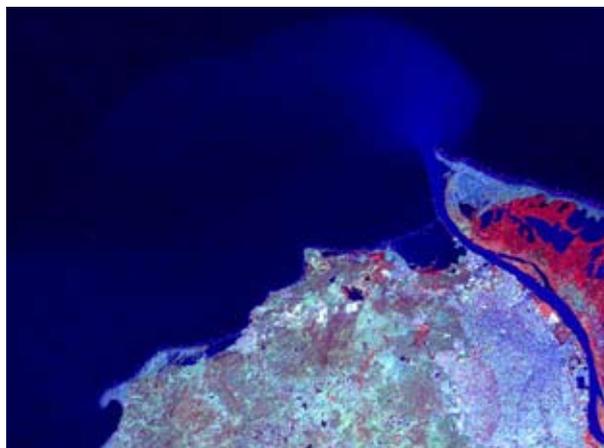
Gran parte de los aportes del delta del río Magdalena se van directamente al cañón que hay frente a su desembocadura, por lo que el sistema deltaico muestra un mejor desarrollo en el plano deltaico, donde forma un sistema lagunar que se extiende por cientos de kilómetros a lado y lado de su cauce, y entre el cual se destacan las ciénagas Grande de Santa Marta y la de Mallorquín, en su desembocadura (IDEAM 2001, 2002) (Figura 4.20).

Una situación similar a la del delta del río Magdalena ocurre en el delta del río Ranchería, donde también se presenta un cañón alineado con su desembocadura; por lo tanto, gran parte de los sedimentos aportados son conducidos a través de él. El componente subaéreo del delta que padece actualmente problemas de retroceso, tiene una amplia zona de inundación, con ciénagas y pantanos de manglar alimentados básicamente por tres brazos que se desprenden del canal principal. (INVEMAR, 2006) (Figura 4.21).

El río Atrato forma un delta que ha permanecido casi inalterado durante más de 150 años. En ese lapso sólo ha sufrido un cambio significativo consistente en la desactivación y retroceso de la boca más norte de Tarena, remplazada por la nueva boca de El Roto, un poco más al sur. La carga sedimentaria se transporta hacia el golfo a través de numerosas bocas pequeñas, de las cuales algunas permanecen bloqueadas por la formación de barras de hasta 2 m de alto. Su zona aluvial se halla enteramente colonizada por manglares y ciénagas (INVEMAR, 2002, Molina et al., 1992) (Figura 4.22).



**Figura 4.19.** Bocas del delta del río Sinú con sus barras arenosas, lagunas y pantanos de manglar (foto CARSUCRE).



**Figura 4.20.** Bocas de Ceniza; se observan parte de las ciénagas Grande de Santa Marta y de Mallorquín (foto Manuel Alvarado, 2003).



Figura 4.21. a) Boca Calancala del delta del río Ranchería en el Valle de los Cangrejos; b) Laguna de Buenavista (fotos Programa GEO-INVEMAR).



Figura 4.22. a y b) Brazos del delta del río Atrato y extensos pantanos de manglar (fotos INVEMAR-Carolina García).

## Costa urbanizada

Las costas urbanizadas o artificiales las conforman las ciudades y pequeñas poblaciones que han crecido en la zona costera, en donde el uso natural de la tierra y las geofomas originales han sido alteradas para dar paso al crecimiento urbano, la infraestructura de servicios portuarios y de vías y las obras de defensa o protección contra la erosión.

Las ciudades costeras más importantes y que ocupan un área representativa dentro de la costa son cuatro: Riohacha, Santa Marta, Barranquilla y Cartagena. Sin embargo, existen decenas de poblaciones más pequeñas que crecen, a veces sin una planificación eficiente, a lo largo de la línea de costa y alteran gravemente con su presencia las condiciones de equilibrio de la misma.

El paisaje natural en donde se levantan estas poblaciones ha favorecido el que se vendan servicios turísticos que promocionan y ofrecen la comodidad de playas privadas o, al menos, localizadas a portas de hoteles, vías vehiculares y peatonales que llegan hasta la playa misma; servicios de comidas, bebidas y deportes náuticos, entre otros, que han llevado a la ocupación de las playas y terrenos aledaños en donde deberían desarrollarse los procesos naturales que brindan equilibrio al sistema costero (Figura 4.23 a 4.26).

