

DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN COSTERA EN EL CARIBE COLOMBIANO

*Programa de Geociencias Marinas y Costeras
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
"José Benito Vives de Andrés-INVEMAR"*

Cartagena, Bolívar – 26 de septiembre de 2012

CONCEPTOS GENERALES

Qué es erosión costera



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible
República de Colombia

La erosión costera es el avance del mar sobre la tierra, medido en un periodo de tiempo suficientemente amplio para eliminar las fluctuaciones del clima, de las tormentas y de los procesos sedimentarios a nivel local (EUROSION, 2012).

Qué es erosión costera

La erosión costera conlleva tres tipos de impactos (o riesgos):

- La pérdida de superficie, con un valor económico, social o ecológico.*
- La destrucción de las defensas costeras naturales por los temporales hecho que favorece la inundación.*
- El deterioro de las obras de protección, que también favorece el riesgo de inundación.*

PROCESOS

COSTEROS



Qué es una playa

Una playa es una zona de partículas sueltas, tamaño arena, que cubren una línea de costa. Las partículas más grandes están asociadas con playas más empinadas.

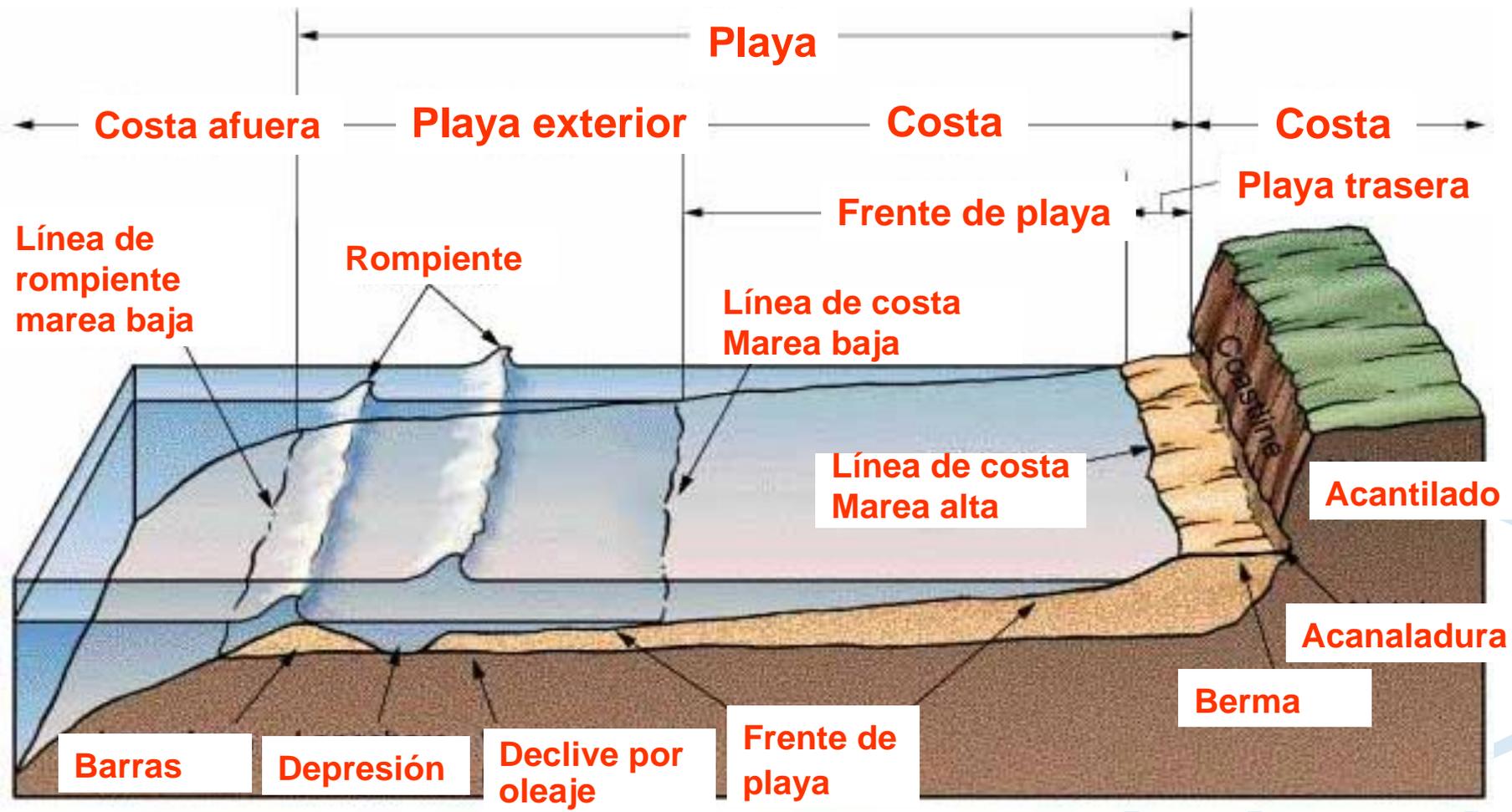
Relación entre el tamaño de las partículas de un material de playa y la pendiente promedio de la playa

Tipo de material De playa	Tamaño (mm)	Promedio de Pendiente de Playa
Arena muy fina	0.0625–0.125	1°
Arena fina	0.125–0.25	3°
Arena media	0.25–0.50	5°
Arena gruesa	0.50–1.0	7°
Arena muy gruesa	1–2	9°
Gránulos	2–4	11°
Gravas	4–64	17°
Cantos	64–256	24°

