

# Diagnóstico de la erosión costera

Los agentes hidrodinámicos involucrados en los procesos de erosión costera son vientos, tormentas, olas, mareas, corrientes litorales y el aumento del nivel del mar. Los vientos, además de generar el oleaje superficial, transportan cientos de toneladas de material no cohesivo (limos y arenas principalmente) a lo largo de la zona costera, pero también tierra adentro, para formar dunas o depósitos eólicos menores, o hacia el mar, en donde se acumula y forma los fondos arenosos de la plataforma.

Las tormentas asociadas a los períodos invernales, o la temporada de huracanes del Caribe, pueden producir un oleaje más alto que erosiona las playas dejando como evidencia escarpes de erosión entre 10 y 50 cm en promedio; en muchas ocasiones, las playas logran recuperarse y volver a la morfología anterior a la tormenta. En el caso de los acantilados, este oleaje y la escorrentía asociada pueden producir procesos de erosión irreversibles por cuanto provocan desprendimiento de bloques y, en consecuencia, retroceso del escarpe.

La corriente litoral, por su parte, tiene en la costa Caribe colombiana una componente principal hacia el suroeste que predomina durante la época de los alisios del NE. Sin embargo, la velocidad de la misma depende mucho de la orientación de la línea de costa así como de la presencia de bahías (INVEMAR, 2003a).

Las costas al oeste del río Magdalena, como en Atlántico y Bolívar, muestran a nivel local procesos de sedimentación favorecidos por la corriente de deriva litoral que moviliza sedimentos de este curso de agua; en ocasiones, dicha acumulación se debe a la configuración misma de las estructuras costeras (Martínez, 2001). El litoral de Córdoba recibe sedimentos del río Sinú, gracias a la deriva litoral; sin embargo, su eficiencia es poca debido a la escasa disponibilidad de sedimentos tamaño arena y a la débil corriente litoral producida por la orientación de la línea de costa con respecto a los trenes de olas.

El aumento del nivel del mar, como una de las consecuencias del cambio climático, que incrementa las secuelas de los agentes descritos, es un actor

que de manera lenta y progresiva ha ido cambiando la configuración de los litorales a nivel mundial, afectando principalmente las costas bajas y los ecosistemas asociados a ellas como es el caso de las playas, los pantanos de manglar y los sistemas lagunares.

La evolución del litoral costero está dada por la interacción de las formaciones rocosas o sedimentarias que lo conforman, las estructuras que lo afectan y los agentes hidrodinámicos descritos. Adicionalmente, los factores antrópicos han contribuido grandemente a la transformación y destrucción de los hábitat y a la contaminación y explotación de los recursos naturales, prácticas todas ellas enmarcadas en un concepto de desarrollo de la infraestructura urbana, económica y de servicios de las poblaciones allí asentadas. Procesos internos de la tierra, como movimientos tectónicos, o inducidos parcialmente por el ser humano, como el cambio climático y el aumento del nivel del mar, agravan estos problemas.

Parte de la evolución o tendencia del litoral se refleja como erosión, retroceso de la línea de costa, destrucción de cientos de kilómetros de playa o pérdida de terrenos que albergan ecosistemas costeros o que son aptos para las actividades humanas.

La erosión costera se define como la invasión de la tierra por el mar, después de promediar un periodo suficientemente largo para eliminar los impactos del clima, las tormentas y la dinámica local de sedimentos. Una escala representativa en los países europeos para determinar la erosión costera en un sector es considerar un kilómetro de longitud de línea de costa y un espacio de tiempo de 10 años, aunque realmente esto no está probado (European Commission *et al.*, 2004) (Figuras 6.1 y 6.2).

Para el caso del Caribe colombiano, aunque aún no se ha sistematizado la escala de trabajo representativa de estos procesos se han adelantado ejercicios de monitoreo trimensual y multianual desde el año 2000 en las islas de San Andrés y Providencia (CORALINA, 2006), y a partir de fotografías aéreas de distintos años algunos investigadores han hecho el ejercicio de georreferenciar y comparar las líneas de

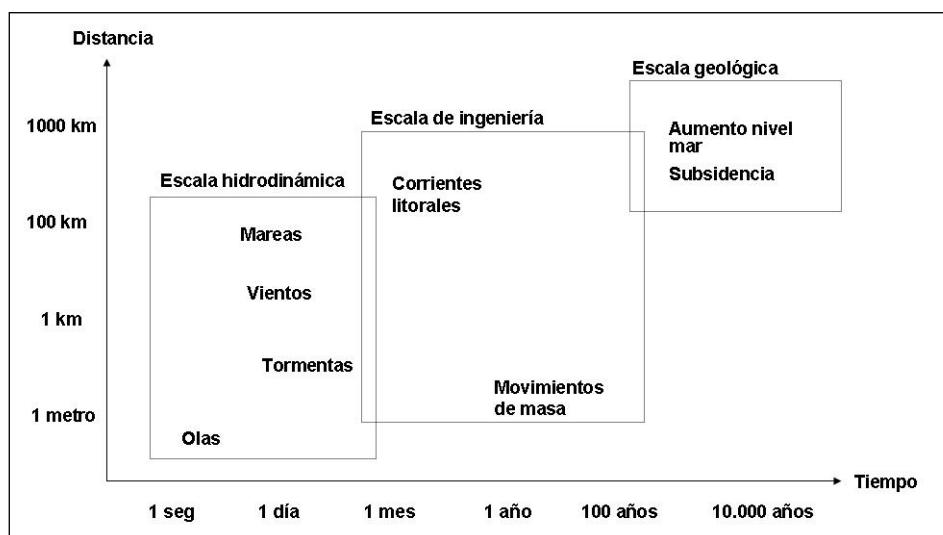


Figura 6.1. Escala de tiempo versus distancia de los factores naturales que influyen en la erosión (tomado de European Commission *et al.*, 2004).

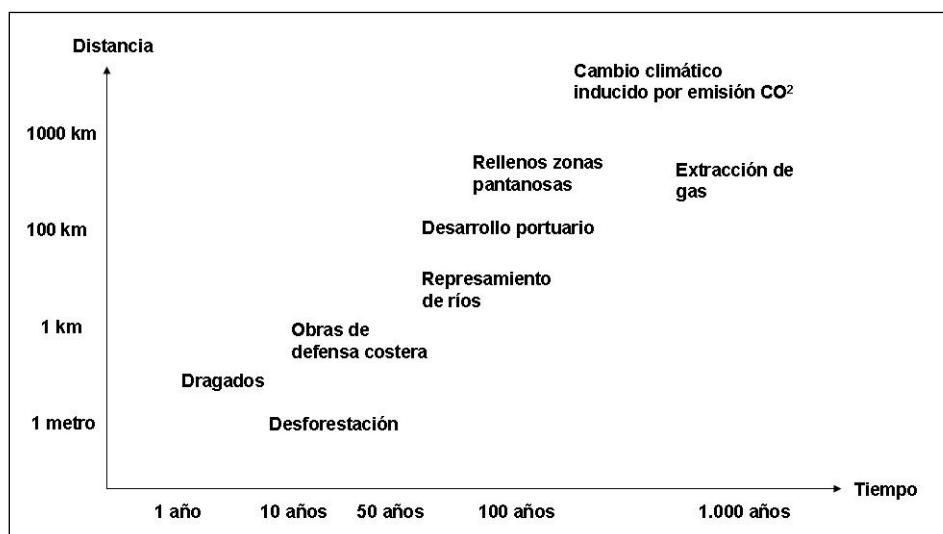


Figura 6.2. Escala de tiempo versus distancia de los factores antrópicos que causan erosión costera (tomado de European Commission *et al.*, 2004).

costa de varios sectores del Caribe, para los años de disponibilidad de fotos, pero sin que hasta el presente se haya establecido una escala de tiempo conforme con datos publicados anteriormente (Tabla 6.1).

