

Capítulo 4

# Caracterización, Diagnóstico y Análisis de Vulnerabilidades y Amenazas en el Departamento del Magdalena

*Erosión Costera*



Corporación Autónoma Regional del Magdalena  
Universidad del Atlántico

# **CORPAMAG – UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO**

**Carlos F. Diazgranados Martínez**

Director

**Victoria Vos Obeso**

Rectora (e)

**Paul Laguna Panetta**

Secretario General

**Luis Carlos Gutiérrez**

Vicerrector de Investigación y Extensión

**Alfredo Martínez Gutiérrez**

Subdirección de Gestión Ambiental

Autores

**Luis Carlos Gutiérrez Moreno**

**Yeison Gutiérrez Rojas**

**Yuri Hurtado García**

Jefe Oficina de Planeación

**Orangel de Jesús Noriega**

**Nelson Rangel Buitrago**

**Ena Lobo Ropain**

Subdirección de Educación Ambiental

**Carlos Fonseca Gamba**

**Elyzabeth Ortega Cuan**

**Héctor García Quiñonez**

**Karen Forero Bula**

Subdirección Técnica

**Colaboradores**

Duvan Pérez Peluffo

Cindy Guzmán Gutiérrez

**Semiranis Sosa Tapias**

Jefe Oficina Jurídica

Ana Jaimes Contreras

Oscar Angarita Medrano

**Luis Francisco Báez**

Profesional Especializado

(Oficina Planeación)

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	132
ZONAS PRIORIZADAS .....	134
ANTECEDENTES .....	135
METODOLOGÍA.....	145
Desarrollo y cálculo de índices.....	146
RESULTADOS Y DISCUSION .....	150
CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES.....	158
ACTORES CLAVES EN LA GESTIÓN DE RIESGO POR EROSIÓN COSTERA .	164
Nivel Nacional.....	164
Nivel Regional.....	166
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	168
Siglas, Acrónimos y Convenciones .....	171

## LISTA DE FIGURAS

Figura 37. Mapa de amenaza por erosión costera para el Departamento del Magdalena. ....	151
Figura 38. Mapa de vulnerabilidad social para el Departamento del Magdalena. ....	152
Figura 39. Mapa de vulnerabilidad económica para el Departamento del Magdalena. ....	153
Figura 40. Mapa de vulnerabilidad conservación para el Departamento del Magdalena. ....	154
Figura 41. Mapa de riesgo por erosión costera para el Departamento del Magdalena..	155

## LISTA DE TABLAS

Tabla 17. Clasificación del riesgo por erosión costera por subregiones en el departamento del Magdalena.....	134
Tabla 18. Índices de amenazas empleados .....	148
Tabla 19. Índice de vulnerabilidad social (IVSo).....	148
Tabla 20. Índice de vulnerabilidad económica (IVEc).....	149
Tabla 21. Índice de vulnerabilidad de conservación (IVCo).....	149
Tabla 22. Resultados de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Erosión Costera para cada municipio a lo largo del departamento del Magdalena. ....	150

## INTRODUCCIÓN

La erosión costera corresponde a la pérdida de los terrenos ubicados en la interface continente - mar, denominada comúnmente como la zona litoral. Esta franja de terrenos puede tomarse como la parte más externa de la costa, e incluye también la plataforma marina somera, que abarca los fondos marinos hasta la profundidad de 10 - 15 m. La evolución física y biológica de la zona litoral depende de interacciones múltiples entre procesos geológicos, climáticos y oceanográficos, incluyendo la erosión y sedimentación, la alteración (física y química) de las rocas, los levantamientos y hundimientos geológicos de terrenos, las lluvias, vientos y tormentas, y los oleajes, mareas y corrientes marinas, entre otros. Las interacciones entre todos estos procesos hacen que a lo largo de la franja litoral se encuentren ecosistemas y paisajes muy variados, conformados por elementos (geoformas) cuyas características cambian naturalmente a diferentes velocidades.

La costa del departamento del Magdalena no es la excepción a lo anterior y presenta paisajes litorales con características físicas muy diferentes entre sí. Las rocas que conforman sus terrenos son en su mayoría ígneas y metamórficas han estado sujetas desde su formación a procesos geológicos que las han deformado y modificado, y han causado también fallamientos y levantamientos/hundimientos del relieve costero.

La erosión litoral se observa en primera instancia por la desaparición progresiva de las playas y/o el retroceso de los acantilados en las costas rocosas. Estos son fenómenos causados por muchos factores, tanto naturales como inducidos por el hombre, que intervienen en diferentes escalas de tiempo, desde minutos hasta miles de años.

Con respecto a la erosión de las playas, lo primero que hay que tener en cuenta es que ellas son verdaderos depósitos de arenas (partículas con diámetro medio entre 0.156 y 2 mm) y materiales más gruesos (gravas, bloques), todos en permanente movimiento bajo la acción de las corrientes generadas por los oleajes y las mareas. Los sedimentos de grano más fino que la arena, (limos y arcillas, denominados lodos) son componentes menores de las playas debido a que normalmente, por su bajo peso, son transportados en suspensión, hacia el mar, por las corrientes.

Existen numerosos tipos de playas, con formas, dimensiones y modos muy diferentes de evolucionar en el tiempo. Sin embargo, para efectos prácticos, su existencia y conservación dependen del balance entre las cantidades de materiales que reciban y las cantidades de arenas que salgan de ellas. Este concepto, llamado Balance de Sedimentos de Playas, es fundamental para su estudio y a menudo da las claves para identificar las causas de los problemas y plantear las soluciones más adecuadas. Si, para un tiempo dado, este balance es positivo (llegan más sedimentos de los que salen), las dimensiones de la playa aumentan. Si, por el contrario, el balance es negativo (salen más arenas de las que llegan), el déficit de sedimentos se refleja en la disminución del tamaño de las playas y la tendencia será a la erosión y al desplazamiento hacia el continente de la línea de costa. Las playas en equilibrio (estables) mantienen en el tiempo su forma y dimensiones generales, y reflejan un balance de arenas aproximado o igual a cero. De la consideración de los diversos elementos del balance de sedimentos se puede apreciar que los problemas

de erosión en las playas pueden originarse (o acentuarse) como resultados de actividades antrópicas realizadas lejos de ellas, como por ejemplo la retención de las arenas en una represa y la extracción de materiales de ríos que aporten sedimentos a la franja litoral.

La erosión de una costa rocosa (como es parte de la costa del departamento del magdalena) es consecuencia de la desaparición o disminución de la amplitud de las playas, lo cual facilita el golpe directo de los oleajes sobre las rocas y suelos que las conforman. La erosión de una costa rocosa depende también de los efectos de la gravedad y de los agentes/procesos subsuperficiales (que ocurren por encima del nivel del mar), como la escorrentía y la percolación de las aguas lluvias y residuales, que generan arrastre de partículas y facilitan movimientos de masa y formación de cárcavas. La resistencia de este tipo de roca a estos procesos depende de las características intrínsecas de las rocas y suelos, principalmente del grado de alteración química y del tamaño y densidad de las fracturas, grietas y demás planos de debilidad. En cercanías a la línea de costa, las rocas se debilitan rápidamente, debido a que las reacciones químicas con la sal del mar alteran sus componentes originales y forman nuevos minerales, generalmente arcillas, que son fácilmente erosionables por las aguas lluvias que percolan por entre las grietas y fracturas. Las rocas alteradas químicamente y con abundancia de grietas y fracturas tienen características geotécnicas “muy pobres” que las hacen más susceptibles a la erosión, con resistencias muy bajas a los golpes de los oleajes y a las acciones del agua. En esas circunstancias, comunes en el departamento del Magdalena, los acantilados y las demás geoformas marinas erosivas típicas de las costas rocosas se forman y retroceden rápidamente, en gran parte por la abundancia de movimientos de masa (caídas de rocas, flujos de lodos, etc.) que ocurren sobre todo durante el invierno o en la época de transición verano-invierno. En muchos sectores poblados, las aguas que se filtran de los pozos sépticos o de almacenamiento de aguas lluvias contribuyen a la desestabilización de las superficies de las terrazas.

La forma (morfología) de los frentes acantilados depende en buena medida de la densidad e inclinaciones de los planos de debilidad de las rocas, como las que componen la franja litoral del departamento del Magdalena.

## ZONAS PRIORIZADAS

Partiendo de la información consignada en el Plan Departamental de Gestión del Riesgo del Departamento del Magdalena, se priorizaron la Subregión Norte y Centro del Departamento del Magdalena y la región de Santa Marta que sufren procesos significativos de erosión (Tabla 17), y las cuales fueron clasificadas como de amenaza media y alta respectivamente.

Tabla 17. Clasificación del riesgo por erosión costera por subregiones en el departamento del Magdalena

Subregión	Frecuencia		Intensidad		Territorio afectado		Calificación de la amenaza	
	Valor	Tipo	Valor	Tipo	Valor	Tipo	Valor	Tipo
<b>Santa Marta</b>	3	alta	2	media	2	medio	7	alta
<b>Norte del Magdalena</b>	3	alta	1	baja	1	baja	5	media
<b>Rio Magdalena</b>	2	media	1	baja	1	baja	4	media
<b>Centro del Magdalena</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sur del Magdalena</b>	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. Desinventar – Tomado de PNUD-UNGRD (2012).

## ANTECEDENTES

La zona costera es formada permanentemente y de manera natural por factores climáticos, oceanográficos y geológicos, evidenciando los procesos de morfodinámica actual de la tierra en el modelamiento de las playas a través de los procesos de erosión y acreción del litoral. Fenómenos naturales y/o modificaciones antrópicas puntuales en tiempo o en espacio, modifican esta dinámica y en cuyos resultados se incluye el aumento de las tasas de erosión costera, impidiendo la recuperación natural de las playas. Estos fenómenos naturales incluyen, tsunamis, huracanes, los fenómenos de El Niño y La Niña y la actividad tectónica. Entre los cambios de la dinámica litoral debidos a causas antrópicas se encuentran, la subsidencia del suelo por extracción de líquidos (pozos de bombeo), el calentamiento global, represamientos de los ríos, obras civiles sin un correcto diseño, extracción de materiales de construcción y la tala de la vegetación, entre otros.

El efecto de la erosión costera se ha observado y monitoreado en las últimas décadas a lo largo de todas las costas del mundo. Los cambios sobre las playas, especialmente los que afectan la población o generan pérdidas ambientales y económicas, han impulsado el interés en estas zonas y la promoción de estudios sobre sus variaciones. Estudios dirigidos por el Panel Intergubernamental para el cambio climático de la ONU (IPCC) consideran que el número anual de víctimas debido a la actual erosión costera e inundaciones alcanzará las 158.000 en 2020 y que más de la mitad de los humedales desaparecerán como consecuencia de las subidas del mar (EUROSION, 2005).

En Colombia, las acciones para el desarrollo del manejo integrado de las áreas marinas y costeras (MIZC) y el uso sostenible de sus recursos, se unificaron en el año de 1993 a través de la Política nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (PNAOCI). En 2006 surge la Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros (PNOEC), la cual busca promover el desarrollo institucional, económico, territorial, de ambiente oceánico y costero y sociocultural; la cual incluye en sus líneas de acción, la participación de diferentes entidades especializadas para implementar herramientas que reduzcan la vulnerabilidad del océano y los espacios costeros ante los efectos del cambio climático global y desarrollen programas de investigación, seguimiento y fortalecimiento de los sistemas de monitoreo oceanográfico y meteorológico marino en el país.

En el marco de esta política se inicia el fortalecimiento de la actividad científica y la generación de información actualizada sobre estos ambientes. Los estudios Regionales de la Universidad del Atlántico y locales de la DIMAR, INGEOMINAS, INVEMAR, la Universidad Nacional, Universidad EAFIT, entre otros, sugieren que la intensificación de la erosión costera es un fenómeno reciente, de las últimas décadas, evidenciado por la pérdida de terrenos dedicados a la agricultura y la ganadería, el colapso de construcciones, pérdida de ecosistemas de manglar, arrecifes coralinos y pastos marinos.

A partir del año 2006 el INVEMAR revisó y analizó la información disponible de las costas colombianas, hizo reconocimientos de campo generales y realizó talleres con las

entidades públicas y privadas y las comunidades, con lo cual obtuvo el “Diagnóstico de la erosión en la Zona costera del Caribe colombiano”, publicado en 2008.

Con la información proporcionada en estos diagnósticos fue diseñado el Programa Nacional de investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia (PNIEC) - Plan de acción 2009-2019, el cual presenta un plan de investigación y monitoreo, que permitirá implementar las acciones de prevención, mitigación control y recuperación, a corto y mediano plazo, en aquellas áreas afectadas por los procesos erosivos y a largo plazo en todo el litoral colombiano.