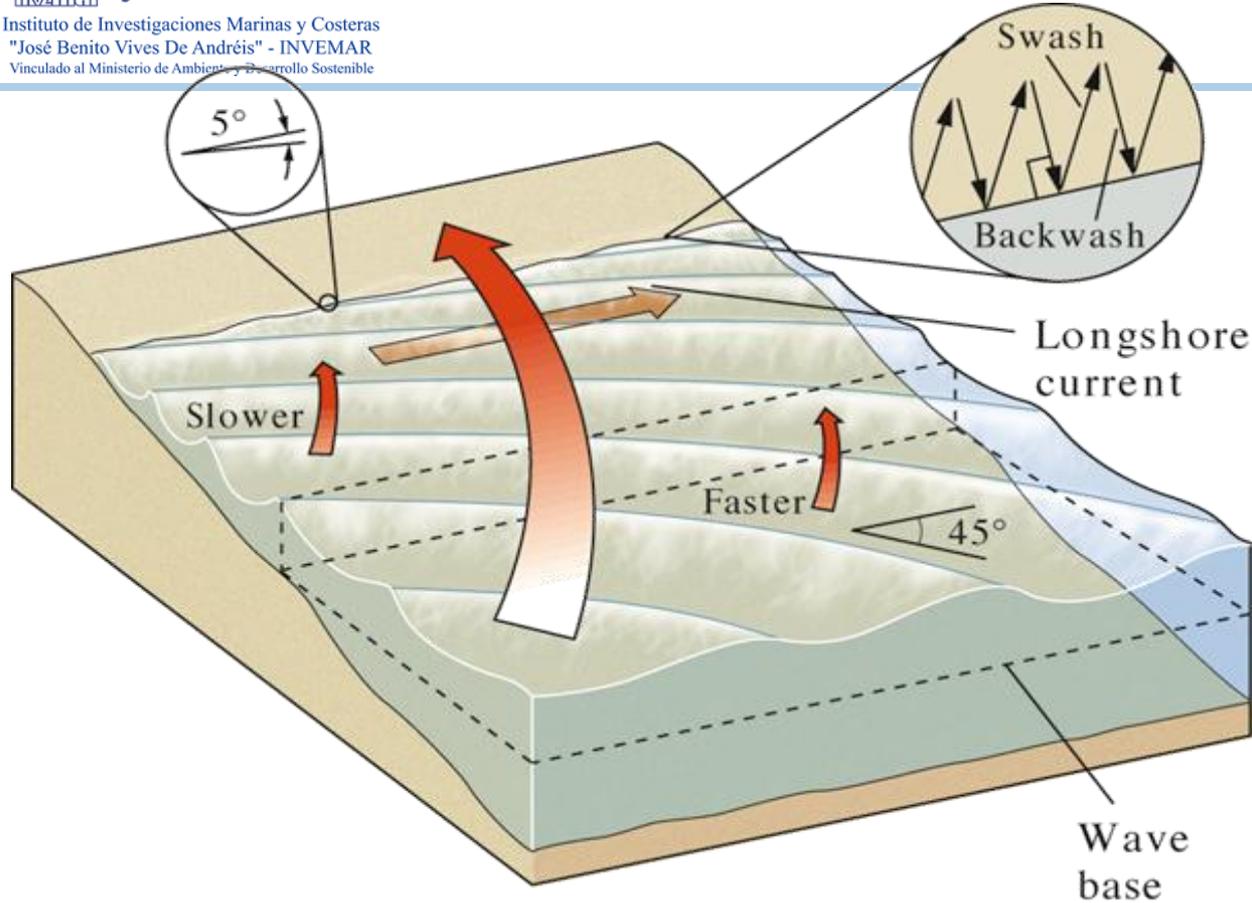
Source: Shepard, 1973.

© 2002 Brooks/Cole, a division of Thompson Learning, Inc.

Perfil geomorfológico de la zona de playa



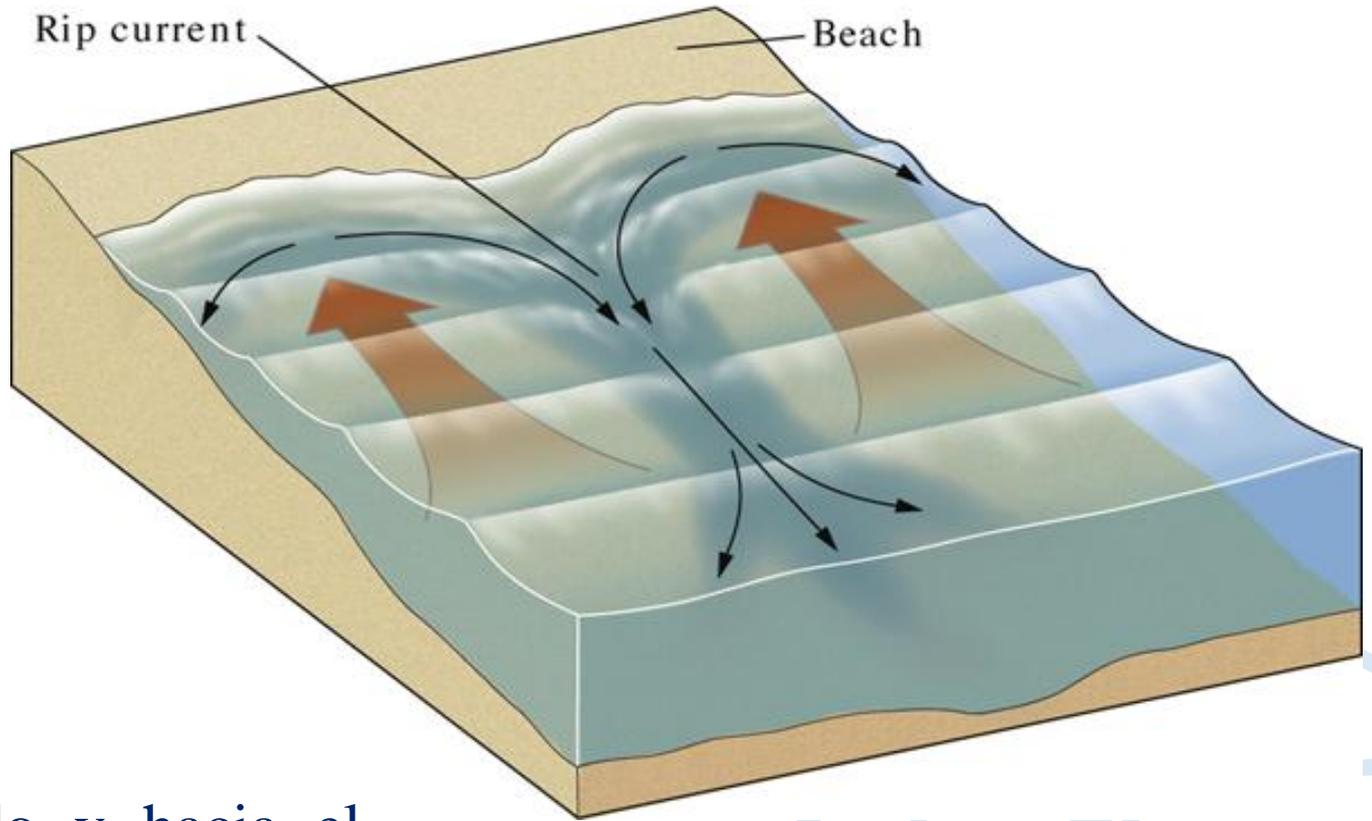
Corrientes litorales



Deriva de playa:
Los sedimentos se mueven en la playa formando un zig-zag con el arribo y regreso de la ola