Aunque la erosión de las zonas costeras es un proceso que siempre se ha dado, parece haberse acelerado a partir de los años 70-80, cuando comenzó un crecimiento acelerado de las ciudades costeras, principalmente de aquellas al interior del continente, como Medellín, Bogotá, Cali y Bucaramanga, lo que produjo grandes impactos ambientales en la cuenca del río Magdalena los cuales se manifestaron en cambios importantes en el caudal y la descarga de sedimentos (Restrepo Ed., 2005).

Los impactos de la erosión se han sentido con la pérdida de cientos de kilómetros cuadrados de terreno dedicados a la agricultura y la ganadería, como se ha documentado suficientemente para punta Arboletes, en los límites de los departamentos de Córdoba y Antioquia (Correa y Vernet, 2004), al igual que en la antigua desembocadura del río Turbo en el golfo de Urabá (Corporación Universitaria Nacional, 1998). En sectores acantilados de la costa de Antioquia, Córdoba y Atlántico han colapsado viviendas y otras construcciones y se han perdido ecosistemas de manglar en Cispatá y Mestizos (Córdoba) por la avulsión del río Sinú y la posterior dinámica generada (IDEAM – UNIVERSIDAD NACIONAL, 1998; Aguirre 1994, Gil-Torres, & Ulloa-Delgado, 2001). En la bahía de Barbacoas y de Cartagena se perdieron, o deterioraron, arrecifes coralinos y pastos marinos (CARDIQUE, 1997; INVEMAR, 2005) y en el Atlántico, como consecuencia de la construcción del tajamar occidental del río Magdalena, cientos de hectáreas de la ciénaga de Mallorquín y sus ecosistemas asociados, lo mismo que la flecha de Galerazamba (INVEMAR, 2006b; Correa *et al.*, 2005).

Tabla 6.1. Estudios de variaciones de línea de costa para el Caribe colombiano realizados por medio de sensores remotos.

| Autor   | Periodo de comparación de líneas de costa  | Sector   |
|---|--|--|
| Posada, L., 2002  | 1962 - 1998  | Arboletes y Turbo                                  |
| Martínez, N. J., 2001                                   | 1950's - 1990's  | Ciénaga - Cartagena                                |
| Rangel y Posada, 2005                                   | 1938 - 2003  | Paso Nuevo - Cristo Rey, Córdoba                   |
| Correa, I. D., alcántara-carrió, J. & González R., 2005 | 1938 - 1990<br>1957 - 2005<br>1794 - 1996  | Turbo  |
| Restrepo, J.C., 2001                                    | 1937 - 1954 - 1987 - 1993  | Golfo de Morrosquillo                              |
|   | 1947 - 2003  | Delta Ranchería, Puerto López                      |
| INVEMAR, 2006   | 1971 - 2003<br>1944 - 2003   | Manaure, Palomino<br>Cabo de la Vela               |
| Ordóñez C., 2002  | 1944 - 1974 - 1978 - 1991 - 1996 (Landsat TM)  | Río Ancho - punta Chuchupa, Guajira                |
| Robertson K. & Chaparro J., 1998                        | 17?? - 1762 - 1849 - 1850 - 1947 - 1937 - 1985.<br>Cartografía análoga                       | Delta del río Sinú                                 |
| Serrano, B., 2004                                       | 1938 - 1945 - 1957 - 1962 - 1975 - 1989  | Delta del río Sinú                                 |
| Mazorra, J., 2004                                       | 1938 - 1953 - 1962 - 1974  | Punta Arboletes                                    |
| Palacio, H., & Restrepo, A., 1999                       | 1962 - 1998  | Delta del Sinú - Arboletes                         |
| CIOH - CARDIQUE, 1998                                   | 1986 - 1995 SPOT - 1997 Levantamiento línea costa  | Zona costera de Bolívar                            |
| INVEMAR, 2006b  | 1973 - 1986 - 1989 - 2000 - 2001 - 2002 - 2004 - 2005.<br>Landsat, Fotografías aéreas (2004) | Bajamar occidental del Magdalena - Punta Sabanilla |
|   | 1976 - 1986 - 2000 - 2005  | Punta Sabanilla - Cerro Furú - Galerazamba         |

## Factores naturales que causan la erosión costera

El capítulo de geomorfología muestra tanto el tipo de sustrato que conforma el litoral como su susceptibilidad a la erosión. Los sitios en los que hay sustratos duros, o donde las rocas no están meteorizadas, presentan una erosión mínima, y de ello hay pocos ejemplos en el Caribe colombiano. Donde se presentan acantilados sobre rocas poco consolidadas o meteorizadas, frágiles y altamente fracturadas, hay retroceso importante de la línea de costa; de hecho, en la mayoría de los casos, las capas que conforman las terrazas y colinas del Terciario que afloran en el Magdalena, Antioquia y Córdoba, principalmente, son arcillolitas (base) y areniscas (tope) poco consolidadas, cubiertas por un suelo delgado y en discordancia respecto de las capas inferiores (INGEOMINAS, 2003; Duque-Caro, 1984). En la costa Caribe predomina este tipo de materiales frágiles, lo que podría explicar el retroceso de acantilados y el subsiguiente colapso de propiedades e importantes tierras agropecuarias.

Hay un fácil desgaste de las capas geológicas frágiles por las aguas de escorrentía y de infiltración, como lo manifiesta la existencia de múltiples geoformas de tipo depósito que cubren la parte inferior de los acantilados o taludes y los troncos y escombros localizados al pie de los acantilados. Este fenómeno, directamente relacionado con los períodos de lluvia, ocurre principalmente en las coronas de los acantilados, límites de las terrazas frente al mar y en la interfase entre capas con diferente permeabilidad (INVEMAR, 2003a; CVS *et al.*, 2006). La intensidad máxima de la erosión por escorrentía se presenta en las primeras lluvias del invierno, cuando la capa de suelo está muy seca y actúa como esponja, lo que facilita su remoción y permite el ataque directo a las capas geológicas del sustrato (INVEMAR, 2003).

Adicionalmente, se presenta el golpeteo incesante de las olas sobre la base de estas formaciones, lo que ocasiona la formación de hendiduras y, como consecuencia directa, colapso de bloques (CVS *et al.*, 2006). Estos materiales son retrabajados hasta producir sedimentos que se incorporan a la dinámica litoral; de hecho, se ha estimado teóricamente que el aporte de sedimentos procedente de los acantilados puede estar entre el 5% y el 10%, que para el caso de las costas de Córdoba y Antioquia, por ejemplo, puede representar un poco menos debido a la escasez de capas de areniscas o materiales gruesos en las formaciones rocosas sedimentarias.