Específicamente, Sánchez y Forero (1983) realizaron el que puede ser considerado como el primer estudio sobre erosión costera en el Caribe colombiano. El trabajo titulado “Aspectos geomorfológicos y cartográficos del Litoral Caribe colombiano entre las desembocaduras de los ríos Magdalena y Sinú” concluyó que el desarrollo litoral del Caribe denotaba una dinámica con áreas de intensa acumulación y erosión que trajeron consigo variaciones notorias en la morfología costera.

Teniendo presente la erosión costera como amenaza creciente en el Caribe colombiano, y determinando la falta de sedimento como una de sus causas, Javelaud (1987) realizó estudios sedimentológicos detallados donde definieron las facies sedimentarias sobre la plataforma continental colombiana haciendo especial énfasis en la caracterización de los sedimentos, su forma de depositación e influencia sobre los procesos de erosión.

A mediados de los años 80’s Vernet (1985), en su tesis de doctorado, habló sobre la importancia del diapirismo de lodos en la morfología y sedimentación del Caribe colombiano, resaltando el papel de este proceso en la distribución de sedimentos sobre la plataforma somera. A su vez, Correa (1985) determinó las variaciones históricas de la línea de costa entre la Boquilla y Punta de la Garita entre el periodo de 1947 y 1984.

A finales de los 80’s y haciendo parte de la tercera etapa del programa de investigación que desarrollo el CIOH en coordinación con la Misión Técnica Francesa desde finales de los 70’s, Leblanck (1988) estudió la cuenca sedimentaria del delta del Dique intentando definir las relaciones existentes entre los procesos dinámicos, y los ambientes sedimentarios así como la naturaleza y la extensión de las acumulaciones sedimentarias.

En los 90’s Correa (1990) efectuó la comparación de varias posiciones y configuraciones del contorno costero entre Los Morros y Galerazamba (Departamento de Bolívar) realizando un inventario semidetallado de la erosión y sedimentación litoral. De este trabajo se concluyó que los sectores críticos por su alta variabilidad correspondían con los sectores de Punta Canoas, Isla Cascajo y Galerazamba - Pueblo Nuevo – Lomarena. Este autor identificó ganancias netas de terrenos entre Los Morros y Galerazamba de 7.2 km<sup>2</sup> entre los años de 1947 y 1990. Sin embargo entre Punta canoas y Galerazamba–Lomarena identificó eventos erosivos de importancia. En este estudio se determinaron como principales causas de los cambios la “retención” de sedimentos en sectores específicos de la costa así como levantamientos y hundimientos de terrenos adyacentes a la línea de costa, estrechamente relacionados con la actividad diapirica típica del sector.

Hacia el norte, Martínez et al., (1990) estudiaron de manera detallada la relación existente entre la erosión costera y la construcción de una serie de obras de defensa en la desembocadura del río Magdalena en la ciudad de Barranquilla. Este autor determinó que la erosión observada hacia el sur de la desembocadura estaba fuertemente ligada a la retención de sedimento por estas estructuras. Este análisis aún tiene validez debido a que la erosión es el común denominador en este sector de costa.

A su vez, en el Golfo de Morrosquillo Molina et al., (1990) realizaron un estudio sobre la dinámica marina y sus efectos sobre la morfología de este sector. Mediante este trabajo estos autores presentaron los resultados a partir de un estudio meteorológico, oceanográfico y sedimentológico. Según este trabajo los principales cambios morfológicos de la línea de costa se presentaron en el sector sur del golfo. Como resultado de los procesos de acreción sedimentaria se originó a partir de 1938 el delta del río Sinú al desembocar por la zona de Tinajones, el cual actualmente continúa su evolución. Estos autores determinaron que las zonas más afectadas por la erosión fueron la flecha de Mestizos, la terraza marina al este de la espiga y el sector de playas entre Coveñas y Tolú.

Desde el punto de vista sedimentológico y morfológico, Molina (1990) efectuó el estudio de la plataforma continental Caribe entre Santa Marta y la Punta Morro Hermoso. De este estudio se concluye que los sedimentos erosionados en el área se pierden en una plataforma relativamente estrecha y poco profunda, especialmente en el área cercana a la desembocadura del río Magdalena donde registra tan solo 12 m de profundidad. Este autor define que la sedimentación es esencialmente terrígena y la distribución del sedimento está sujeta a la existencia del cañón del Magdalena, a los aportes del río, la erosión costera y la posterior repartición por las corrientes marinas lo cual explica la ausencia de un prisma sedimentario en el área.

Para el año de 1993 Martínez realizó para el Ingeominas el estudio detallado de la geomorfología y amenazas geológicas de la línea de costa del Caribe central colombiano donde mostró la variación de la línea de costa entre la Ciudad de Cartagena y Bocas de Ceniza describiendo los problemas potenciales asociados a la erosión de la línea de costa.

Durante el año de 1996, y en vista de la problemática existente en Caribe centro asociada a la erosión litoral, el CIOH desarrolla el estudio denominado “Comportamiento de la dinámica marina del sector costero entre Galerazamba y Cartagena” (Molina et al., 1996). En este trabajo, mediante el monitoreo de las condiciones oceanográficas y la aplicación de la percepción remota, determinaron la circulación de las aguas superficiales, la dinámica de oleaje, su incidencia y efectos sobre la morfología costera durante la época seca. Gracias a este trabajo se pudo identificar una zona norte del área caracterizada por acrecimientos sedimentarios importantes y una zona sur donde predomina una deriva litoral intensa, costas bajas arenosas y acantilados en estado activo de erosión.

En 1997 Martínez y Robertson estudiaron las variaciones cuaternarias del nivel del mar y sus implicaciones en las amenazas litorales del Caribe colombiano. Dentro de este trabajo se concluyó que a lo largo del Caribe se evidencia una paleo línea de costa. A lo largo de esta se encuentra un nivel inferior de edad Holoceno que es producto de la

inundación del litoral con un nivel del mar de 2 a 3 m superior al nivel actual. Este nivel puede servir de indicador para delimitar zonas potencialmente inundables. De igual forma determino la presencia de un nivel superior, con elevación no definida, que registró la invasión del mar a finales del Terciario y principios del Cuaternario, este nivel evidencia alcances en regiones como el canal del dique y el valle del Sinú.

Molina et al., (1997) presentaron los resultados del análisis del comportamiento de las playas en el sector comprendido entre Barranquilla (Bocas de Ceniza) y la Flecha de Galerazamba. Estos autores levantaron 24 perfiles perpendiculares a la línea de costa determinando que durante el verano las playas del sector pierden la berma y experimentan retrocesos significativos en el frente de playa (decenas de metros).

Atendiendo la necesidad de realizar un análisis geomorfológico y de procesos erosivos para el litoral Caribe colombiano, el Ingeominas (sección de geología marina de la regional Caribe) planteó en el año de 1990 el proyecto denominado “Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano”. Dicho proyecto fue desarrollado por el personal adscrito a Geología Marina de las Regionales del Caribe, Pacífico y Sede Central de Bogotá, durante los años de 1991 y 1992. Como resultado del trabajo realizado se publicó en el año de 1998 el libro “Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano”, en este se presentó la caracterización generalizada de la geografía y geología de la llanura Caribe y de los aspectos más relevantes de la geomorfología y erosión costera.

Según este trabajo, para el año de 1998, entre las zonas que mostraban mayor erosión y que podían tener incidencia en poblaciones ribereñas, en áreas de desarrollo industrial o turístico, infraestructura o sobre vías de comunicación eran: Puerto Estrella y el sector sur de la Termoeléctrica de Corelca (Guajira); el sur del Rodadero (Magdalena), noreste de Barranquilla; sector oeste de Bocas de Ceniza y la zona de Pueblo Nuevo – Lomarena (Atlántico), en Cartagena área residencial de Crespo (Bolívar); Paso Nuevo (Córdoba); Punta Arboletes, El Uvero – Damaquiel, Zapata, Necoclí y Turbo (Antioquia) y Acandí (Choco).

Con base en la cartografía histórica Robertson y Chaparro (1998) reconstruyeron el desarrollo deltaico del río Sinú y su área de influencia. Estos autores utilizaron cartografía de los siglos XVIII, XIX, y XX junto con cartografía reciente y fotografías aéreas de la región. Los resultados obtenidos señalan un complejo deltaico muy activo desde la época colonial, que incluyen evidencias de hasta cuatro fases deltaicas durante el período de estudio. Frente a la evolución reciente del nuevo Delta de Tinajones, éstas características indican que el desarrollo de nuevos deltas es una función de las variables naturales fluvio-marinas, en las que ha habido poca influencia humana hasta el momento.

En el año 2001 Aristizabal et al. Presentaron en el IX COLACMAR un estudio sobre la erosión marina en el sector Punta Rey – Turbo. Los autores determinaron que dentro de este sector la erosión litoral se ha enfrentado exclusivamente con medidas de ingeniería, a costos estimados en más de \$ Col. 3.500.000 y con resultados poco alentadores dadas las continuas demandas de nuevas medidas de defensa (aun para sectores supuestamente

ya protegidos). El estudio de las posibles causas naturales y antrópicas de la erosión en la zona evidenció que el 89% (130 km) de los 145 km de longitud de franja litoral presentó erosión neta desde 1938, con magnitudes y velocidades máximas de 1,6 km y 40 m/año respectivamente.

En este mismo año Restrepo (2001) en su tesis de grado realizó la cartografía de las unidades geomorfológicas de la parte norte del golfo de Morrosquillo, desde Tolú hasta Punta San Bernardo, e identificó las zonas amenazadas por erosión litoral e inundaciones y el grado de afectación para las zonas habitadas. De igual forma Florez y Robertson (2001) mostraron los resultados del proyecto geomorfología del litoral Caribe, morfodinámica y amenazas naturales, en donde se estudió la morfogénesis del litoral Caribe y especialmente el retroceso de la línea de costa debido a un evento transgresivo menor en los últimos 150 años.

Para el año de 2002 INVEMAR-CVS-CARSUCRE unieron sus esfuerzos en la formulación del plan de manejo integrado de la unidad ambiental costera estuarina del río Sinú y golfo de Morrosquillo. Dentro de este plan realizaron, una caracterización y diagnóstico ambiental integral desde una perspectiva histórica del área comprendida entre Punta San Bernardo y Arboletes, incluyendo el Archipiélago de San Bernardo e isla Fuerte.

Florez y Etter (2003) presentaron una caracterización ecológica y geomorfológica del paisaje terrestre de las islas Mucura y Tintipan del Archipiélago de San Bernardo en el Departamento de Bolívar. Esta caracterización fue llevada a cabo mediante fotointerpretación, caracterización en campo e implementación de SIG. Estos autores diferenciaron 11 unidades y concluyeron que los procesos de erosión han sido acentuados por la extracción de madera (pérdida de la cobertura vegetal). Según estos autores las actividades humanas como la extracción de leña, agricultura extensiva, asentamientos permanentes y el incremento en la presión turística son los motores de cambio morfológico y detonantes de la erosión costera.

Autores como Rangel (2004), Mazorra (2004), Correa et al., (2004), Invemar (2004) y Nieto (2004) estudiaron de las características geomorfológicas y erosión costera entre el Golfo de Morrosquillo y el Golfo de Urabá. Estos autores determinaron que la erosión litoral ha sido la tendencia histórica dominante a lo largo del área estudiada. De igual forma determinaron que En las cuatro últimas décadas ocurrieron retrocesos de la línea de costa del orden de los 50-100m en varios sectores, y de hasta 1.6 km en el área Punta Rey-Arboletes, en la cual las pérdidas de terrenos sumaron más de 4.5 km<sup>2</sup> y la erosión alcanzó tasas máximas de hasta 40m/año. La información disponible en los trabajos previamente mencionados sugiere que la “susceptibilidad” generalizada a la erosión podría ser la respuesta a ascensos relativos del nivel del mar, asociados a la tectónica regional, a los efectos del diapirismo de lodos y a la hidroisostacia, entre otros posibles factores. En los sectores más críticos (Arboletes, Turbo, La Rada, Paso Nuevo, Tolú y Coveñas), las tendencias erosivas naturales fueron aceleradas por intervenciones humanas como la desviación de ríos, la extracción intensiva de materiales de playa y el manejo inadecuado (o no manejo) de las aguas lluvias y residuales. Por último se concluye que el

caso de la erosión litoral en el Caribe sur de Colombia ilustra claramente cómo las tendencias erosivas naturales pueden intensificarse fuertemente por intervenciones humanas (incluyendo las defensas ingenieriles).