Deriva litoral: Flujo paralelo a la costa, causado por el ángulo de llegada de las olas a la playa. Transporta sedimentos costa abajo y mueve más sedimentos que la deriva de playa

Corrientes de rasgadura



Se mueven rápido y hacia el mar y depositan los sedimentos mar afuera



RASGOS DE LA LÍNEA DE COSTA

Rasgos erosivos



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible
República de Colombia



Acantilados en
rocas duras y
terrazas



RASGOS DE LA LÍNEA DE COSTA

Rasgos erosivos



Cavernas y hendiduras



Arcos y pináculos



Sea arch



Sea stack

Vegetación desarraigada
o muerta en el frente de
playa



RASGOS DE LA LÍNEA DE COSTA

Rasgos erosivos

Vegetación en destrucción,
traslape de ambientes,
afloramiento de sustrato de
manglar



RASGOS DE LA LÍNEA DE COSTA

Rasgos erosivos

Escarpes de playa, altas pendientes del frente de playa



RASGOS DE LA LÍNEA DE COSTA

Rasgos erosivos



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

Colombia

Infraestructura en el frente de playa



Factores que causan erosión costera

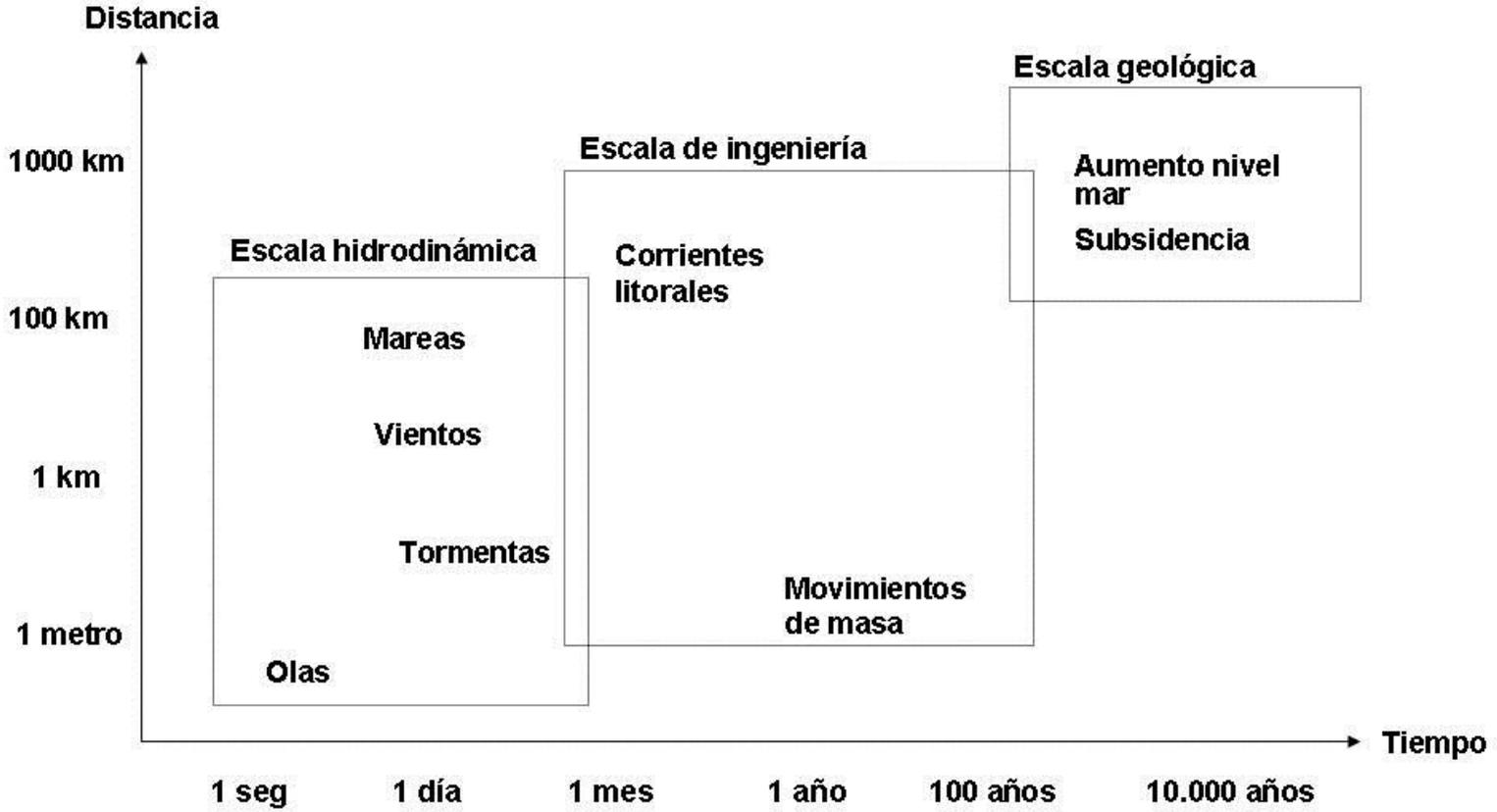


Factores naturales que causan erosión costera

- Tipo de sustrato que conforma el litoral
- Acción del oleaje
- Aumento de tormentas tropicales
- Actividad tectono-diapírica
- Aumento relativo del nivel del mar
- Bioerosión



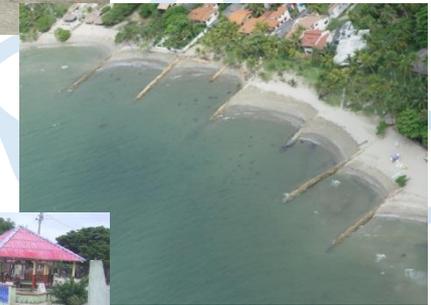
Tiempo vs distancia de los factores naturales que causan erosión costera