La ciudad de Riohacha creció sobre la parte del delta del río Ranchería, del cual su brazo Riito limita actualmente el costado oriental de la urbe. En aras de asegurar su desarrollo, recurrió en el pasado a reclamación de terrenos del mar y ha debido continuar esta práctica para protegerse por medio de muros, camellones, espolones y enrocados en el nivel local. Un área de 24,64 Km<sup>2</sup> se encuentra ocupada actualmente por la infraestructura urbana, en donde predomina el cemento y no hay espacio para los procesos costeros naturales (INVEMAR, 2006) (Figura 4.23).

La ciudad de Santa Marta creció sobre un valle aluvial que se abría en forma de abanico hacia la zona costera. Los canales aluviales y otras geofomas asociadas a los drenajes, como llanuras de inundación, antiguas barras y hasta meandros abandonados, fueron modificados y urbanizados, razón por la cual ésta afronta al presente serios problemas de inundaciones. El cobijo de una bahía somera y cerrada la ha protegido de fuertes procesos marinos; no obstante, la ocupación de las playas ha obligado a la construcción de muros, malecones y espolones con los que ha pretendido protegerse de los procesos erosivos (Hermelin Ed., 2007) (Figura 4.24).

Cartagena, la zona turística, creció principalmente a expensas de geofomas costeras de deposición lineal, como espigas y barras, y de rellenos antrópicos de las zonas de manglar aledañas. La

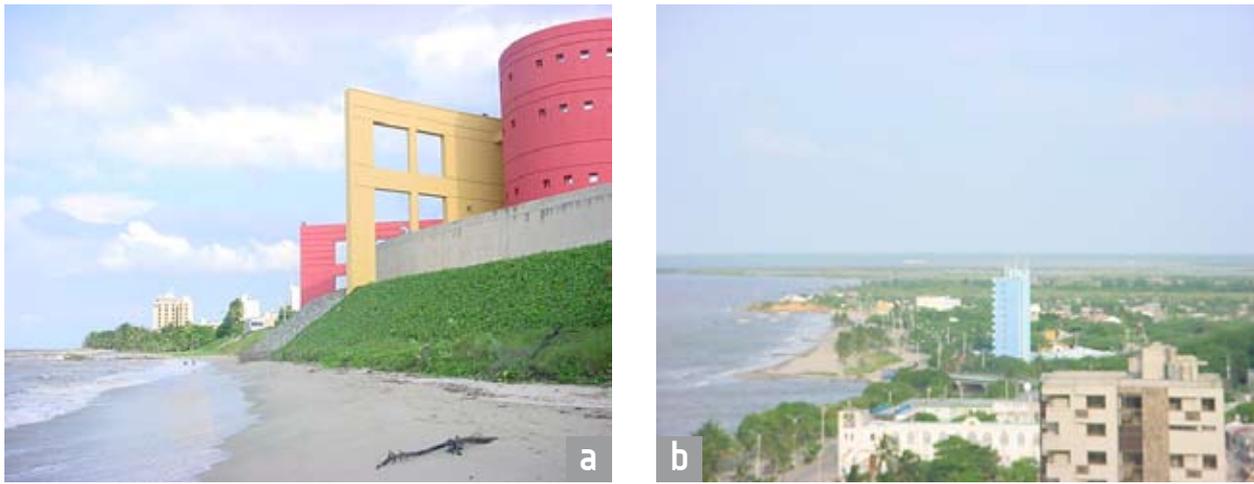


Figura 4.23. Panorámicas de la ciudad de Riohacha. a) Casa de la cultura; b) Vista panorámica desde uno de los hoteles del centro (fotos Programa GEO-INVEMAR).



ocupación de terrenos de pantanos de manglar y lagunas costeras se hizo más intensa en las últimas décadas, al punto tal de crear graves problemas para los ecosistemas debido al desequilibrio de los procesos de transporte y sedimentación. Hoy en día la ciudad se encuentra completamente protegida por estructuras para defenderse de la erosión que, sin embargo, han demostrado ser ineficientes (Figura 4.25).