Para el año 2005 Correa, Gómez et al., Gonzales et al., Molina et al. y Rangel et al., trabajaron mediante diferentes estudios los cambios recientes e históricos de la línea de costa entre Urabá y Bocas de ceniza. Estos trabajos fueron realizados a partir de la comparación de fotografías aéreas e imágenes de satélite. Mediante estos trabajos se muestra una variedad de rasgos morfológicos que van desde costas acantiladas, hasta complejos de pantanos de manglar ubicados detrás de espigas y barras de arena asociadas a la depositación deltaica Holocena (ríos Magdalena, Sinú, Atrato y otros deltas menores). De estos trabajos se concluye que los cambios históricos y recientes se conocen de manera semicuantitativa, sin embargo, los datos disponibles evidencian la inestabilidad geomorfológica a que están sujetos la mayoría de sus sectores, especialmente en las áreas de Turbo, Arboletes, Puerto Escondido, Tolú, Coveñas, Cartagena, entre otros. El fenómeno erosivo en el Caribe sur colombiano, ha variado en magnitud entre 40 m/año y 0.5 m/año, y se relaciona, muy probablemente, con interacciones complejas de procesos naturales (diapirismo/volcanismo de lodos, levantamiento y subsidencia tectónica, movimientos de masa, aumento del nivel del mar), y antrópicos (desviación de cauces, extracción de arena, diseño deficiente de obras de protección). Estos autores consideraron los posibles escenarios futuros de ascenso del nivel del mar, y presumen que la erosión litoral aumentará en gran parte de la costa Caribe colombiana, por lo cual sugieren como necesario asumir el reto y proponer medidas dirigidas a enfrentar dicho problema. Debido a que las alternativas que se han implementado hasta ahora para minimizar los efectos de la erosión (espolones, muros, rompeolas), no han sido eficientes en su totalidad, estos trabajos proponen estudiar las posibilidades de técnicas no convencionales tales como el peinado de taludes, como otra opción a implementarse en sectores acantilados del Caribe sur colombiano.

Para este mismo año La Dirección General Marítima a través del CIOH con el apoyo técnico de AquayTerra Consultores Asociados, desarrolló un proyecto titulado “Estudio y evaluación de alternativas de solución para la Protección costera de unos sectores de la costa Caribe colombiana - EPROCA”, cuyos objetivos fueron efectuar un diagnóstico de la zona comprendida entre Punta Caribana y el delta del Sinú para conocer y entender los graves problemas de erosión costera de la zona, levantar y generar la información necesaria para caracterizar la hidrodinámica de la zona de estudio y desarrollar un modelo morfodinámico que pudiera describir el funcionamiento del sistema, para evaluar diferentes alternativas de solución para la protección costera de este sector de la costa Caribe colombiana. En general los resultados de este trabajo sugieren que los beneficios obtenidos con la construcción de obras de defensa han sido nulos, logrando la formación de pequeñas playas de no más de 15 m en contados puntos. Debido a la dirección de incidencia del oleaje, esta es una zona muy difícil de controlar, ya que las corrientes longitudinales producidas por la rotura del oleaje son muy intensas, dificultando la estabilización del escaso material sedimentario que se deposita en esta zona. Estos autores sugieren que la degradación de muchas de estas estructuras ponen nuevamente de

manifiesto el intento desesperado y sin ningún criterio de tipo técnico, para estabilizar y proteger la zona de los procesos erosivos, mediante la construcción indiscriminada y deficiente en cuanto a la estabilidad estructural de las mismas, generando falsas expectativas y costos económicos que finalmente no conducen a la solución adecuada.

Torres et al., (2006) emplearon la base de datos del Centro del Nivel del Mar de la Universidad de Hawái para el análisis de siete estaciones mareográficas en el mar Caribe. Estos autores efectuaron un análisis comparativo de las series del nivel del mar de las ciudades de Cartagena y San Cristóbal basándose en el comportamiento mensual durante 41 años. De este análisis se encontró que la ciudad de Cartagena presentó mayor dispersión de los datos, así como la mayor variación estacional. Mediante este trabajo se estableció que el nivel del mar estará aumentando entre 2.01 m y 3.58 mm/año afectando así la costa Caribe colombiana.

En el año de 2006 inicia el uso del LIDAR en la costa Caribe colombiana. Afanador et al., (2006) desarrollaron una investigación que incluyó la toma de fotografías aéreas digitales simultáneamente con la operación del sensor LIDAR. Con esta información y mediante el uso del SIG se desarrollaron escenarios de inundación en el sector La Boquilla – Cartagena de Indias. Los resultados de esta investigación además de ser de utilidad para la Autoridad Marítima Nacional, proporcionaron información adecuada para el conocimiento, análisis y gestión de riesgo debido al ascenso del nivel medio del mar en el litoral Caribe colombiano.

Restrepo et al., (2006) estudiaron los flujos derivados del río Magdalena y su impacto negativo en la zona costera y ecosistemas asociados. De este estudio se concluyó que gran parte del sedimento proveniente del río Magdalena en vez de acumularse y mantener “nutridas” las playas del sector (las cuales se encuentran altamente erosionadas), se está moviendo en suspensión, alcanzando muchas veces ecosistemas sensibles como pastos marinos y corales.

Ortiz (2007) efectúa la que es quizás la primera caracterización de eventos extremos de oleaje en la costa Caribe colombiana. Este autor determina que el aumento en el número e intensidad de las tormentas que han pasado por el Mar Caribe en la última década pone de manifiesto la necesidad de evaluar efectos de estos fenómenos, principalmente costeros, para el desarrollo de sistemas de alerta. En el trabajo realizado, el autor, hizo una revisión y análisis de las tormentas que pasaron por Caribe colombiano desde 1900. Este autor estableció que en los últimos 17 años los huracanes han sido muy activos siendo el año de 2005 el más intenso. En este trabajo se concluyó que los aumentos observados coinciden con aumentos en la temperatura global.

La universidad EAFIT por medio de los trabajos de Correa y Morton, 2006, Correa et al., 2007a, Correa et al., 2007b determinaron que la morfología actual y el inventario de cambios de la línea de costa (1938-2005) del litoral Arboletes-Punta San Bernardo evidencian su carácter fuertemente erosional, caracterizado a lo largo de su mayor longitud por la desaparición/retroceso de numerosas playas y la erosión/inundación consecuente de las terrazas litorales y/o pantanos de manglar adyacentes. Dentro de estos

trabajos determinaron que este litoral retrocedió entre 30 y 100m durante las siete últimas décadas, a tasas entre 0.5 y 1.5 m/año, superadas en varios sectores críticos (Arboletes - Punta Brava) en los cuales las magnitudes de la erosión fueron del orden de los 900-1.500 m a velocidades de 70 m/año durante el intervalo 1960-1975. A partir de estos estudios se determinó que la erosión litoral en la zona resulta tanto de procesos marinos como subaéreos, y de la combinación de factores geológicos (neotectonismo / diapirismo de Iodos, pocos aportes arenosos, ascenso relativo del nivel del mar, características geotécnicas pobres de las rocas) y antrópicos -minería intensiva de arenas de playas y ríos, usos diversos sin manejo de aguas lluvias y residuales, efectos de espolones y obras de defensa.

Para el año 2008 el Comité Técnico Nacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras (CTN MIZC) elaboró el denominado “Plan Nacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras – PNMIZC”. Esta plan tiene como objetivo principal articular y coordinar los diferentes procesos interinstitucionales con el fin de establecer líneas de acción, estrategias y programas para solucionar conflictos y equilibrar los intereses de los actores involucrados en las diferentes actividades de las Zonas Costeras colombianas, logrando el uso sostenible de los recursos naturales y ordenamiento territorial, para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los beneficiarios directos e indirectos de los servicios de las zonas costeras en Colombia, acorde con el desarrollo económico del país y los Intereses Marítimos Nacionales contemplados en la Política Nacional del Océano y Espacios Costeros – PNOEC y la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia - PNAOCI.

INGEOMINAS, ECOPETROL ICP, INVEMAR, (2008). Realizan el estudio denominado “Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta. Geomorfología de la zona costera y piedemonte occidental” cuyo objetivo principal fue el de caracterizar la geomorfología de la zona costera adyacente a la SNSM y su piedemonte occidental, teniendo en cuenta los rasgos estructurales de su límite norte Falla de Oca y límite NW Falla de Santa Marta. De igual forma dentro de este trabajo se elaboró la cartografía geomorfológica a escala 1:25.000, se identificaron y describieron los procesos geomórficos e hidrodinámicos que afectan la zona costera, se efectuó la caracterización climática del área y se intentó relacionarla con la geomorfología y se evaluó de forma cualitativa-cuantitativa y a diferentes escalas de tiempo, las variaciones de la línea de costa estableciendo las causas que a corto y largo plazo han intervenido e intervienen en los procesos evolutivos recientes en el litoral adyacente a la SNSM.

Parra et al., (2008) estudiaron el comportamiento del nivel del mar en las ciudades de Cartagena, Coveñas y Santa Marta analizando por separado la marea (generada por fuerzas astronómicas) y el residuo. De igual forma pronosticaron series de marea empleando el método de armónicos a partir de series de nivel del mar medidas in situ generadas usando un modelo numérico de onda larga alimentado en la frontera con información de marea de una base de datos de cubrimiento global. El residuo fue obtenido a partir de la resta de la marea a series in situ de nivel del mar. Utilizando simulaciones

estadísticas generaron series de residuo, las cuales se sumaron a las series de marea para obtener el comportamiento esperado del nivel del mar, el cual se presentó en términos de regímenes medio y extremo. Por medio de este trabajo los autores encontraron homogeneidad en el comportamiento de la marea en las áreas de estudio, catalogadas todas como micromareales, estando además en un rango entre los valores máximos y mínimos del mismo orden de magnitud al rango del residuo, el cual además presentó mayores valores de altura hacia las Antillas Mayores que en el Caribe sur-occidental, debido al paso más frecuente de tormentas tropicales y huracanes. Por último encontraron diferencias en el orden de los centímetros entre las alturas de los regímenes medio y extremo del nivel del mar calculado para los tres lugares estudiados.

En el año 2009 INVEMAR-CARSUCRE realizaron el diagnóstico de la erosión costera en departamento de Sucre. En este diagnóstico se encontró que en un porcentaje mínimo, la erosión costera está relacionada con la unidad de pantanos de manglar y algunos de los puntos críticos se localizan principalmente al sur de Portobelo, entre punta la Salina y Tigua, al norte de las puntas Realón y Chichimán, en las puntas Gorda y San Bernardo y norte de la boca Zaragocilla. A su vez, los procesos naturales de sedimentación han ocasionado el deterioro de los árboles más próximos a la línea de costa sobre los cuales se acumulan las arenas a manera de duna; la tala o intervención antrópica con rellenos, drenajes o uso acuícola han favorecido también la muerte local o deterioro de ecosistema, haciéndolo susceptible a los procesos marinos de erosión y sedimentación. Estos autores estiman que los pocos sectores que aún permanecen sin estructuras las tendrán en un tiempo relativamente corto debido a que los procesos de erosión avanzan por los efectos de las obras existentes, el uso urbano denso que se le está dando a la zona costera y los efectos naturales propios del cambio climático, que no tendrían por qué afectar grandemente a la población si se dejara el espacio suficiente para que los agentes marinos modelaran el paisaje bajo los nuevos parámetros del nivel del mar.

Para este mismo año Posada et al., (2009) efectuaron un estudio batimétrico de la CGSM y la plataforma continental contigua (hasta la isobata de -100 m aproximadamente) a partir de datos sísmicos adquiridos por medio de un perfilador de subsuelo (subbottom profiler) y la caracterización geomorfológica y sedimentológica de la Isla de Salamanca. En este trabajo se describieron e interpretaron los principales rasgos batimétricos de la CGSM y la plataforma continental contigua, Establecieron las características estratigráficas (geometría de los estratos, espesores, estructuras sedimentarias, entre otras) de la secuencia sedimentaria subsuperficial (primeros 10-20 m) presente en el subsuelo de la CGSM y de la plataforma continental adyacente y midieron - describieron los rasgos geomorfológicos más relevantes de la Isla de Salamanca a partir de observación en el terreno y levantamientos topográficos perpendiculares a la línea de costa.