Los impactos del oleaje se hacen mayores cuando hay tormentas tropicales o coletazos de huracanes del Caribe, comunes en el segundo semestre del año, y cada vez que se presenta el fenómeno del “mar de leva” descrito en el capítulo de oceanografía y clima. Cabe destacar que la frecuencia de estos fenómenos se ha incrementado como consecuencia del cambio climático.

La actividad tectono-diapírica presente en la parte sur del Caribe (Barranquilla y Urabá) ha producido un ambiente estructural complejo: las formaciones sedimentarias presentan estructuras en múltiples

direcciones, con buzamientos desde subhorizontales hasta subverticales; las fallas locales y la alta densidad de fracturas predisponen la roca a los procesos de erosión (Vernette, 1985) y la presencia de domos en el fondo marino altera tanto la circulación de las corrientes como los patrones de distribución de los sedimentos (Martínez, 1993).

La actividad diapírica se manifiesta en numerosos domos y volcanes de lodo así en la tierra como en el mar, adicionando otro factor de inestabilidad de la costa, a pesar de no ser tan evidente como los fenómenos descritos anteriormente. La presencia de domos, en los fondos marinos, modifican no sólo la batimetría sino las corrientes y, en general, las condiciones oceanográficas locales, lo que influirá necesariamente en la dinámica costera (Martínez, 1993). Hay que considerar también el papel del diapirismo de lodos como “modificador constante, algunas veces a la escala de tiempo humano, de los niveles relativos tierra-mar” (Morton y Correa, 2004).

El aumento relativo del nivel medio del mar es otra de las causas naturales de los procesos de erosión y tiene relación con el cambio climático a nivel mundial y con los procesos de levantamiento o hundimiento de los terrenos. Para el Caribe colombiano se han estudiado algunos rasgos de posible subsidencia en la línea de costa de Córdoba y Antioquia y en el golfo de Morrosquillo (Page, 1986; Correa y Vernette, 2004). Algunas estructuras y geoformas regionales en la zona costera de Santa Marta se asocian con levantamiento posiblemente relacionado con la falla de Oca (INVEMAR, 2007); sin embargo no hay medidas o rasgos contundentes para confirmarlo. Los estudios de aumento del nivel del mar llevados a cabo por INVEMAR (2001) muestran un incremento para el Caribe colombiano de 22 cm en los últimos cincuenta años, según los registros de Cartagena, lo cual estaría afectando principalmente arrecifes de coral, praderas de fangróamas, lagunas costeras y estuarios, manglares y playas (Figura 6.3).

## Factores antrópicos que causan erosión costera

Si los anteriores fenómenos pueden considerarse como las principales causas naturales de la erosión costera en la costa Caribe colombiana, los estudios de campo y la información secundaria revisada muestran que las actividades antrópicas generan probablemente el incremento en la tasa de erosión que se manifiesta desde hace poco más de 30 años. Dentro de estas actividades que afectan la zona costera se destacan (Tabla 6.2) la extracción de arenas y guijos (china) en las playas o en el lecho de los ríos, lo que genera pérdidas de material necesario para nutrir de sedimentos las playas. Efectivamente, los relatos de los habitantes de poblaciones como Turbo, Arboletes, Tolú-Coveñas, Ciénaga, entre otras, dan cuenta de que las arenas necesarias para levantar las casas y otra infraestructura urbana fueron extraídas de las playas de la localidad (Figura 6.4).

Así mismo, en el sector de Los Morros, en Cartagena, fue tradicional por largos años la extracción

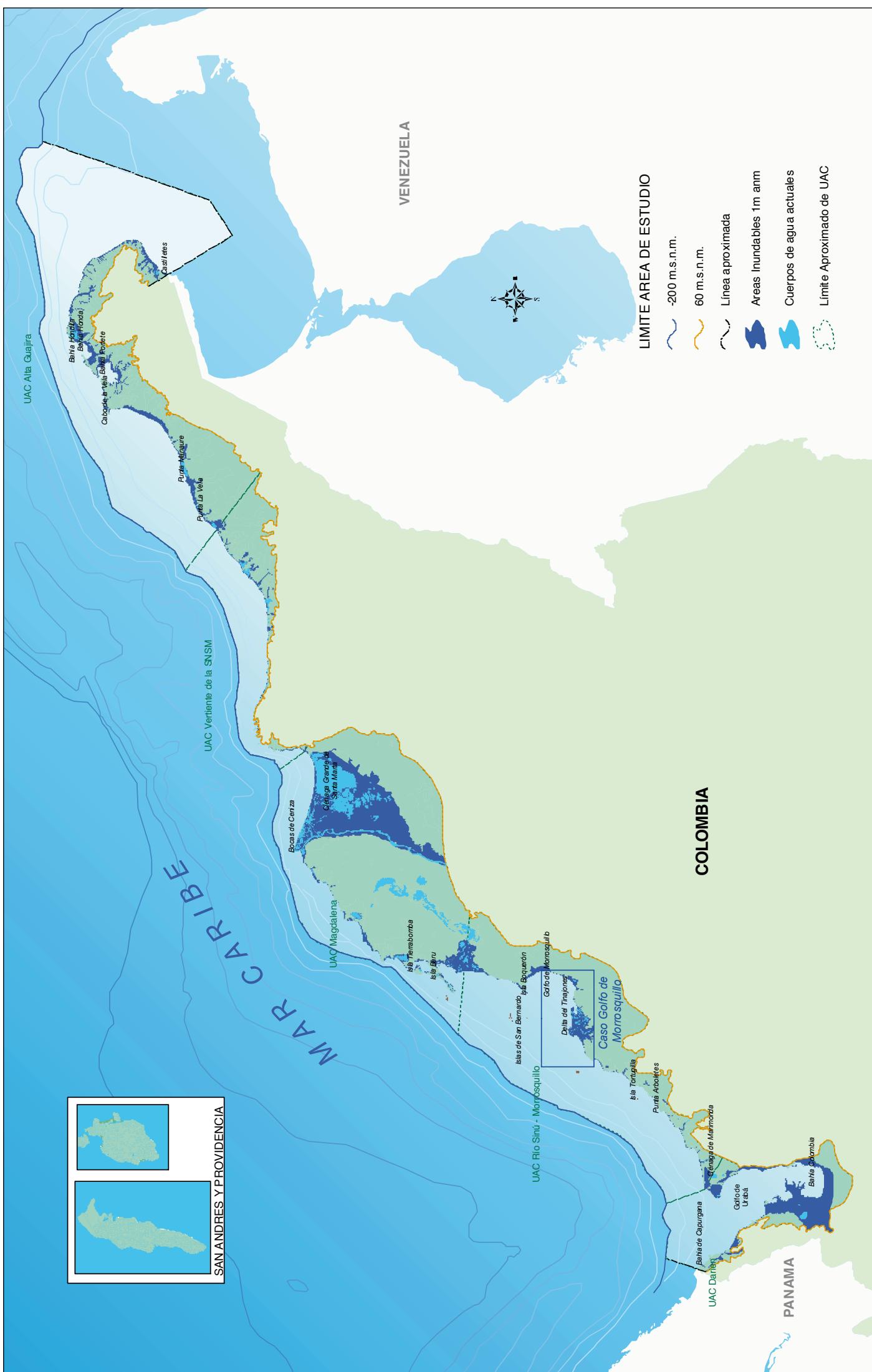


Figura 6.3. Exposición de la costa Caribe al aumento del nivel del mar (tomado de INVIEMAR, 2002).