La ciudad de Barranquilla creció parcialmente sobre la ribera del río Magdalena, en la parte final de

su recorrido, donde se construyó uno de los puertos más importantes del país, entre el río y el mar. Las obras de adecuación del puerto han incidido en la pérdida de importantes ecosistemas como la ciénaga de Mallorquín, a orillas de la cual crecen sin embargo poblaciones aisladas del gran casco metropolitano que ocupan geformas deltaicas enteramente intervenidas y por tal razón expuestas a la sazón al reclamo del mar para completar los procesos propios del litoral (Vargas, 2003) (Figura 4.26).

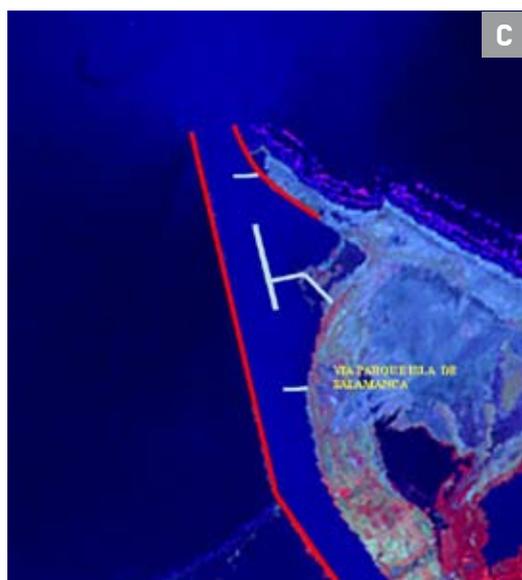
Figura 4.24. a) Camellón turístico de Santa Marta, con su puerto al fondo; b) Balneario turístico de El Rodadero, densamente poblado; c) Banca de la vía al aeropuerto una vez realizadas las obras de recuperación; d) Parte trasera de las viviendas localizadas en la avenida primera en Santa Marta, sede de importantes edificaciones de la ciudad (fotos Programa GEO-INVEMAR).



Figura 4.25. a) La Bocana, estructura de regulación de mareas de la laguna de Tesca; b) Enrocado de protección de la avenida San Martín; c) Crecimiento subnormal de La Boquilla; d) Desarrollo turístico de Bocagrande (fotos Programa GEO-INVEMAR).



Figura 4.26. a) Crecimiento urbano asociado a la ciénaga de Mallorquín (foto Capitanía de Puerto de Barranquilla); b) Tajamar occidental del río Magdalena con acceso al ferrocarril (foto Programa GEZ- INVEMAR); c) Esquema de los tajamares oriental y occidental del Magdalena y obras complementarias; d) Panorámica del río y el tajamar occidental (fotos Manuel Alvarado, 2003).



# Red hídrica de la costa Caribe

La red hídrica de la costa Caribe la conforman grandes ríos que recorren buena parte de la geografía de Colombia y desembocan al mar formando deltas. Se destacan, de noreste a suroeste, los ríos Ranchería, Magdalena, Sinú y Atrato. La evolución de las zonas costeras está íntimamente relacionada con la carga de sedimentos transportada por los ríos desde el continente. Los procesos de desgaste natural o antrópico de las rocas y suelos a lo largo y ancho de sus cuencas se ha venido incrementado como consecuencia de la deforestación y ocupación del territorio y por consiguiente, la carga sedimentaria ha experimentado variaciones notables.

Tres grandes cuencas sedimentarias hacen sus aportes al mar Caribe: cuenca Guajira, cuenca Caribe y golfo de Urabá, las cuales son alimentadas por 22 ríos colombianos que aportan un total de 168 Mt/año de sedimentos en suspensión, de los cuales el Magdalena, considerado uno de los diez ríos de mayor aporte de sedimentos en el mundo, contribuye con 143,9 Mt/año, razón por la cual su influencia en la zona costera del Caribe es de vital importancia. (Restrepo Ed., 2005). (Tabla 5.1).