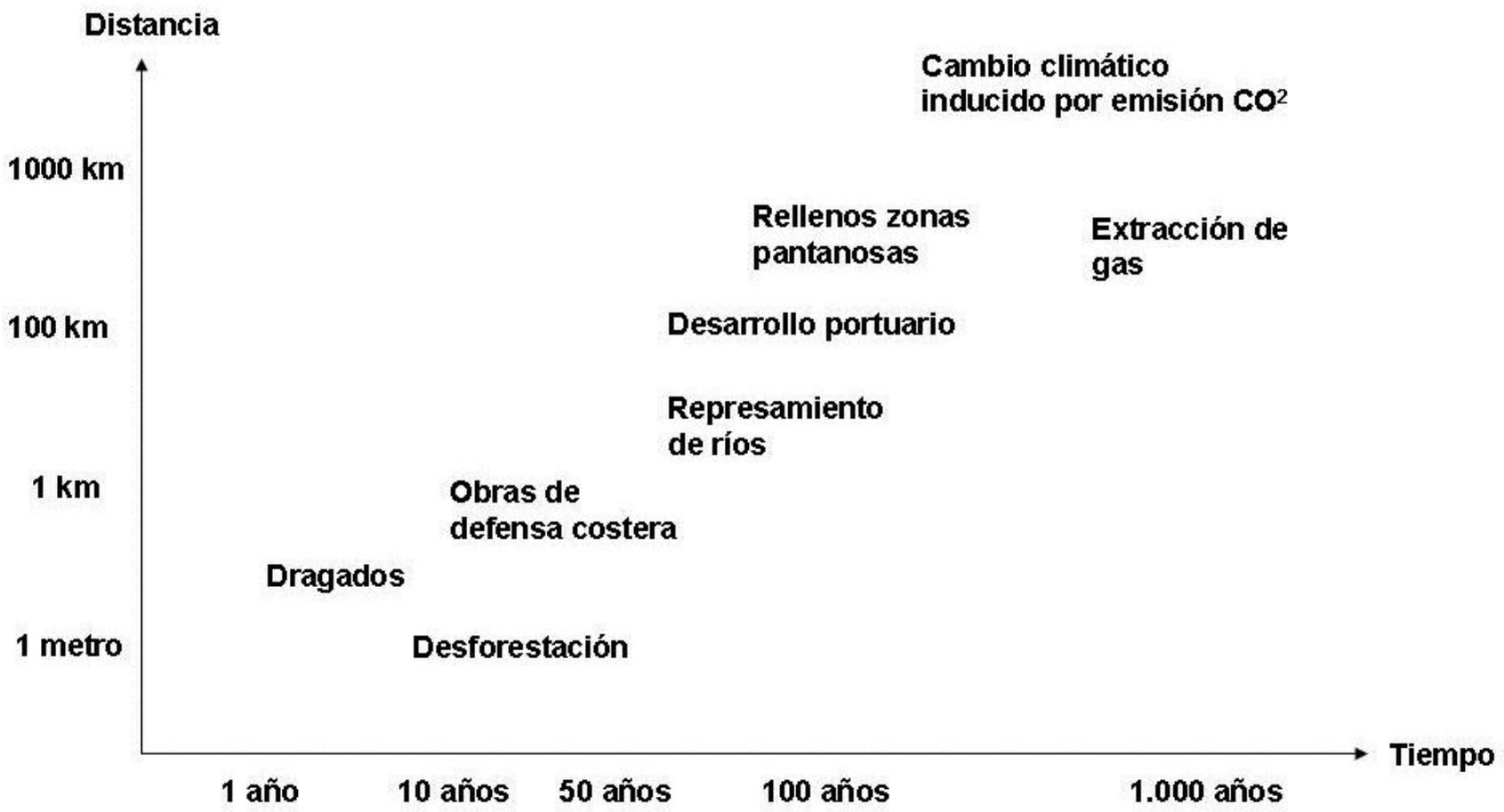
(Tomado de European Commission et al., 2004).

Factores antropogénicos que causan erosión costera

- Extracción de arenas y guijos (china) en las playas o en el lecho de los ríos
- Tala indiscriminada del mangle
- Construcción de obras fijas en las zonas intermareales y en playas y dunas
- Crecimiento urbano en zonas de acantilados
- Crecimiento urbano en la orilla de los ríos o del mar
- Construcción de represas en la parte alta de los ríos
- Desviación de ríos y construcción de canales alternos para navegación
- El daño a corales y pastos marinos



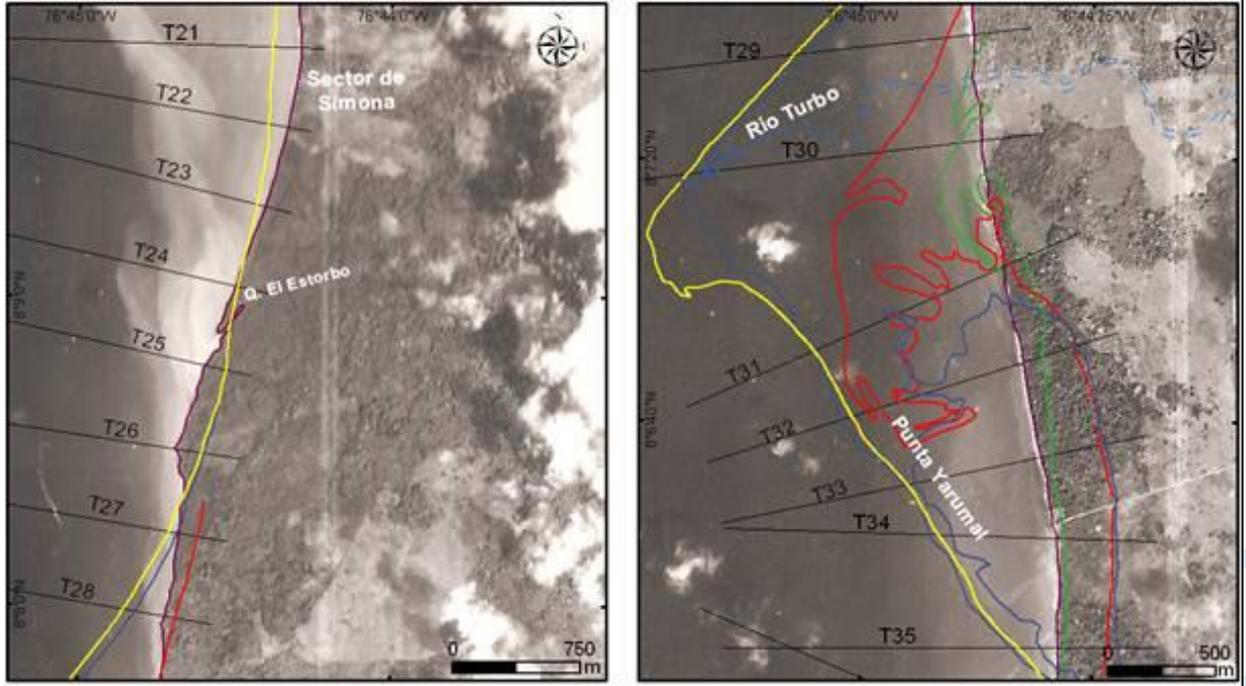
Tiempo vs distancia de los factores antropogénicos que causan erosión costera



(Tomado de European Commission et al., 2004).