Tabla 6.2. Actividades antrópicas que tienen impacto en los procesos de erosión costera.

| Impactos / Proyectos   | Modificación batimetría o patrones de propagación de las olas | Interrupción o modificación corrientes de deriva litoral | Remoción sedimentos del sistema sedimentario | Reducción del caudal y sedimentos de los ríos | Modificación vegetación del litoral | Modificación patrones de transporte eólico |
|--|---|--|--|---|-------------------------------------|--|
| Relleno de tierras litorales                                 |   |  |  |   |                                     |  |
| Extensión de áreas portuarias                                | X   | X  |  |   | X                                   | X  |
| Infraestructura turística                                    | X   | X  | X  |   | X                                   | X  |
| Parques recreacionales                                       | X   | X  | X  |   | X                                   | X  |
| Trabajos de Regulación de ríos                               |   |  |  |   |                                     |  |
| Represamiento de ríos  |   |  |  | X   | X                                   |  |
| Sistemas de irrigación                                       |   |  |  |   | X                                   |  |
| Dragado de Sedimentos  |   |  |  |   |                                     |  |
| Dragado de canales para navegación o control de inundaciones | X   | X  | X  |   |                                     |  |
| Extracción de agregados de acantilados para construcción     | X   | X  | X  |   |                                     |  |
| Extracción de arenas para rellenos de playas                 | X   | X  | X  |   |                                     |  |
| Construcción de infraestructura turística                    |   |  |  |   |                                     |  |
| Marinas  | X   | X  |  |   |                                     |  |
| Hoteles e infraestructura de servicios                       |   |  |  | X   |                                     | X  |
| Defensa Costera  |   |  |  |   |                                     |  |
| Defensas duras perpendiculares a la línea de costa           | X   | X  | X  |   |                                     |  |
| Defensas duras paralelas a la línea de costa                 |   | X  | X  |   |                                     |  |
| Relleno de playas  | X   |  | X  |   | X                                   |  |



Figura 6.4. Extracción de china en la zona costera de Córdoba (foto de la comunidad).

de piedra china y su comercialización y en menor cantidad en otras poblaciones del departamento de Córdoba. Esta práctica aún se realiza de manera ilegal a lo largo de toda la costa y, junto con los cambios que han sufrido las cuencas de drenaje y la escasez de material arenoso en algunos acantilados, ha dejado a la zona litoral sin el material arenoso necesario para construir playas.

La tala indiscriminada del mangle, que es un ecosistema que brinda protección natural importante contra la erosión y sirve de lugar de anidación e intercambio biológico, ha dejado apenas unos pequeños remanentes en la parte final de algunos drenajes y en las ciénagas más importantes. El oleaje y las corrientes litorales que actúan en terrenos bajos y/o cenagosos no encuentran ahora la resistencia que

brindan las raíces contra el ímpetu de las olas, ni las trampas de sedimentación que ellas mismas forman, dejando el terreno a merced de los procesos de erosión. La deforestación de las zonas de dunas también desestabiliza estas barreras de arena protectoras y dispone el suelo a la erosión.

La construcción de obras fijas en las zonas intermareales y en playas y dunas (muros de contención, tajamares, rompeolas, espolones) perturban los procesos de transporte litoral arenoso que se dan naturalmente en estas zonas. Muchas de estas obras se construyen para proteger carreteras, puentes, edificaciones, o como parte de la infraestructura portuaria, hotelera o urbana. El dragado de ríos o de la plataforma marina somera también altera el régimen de las corrientes y por lo tanto de transporte y distribución de sedimentos que llega a la zona litoral.

El crecimiento urbano en zonas de acantilados, principalmente asociados a rocas frágiles, no ha contemplado, en la mayoría de los casos, los estudios geotécnicos que indiquen la carga que puede soportar el talud sin desestabilizarse ni tampoco la adecuación de los terrenos para controlar aguas de escorrentía y aguas negras provenientes de las viviendas. Por consiguiente, las basuras y los escombros son vertidos sobre los taludes incrementando así su peso y propiciando la concentración de humedad que favorece los movimientos de masa, muy comunes a lo largo del litoral antioqueño y cordobés y en las inmediaciones del municipio de Dibulla en el departamento de La Guajira.

Los rellenos de pantanos de manglar y otras zonas cenagosas ha sido una práctica común mediante la cual pobladores locales han "adquirido" un te-

rreno para sus viviendas o, en el peor de los casos, los han vendido para desarrollo turístico. Casos bien documentados se tienen del golfo de Morrosquillo, en donde los problemas de erosión por ésta y otras prácticas inadecuadas han afectado todo el litoral. Igualmente y con fines industriales se han venido haciendo rellenos de manglar. Un caso patético de esta usanza es la zona oriental de la bahía de Cartagena, donde se encuentra el sector industrial de Mamonal (Martínez, 2007, comunicación verbal).

La construcción de represas en la parte alta de los ríos, ya sea para acueductos o para sistemas de riego, son también causas antrópicas de la erosión litoral, pero de ellas no hay estudios que permitan presentar datos para evaluar el impacto si bien es palpable que están contribuyendo a modificar la cantidad de aportes de sedimentos a la zona costera, así como su granulometría y distribución en el tiempo (Restrepo Ed., 2005).

La contaminación que proviene de las actividades humanas, tanto en tierra como en el mar, puede dañar los corales y los pastos marinos, que son ecosistemas biológicos que protegen la costa y además proveen arena para las playas (Cambers, 1998).

## Extensión de la erosión por departamentos

La magnitud del problema de erosión para los diversos tipos de costa en cada uno de los departamentos, así como la magnitud de las medidas de protección o control que se han implementado se encuentran expresadas en la **Tabla 6.3**.

Tabla 6.3. Extensión de la erosión costera por tipos de costas. Longitud total línea de costa (en km)