Rangel (2009), Rangel y Anfuso (2009a) y Rangel y Anfuso (2009b) efectuaron una serie de trabajos en las líneas de costa de los departamentos del Bolívar, Magdalena y la Guajira. Estas investigaciones estuvieron enfocadas en el análisis de los cambios en la línea de costa de estos departamentos, el estudio de la vulnerabilidad asociada y el grado de intervención antropogénica registrado hasta el momento. De estos trabajos se destaca,

las altas tasas de erosión registradas, el alto porcentaje de vulnerabilidad calculada y el alto grado de intervención antropogénica evidenciado por la construcción de más de 300 obras de defensa.

Las instituciones que monitorean y analizan los diferentes componentes físicos del Caribe colombiano, emiten periódicamente reportes con los datos obtenidos para que sirvan como base actualizada para los diferentes proyectos que se desarrollan en el área. Para el público en general se encuentran disponibles:

DIMAR a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe -CIOH, publica su “Boletín meteomarinero mensual del Caribe colombiano”, donde se realiza la descripción y el análisis del comportamiento de los diferentes parámetros meteorológicos y oceánicos que definen el clima en la Cuenca Caribe colombiana.

El IDEAM a través de su Servicio Mareográfico publica “Pronóstico de pleamares y bajamares en la costa Caribe colombiana”. En ella se presentan los datos de las diferentes estaciones en cada una de las cuencas, fases de la luna, eclipses, salida y puesta de sol y el pronóstico para cada una de las zonas medidas para diferentes años.

Recientemente Gómez et al., 2012 desarrollaron una propuesta de estandarización de los levantamientos geomorfológicos en la zona costera del Caribe colombiano. Con este trabajo los autores ofrecen una guía metodológica para la cartografía geomorfológica y de procesos erosivos en la zona costera. Algo que se destaca de este trabajo radica en que la leyenda propuesta está abierta a un proceso de construcción permanente que permitirá adicionar las unidades geomorfológicas que no hayan sido descritas a lo largo del documento.

Dentro del convenio Colciencias – Gobernación del Magdalena – Invemar, para el “análisis y valoración de los procesos erosivos en la costa continental e insular del Caribe colombiano” Thomas et al., 2012. realizaron el Atlas climatológico del mar Caribe colombiano. Dentro de este atlas se presenta una sinopsis mensual de los parámetros presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, altura, dirección y periodo de las olas y temperatura superficial del mar. De igual forma, se especifican parámetros más específicos en 9 sitios distribuidos en el mar territorial Caribe colombiano. Por último estos autores hacen el cálculo de parámetros extremos (como tempestades) para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

Por último, Rangel et al., (2015) efectuaron el trabajo titulado “Coastal erosion along the Caribbean coast of Colombia: Magnitudes, causes and management” en donde determinaron que el 48 por ciento de los 2.445 km que conforman la costa Caribe colombiana enfrenta problemas de erosión.

## METODOLOGÍA

La evaluación de la vulnerabilidad es tema controvertido en el campo de la geología ambiental existiendo una vasta literatura que ha intentado detallar la respuesta del sistema asociada a la intervención de las diversas amenazas. Las técnicas empleadas para la evaluación de la vulnerabilidad pueden ser clasificadas de acuerdo a diferentes aspectos (Di Paola et al. 2001).

Las metodologías empleadas para este tipo de evaluaciones se han desarrollado progresivamente desde enfoques específicos, como la Regla de Bruun en cuanto a la subida del nivel del mar (Bruun et al. 1962). La consideración de factores físicos y no físicos, así como las incertidumbres asociadas, ha dado lugar a métodos más consistentes, algunos de los cuales son muy recientes y están aún en aras de ser validados.

La evaluación de la vulnerabilidad de una zona determinada puede hacerse desde dos diferentes enfoques: i) semi-cuantitativo y ii) cuantitativo. Un enfoque semi-cuantitativo se basa principalmente en la evaluación subjetiva de indicadores geomorfológicos, mientras que el enfoque cuantitativo intenta ponderar la importancia relativa del fenómeno relevante desde un punto de vista físico y geomorfológico.

Diversos trabajos presentan numerosos intentos de desarrollar métodos para evaluar de forma adecuada el comportamiento de una zona ante diferentes fenómenos naturales. Uno de ellos corresponde al diseño de índices de vulnerabilidad-riesgo (Malvarez et al. 2000; McLaughling et al. 2002), que han sido empleados por diversos autores para clasificar zonas en función del tipo de respuesta ante amenazas (Gornitz 1990; Dal Cin y Simeoni 1994; Simeoni et al. 2003).

En detalle se definió como amenaza la ocurrencia de procesos asociados a sismos, deslizamientos y erosión costera. La vulnerabilidad, de otro lado, es el grado de pérdida o daños que cabe esperar si se produce una amenaza, de una magnitud determinada. El riesgo sería la probabilidad de pérdida humana o material debido a la ocurrencia de un evento y por lo tanto es el producto de la amenaza por la vulnerabilidad.

En este estudio se proponen índices de vulnerabilidad y riesgo relativos que tienen en cuenta variables sociales, económicas, de conservación y de patrimonio, relacionadas con los procesos, factores y usos que se dan sobre cada municipio.

Este trabajo pretende realizar una catalogación y zonación del área en función de su mayor o menor susceptibilidad a sufrir cambios derivados de la actuación de cualquiera de los tres fenómenos mencionados previamente. Los resultados pueden ser parte del desarrollo de un plan de adaptación del área, dentro de dos ejes específicos de trabajo:

- La integración de los lineamientos de adaptación al cambio climático en la planificación territorial.
- El desarrollo de los lineamientos de adaptación al cambio climático y su socialización con los sectores económicos y actores sociales del Departamento del Magdalena.

## Desarrollo y cálculo de índices

Los índices que combinan y clasifican diversas variables en una sola medida corresponden a un método muy común empleado para la determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo (Del Rio y Garcia 2009; Santos et al. 2013).

En este trabajo se diseñaron una serie de índices mediante la evaluación de los principales factores implicados en los procesos de erosión costera. Para ello se analizaron y compararon las características de cada municipio y se seleccionaron una serie de variables fundamentales denominadas (an) incluidas dentro de cinco contextos o índices (Tablas 18 – 22):

- Índice de amenaza (IAex).
- Índice de vulnerabilidad social (IVSo).
- Índice de vulnerabilidad económica (IVEc).
- Índice de vulnerabilidad de conservación (IVCo).

La combinación de todos estos índices da como resultado el índice de riesgo.

Las primeras variables corresponden a los factores que condicionan o determinan la erosión en la línea de costa, por ende su grado de amenaza. Las siguientes 12 variables fueron divididas en 4 grupos (social, económico, conservación y patrimonio) lo que permitió calcular la vulnerabilidad y riesgo total dentro de cada uno de los contextos.

Cada una de las variables fue dividida en 5 clases de vulnerabilidad ante la cada amenaza, asignando a cada una de ellas una puntuación de 1 a 5, respectivamente de menor a mayor vulnerabilidad (Tablas 18 – 22). Esta clasificación fue llevada a cabo teniendo en cuenta las características intrínsecas del área, por lo que los índices presentados en este capítulo son relativos y solo deben ser aplicados a lo largo de la zona de estudio.

Todas las variables usadas fueron evaluadas y clasificadas a partir de dos fuentes: i) la información contenida en la literatura existente sobre el área de estudio y ii) la comprobación de la información y colecta de nueva información por medio de salidas de campo.

Tras la clasificación de las diferentes variables, se optó por realizar una ponderación de las mismas según el método de Gornitz et al. (1994), con el objetivo de eliminar la subestimación de las variables más relevantes localmente, así como las sobrestimación de las menos determinantes. Para ello se emplearon factores de corrección (fn) entre 1 y 0.6, en función de la importancia relativa de cada variable a la hora de determinar la vulnerabilidad y riesgo del departamento del Magdalena. De esta forma, las variables se clasificaron en tres tipos a los que se asignaron diferentes factores de ponderación:

- Determinante fn : 1
- Indirecta fn: 0.8
- Secundaria fn: 0.6

Así, la Vulnerabilidad Absoluta ( $V_{abs}$ ) se calculó para cada área mediante la suma de los valores de las variables ponderadas mediante la ecuación:

$$V_{abs} = \sum a_n f_n \quad (1)$$

Posteriormente, se normalizaron los resultados con respecto a los valores máximos y mínimo teóricos del índice, con el fin de obtener un Índice de Vulnerabilidad Relativa ( $V_r$ ) más realista. Este índice fue calculado mediante las ecuaciones:

$$MaxRangoVabs = \max Vabs - \min Vabs \quad (2)$$

$$V_r = [(Vabs - \min Vabs) / \max Vabs] * 100 \quad (3)$$

Este cálculo se efectuó para cada set de variables pudiéndose determinar la amenaza y las vulnerabilidades desde el punto de vista social (IVSo), económico (IVEc), de conservación (IVCo) y de patrimonio (IVPa).

Como un último paso se efectuó la combinación de la amenaza y las diferentes vulnerabilidades para obtener el riesgo. Esta combinación se realizó mediante el cálculo de promedios ponderados debido a que de esta forma se obtiene un valor de riesgo real, el cual está asociado directamente al número de variables empleadas para el cálculo de cada una de las vulnerabilidades. Los riesgos calculados se denominaron (R) y se expresaron según su contexto ya sea social (RIVSo), económico (RIVEc), de conservación (RIVCo) y de patrimonio (RIVPa). El riesgo total (Rex) es el cálculo del promedio ponderado de los cuatro riesgos previamente mencionados.

Tabla 18. Índices de amenazas empleados

<b>Erosión costera</b>
Geomorfología
Cambios en la línea de costa (EPR)
Rango mareal
Aumento del nivel del mar

Tabla 19. Índice de vulnerabilidad social (IVSo).

N	VARIABLE	RANKING					FACTOR
		Muy Bajo (1)	Bajo (2)	Moderado (3)	Alto (4)	Muy Alto (5)	
1	Usos de suelo	Arbustos y Matorrales	Mosaico Pastos Pastos Arbolados Pastos Enmalezados Pastos Limpios	Bosque de Mangle Marismas Costeras Lagunas - Lagos Zonas Pantanosas Bosque de Galería	Estanques Agricultura Mosaico Cultivos Pastos Cultivos	Instalaciones Recreativas Aeropuertos Zonas Industriales - Comerciales Tejido Urbano Zonas de Extracción Minera	1
2	Índice K – Estructuras (relación entre línea de costa construida y línea de costa natural)	No estructuras (K=0)	Mínimo (k= 0.0001-0.1)	Promedio (K= 0.11-0.5)	Máximo (K=0.51-1)	Extremo (K mayor de 1)	1
3	Porcentaje de área desarrollada	Desarrollo menor del 20%	Desarrollo entre 20-40%	Desarrollo entre 40-60%	Desarrollo entre 60-80%	Desarrollo mayor al 80%	1

4	Infraestructura de servicios	Desarrollo menor del 20%	Desarrollo entre 20-40%	Desarrollo entre 40-60%	Desarrollo entre 60-80%	Desarrollo mayor al 80%	1
---	------------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	---

Tabla 20. Índice de vulnerabilidad económica (IVEc).

N	VARIABLE	RANKING					FACTOR
		Muy Bajo (1)	Bajo (2)	Moderado (3)	Alto (4)	Muy Alto (5)	
5	Población	Densidad poblacional menor de 20 hab/km2	Densidad poblacional entre 20-50 hab/km2	Densidad poblacional entre 50-80 hab/km2	Densidad poblacional entre 80-170 hab/km2	Densidad poblacional mayor a 170 hab/km2	1

Tabla 21. Índice de vulnerabilidad de conservación (IVCo).

N	VARIABLE	RANKING				FACTOR	
		Muy Bajo (1)	Bajo (2)	Moderado (3)	Alto(4)		Muy Alto (5)
6	Sitios prioritarios	Área Excluida		Sitio Prioritario de Conservación		Área Conservada	1
7	Cobertura de ecosistemas y hábitats	Áreas sin vegetación		Arbustos, rastrojo, Litoral rocoso, herbazales.		Ecosistemas estratégicos: marismas, pastos marinos, arrecifes de coral, playas, lagunas asociadas a la pesca	1
8	Nivel de intervención de los ecosistemas	Alta intervención		Media intervención		Baja intervención	1
9	Zonificación de áreas protegidas	Áreas de uso sostenible		Áreas de recuperación de parques y de amortiguamiento		Áreas intangibles	0,8

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos a lo largo del departamento del Magdalena son resumidos en la tabla 22 y en las Figuras 37- 41.

Tabla 22. Resultados de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Erosión Costera para cada municipio a lo largo del departamento del Magdalena.