A pesar del gran aporte de sedimentos mostrado en la Tabla 5.1, las playas locales se han ido perdiendo y las costas han retrocedido igualmente,

Tabla 5.1. Principales cuencas hidrográficas del Caribe colombiano y su descarga de sedimentos al mar (valores tomados de Restrepo Ed., 2005).

Nombre de la cuenca y ríos que la conforman	Área de la cuenca (X 10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	Descarga anual de sedimentos (Mt/año)
<b>Golfo de Urabá</b>		
Atrato	37,7	11,26
Chigorodó	0,1	0,2153
León	0,7	0,7701
Vijagual	0,04	0,219
Grande	0,07	0,438
Zungo	0,05	0,292
Apartadó	0,16	0,62
Carepa	0,15	0,3175
Curulao	0,23	0,2373
Guadualito	0,08	0,31
Turbo	0,16	0,73
<b>Cuenca Caribe</b>		
Mulatos	1,02	0,2117
Sinú	10,18	6,1
Canal del Dique	--	4,76
Magdalena	257,43	143,9
<b>Cuenca Guajira</b>		
Piedras	0,14	--
Gaira	0,03	0,0014
Guachaca	0,26	0,0113
Don Diego	0,52	0,0226
Ancho	0,54	0,0288
Palomino	0,68	0,0511
Ranchería	2,24	0,1022
<b>TOTAL CARIBE</b>	<b>311,06</b>	<b>168,25</b>

en parte por la disminución local de sedimentos formadores de playa, es decir tamaño arenas o mayores (Correa & Vernet, 2004). Los procesos hidrodinámicos responsables del transporte y depósito de los sedimentos en el litoral, están siendo afectados aparentemente por la dinámica misma de aporte de sedimentos de los ríos, la cual parece darse en picos, según lo registran estaciones como la de Calamar, para el río Magdalena (Restrepo Ed., 2005), y por la falta de espacio para desarrollarse y completar sus ciclos, debido a obstáculos en el medio marino y en el litoral mismo.

Las edificaciones en las zonas urbanizadas son en parte responsables de que los vientos restrinjan localmente la circulación de arenas o la desvíen o, lo que es más grave aún, limiten las áreas de aporte por la ocupación de las zonas de playas y áreas aledañas donde usualmente hay bancos de arena. Grandes edificaciones, estructuras portuarias u obras de ingeniería, en el litoral o en el mar, sirven de pantalla a la actividad del viento, hecho que produce variaciones en la circulación de las corrientes y los trenes de oleaje.

## Río Ranchería

El río Ranchería nace en la laguna de Chirigua, a 3.700 m de altura en la Sierra Nevada de Santa Marta, y desemboca en el mar Caribe, al norte de la ciudad de Riohacha, en un delta formado por los brazos Riito y Calancala, después de un recorrido de aproximada-

Figura 5.1. Delta del río Ranchería (imagen ASTER 2001, falso color, INVEMAR).



mente 223 km. Este río proporciona la mayor cantidad de agua a la región; su caudal mínimo corresponde al periodo enero-marzo con promedios de 2,5 m<sup>3</sup>/s y los mayores registros de caudal corresponden a los meses de octubre y noviembre, lapso durante el cual se alcanzan valores de 43,5 m<sup>3</sup>/s (INVEMAR, 2006). Su pluma de sedimentación es variable, dependiendo de la época climática, pero la mancha turbia se observa siempre en el litoral, al occidente de la desembocadura, y es la responsable de la coloración del mar en las inmediaciones de Riohacha y de otras poblaciones al sur, como Camarones y Dibulla (Figura 5.1).

## Río Magdalena

El río Magdalena atraviesa Colombia de sur a norte antes de verter sus aguas al mar Caribe y a lo largo de su cuenca baja va formando extensos sistemas de ciénagas. En el departamento del Magdalena el río recorre una extensión aproximada de 110 km, desde Calamar hasta Bocas de Ceniza, siendo controlado por estructuras artificiales desde Barranquilla, en donde el ancho del cauce varía entre 500 y 750 m. Su profundidad promedio es de 9 m, su caudal promedio es de 7.100 m<sup>3</sup>/s y su caudal mínimo de 1.500 m<sup>3</sup>/s. Anualmente transporta un total de sedimentos de 185 millones de toneladas (principalmente en suspensión), con una concentración media de sedimentos en suspensión alta del orden de 0,63 kg/m<sup>3</sup> (INVEMAR, 2006b).