| Tipos de Costas               | LA GUAJIRA | MAGDALENA | ATLÁNTICO | BOLÍVAR | SUCRE | CÓRDOBA | ANTIOQUIA | CHOCÓ |
|-------------------------------|------------|-----------|-----------|---------|-------|---------|-----------|-------|
| Costa con rocas cohesivas     | 122        | 119       | 7         | 59      |       | 1       |           | 62    |
| En Erosión                    | 46         | 12        |           |         |       | 1       |           | 4     |
| Con obras protección          | 1          | 1         |           | 1       |       |         |           | *     |
| Costa con rocas no cohesivas  | 12         |           | 5         | 88      |       | 59      | 68        |       |
| En Erosión                    | 4          |           |           | 2       |       | 53      | 9         |       |
| Con obras protección          |            |           |           | 2       |       | 5       | 2         | *     |
| Playas y depósitos arenosos   | 289        | 163       | 42        | 59      | 40    | 32      | 91        | 23    |
| En Erosión                    | 76         | 58        | 8         | 2       | 17    | 9       | 17        |       |
| Con obras protección          | 3          | 3         | 1         | 5       | 11    | 1       | 1         | *     |
| Costa lodoso o lagunar        | 260        | 3         |           | 65      | 44    | 6       | 81        | 10    |
| En Erosión                    | 50         |           |           | 4       | 22    | 7       | 10        | 6     |
| Con obras protección          |            |           |           | 5       | 3     | 1       |           |       |
| Sistemas deltaicos            | 3          |           | 8         | 40      | 22    | 122     | 231       |       |
| En Erosión                    | 1          |           |           |         |       | 15      | 41        |       |
| Con obras protección          | 1          |           | 6         |         |       | 2       |           |       |
| Costa Urbanizada o artificial | 11         | 17        | 9         | 56      | 6     | 8       | 18        | 2     |
| En Erosión                    | 6          | 9         | 1         | 14      | 2     | 4       | 4         | 1     |
| Con obras protección          | 6          | 3         | 2         | 15      | 2     | 1       | 3         |       |
| Total en erosión              | 183        | 79        | 9         | 22      | 41    | 89      | 81        | 11    |
| Total protegida               | 10         | 7         | 9         | 27      | 16    | 10      | 7         | *     |

\* Sin información.

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

- La longitud de línea de costa, que aquí se presenta, como se explicó en el capítulo de geomorfología, 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.
- La longitud de la costa en erosión se midió igualmente en los mapas, considerando los tramos resaltados en rojo al frente del litoral. Los puntos marcados con una estrella en los mapas fueron reportados con erosión en los talleres realizados, pero no siempre pudo conocerse la magnitud del tramo afectado, por lo que se optó por esta convención y por consiguiente no hacen parte de las medidas de erosión, lo que puede implicar una mayor extensión de la zona costera afectada.
- La longitud de la costa con obras de protección contra la erosión se midió como una distancia entre el primer y último espolón de una batería de ellos. Cuando hubo sólo un espolón se calculó una distancia de tres veces la longitud promedio de un espolón (50 m), que correspondería a la distancia donde debería estar un segundo espolón. En caso de muros, malecones, rompeolas, se midió su largo.
- Las cifras presentadas se aproximan al número entero para una mejor visualización y donde la cifra fue algo menor a medio kilómetro (0,4 km) se approximó a uno.
- La zona costera del Chocó tiene estructuras de protección reportadas en los informes y fotos de la zona; sin embargo, no fue posible obtener su localización precisa para este trabajo y por consiguiente en la **tabla 6.3** aparece con un asterisco\*.

A partir de este panorama se presenta a continuación un diagnóstico de la erosión costera en cada uno de los departamentos del Caribe colombiano, haciendo una descripción por tramos o sectores de las características geomorfológicas y el estado de su afectación por los procesos erosivos. Dicho diag-

nóstico actualiza el presentado por INGEOMINAS (1998) gracias a los estudios efectuados en los últimos años en Colombia por diversas instituciones (Universidad EAFIT, Universidad Nacional de Colombia sedes Medellín y Bogotá, Universidad de Cartagena, Instituto de Estudios Ambientales y el Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales de la Universidad del Norte), todas las corporaciones autónomas regionales con injerencia en la zona costera, incluido el INVEMAR, así como la revisión de fotografías aéreas e imágenes de satélite disponibles en el Instituto y de algunas imágenes con alta resolución espacial disponibles en Google Earth. Se complementa esta revisión con los resultados obtenidos en los talleres realizados por el INVEMAR entre el 19 de septiembre y el 6 de octubre de 2006, en los cuales se examinó este tema con los representantes de las entidades de carácter administrativo y ambiental del orden municipal y departamental, así como con representantes de las comunidades.

### Zona costera de La Guajira

El panorama de erosión de la línea de costa para el departamento de La Guajira muestra que ésta se ha extendido con respecto al informe presentado por INGEOMINAS (1998), principalmente en las zonas de costas bajas afectadas por los huracanes y mares de leva que ocurren cada vez con mayor frecuencia debido al calentamiento global y posiblemente al aumento del nivel del mar. De los 789 km de línea de costa, el 21% (168 km) está afectado por procesos erosivos. Un análisis sectorizado muestra la siguiente situación tramo por tramo.

**Sector Castilletes-Punta Gallinas.** Es una costa abierta con erosión fuerte entre Castilletes y Puerto López, y en inmediaciones de puerto Inglés, punta Chichibacoa y puerto Estrella, que afecta depósitos cuaternarios bajos que se sitúan al pie de las colinas del Neógeno, o acantilados formados por las mismas rocas sedimentarias. En Puerto López, las condiciones locales favorecen la acumulación de arenas en dunas de donde proviene el material que alimenta las playas y de esa manera es como se ha registrado acreción en este sector (INVEMAR, 2006) (Figura 6.5; Mapa 6.1, 6.2 y 6.3 en anexo).

Figura 6.5. a) Erosión por escorrentía y oleaje en acantilados de Chichibacoa, al fondo; b) Erosión por escorrentía sobre restos de acantilados en punta España (fotos INVEMAR-Diana Gómez).



**Sector Punta Gallinas-Cabo de La Vela.** Aquí se presentan tres bahías muy cerradas -Hondita, Honda y Portete-, en la cuales se registra erosión en las salientes rocosas. En punta Media Luna, y en el costado occidental de bahía Portete, la erosión sobre las formaciones cuaternarias, así como sobre los acantilados que forman las rocas del Neógeno, es alta debido a factores favorables como el embate directo de las olas y la debilidad de las rocas sedimentarias presentes (Figura 6.6; Mapa 6.3 y 6.4 en anexo).

**Sector Cabo de La Vela-Manaure.** El litoral es bajo, con depósitos cuaternarios protegidos de los efectos marinos en el recodo del Cabo, pero de nuevo expuestos al mar abierto hasta Manaure. Hay una tendencia a la erosión que se ha manifestado en Popotín y Manaure, donde las playas trataron de protegerse, sin mucho éxito, con espolones. Actualmente hay sectores de la vía a los patios de almacenamiento de sal de la Salina que están en peligro de colapsar por la socavación de las olas y la escorrentía. Así mismo, la ranchería localizada Manaure abajo y las charcas próximas al mar en ese mismo sector están expuestos al embate directo de las olas y parte de ellas ya han sido afectados (INVEMAR, 2006) (Figura 6.7; Mapa 6.4, 6.5 y 6.6 en anexo).

**Sector Manaure-El Pájaro-Riohacha.** Es una costa abierta afectada por procesos de erosión alta

desde punta Chuchupa hasta el área urbana de Riohacha. Es particularmente sensible la zona de Pájaro, donde sus habitantes reportan peligro de sus viviendas y estructuras urbanas. Afecta una playa muy larga, que incluso se prolonga como una espiga al noreste de la ciénaga de Buenavista y cada año pierde decenas de metros durante la temporada de vientos y en los mares de leva, sin que haya suficiente material para su recuperación. Punta la Vela y Auyama (laguna El Buey) son también sitios de erosión intensa (INVEMAR, 2006a) (Figura 6.8; Mapa 6.6 y 6.7 en anexo).