<b>MUNICIPIO</b>	<b>SUBREGION</b>	<b>AMENAZA</b>	<b>AMENAZA-T</b>	<b>IVSO</b>	<b>IVSO-T</b>	<b>IVEC</b>	<b>IVEC-T</b>	<b>IVCO</b>	<b>IVCO-T</b>	<b>RIESGO</b>
Sitio nuevo	Rio	5	muy alto	3	moderado	1	muy bajo	5	muy alto	muy alto
Pueblo viejo	Norte	4	alto	3	moderado	2	bajo	3	moderado	alto
Ciénaga	Norte	4	alto	5	muy alto	4	alto	1	muy bajo	alto
Santa marta	Santa Marta	4	alta	3	moderado	4	alto	5	muy alto	alto

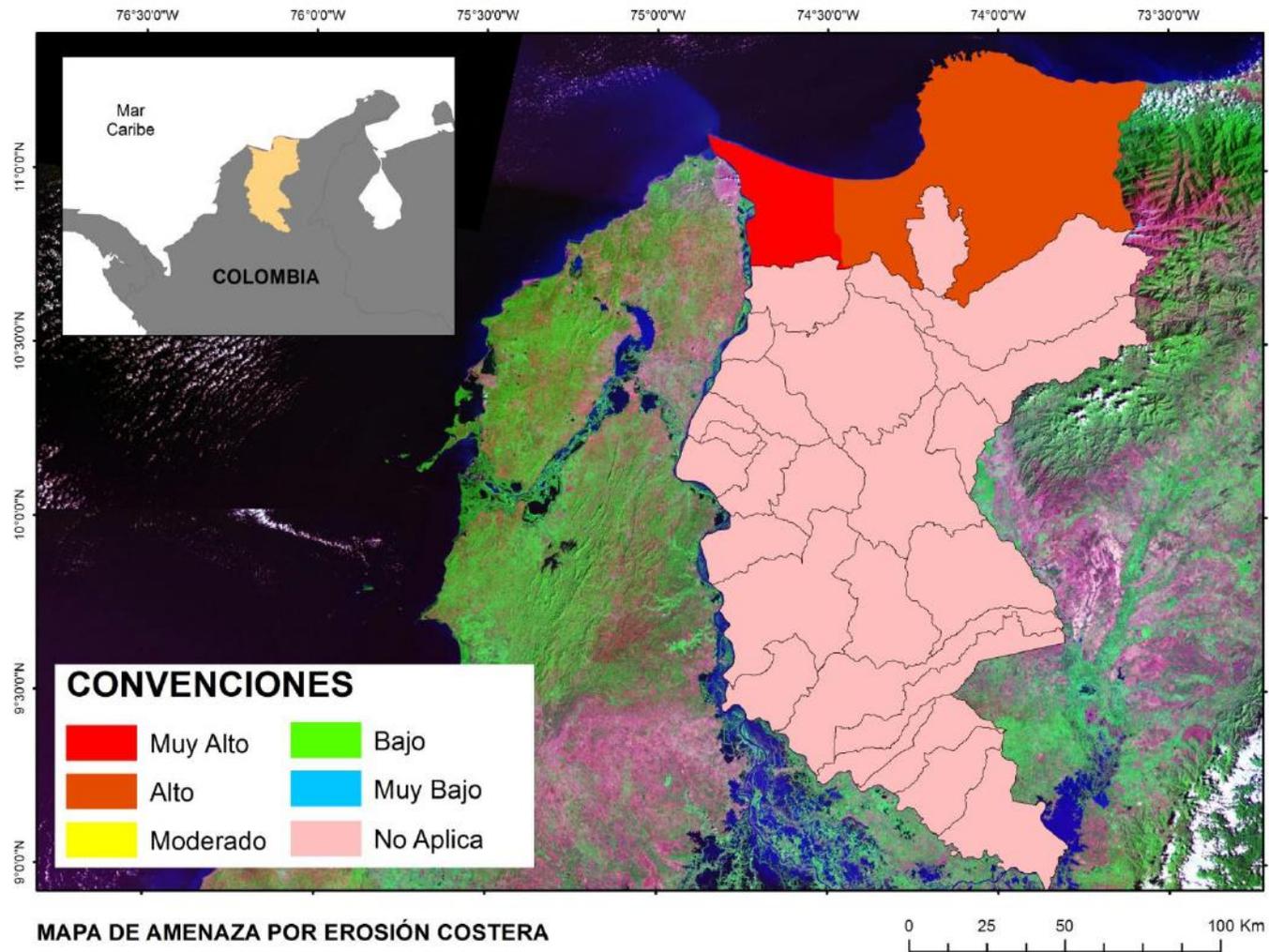


Figura 37. Mapa de amenaza por erosión costera para el Departamento del Magdalena.

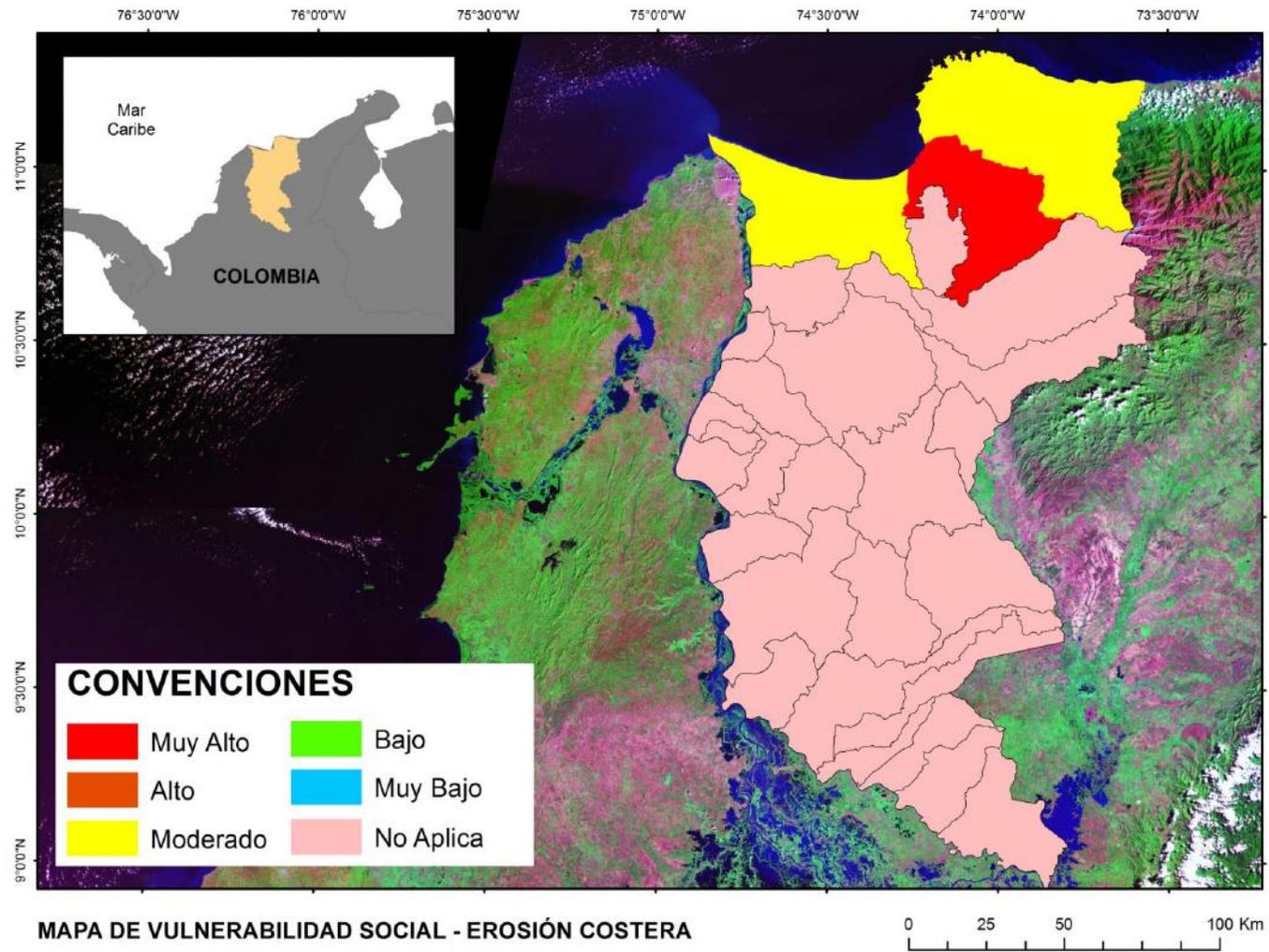


Figura 38. Mapa de vulnerabilidad social para el Departamento del Magdalena.

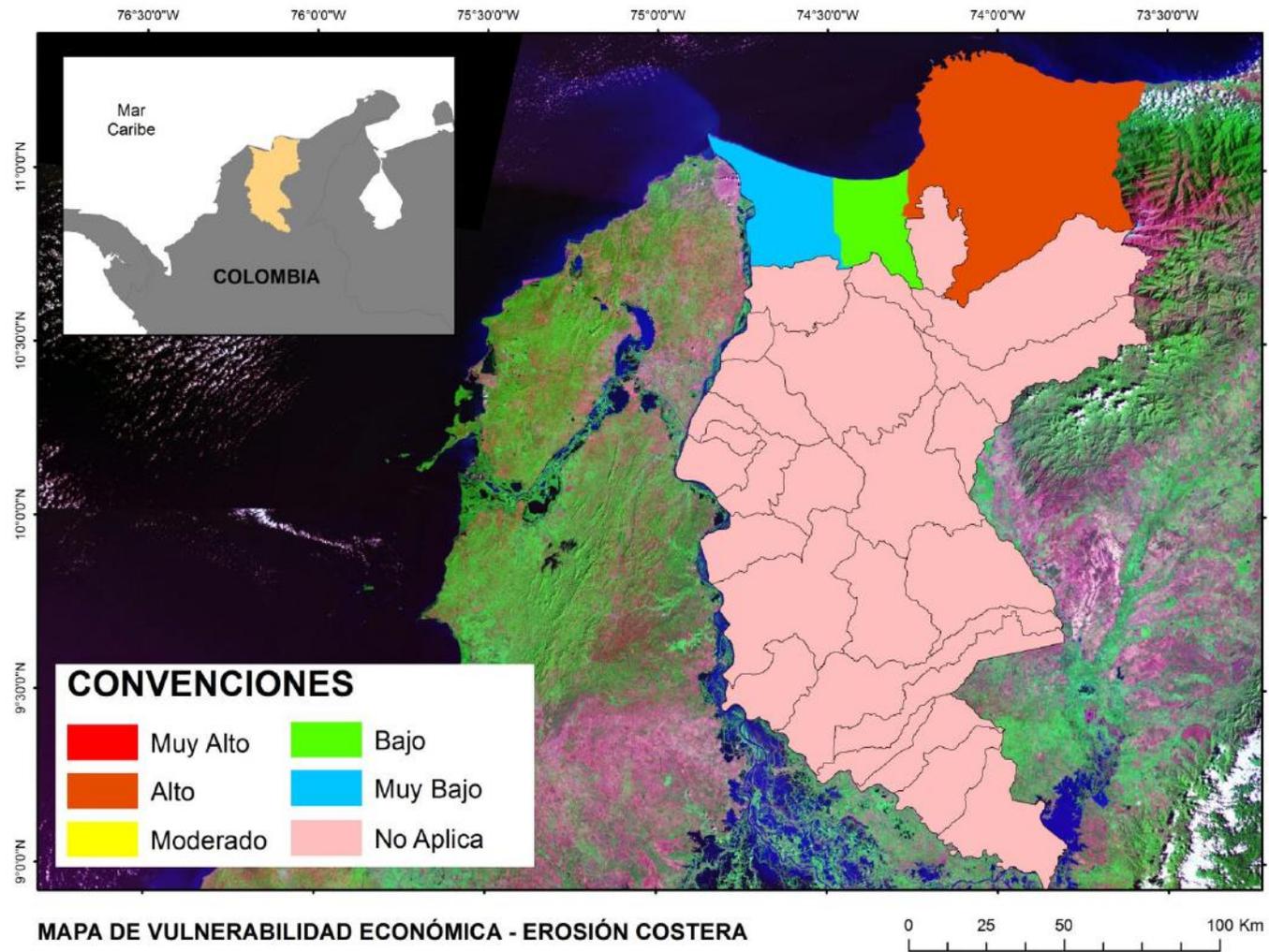


Figura 39. Mapa de vulnerabilidad económica para el Departamento del Magdalena.