Ejemplo: Golfo de Urabá-Río Turbo

Evolución de la línea
 de costa asociada al
 crecimiento del delta
 del río Turbo
 después de la
 desviación de su
 cauce en los años 60



— Transectos — Línea de costa de 1968 — Línea de costa de 2004
 — Línea de costa de 1959 — Línea de costa de 1988 — Línea de costa de 2010

TRANSECTO	D (m)	TD (m/año)	TRANSECTO	D (m)	TD (m/año)	TRANSECTO	D (m)	TD (m/año)
T21	168,35	3,30	T26	-150,03	2,94	T31	960,90	18,84
T22	112,61	2,21	T27	60,02	1,18	T32	833,54	16,34
T23	46,57	0,91	T28	251,68	4,93	T33	631,71	12,39
T24	-11,73	0,23	T29	837,22	16,42	T34	545,83	10,70
T25	-127,46	2,50	T30	1375,18	26,96	T35	183,41	3,60

DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN COSTERA EN EL CARIBE COLOMBIANO

Generalidades



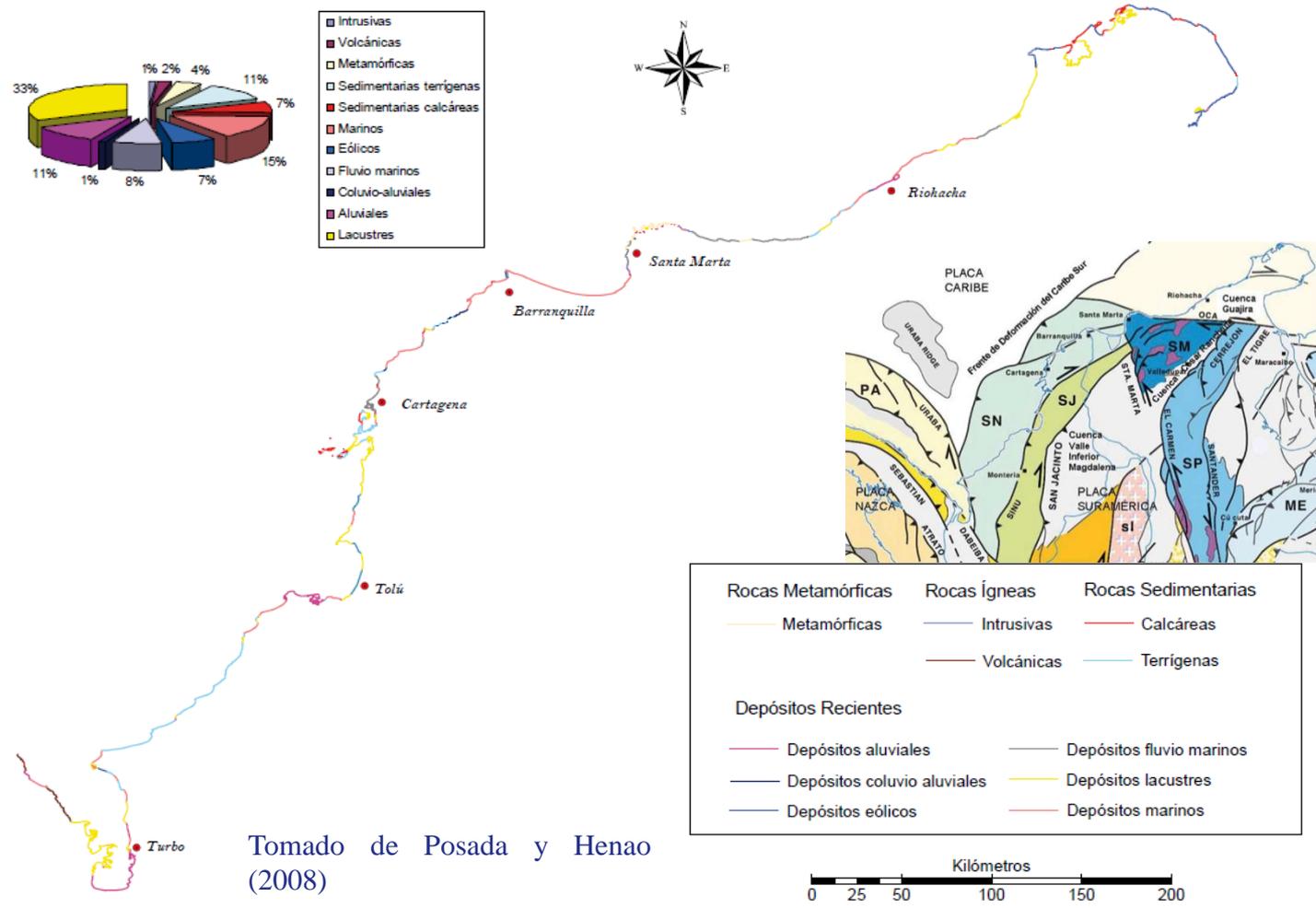
Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible
República de Colombia

Este diagnóstico está enmarcado dentro del proyecto BPIN *Diseño e implementación de un programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia* iniciado en 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 dicha fenómeno en los sectores afectados

Se tomó información base del Atlas de Geomorfología y Procesos Erosivos, publicado por INGEOMINAS, proyectos de investigación llevados a cabo por INVEMAR y otras instituciones