El aporte de sedimentos ha disminuido debido a la construcción de tajamares, los cuales le imprimen mayor velocidad a las aguas a la par que permiten el arrastre de materiales hacia el cañón submarino que se encuentra cerca de su desembocadura (Correa *et al.*, 2005). La influencia de la pluma del río Magdalena en las aguas costeras está relacionada con los cambios en las curvas de temperatura, salinidad y densidad. Durante la época húmeda, la extensa mancha que corresponde a un fuerte caudal se aleja inicialmente en dirección de la desembocadura del Río, después a cinco millas de la costa; por su parte, la mancha difundida se orienta hacia el oeste (observación imagen de satélite *Landsat TM* 09-52 años 1986, 1987, 1989, 1990, 2000, 2001, 2002). Durante la época seca, cuando la velocidad del río es menor, la mancha turbia se observa en el mismo eje de la desembocadura y se desvía claramente hacia el oeste (INVEMAR, 2006b) (Figura 5.2).

El Canal del Dique es un brazo artificial del río Magdalena que forma en su desembocadura, entre Pasacaballos y la bahía de Cartagena, un delta como tal con un área importante de manglares y zonas de inundación.

## Río Sinú

El río Sinú nace en el Parque Nacional Natural Los Paramillos (norte de la cordillera Occidental) y tiene un área de 13.600 km<sup>2</sup> y más de 200 km de largo. Atraviesa distintas unidades fisiográficas tales como las serranías Abibe y Las Palomas, al occidente, y de San Jerónimo al oriente, en el sector de Tierra Alta; luego cruza las llanuras aluviales de su curso