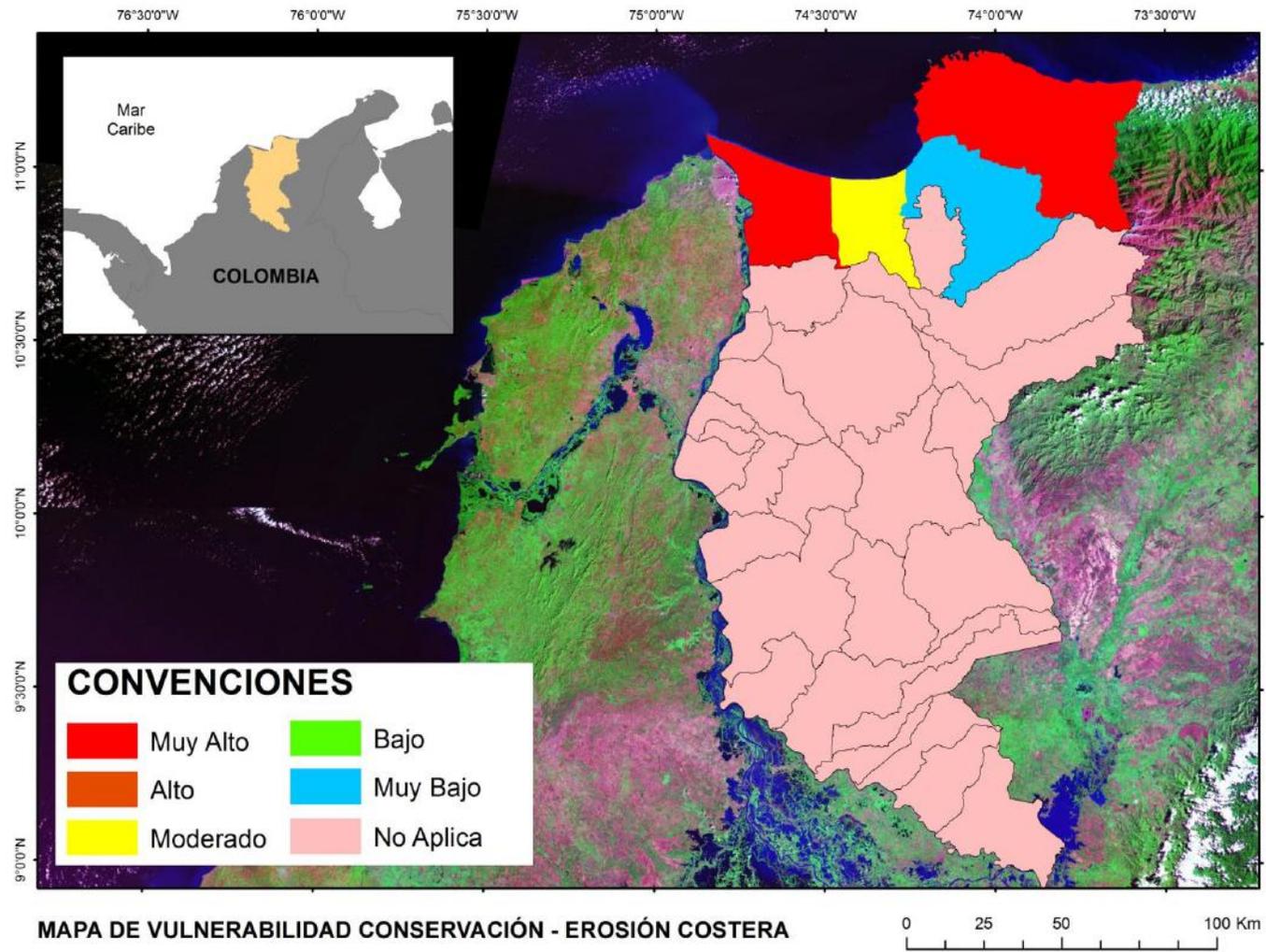


Figura 40. Mapa de vulnerabilidad conservación para el Departamento del Magdalena.

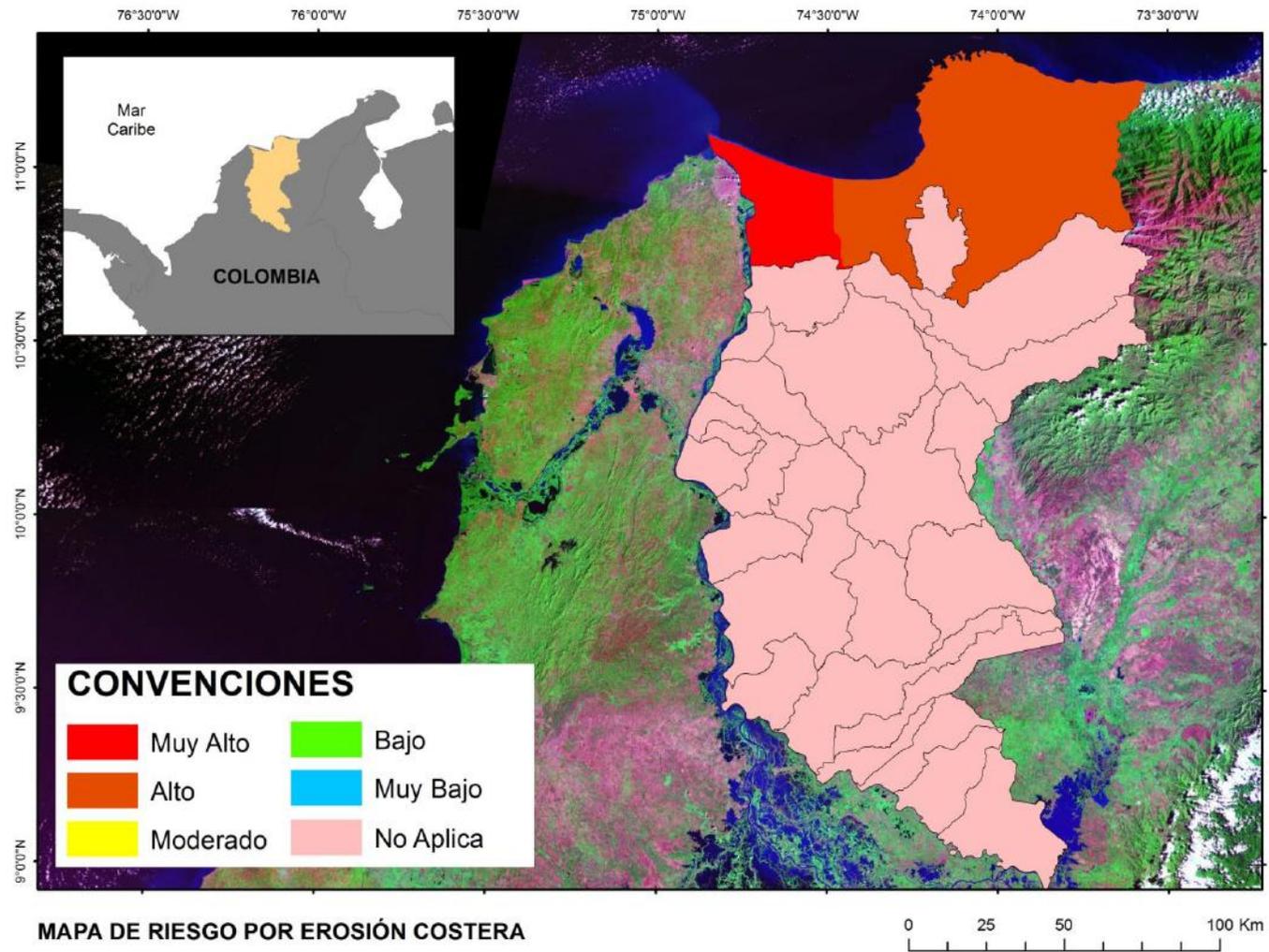


Figura 41. Mapa de riesgo por erosión costera para el Departamento del Magdalena.

El análisis de las tendencias erosivas efectuado en este trabajo revela que de los 302 km que forman la línea de costa del departamento del Magdalena, 52.1 km (17%) presenta una erosión alta, 186.9 km (62%) presenta erosión, 24.1 km (8%) se encuentra estable y 38.9 km (13%) se encuentra en estado de acumulación.

De acuerdo a lo observado las áreas reportadas como críticas en el departamento del Magdalena corresponden a las poblaciones de Palmira, Tasajera e Isla del Rosario las cuales se encuentran localizadas en la barra de Salamanca, cuyos procesos de erosión vienen afectando la infraestructura urbana y de servicios, incluida la tubería de gas. Estudios anteriores han caracterizado la situación y han propuesto medidas de mitigación para estos procesos.

Asimismo se han identificado como puntos críticos que demandan atención inmediata los sectores de Costa Verde en el municipio de Ciénaga y en los Kilómetros 19, 53 y 55 de la vía Ciénaga-Barranquilla en los municipios de Sitio Nuevo y Pueblo Viejo. Estos últimos puntos, debido a que la carretera troncal del Caribe entre Barranquilla y Ciénaga están siendo afectados severamente por la erosión litoral.

Las altas tasas de erosión observadas sugieren una fuerte incidencia de procesos de índole natural y antropogénica que incluyen:

- Ascenso relativo del Nivel del Mar.
- Eventos extremos.
- Variaciones en el balance sedimentario (naturales y antropogénicas).

La protección es la alternativa más común para Colombia, y el departamento del Magdalena, a la hora de contrarrestar la erosión Costera. Las obras duras (espolones, rompeolas, muros) son las alternativas más comunes y favoritas empleadas a lo largo del Departamento del Magdalena.

Desafortunadamente, la gestión de la erosión costera en la actualidad sólo se hace sobre una base de "acción-reacción o después de un desastre"; es decir, las iniciativas para su control son provocados por situaciones de emergencia y no se piensa en la prevención. Si bien la planificación para la respuesta post-desastre es una función importante en la gestión de desastres, una política de gestión de desastres basado en esto por sí solo es defectuosa. Muchos dispositivos de protección, se han construido e instalado en respuesta a la presión de grupos de interés cuando las propiedades están expuestas a la destrucción, sin llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental requerido o una evaluación preliminar de posibles riesgos y los efectos colaterales. Existen muchos ejemplos en los millones de dólares de inversión pública que se aprobaron con urgencia para controlar la erosión. En la mayoría de los casos, las "soluciones urgentes" La erosión costera se emplazaron a fin de reducir - de una manera

"rápida" - el impacto proceso de erosión inmediata. La mayoría de las veces, estas estructuras de defensa costera "rápidas" son inútiles y el conocimiento general acerca de su éxito es generalmente desconocida.

Es importante recordar que las estructuras de estabilización duras alteran el entorno natural y producen:

- Acorazamiento de la Costa.
- Acumulación de sedimentos en algunas áreas específicas;
- Reducción significativa del suministro de sedimentos.
- La intensificación de los procesos de erosión o creación de puntos con nueva erosión en los alrededores. Las fuerzas que favorecen la construcción de estructuras de protección duras causan el conocido "efecto dominó".

## CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

El diagnóstico territorial alrededor de una amenaza como la erosión costera, favorece el planteamiento de acciones, que en el marco de los procesos (conocimiento - reducción del riesgo y manejo del desastre), posibilitan la intervención estratégica favoreciendo la capacidad de gestión del departamento del Magdalena y en especial su zona costera, frente a sus condiciones de riesgo por erosión costera. Convirtiéndolo en un territorio más seguro y potenciando una mayor posibilidad de respuesta y recuperación.

El enfoque por procesos relacionados con la erosión costera para la formulación de las acciones de intervención, es el punto de partida para identificar cada uno de los componentes, las actividades y los productos esperados en el corto, mediano y largo plazo. Se debe entender por componente a cada uno de los elementos que se deben implementar para realizar una gestión del riesgo por erosión costera de una manera integral, los cuales se concretan a través de actividades que finalmente generan un resultado específico o producto. El plan de Gestión Riesgo del Magdalena estableció el corto plazo como los cuatro primeros años del Plan, coincidentes con las administraciones de los territorios del 2012-2015, el mediano plazo corresponde a los siguientes cuatro años 2016-2019 y el largo plazo a las acciones a realizar del año 2020 al 2023.

Con base en la línea de tiempo previamente mencionada y considerando que así como el comportamiento del riesgo por erosión costera es dinámico, el plan departamental también lo es, éste deberá ser actualizado constantemente, y además, debe ser fortalecido en la medida como se vayan desarrollando las acciones en el territorio (por ejemplo construcción de obras de defensa, regeneración de playas, reubicaciones de poblaciones, entre otras acciones), en estricto seguimiento a su desarrollo, considerando además los ajustes presupuestales que se vayan efectuando y la coyuntura de la región; siempre velando por garantizar la continuidad y sostenibilidad de este instrumento planificador.