En el Valle de los Cangrejos se registra un retroceso de la línea de costa moderado a fuerte. En el casco urbano de Riohacha se ha notado de nuevo, en los últimos años, una tendencia a la erosión que la administración departamental aspira a detener mediante un relleno de playas respaldado con espolones; sin embargo, la tendencia histórica indica que es una playa en equilibrio o incluso con acrecimiento local moderado a bajo (INVEMAR, 2006) (Figura 6.9; Mapa 6.6 y 6.7 en anexo).

**Sector Riohacha-Río Palomino.** Es un sector de costa expuesto conformado por depósitos cuaternarios que alternan con acantilados formados por rocas del Neógeno. En la zona del Parque Nacional Natural Los Flamencos, punta Los Remedios-Dibulla y sur del río Cañas se presentan desprendimientos de



a



b



a



b

Figura 6.6. a) Erosión en los acantilados con desprendimiento de bloques en bahía Hondita; b) Erosión por escorrentía y socavación de la base del talud por el oleaje en bahía Honda (fotos INVEMAR-Diana Gómez).



Figura 6.8. a) Erosión en las playas del sector del Pájaro por acción del oleaje con destrucción de obras civiles; b) La erosión es favorecida por la presencia de obras civiles en las playas; c) Los espolones mal diseñados aceleran los procesos erosivos; d) se observan escarpes de erosión, viviendas destruidas (fotos de la comunidad).



Figura 6.9. Erosión en el Valle de los Cangrejos; a y b) Con destrucción de los manglares y escarpes de erosión pronunciados; c) Con destrucción de viviendas en las afueras del área urbana de Riohacha (fotos Programa GEO-INVEMAR).

bloques y por consiguiente el retroceso del escarpe, propiciado por rocas altamente fracturadas y meteorizadas. Al pie de estos escarpes se desarrollan playas estrechas, con pendientes altas que aparecen y desaparecen según sea época de vientos o de lluvias (INVEMAR, 2006; INVEMAR, 2007).

En las playas al sur del casco urbano de Riohacha, entre La Raya y Malibú, en Dibulla, en el sector norte de los ríos Cañas y Ancho y sobre ambas márgenes del Palomino también se encuentran signos de erosión moderada a alta, con fuertes escarpes de playa y destrucción de la vegetación (INVEMAR, 2006; INVEMAR, 2007) (Figura 6.10; Mapa 6.7 y 6.8 en anexo).

### Zona costera del Magdalena

El litoral del departamento del Magdalena se caracteriza por presentar rasgos moderados de erosión asociados a zonas de acantilados, pero principalmente a las zonas bajas, con playas, ciénagas y pantanos de manglar. Sin embargo, la zona costera de la barra de Salamanca se encuentra en un estado crítico de erosión. La siguiente es la descripción, por sectores, del estado actual del litoral.

Sector margen izquierda río Palomino. Es un sector de costa baja, abierto al mar, en donde los rasgos litorales denotan una gran dinámica con formación de barras, brazos abandonados, depresiones

pantanosas y gran acumulación de troncos y restos vegetales. A pesar de los altos caudales y el consiguiente aporte de sedimentos durante los períodos invernales, las playas presentan rasgos de erosión como pendientes mayores a 12°, varios escarpes de erosión de 30 cm de alto aproximadamente, desgarramiento de árboles y pérdida de terrenos, principalmente sobre las playas en ambas márgenes del río (INVEMAR, 2006a, INVEMAR 2007). (Figura 6.11; Mapa 6.9 en anexo)

Sector Cabo San Agustín-Río Don Diego. Este es un sector acantilado, con formación de pequeñas playas arenosas al pie del escarpe y acumulaciones de bloques y cantos de roca desprendidos de los taludes. Estos procesos afectan la banca de la carretera y han derribado numerosas estructuras civiles como casas, muros y cunetas. El más afectado es el sector al occidente de Los Coquitos hasta la quebrada Quintana (Figura 6.12; Mapa 6.9 en anexo).

Sector Río Don Diego-Mendihuaca. Es una costa baja, expuesta al mar abierto, con aporte importante de sedimentos que en la desembocadura de los ríos forman barras arenosas amplias y altas que incluso taponan las bocas. Sin embargo, se observan procesos erosivos fuertes, representados en escarpes erosivos desde 60 cm hasta 2 m de alto, pendientes de playa elevadas, árboles en destrucción y frecuentes desprendimientos asociados a los escarpes; restos

Figura 6.10. a) Erosión de los acantilados con afectación de la estructura urbana en punta Remedios; b) Erosión por escorrentía, drenajes y socavación en punta Remedios; c) Escarpes de playa y destrucción de manglares en Palomino; d) Escarpes de playa y palmeras desarraigadas en Palomino (fotos Programa GEO-INVEMAR).





Figura 6.11. a y b) Escarpes de erosión pronunciados en la margen izquierda río Palomino (fotos Programa GEO- INVEMAR).



Figura 6.12. a) Erosión por escorrentía y movimientos de masa en el sector del cabo San Agustín como consecuencia de socavación en la base del talud y escorrentía; b) Destrucción de estructuras civiles; c) árboles desarraigados y caídos; desprendimiento de bloques y escombros; d) Escombros en la base del talud y bloques caídos en el mar (fotos Programa GEO- INVEMAR).

**Figura 6.13.** Sector río Don Diego - Mendihuaca. a y b) Erosión de la línea de costa con destrucción de los manglares y otra vegetación de playa; c y d) Escarpes de erosión y altas pendientes en la playa (fotos Programa GEO-INVEMAR).

de construcciones se observan bajo el nivel del agua. Son especialmente críticos los sectores a lado y lado de la boca del Buritaca, al oeste de la boca del Guachaca y entre la boca del Mendihuaca y el Resort del mismo nombre (Figura 6.13, Mapa 6.9 en anexo).

Sector Mendihuaca-Ensenada del Cabo. Está constituido por acantilados con playas estrechas al pie de los escarpes enfrentados al mar abierto. Se observa desprendimiento de bloques favorecido por

el alto diaclasamiento de la roca, la escorrentía y el golpeteo de las olas al pie del talud. Las playas aparecen y desaparecen casi por entero, dependiendo de la marea y de la época de vientos o lluvias. Se ha observado un mayor retroceso neto en la playa de Cañaveral y en La Piscina, en donde un escarpe formado por una pequeña terraza ha retrocedido considerablemente por efecto de la escorrentía (Figura 6.14; Mapa 6.9 y 6.10 en anexo).



**Figura 6.14.** a) Escarpes de erosión en las playas del Parque Nacional Natural Tayrona y altas pendientes de playa; b) Erosión de acantilados en el sector de La Piscina, Parque nacional Natural Tayrona, ocasionada por escorrentía y socavación de la base del talud por el oleaje (fotos Programa GEO-INVEMAR).



**Sector Ensenada del Cabo-Punta Betín.** Es una costa acantilada que encierra bahías muy protegidas en donde se desarrollan pequeñas playas. Los acantilados presentan desprendimientos de bloques y flujos de escombros que se acumulan al pie de los mismos, en la parte submarina. Las playas que se for-

man en las bahías y ensenadas mantienen un equilibrio dinámico entre los períodos de vientos y de lluvias. Se destacan las playas de Macuaca, Concha, Cinto, Neguaje, en las cuales hay indicios de erosión como pendientes altas y manglar en la zona intermareal (Figura 6.15; Mapa 6.10 en anexo).