GEOLOGÍA REGIONAL



Interacción placas Nazca, Caribe y Suramérica

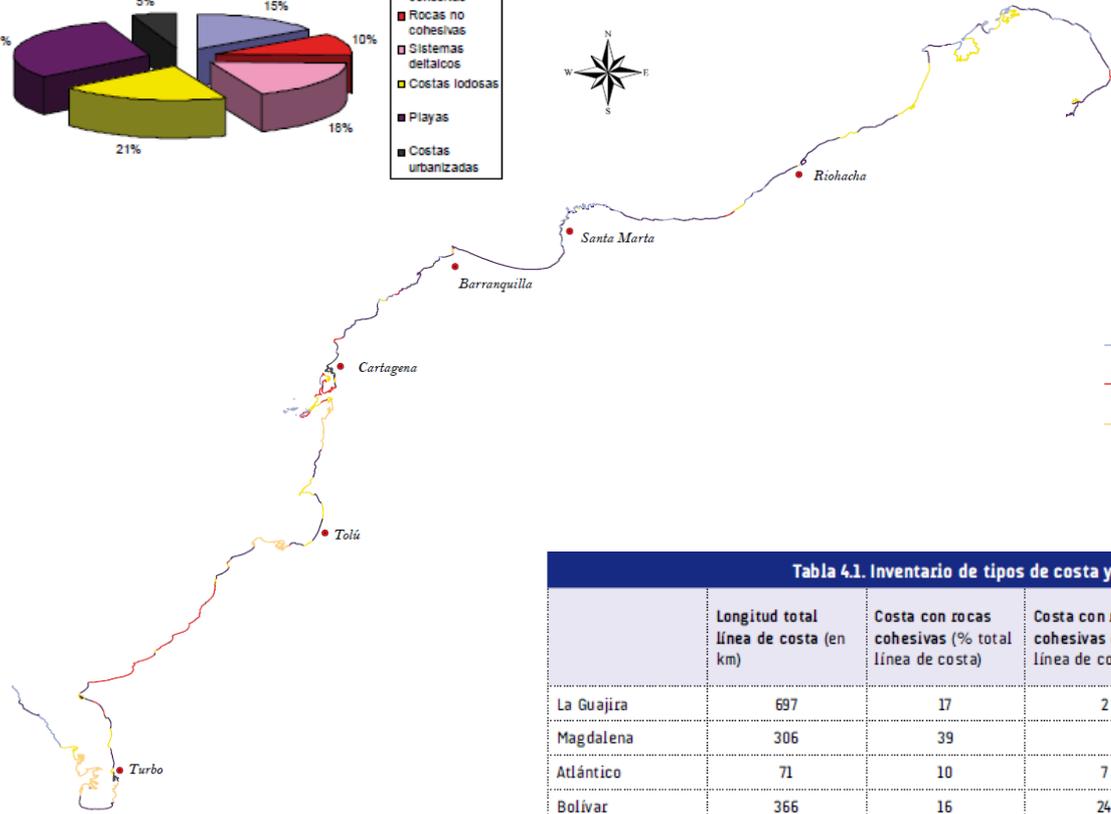
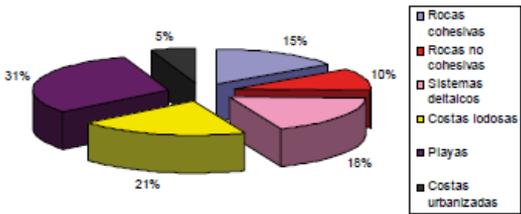
Presencia de los cinturones plegados del Sinú y San Jacinto

Fenómeno de diapirismo de lodo

Más del 50% de la zona se presentan depósitos cuaternarios aluviales, lacustres y marinos

GEOMORFOLOGÍA

Predominio de playas y costas lodosas; menor proporción de sistemas deltaicos y costas cohesivas



COSTAS

- Rocas cohesivas
- Rocas no cohesivas
- Sistemas deltaicos
- Costas lodosas
- Playas
- Costas urbanizadas

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

Tomado de Posada y Henao (2008)

GEOMORFOLOGÍA



Cabo de La Vela



Alto de los Muchachitos



Río Piedras-Cañaveral



Parque Tayrona

Costas cohesivas: Una costa con rocas cohesivas está definida por acantilados conformados por rocas duras, en general poco propensas a los procesos de erosión. Pueden estar presentes superficies de abrasión levantadas, plataformas parcialmente rocosas y, en algunos casos, alternar con playas de bolsillo de una extensión muy limitada (Posada y Henao, 2008)

GEOMORFOLOGÍA

Costas no cohesivas:
Están conformadas 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. Conformadas por materiales limo-arcillosos arenas y conglomerados. Forman acantilados



Puerto Estrella



Dibulla



Río Cañas



Zapata (Necoclí)



Playa Blanca (Cispatá)



Palomino



Bahía Honda



La Boquilla

Playas y otros depósitos arenosos: Las playas y otros cuerpos conformados por sedimentos no cohesivos, tamaño arena, se extienden en forma paralela a la línea de costa; su longitud y ancho son variables. Localmente se presentan playas endurecidas (beachrocks) y otras conformadas por gravas

Costa lodosa y lagunar: Pantanos de manglar y otras zonas cenagosas o propensas a la inundación, así como las lagunas costeras y los salares. 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



Valle de los Cangrejos



Laguna de Navío Quebrado



Delta del río Sinú



Delta del río Atrato

Sistemas deltaicos: 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.

Costas urbanizadas:
Conforman las ciudades y pequeñas poblaciones que han crecido en la zona costera, en donde el uso natural de la tierra y las geoformas 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



Riohacha



El Rodadero (Santa Marta)



Cartagena



Tajamar R. Magdalena

RED HÍDRICA DEL CARIBE COLOMBIANO

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 ³ km ²)	Descarga anual de sedimentos (Mt/año)
Golfo de Urabá		
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
Currulao	0,23	0,2373
Guadualito	0,08	0,31
Turbo	0,16	0,73
Cuenca Caribe		
Mulatos	1,02	0,2117
Sinú	10,18	6,1
Canal del Dique	--	4,76
Magdalena	257,43	143,9
Cuenca Guajira		
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
TOTAL CARIBE	311,06	168,25

Tomado de Restrepo (2005)

Se destacan los ríos Ranchería, Magdalena, Sinú y Atrato

A pesar del gran aporte de sedimentos, las playas locales se han ido perdiendo y las costas han retrocedido igualmente en parte por la disminución local de sedimentos formadores de playa, es decir tamaño arenas o mayores (Correa y Vernet, 2004)

Tomado de Posada y Henao (2008)

Tabla 6.4. Áreas reportadas como críticas en La Guajira.
En rojo, los sitios que ameritan atención inmediata (INVEMAR, 2006a).