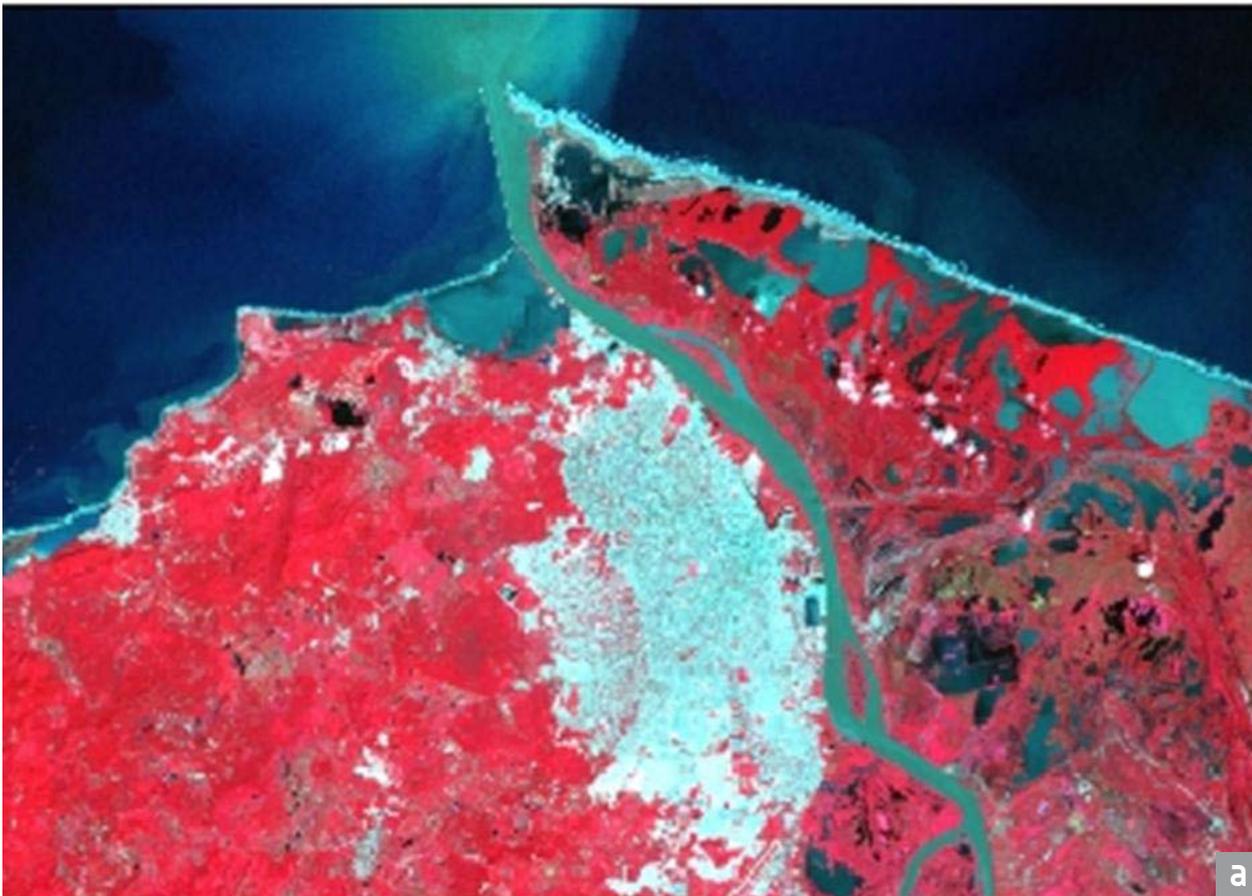


Figura 5.2. a) Delta del río Magdalena b) Delta del Canal del Dique (imágenes Manuel Alvarado, 2003).

inferior, y a partir de Loricá (Córdoba) las diversas geoformas deltaicas recientes, incluidas la bahía de Cispatá y el delta actual de Tinajones en el sur del golfo de Morrosquillo (Robertson, 1989; INVEMAR, CAR-SUCRE, CVS, 2002). El 60% de la cuenca corresponde a un relieve plano por debajo de los 100 msnm que incluye tanto el valle como la red fluvio-lacustre; el 40% restante lo integran las vertientes o montañas y colinas (Figura 5.3).

En general, el río corre desde su nacimiento en sentido S-N, pero frecuentes cambios en la dirección del curso son evidencia de su gran dinámica, que ha producido un variado paisaje en la parte central del área. Su caudal promedio es del orden de 400 m<sup>3</sup>/s, con variaciones mensuales que se reparten entre más de 600 m<sup>3</sup>/s en periodo de crecida y menos de 100 m<sup>3</sup>/s en estiaje durante la estación seca (diciembre-abril). La carga sólida en suspensión en el río fue estimada en 750 mg/l con variaciones entre 400 mg/l y 1g/l (Froidefond *et al.*, 1990; INVEMAR, CAR-SUCRE, CVS, 2002).

## Río Atrato

La cuenca del río Atrato abarca un área de 366 km<sup>2</sup>, territorio que en su gran mayoría pertenece al departamento de Chocó y en menor proporción a Antioquia y Risaralda (Ministerio del Medio Ambiente-IGAC 2000 En: INVEMAR, 2001). Nace a 3.200 m de altura en el cerro Plateado, tiene un ancho variable entre 150 y 500 m y una longitud de 750 kilómetros a lo largo de los cuales recibe las aguas de unos 50 ríos y cerca de 300 quebradas. Desemboca en el golfo de Urabá a través de unas once bocas que se desprenden de sus siete canales distributarios principales, conformando allí un delta de geometría digitada. (INVEMAR, 2001) (Figura 5.4).