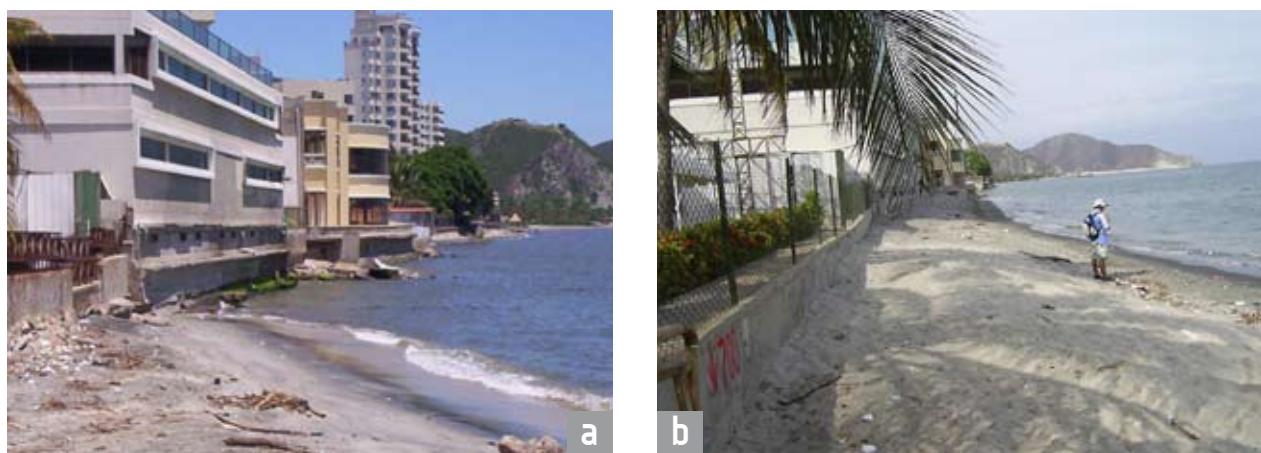
**Sector Santa Marta-El Rodadero-Punta Gloria.** Es una costa conformada por bahías amplias protegidas por puntas rocosas duras. Las playas se encuentran altamente intervenidas debido al uso turístico, pero se mantienen relativamente estables a partir de su adecuación con rellenos artificiales y redistribución de arenas. Los espolones construidos en la bahía de Santa Marta aceleraron procesos de erosión hacia el suroeste que afectaron las playas hasta el sector de Los Cocos, inclusive. A partir de los acantilados que conforman las puntas de las bahías, se presentan desprendimiento de bloques y pequeños flujos de escombros que cubren las laderas y la pata del talud. En general, se advierte un retroceso de las playas al comparar el área actual con aquella registrada en fotografías antiguas (Figura 6.16; Mapa 6.10 y 6.11 en anexo).

**Sector Punta Gloria-Aeropuerto.** Es una bahía amplia, bastante recta, con amplias playas afectadas por procesos de erosión moderados, inducidos principalmente por las actividades humanas y las construcciones cercanas al mar. Los hoteles localizados

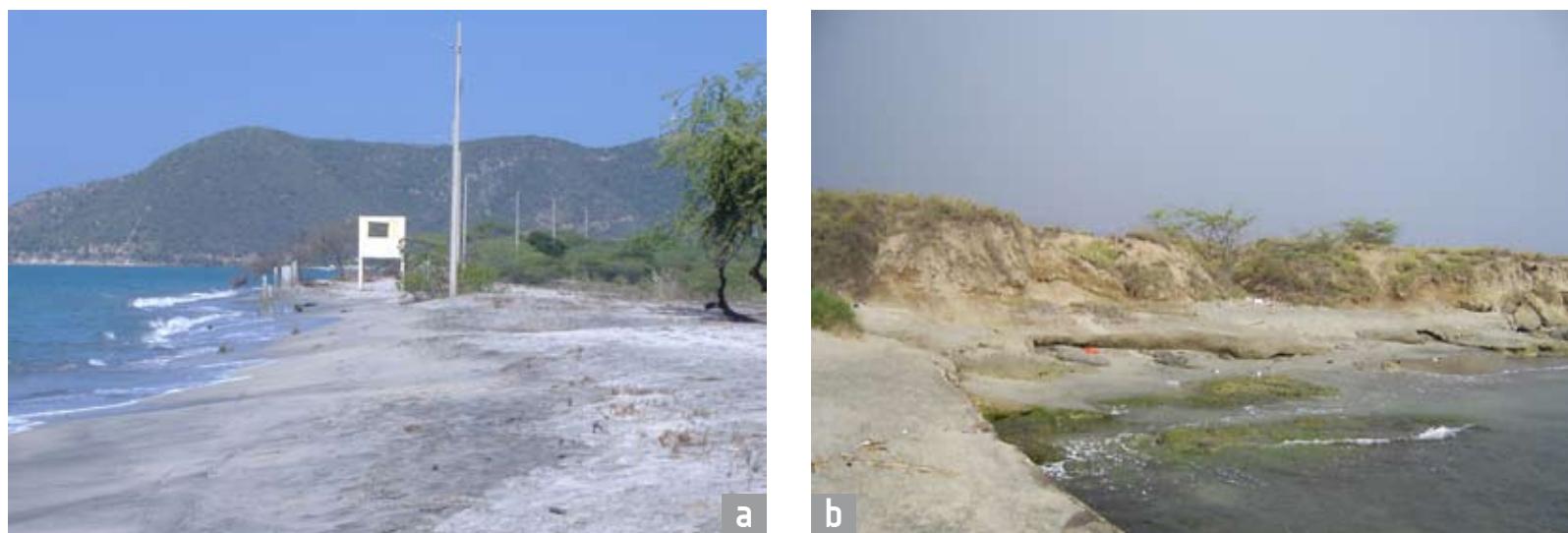
en la zona NE han tratado de protegerse de la erosión, sin mayor resultado, colocando espolones y ella es más intensa en el sector de Boca Salinas y en las inmediaciones de Prodeco y el aeropuerto, donde se han construido algunas obras sobre la vía de acceso a este último. Entre punta Brava y punta La Loma se presentan terrazas sometidas a una fuerte erosión marina con evidencias de retrocesos mayores a 10 m en los últimos 5 años; algunas de las construcciones del sector han sido afectadas y para asegurar su preservación ha sido necesario construir muros de contención (Figura 6.17; Mapa 6.11 en anexo).

**Sector Puerto Galeón-Los Alcatraces-Punta Barroblanco.** Es una costa acantilada con estrechas playas al pie de los taludes y presencia de bloques desprendidos de los acantilados. Las playas de bolsillo existentes presentan procesos de erosión, más acentuados en el sector hotelero del Decamerón y Los Alcatraces. Una playa larga al sur del muelle de Prodeco presenta graves signos de erosión (Figura 6.18; Mapa 6.11 en anexo).

Figura 6.15. a) Formación de beach rock y escarpes de erosión en la duna, en la bahía del Amor; b) Acantilados con movimientos en masa y acumulación de bloques al pie de los mismos en la playa de las Siete Olas, Neguanje; c y d) Movimientos de masa a gran escala y afectando rocas esquistosas en diferentes sitios del Parque Nacional Natural Tayrona (fotos Programa GEO-INVEMAR).