Dibulla	Riohacha	Manaure	Uribia
Punta Remedios	Valle de los Cangrejos (Manaure)	Casco urbano (Manaure bajo)	Poportín
Sequión	Desde la Raya hasta Malibú	Mayapo (salinas entre Ballenas y Mayapo)	
Palomino	Camellón	Punta de la Vela	El Cardón
	Desde la casa de la cultura hasta Puerto Caracol	Ahuyama (Laguna del Buey)	Puerto Estrella
	Boca de Camarones (corregimiento de Camarones)	Pájaro (San Tropel)	Cabo de la Vela

Áreas
reportadas como
críticas en el
departamento
de La Guajira



Punta de los Remedios

Pájaro



Tomado de Posada y Henao (2008)

Tabla 6.5. Áreas reportadas como críticas en el departamento de Magdalena. En rojo, los sitios que ameritan atención inmediata (INVEMAR, 2006a).

Santa Marta	Ciénaga	Pueblo Viejo	Sitio Nuevo
Aeropuerto	Ensenada Costa Verde (poblado)	Palmira (casco urbano)	Cuatro Bocas, Caño Clarín, Caño Nuevo, El Torno, los Carboneros
Bahía de Santa Marta sector W	Casa Loma (límite con Ciénaga)	Tasajera	Km 19 - 21 Vía Barranquilla - Ciénaga
Prodeco (Costa Azul)	Casco urbano	Sector de los manglares km 48, sector de la Vía Barranquilla - Ciénaga entre km 53-55	Km 23
Decamerón		La Bodega	Tangarú, Sede Parques
Ojo de agua, Alcatrazes (fincas) muelles carboneros		Isla del Rosario	
Brisa del mar (Casa Loma, poblado)		Boca de la Barra (Sedimentación)	
Palomino			
Don Diego			
Cabo San Agustín			
Sectores de Buitaca, Guachaca, Piedras			

Áreas reportadas como críticas en el departamento de Magdalena

Sector de Costa Verde



Tomado de Posada y Henao (2008)

Tabla 6.6. Áreas reportadas como críticas en Atlántico. En rojo, los sitios que ameritan atención inmediata (INVEMAR, 2006a).

Tubará	Juan De Acosta	Piojó	Puerto Colombia	Barranquilla
Puerto Velero, troncos tapan la Ciénaga de Balboa	Santa Verónica: en Villas de Santa Verónica	Acreción en el SW de Bocatocino	Entre Sabanilla y Salgar (espolones en construcción)	Las Flores (erosión)
Caño dulce Alcantarillado	Punta Cangrejo	Erosión en Galerazamba		Erosión en la barra de la ciénaga de Mallorquín
Piedra pintada				
Punta Castillejo hasta Playa Turipana (acreción)				



Sector Santa Verónica

Áreas
reportadas
como críticas en
el departamento
de Atlántico

Áreas reportadas como críticas en el departamento de Bolívar

Tomado de Posada y Henao (2008)

Tabla 6.7. Áreas reportadas como críticas en Bolívar.
En rojo, los sitios que ameritan atención inmediata
(INVEMAR, 2006a).

Cartagena

Castillo Grande (club naval-carrera 12)

Boca de la ensenada El Laguito

Entre hotel Hilton y hotel Caribe

Caño de Oro

Punta Gigante

Manzanillo del Mar



Sector urbano de Cartagena y Tierra Bomba

DIAGNÓSTICO EN SUCRE

Tomado de Posada y Henao (2008)

Tabla 6.8. Áreas reportadas como críticas en Sucre. En rojo, los sitios que ameritan atención inmediata (INVEMAR, 2006a).

San Onofre	Tolú	Coveñas
Punta San Bernardo (ciénaga de la Boquilla)	Casco urbano	Primera Ensenada (Fuerza Aérea - punta de Piedra)
Isla Boquerón	Arroyo Pechilín - Sociedad Portuaria golfo de Morcosquillo	Boca de la ciénaga de la Caimanera - espolón de Los Corales)
Berrugas		Cabaña Nitana - punta de Piedra
Punta Seca		
Punta Tigua		



Sector Tolú



Sector La Caimanera

Áreas
reportadas
como críticas en
el departamento
de Sucre

DIAGNÓSTICO EN CORDOBA

Tomado de Posada y Henao (2008)

Tabla 6.9. Áreas reportadas como críticas en Córdoba. En rojo, los sitios que ameritan atención inmediata (INVEMAR, 2006a).

Puerto Escondido	Los Córdoba	San Antero	San Bernardo del Viento	Moñitos
Cristo Rey - El Prieto	Minuto	Playa Blanca (Punta Rebujina, pérdida de viviendas)	Paso Nuevo (Casco Urbano)	La Rada
Casco Urbano	Puerto Rey	Playas del Porvenir (La Española)	Salvador	Bocas de Caimán - La Rada - Notecebes
San Miguel	Caño Viejo (sector derecho del río Los Córdoba)	Punta Mestizos	El ancón	Caño Babillas - punta del Toro - Broqueles
San Salvador	Finca Canta Rana		Playa Mirella	Río En Medio
			Sector La Ye	Santander de la Cruz
				Río Cedro

Áreas reportadas como críticas en el departamento de Córdoba



Sector Paso Nuevo



Moñitos

San Antero

DIAGNÓSTICO EN EL GOLFO DE URABÁ

Tomado de Posada y Henao (2008)

Tabla 6.10. Áreas reportadas como críticas en el golfo de Urabá. En rojo, los sitios que ameritan atención inmediata (INVEMAR, 2006a).

Necoclí	Arboletes	San Juan de Uraba	Turbo
Cabecera municipal	Río Jobo (atractivo turístico de arboletes)	Playa cabecera municipal (pierde 20 m año)	Punta de las Vacas
Río Necoclí	Punta Arboletes - Arboletes	Playa entre Damaquiel y Uveros	Norte de punta Coquito
Río Negro	Volcán de Lodo	Sector de acantilados	Punta La Desgracia
Casa Blanca			Punta Caimán Nuevo
Totumo			
Corregimiento Zapata			
Sector de acantilados			



Sector Zapata (Necoclí)

Áreas
reportadas
como críticas
en el Golfo de
Urabá

DIAGNÓSTICO EN SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Tomado de Posada y Henao (2011)

San Andrés
South End entre el Hoyo Soplador y Elsy Bar
Tom Hooker
Sector del Hotel Decamerón
Sound Bay
Sector urbano de San Luis
Sector de Rocky Cay
Bahía de San Andrés
Sprat Bight
Peatonal de la Avenida Colombia
Sarie Bay



Punta S



Vía frente al cementerio



Elsy Bar



Av. Newball



DIAGNÓSTICO EN SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Tomado de Posada y Henao (2011)