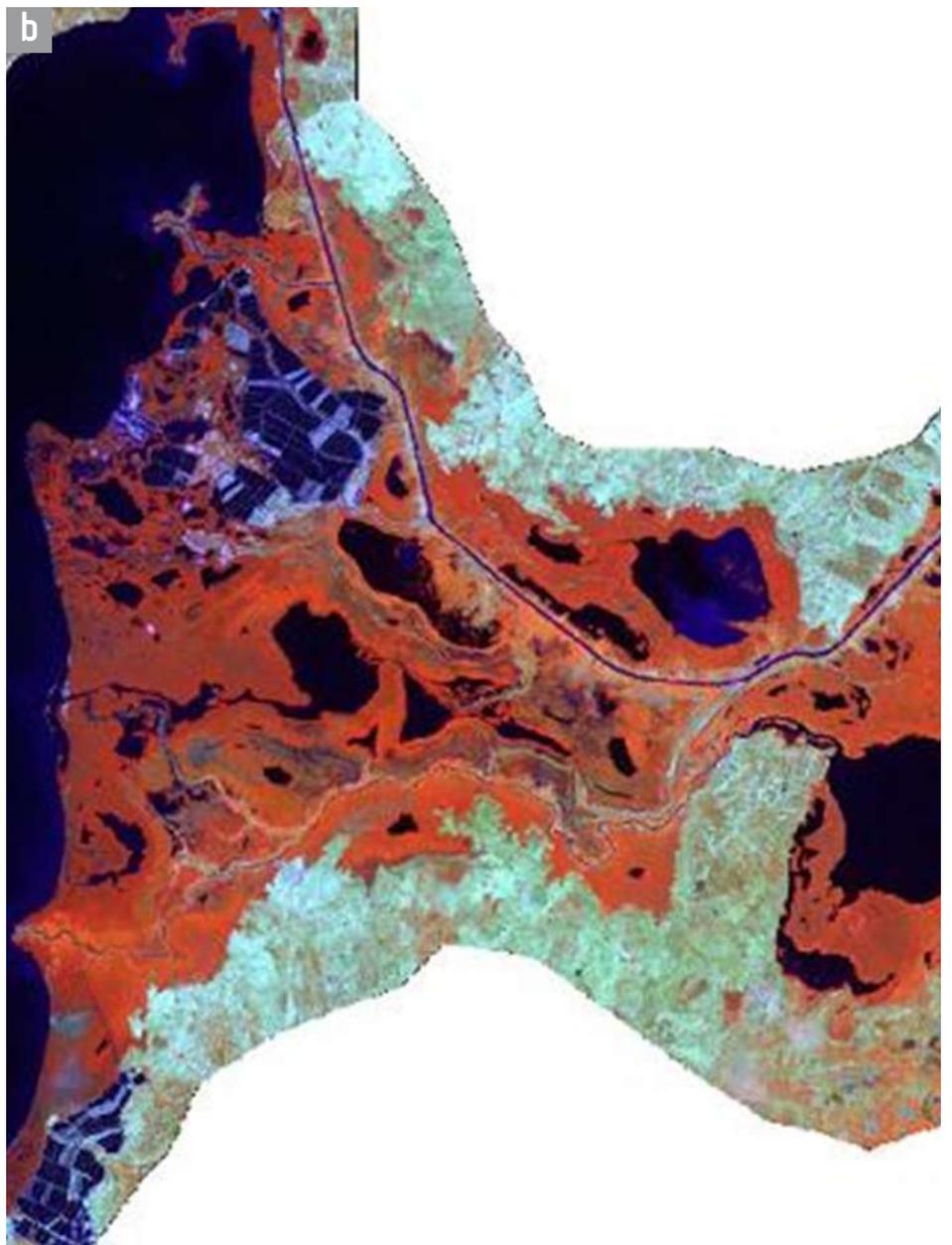




Figura 5.3. Delta del río Sinú (imagen Landsat TM INVEMAR).

El enorme potencial hidrológico de la cuenca del Atrato es el resultado de diversos factores que permiten aprovechar las grandes precipitaciones a que está expuesta esta región. Por un lado, la forma de la cuenca interviene en la transformación de precipitaciones a caudales, y ésta, al ser alargada, contribuye eficientemente a la regulación de los caudales con respecto a su punto de salida en el golfo de Urabá. Así mismo, la baja pendiente que presenta buena parte de la cuenca (más precisamente el 80% de ella), junto con la alta densidad de vegetación, favorece el proceso de infiltración o escurrimiento base. Por tal razón, los suelos, que se encuentran permanentemente saturados durante las épocas húmedas, tienen una baja capacidad de almacenamiento de las lluvias, hecho que propicia rápidamente el escurrimiento directo (INVEMAR, 2003b).