**Figura 6.16.** a) Las playas al frente de las construcciones han desaparecido y éstas son afectadas por el oleaje en el sector de Los Cocos, centro de Santa Marta; b) Pendiente de playa alta y escarpes de erosión en las playas del centro de Santa Marta; c) Movimientos de masa en acantilados del sector de El Rodadero; d) Escarpes de erosión y vegetación desarraigada en punta Gloria, sector de Pozos Colorados (fotos Programa GEO-INVEMAR).

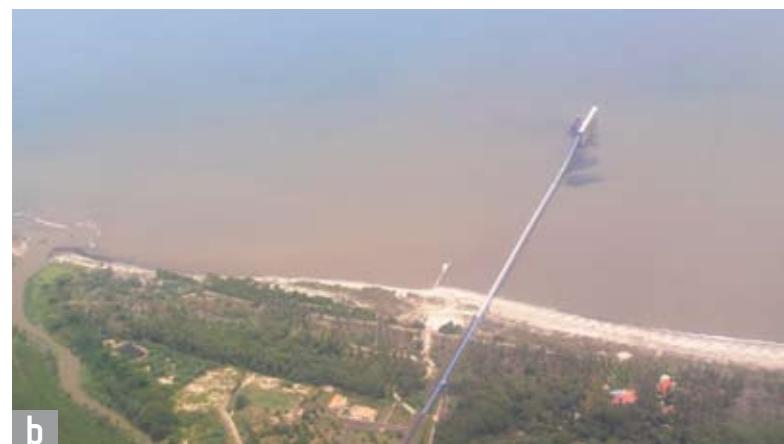


**Figura 6.17.** a) Erosión de la playa de Pozos Colorados por oleaje alto con evidencias de destrucción de estructuras, cercas y vegetación; b) Acantilados del aeropuerto afectados por escorrentía y socavación de la base; c) Taludes en el sector del aeropuerto con retroceso rápido por desprendimiento de masas de suelo; d) Talud inferior de la vía al aeropuerto con problemas erosivos por drenajes, escorrentía y socavación por el oleaje (fotos Programa GEO-INVEMAR).

**Sector Río Toribio-Río Córdoba.** La llanura costera está limitada hacia el mar por terrazas y depósitos coluviales con escarpes de altura variable. Las playas que se forman al frente de ellos son estrechas y exhiben signos de erosión moderada como en Brisa del Mar, mientras que erosión moderada a fuerte se observa corriente abajo de los muelles carboníferos (Figura 6.19; Mapa 6.11 en anexo).

**Sector Barra de Salamanca.** Es una costa muy recta, sometida al mar abierto, donde se registran pro-

cesos de erosión moderada a severa al frente de los centros poblados, incluyendo Casa Loma, Costa Verde, Palmira, Tasajera, La Bodega, Isla del Rosario, y a todo lo largo de la barra, entre el caño Clarín y la ciénaga del Torno. La erosión es crítica y está a punto de afectar la carretera en los kilómetros 19-20 y 53-55. Las zonas de manglar, las dunas y las ciénagas, particularmente en el sector de Cuatro Bocas, Tangará y la Sede Parques se encuentran muy erosionadas (INVEMAR, 2006a, Andrade, 2006) (Figura 6.20; Mapa 6.11 y 6.12 en anexo).



**Figura 6.19.** a) Escarpes de erosión pronunciados al sur del muelle Cl Caribe; b) Muelle Cl Caribe desde el aire; puede observarse una gran playa hacia el norte y más deprimida hacia el sur, a medida que se acerca a la boca del río Córdoba (Foto Luisa Ramírez); c) Destrucción de manglares y escarpes de erosión al sur del muelle Cl Caribe, sector de Costa Verde (Programa GEO-INVEMAR)



Figura 6.20. a) Erosión de manglares y dunas en los alrededores del km 19; b) Estructura de protección de la vía con bolsas de arena en el km 19; c) Playas de Tasajera con erosión moderada; d) La vía Ciénaga - Barranquilla en algunos sectores (km 19 y 53) sólo está separada del mar por una pequeña laguna (fotos Programa GEO-INVEMAR).

### Zona costera del Atlántico

En las últimas décadas (1973-2006), el 33% del borde litoral del departamento del Atlántico ha presentado serios problemas de erosión marina, de los cuales el 25% corresponde a costas altas y el 8% a costas bajas (INVEMAR, 2006b). Para facilitar el análisis del comportamiento durante estos últimos 33 años, la zona costera se dividió en los tres sectores que se exponen a continuación.

**Sector Tajamar Occidental-Punta Sabanilla.** Es una zona de alta sensibilidad a los procesos costeros. La configuración de la línea de costa en este tramo presenta una situación de inestabilidad, excepto el costado NE de punta Sabanilla (ciénaga Manatíes), el cual muestra una condición de equilibrio observado desde los años 90. Hacia el tajamar, por el contrario, aumenta el desequilibrio. Las diferentes posiciones y configuraciones de la línea de costa para el periodo 1986-2005 reflejan la pérdida de grandes extensiones de terreno con retrocesos de aproximadamente dos kilómetros en 33 años y pérdida de 749 hectáreas en espejo de agua por efecto del fenómeno erosivo (INVEMAR, 2006b) (Figura 6.21; Mapa 6.13 en anexo).

**Sector Punta Sabanilla-Cerro Furú.** Presenta pérdida de grandes extensiones de terreno al norte de Puerto Colombia y avance de la línea de costa al sur del mismo como resultado de la acreción sedimentaria (es-

piga de Puerto Colombia); también se observan pequeños retrocesos en algunas áreas al sur de Sabanilla, El Castillo, Pradomar y Santa Verónica (INVEMAR, 2006b).

En el 2000, tanto en su parte noreste como en cercanías a la punta Morro Hermoso, la espiga de Puerto Colombia retrocedió aproximadamente 360 m, mientras que al sur, en punta Castillejo, el retroceso del contorno costero fue de 180 m; a partir de allí se desarrolla, en dirección sur, la espiga de Puerto Caimán la cual, en las cercanías de cabo Barro, se ha ampliado 517 m en los últimos 33 años (INVEMAR, 2006b). Desde Puerto Caimán (playa Mendoza) hasta cerro Furú, el trazado costero revela cierta estabilidad en los paleoacantilados. En este tramo, la línea de costa ha ganado algunos terrenos y perdido otros, siendo el más representativo el caso de Santa Verónica, en donde la erosión no sobrepasa los 100 metros (INVEMAR, 2006b) (Figura 6.22; Mapa 6.14 en anexo).

**Sector Cerro Furú-Norte de Galerazamba.** Respecto de este tramo es posible afirmar que presenta un comportamiento relativamente "estable" con excepción de los retrocesos en los acantilados, los cuales están sujetos a la acción directa del oleaje y son altamente susceptibles a los fenómenos de deslizamientos y caída de bloques, especialmente los sectores de la loma El Morro, cerro Mahates, cerro Furú, punta de Morro Pelao, cerro El Sapo y punta de Morro Hermoso (Figura 6.23; Mapa 6.14 en anexo).