Providencia y Santa Catalina
Santa Isabel y Maracaibo Hill
Sector Aguas Mansas (Smooth Water)
Casa Baja (Bottom House Bay
Playa de Manzanillo (Manchoneel Bay)
Playa del Suroeste (South West Bay)
Playas de Old Town y Black Sand
Fort Bay y Old John Bay



Sector Aguas Mansas



Santa Isabel-Maracaibo Hill



Fort Bay-Old John Bay



Casa Baja

Técnicas de manejo de la erosión costera

Técnicas estructurales o duras

- Rompeolas
- Gaviones y bolsacretos
- Geotextiles
- Baterías de espolones
- Revestimientos
- Muros de contención



Rompeolas en Cartagena

Técnicas de manejo de la erosión costera



Bolsacretos en vía a aeropuerto de Santa Marta



Batería de espolones en el Golfo de Morrosquillo

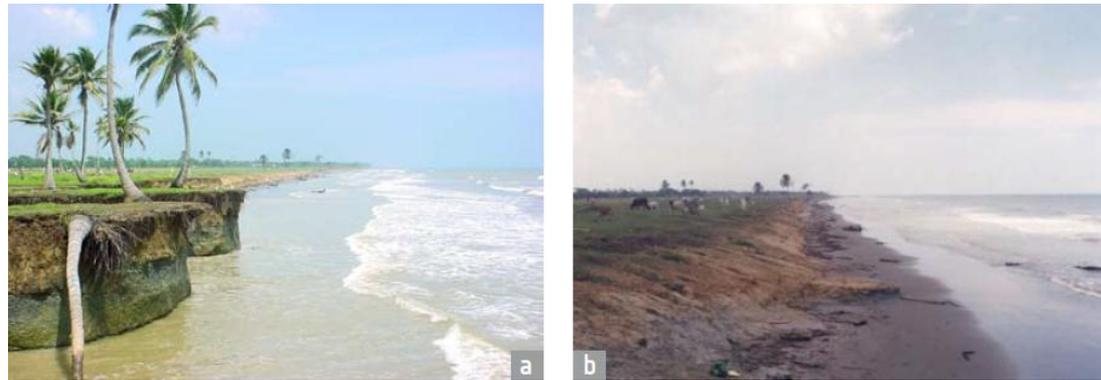


Revestimiento en Punta Manzanillo

Técnicas no estructurales o blandas

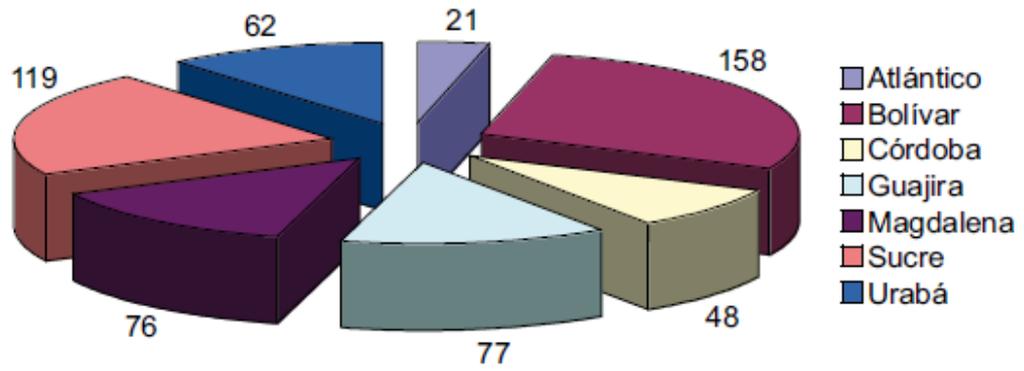
- Arrecifes artificiales
- Drenaje de playas
- Drenaje de acantilados
- Relleno de playas
- Perfilamiento de taludes
- Protección de la base de acantilados
- Regeneración de dunas
- Conservación y siembra de manglares
- Anclaje de rocas
- Plantación o estabilización de vegetación

Técnicas de manejo de la erosión costera



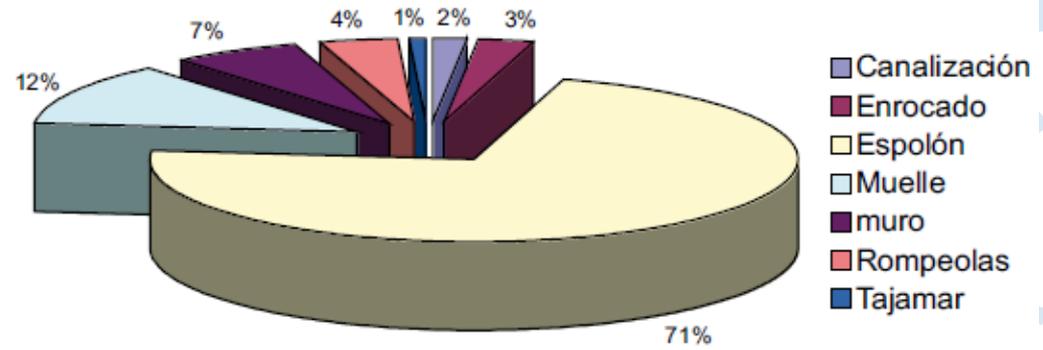
Perfilamiento de un talud en el sector de Las Córdoba

Obras de protección en el Caribe colombiano



Obras duras de defensa en el Caribe colombiano

Tipos de obras de defensa en el Caribe colombiano



Tomado de Posada y Henao (2008)

Requerimientos de información para proyectos de mitigación de erosión costera

- Planteamiento claro del problema de erosión
- Caracterización geográfica de la zona de estudio
- Caracterización detallada de la geología y geomorfología de la zona
- Identificación de los procesos geomórficos
- Caracterización de la red hidrográfica
- Caracterización de la cobertura y uso del suelo
- Análisis histórico de las variaciones de la línea de costa
- Levantamiento topográfico y de perfiles de playa
- Levantamiento batimétrico de la plataforma somera
- Caracterización sedimentológica a lo largo de los perfiles topográficos y batimétricos
- Mediciones multitemporales de la corriente de deriva litoral y de las corrientes marinas del área de influencia
- Modelación hidrodinámica de la zona
- Caracterización de las obras de defensa costera existentes
- Presentación y análisis de las obras propuestas, que incluya estudio de fuentes de materiales, Análisis costo–beneficio y estudio de impacto ambiental de obras

**MUCHAS
GRACIAS**