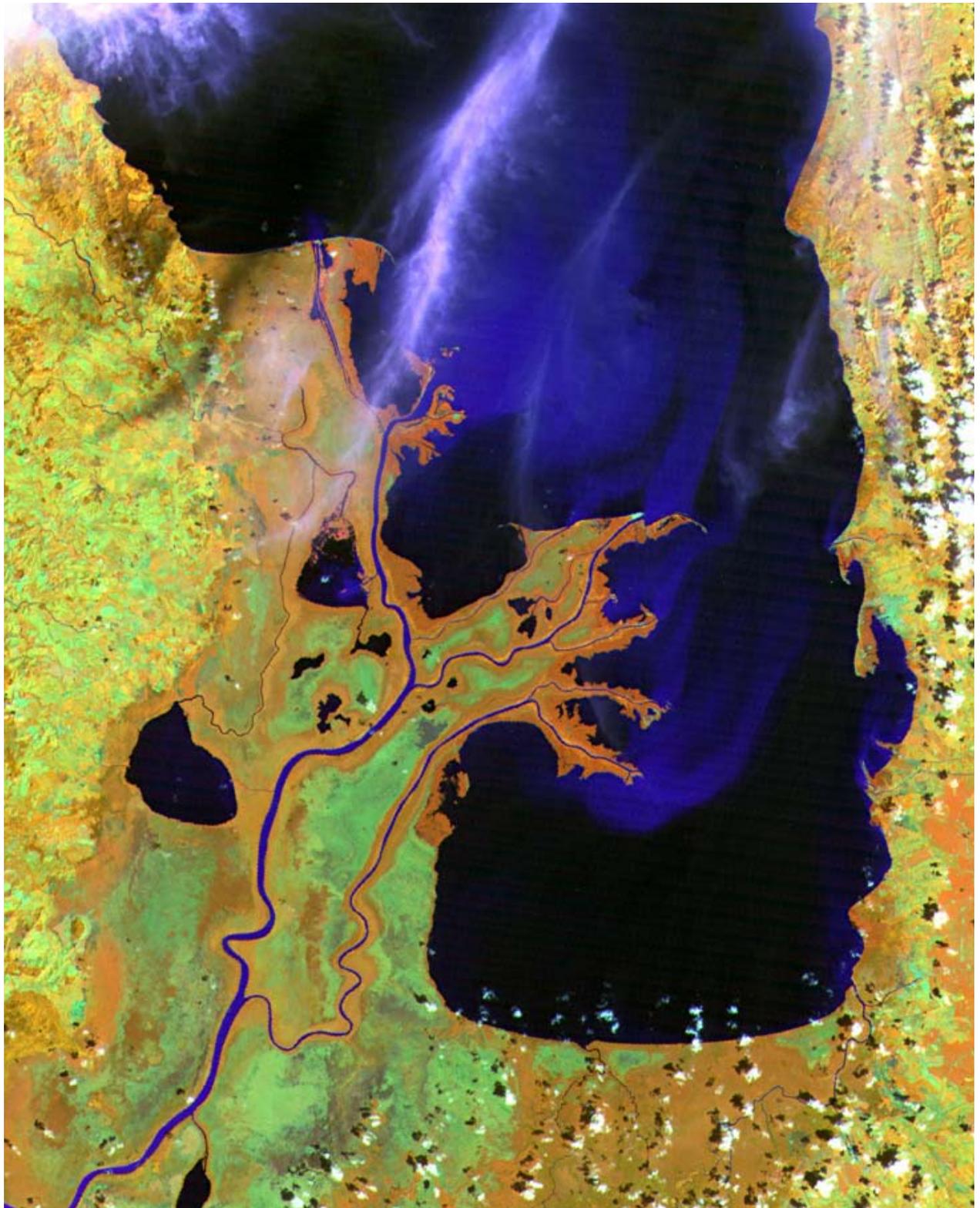


Figura 5.4. Delta del río Atrato (imagen Landsat 1989 (453) INVEMAR).