La mecánica de seguimiento y actualización del Plan debe depender de lo establecido por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como entidad líder del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres -SNGRD y de la dinámica con que se aborde y los acuerdos a que se llegue, en el marco del Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres de este departamento.

Las acciones o medidas de intervención están encaminadas a gestionar los diferentes escenarios de riesgo encontrados. Para esto se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Análisis y evaluación permanente del riesgo por erosión costera.
- Análisis de los escenarios de riesgo y propuestas de intervención para mitigar o contrarrestar la erosión costera.

- Monitoreo y seguimiento de la erosión costera a lo largo del departamento.
- Integración de la gestión del riesgo por erosión costera en la planificación territorial y del desarrollo.
- Apoyo a la Investigación para la Gestión del Riesgo por erosión costera.
- Comunicación del riesgo.
- Sistematización de la Información para la Gestión del Riesgo en el departamento (implementación de alertas tempranas).

Los tres primeros componentes planteados hacen referencia a la información sobre amenazas y vulnerabilidades que permiten conocer las situaciones de riesgo por erosión costera, en este caso de la línea de costa del departamento del Magdalena, con el único fin de establecer las medidas de intervención pertinentes.

El componente cuatro hace referencia al trabajo de documentación, compilación de información y seguimiento que se debe realizar, para integrar los lineamientos de la gestión del riesgo en la planificación del desarrollo y ordenamiento del territorio y en general en los programas y proyectos regionales.

El quinto componente tiene que ver con la identificación de las necesidades o proyectos de investigación en el departamento y la vinculación de éstos dentro de los programas o líneas de investigación de las universidades e institutos de investigación del departamento (Invemar, Universidad del Magdalena).

El componente seis de comunicación del riesgo, se relaciona con las diferentes estrategias de comunicación (formación, capacitación, vinculación de la gestión del riesgo en planes educativos, trabajo con los medios de comunicación, etc.) que se deben implementar en el nivel departamental para divulgar la información relacionada con la prevención y el manejo y preparación ante un desastre, orientadas fundamentalmente hacia las comunidades principalmente aquellas en condición de vulnerabilidad, los consejos municipales de gestión del riesgo y las demás entidades competentes que hagan presencia en el territorio.

Finalmente, el séptimo componente hace alusión a la necesidad de crear un Sistema Departamental de Información para la Gestión del Riesgo (SIGR) que comprenda una herramienta tecnológica que permita el ingreso de información en formato digital (bitácora de eventos, afectaciones y medidas de intervención) y un Centro de Documentación en donde se encuentre disponible en formato digital o impreso toda la información relacionada con gestión del riesgo en el departamento (p.e.: proyectos con las medidas de intervención en los escenarios de riesgo, estudios de investigación, proyectos de consultoría, tesis, etc.).

En el ámbito de la disminución, reducción o eliminación del riesgo se sugiere:

- Intervención prospectiva, mediante acciones de prevención que eviten la generación de nuevas condiciones de riesgo (por ejemplo, evitar la construcción empírica de obras de defensa costeras).
- Intervención correctiva, mediante acciones de mitigación de las condiciones de riesgo existentes.
- Blindaje financiero.

El primer componente hace referencia a la planificación ambiental sostenible, al ordenamiento territorial, a la planificación sectorial, a la regulación y las especificaciones técnicas, a los estudios de pre factibilidad y diseños adecuados, al control y seguimiento de la erosión costera, y en general a todos aquellos mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la población, infraestructura y los bienes, respectivamente que en un futuro podrían verse afectados por esta amenaza.

El segundo componente busca disminuir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

El último componente se refiere a los mecanismos o instrumentos financieros de retención intencional o de transferencia del riesgo que se establecen en forma ex ante con el fin de acceder de manera ex post y rápida a recursos económicos oportunos para la atención de emergencias y la recuperación.

Cuando se habla de reducción del riesgo se hace referencia tanto a la reducción de las condiciones de riesgo existentes como las de un posible riesgo futuro. Para la reducción del riesgo existente se deben implementar medidas correctivas o de mitigación del riesgo por erosión costera, enfocadas a la disminución de la vulnerabilidad, la amenaza (cuando esto sea posible) y en general los daños que se pueden presentar. Por su parte, el riesgo futuro hace referencia al incremento de una amenaza por mal manejo de esta o por tendencias inadecuadas del desarrollo municipal y se interviene a través de medidas implícitas en la planificación (SNPAD, 2010).

Las acciones de reducción del riesgo por erosión costera pueden ser de tipo físico (medidas estructurales – obras duras) y no físico (medidas no estructurales). Existen medidas no estructurales que cada uno de los municipios pueden ejecutar, como son las que tienen que ver con el ordenamiento territorial y que constituyen acciones indispensables para la reducción de riesgos.

En el caso de que llegue a ocurrir un desastre relacionado con la erosión costera se deben contemplar los siguientes componentes:

- Preparación para la respuesta y ejecución de la respuesta frente a desastres.
- Preparación para la recuperación que se realiza en dos etapas, rehabilitación y reconstrucción.

El componente de preparación para la respuesta frente a un desastre asociado a la erosión costera se refiere a las acciones principalmente de coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva, albergues y entrenamiento de personal, con el propósito de tomar medidas de forma anticipada ante un posible desastre. La ejecución de la respuesta se refiere a la optimización en la puesta en práctica de los diferentes servicios básicos de respuesta, como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, rápida evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, manejo de albergues y alimentación, disponibilidad de servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros.

Los componentes de preparación y ejecución de la recuperación hacen alusión a las acciones para el restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y el restablecimiento e impulso del desarrollo económico y social de la comunidad, todo esto posterior al desastre. La recuperación tiene como propósito central evitar la reproducción de las condiciones de riesgo preexistentes en el área o sector afectado.

Por último se recomienda a la luz del plan departamental de gestión de riesgo:

- Trabajar a la luz del Plan Departamental de Gestión del Riesgo el cual es un instrumento de planificación que conjuga múltiples variables, sectores, escenarios, aportes institucionales, etc., que están en constante cambio bajo dinámicas diferentes, de tal manera que se están generando continuamente impactos positivos o negativos en el desarrollo de sus estrategias. Su utilización exige un trabajo constante y comprometido en primera instancia por parte de las entidades que hacen parte del Consejo Departamental de Gestión del Riesgo y en segunda instancia, el jalonamiento y gestión que estas entidades puedan realizar para conseguir los aportes de otras entidades o sectores en la búsqueda de los resultados previstos en el Plan.
- Una gestión a todos los niveles. Empezando por el trabajo de posicionamiento en las agendas públicas de las administraciones, tanto de los entes gubernamentales como de los entidades pertenecientes al Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres -SNGRD y al Sistema Nacional Ambiental –SINA, quienes deben abordar las temáticas, priorizarlas y facilitar la gestión de recursos para apoyar su

implementación. Asimismo, los delegados institucionales deben poder asumir la vocería de sus entidades, facilitando el avance temático y procurando hacer efectivas las gestiones. Y finalmente, se debe trabajar por crear una cultura en el departamento del Magdalena orientada a que tanto las comunidades generadoras como las receptoras del riesgo por erosión costera, asuman sus compromisos respecto a las acciones de conocimiento, prevención, y reducción del riesgo por erosión y como primeros respondientes ante eventuales emergencias.

- Las múltiples temáticas influenciadas y diferentes grados de complejidad de la erosión costera, determinan diferentes mecánicas de formulación detallada, seguimiento y evaluación de sus medidas de intervención, por lo que será de gran utilidad el apoyo técnico con el que se pueda contar desde las diferentes comisiones instauradas en el departamento.
- El apoyo institucional que desde todos los niveles (internacional y nacional tanto del sector gubernamental como no gubernamental) pueden recibir los departamentos para ejecutar sus PDGR, les brinda una gran oportunidad a éstos de privilegiar las intervenciones en relación con el conocimiento del riesgo, la cuantificación del riesgo y la implementación de medidas prospectivas, reforzando la tesis de que el impacto financiero y sobre todo social de la prevención siempre será menor que los gastos periódicos que demanda la atención.
- Siempre se debe verificar la articulación permanente del PDGR tanto con los referentes nacionales como el Plan Nacional de Gestión del Riesgo, como con los macro-proyectos de carácter nacional propuestos para la región, los documentos CONPES relacionados, el Plan Nacional de Desarrollo, el Plan Departamental y los Planes Municipales de Desarrollo, los Planes Sectoriales Nacionales como el Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia –PNIEC, los Planes de Manejo Ambiental de Áreas Protegidas, el Plan de Gestión Ambiental Regional, , entre otros.
- La adaptación al cambio climático es una necesidad. Conforme a lo expresado en el último Congreso Nacional del Clima, la adaptación al cambio climático se constituye en la principal respuesta para reducir la vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática, y así permitir que tanto las comunidades como los ecosistemas, construyan resiliencia para enfrentar sus impactos. Se debe tener en cuenta que en un escenario global de cambio climático, el país más competitivo será el que les garantice a sus habitantes el derecho fundamental al agua, capacidad para absorber sin traumatismos los cambios del clima; seguridad, soberanía y autonomía alimentaria y el derecho a la identidad ligada a un territorio.
- Es fundamental mencionar la importancia que deben cobrar las actividades de comunicación del riesgo por erosión costera en el territorio, una comunidad bien

informada es una comunidad prevenida, que gestiona y usa mejor su territorio. El flujo de comunicación debe ser bidireccional, por un lado se recogen los datos y los reportes de lo que pasa en el territorio y por el otro, el territorio se nutre con las alertas, los comunicados, las campañas y en general toda la información de carácter preventivo que se pueda difundir oportunamente a las comunidades.

- El Plan de Gestión del Riesgo del Magdalena siempre debe ser considerado como punto de partida en la gestión del riesgo por erosión costera en el departamento, y de igual forma es una invitación a la suma de esfuerzos para coadyuvar en la búsqueda del desarrollo sostenible, ambiental y social en todo el territorio, no solo en su zona costera. Su implementación entrevé esfuerzo pero a la vez una oportunidad para influir en el ordenamiento y desarrollo del territorio, el manejo adecuado de la zona costera y principalmente en la búsqueda del bienestar y la dignificación de las condiciones de vida de la población del departamento del Magdalena.

## **ACTORES CLAVES EN LA GESTIÓN DE RIESGO POR EROSIÓN COSTERA**

El retroceso de las costas por la pérdida de kilómetros de playas ha generado cambios recientes en los ambientes costeros y ha impactado el desarrollo urbano y de servicios que se ha generado en las costas del mundo. En el caso de Colombia, durante los últimos 50 años, la línea de costa perteneciente a la región Caribe ha sufrido drásticos cambios, asociados al aumento del nivel del mar, al intenso oleaje, a los sedimentos, acciones humanas, entre otros factores. Las variaciones en el litoral Caribe colombiano por cuenta del avance del mar sobre la línea de costa alcanzan cifras alarmantes. A 2015, según un estudio efectuado por el grupo de investigación Geología, Geofísica y Procesos Litorales de la Universidad del Atlántico, el 48 por ciento de los 2.445 km que conforman la costa Caribe colombiana enfrentaba problemas de erosión. En el 2008, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) dijo que solo el 24 por ciento de estas se encontraban afectadas. En siete años, el alcance del fenómeno se ha duplicado en las playas de la región. Sin duda alguna, la mejor defensa ante un fenómeno como lo es la erosión costera consiste en la planeación y ejecución de políticas que ayuden a prevenir y afrontar la ocurrencia y aumento de este suceso. Lo anterior es denominado gestión del riesgo, y permite aumentar la capacidad de respuesta ante una situación de amenaza. En la gestión del riesgo actúan diferentes entes de manera mancomunada, uniendo esfuerzos para disminuir los impactos sociales, económicos y ambientales de una amenaza natural. A continuación se listan los principales y más importantes actores para el tema de la erosión costera

### **Nivel Nacional**

**Gobierno Nacional:** máxima autoridad Nacional, encabezada por el presidente de la Republica. Se encarga sobre todo de apoyar y disponer de los recursos necesarios para la concepción, planeación y ejecución de los planes de gestión de riesgo a nivel nacional.

**Comisión Colombiana del Océano (CCO):** La Comisión Colombiana del Océano es un órgano intersectorial de asesoría, consulta, planificación y coordinación del Gobierno Nacional en materia de Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros y sus diferentes temas conexos, estratégicos, científicos, tecnológicos, económicos y ambientales relacionados con el desarrollo sostenible de los mares colombianos y sus recursos.

**Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH):** Este centro tiene como objetivo el de Desarrollar los programas de investigación científica marina básica y aplicada de la Dirección General Marítima y la Armada Nacional; suministrar asesoría técnica y científica a otros entes nacionales, con el propósito de contribuir al conocimiento y el aprovechamiento de nuestros mares, así como a la seguridad de la vida

humana en el mar. El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH será el más avanzado en el conocimiento de los cuerpos de agua marinos en las áreas de su competencia Oceanográfica e Hidrográfica, de tal forma que facilite la protección del medio ambiente marino, el manejo integral de la zona costera, contribuyendo de esta forma al desarrollo sostenible del país.

**Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD):** es una Comisión Nacional, encabezada por el Gobierno Nacional, encargada de dirigir la implementación de la gestión del riesgo de desastres en Colombia, atendiendo las políticas de desarrollo sostenible, y coordinando el funcionamiento y el desarrollo continuo del sistema nacional para la prevención y atención de desastres (SNPAD).

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE):** organismo rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible. Hace parte de la UNGRD.

**Departamento Nacional de Planeación (DNP):** entidad puramente técnica que impulsa la implantación de una visión estratégica del país en los campos social, económico y ambiental, a través del diseño, la orientación y evaluación de las políticas públicas colombianas, el manejo y asignación de la inversión pública y la concreción de las mismas en planes, programas y proyectos del Gobierno. Como parte de la UNGRD, el DNP participa en la creación de los planes de gestión de riesgo.

**Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE):** es una entidad oficial que tiene como propósito la producción y difusión de información estadística de calidad en aspectos industriales, económicos, agropecuarios, poblacionales y de calidad de vida, encaminada a soportar la toma de decisiones. Como ente productor y administrador de estadísticos es fundamental en la generación de los planes de gestión de riesgo.

**Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM):** es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilite la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general. El IDEAM es uno de los actores más importantes en la generación de planes de gestión de riesgo ya que cuenta con la información hidrológica necesaria para la predicción de inundaciones.

**Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC):** es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). Como agente productor de cartografía y mapeo es clave en la embarcación de mapas que tienen que ver con amenaza, riesgo y vulnerabilidad por inundaciones.

## **Nivel Regional**

**Gobernación Departamental:** Máxima autoridad departamental, encargada de hacer cumplir los lineamientos y normas de la nación en cada departamento. Son las encargadas de dirigir los planes de gestión de riesgo para cada departamento, gestionando recursos y coordinando todas las actividades relacionadas. En el departamento del Magdalena, la Gobernación ha hecho grandes esfuerzos en la construcción del Plan Departamental de Gestión del Riesgo (PDGR), el cual en el cual se ha llevado a cabo un proceso de planeación de las medidas de intervención a implementar en el corto, mediano y largo plazo para gestionar los riesgos presentes en la región

**Secretarías de Planeación Departamental y de Ambiente:** entidades regionales de carácter departamental, encargadas, entre otras cosas, de formular y ejecutar proyectos relacionados con el desarrollo social, económico, político y ambiental de cada departamento. Son responsables de gestionar recursos financieros ante instancias nacionales o internacionales, para llevar a cabo los planes y estudios necesarios para el desarrollo del departamento.

**Corporaciones Autónomas Regionales (CAR):** tienen como objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como de dar cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones y pautas del MINAMBIENTE. Para el caso particular del departamento del Magdalena, la CAR correspondiente es CORPAMAG.

Estas entidades asesoran y colaboran con las gobernaciones y alcaldías en la inclusión del componente de prevención de desastres en los Planes de Desarrollo mediante la elaboración de inventarios y análisis de zonas de alto riesgo y el diseño de mecanismos de solución (Decreto Ley 919 de 1989, art. 64). Asimismo, se les otorga competencias relacionadas con la promoción y ejecución de obras de defensa contra las inundaciones y regulación de corrientes; la realización de actividades de análisis, seguimiento, prevención y control de

desastres y; adelantar con los municipios programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgo (Ley 99 de 1993, art. 31). La Ley 1523 de 2012, art. 31, aclara que el papel de las CAR es complementario y subsidiario respecto a la labor de alcaldías y gobernaciones, y estará enfocado al apoyo de las labores de gestión del riesgo que corresponden a la sostenibilidad ambiental del territorio y, por tanto, no se exime a los alcaldes y gobernadores de su responsabilidad principal en la implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastres (Ley 1523 de 2012, art. 31 parágrafo 2º).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREA I. 1990. **Inventario de erosión y acreción litoral (1793-1990) entre los Morros y Galerazamba**. Departamento de Bolívar, Colombia. AGID REPORT 13: 129 – 142.
- CORREA I, ACOSTA S, BEDOYA G. 2007. **Análisis de las causas y monitoreo de la erosión litoral en el Departamento de Córdoba**. Convenio de Trasferencia Horizontal de Ciencia y Tecnología n° 30. Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge – CVS - Universidad EAFIT. Medellín. 128 p.
- CORREA I, ALCANTARA-CARRIO J, GONZALEZ D. 2005. **Historical and recent shore erosion along the Colombian Caribbean coast**. Journal of Coastal Research SI49: 52-57.
- CORREA I, GONZÁLEZ J, RODRÍGUEZ C. 1989. **Geomorfología general y sedimentología de la bahía de Tumaco**. Memorias, VI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar, CCO, Bogotá.
- CORREA I, RESTREPO J. 2002. **Geología y oceanografía del Delta del río San Juan, litoral Pacífico colombiano**. Medellín, 221 p.
- CORREA I, RIOS A, GONZALES D, TORO M, OJEDA G, RESTREPO I. 2007. **Erosión litoral entre Arboletes y Punta San Bernardo, Costa Caribe Colombiana**. Boletín de Geología 29(2): 117 – 128.
- CORREA I, VERNETTE G. 2004. **Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (sector Arboletes – Turbo) costa Caribe colombiana**. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 33: 7-28.
- EUROSION. 2005. **Vivir con la Erosión Costera en Europa**. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Costas, del Estado Español. 40p.
- FLÓREZ C, ETTER A. 2003. **Caracterización ecológica de las islas Múcura y Tintipan, Archipiélago de San Bernardo, Colombia**. Revista de la Academia Colombiana de las Ciencias 27 (104): 343 – 356.
- GÓMEZ A, MARTÍNEZ J, YOKOHAMA Y. 2005. **El Holoceno tardío en la región de Cartagena reconstrucción paleoambiental de las terrazas marinas bajas**. Memorias del X congreso colombiano de geología. Bogotá. 9 p.
- INGEOMINAS, ECOPETROL ICP, INVEMAR. 2003. **Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta**. Geomorfología de la zona costera y piedemonte occidental. Informe Técnico 194 p.
- INVEMAR. 2004. **Formulación del plan de manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera Estuarina Río Sinú – golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano**. INVEMAR. Santa Marta. 76 p.

- JAVELAUD O.1987. **La sedimentation du plateau continental de la Colombie caraibe au cours du quaternarie terminal.** Tesis Doctoral, Université Bordeaux. 378 p.
- MARTÍNEZ JO, CARVAJAL H. 1990. **Atlas de geomorfología y erosión de la costa Pacífica colombiana (Valle, Cauca y Nariño).** Convenio Ingeominas / Progog. Bogotá, 167 p.
- MAZORRA J. 2004. **Geomorfología y dinámica de la franja costera entre la Punta de Arboletes y Cristo Rey, Departamento de Córdoba.** Trabajo de grado. Universidad Nacional. Bogotá. 143 p.
- MOLINA A. 1990. **Estudio sedimentológico y morfológico de la plataforma continental Caribe entre el sector de Santa Marta y Punta Morro Hermoso.** Boletín Científico del CIOH 14: 67-78.
- MOLINA A, MIRMAND L. 1992. **Estudio sedimentológico de la plataforma continental norpacífica colombiana (bahía de Buenaventura – frontera con Panamá).** En: Boletín Científico CIOH 1992. No.10: 27-36.
- MOLINA A, MOLINA C, GIRALDO L, PARRA C, CHEVILLOT P. 1990. **Dinámica marina y sus efectos sobre la geomorfología del golfo de Morrosquillo.** Boletín Científico del CIOH 15: 93-113.
- MOLINA A, MOLINA C, GIRALDO L, MOLINA L. 1997. **Variaciones morfológicas y texturales de las playas entre Barranquilla y la Flecha de Galerazamba (1935-1996).** Boletín Científico del CIOH 18: 23-28.
- MOLINA A, MOLINA C, THOMAS Y, MOLINA L. 2005. **Comportamiento de la línea de costa del Caribe colombiano (Sector entre Barranquilla, desde Bocas de Ceniza hasta la Flecha de Galerazamba 1935 -1996).** Boletín Científico CIOH 19: 68 – 79.
- MOLINA A, PELGRAIN A, SUZUNAGA J, GIRALDO L. 1996. **Comportamiento de la dinámica en el sector costero entre Galerazamba y Cartagena.** Boletín Científico del CIOH 17: 73-78.
- NIETO M. 2004. **Estudio morfodinámico del delta del río Atrato, golfo de Urabá, a partir de Cartografía histórica y percepción remota.** Trabajo de grado. Universidad Nacional. Bogotá. 132 p.
- ORTIZ J. 2006. **Huracanes y tormentas tropicales en el Mar Caribe colombiano.** Boletín Científico CIOH 25: 54-60.
- POSADA B, HENAO W, GUZMÁN G. 2009. **Diagnóstico de la erosión y sedimentación en la zona costera del Pacífico colombiano.** INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 17, Santa Marta, 148 páginas.
- RANGEL N. 2004. **Estudio geológico de los procesos que tienen lugar en la zona marino-costera del sector Cristo Rey – Paso Nuevo, Departamento de Córdoba.** Trabajo de grado. Universidad de Caldas. Manizales. 124 p.

- RANGEL N. 2009. **Geomorfología y cambios en la línea de costa entre el Cabo San Juan de Guía y el Río Cañas (Departamentos del Magdalena y La Guajira)**. Tesis de Maestría. Universidad EAFIT. 82 p.
- RANGEL N, ANFUSO G. 2009. **Assessment of Coastal vulnerability in la Guajira Peninsula, Colombian Caribbean Sea**. Journal of Coastal Research SI56: 792-796.
- RANGEL N, ANFUSO G. 2009. **Medium-term evolution and vulnerability of a littoral sector of the Colombia Caribbean Sea**. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences 62: 1131 – 1140.
- RANGEL N, POSADA B. 2005. **Geomorfología y procesos erosivos en la costa norte del departamento de Córdoba, Caribe colombiano (sector Paso Nuevo – Cristo Rey)**. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 34: 101-119.
- RESTREPO J. 2001. **Geomorfología y análisis de las variaciones de costa de la zona norte del golfo de Morrosquillo y archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano**. Trabajo de grado. Universidad de Caldas. Manizales. 183 P.
- RESTREPO J, ZAPATA P, DÍAZ J, GARZÓN-FERREIRA J, GARCÍA C. 2006. **Fluvial fluxes into the Caribbean sea and their impact on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia**. Global and Planetary Change 50: 33-49.
- RESTREPO-PACE P, RUÍZ J, GEHRELS G, COSCA M. 1997. **Geochronology and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic – Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas**. Earth and Planetary Science Letters 150: 427 – 441.
- ROBERTSON K, CHAPARRO J. 1998. **Evolución histórica del delta del río Sinú**. Informe Técnico. Bogotá. 17 p.
- SÁNCHEZ G, FORERO L. 1983. **Aspectos geomorfológicos y cartográficos del litoral Caribe colombiano entre las desembocaduras de los ríos Magdalena y Sinú**. En: Memorias de la 10ª Conferencia Geológica del Caribe. Cartagena. 283 – 302.
- TORRES R, GÓMEZ J, FRANCO A. 2006. **Variación del nivel medio del mar en el Caribe Colombiano**. Boletín Científico CIOH 24: 64-72.
- VERNETTE G. 1985. **La plateforme continentale Caraïbe de Colombie (du débouché de Magdalena au golfe de Morrosquillo)**. Importance du diapirisme arigileux sur la morphologie et la sedimentation. Tesis Doctoral, Universidad de Bordeaux. 378 p.

## **Siglas, Acrónimos y Convenciones**

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

CLCGSM: Complejo Lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta.

CORPAMAG: Corporación Autónoma Regional del Magdalena.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

ONU: Organización de Naciones Unidas.

PNN: Parque Nacional Natural.

SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta.