



**InVamar**  
Colombia  
50% Mar

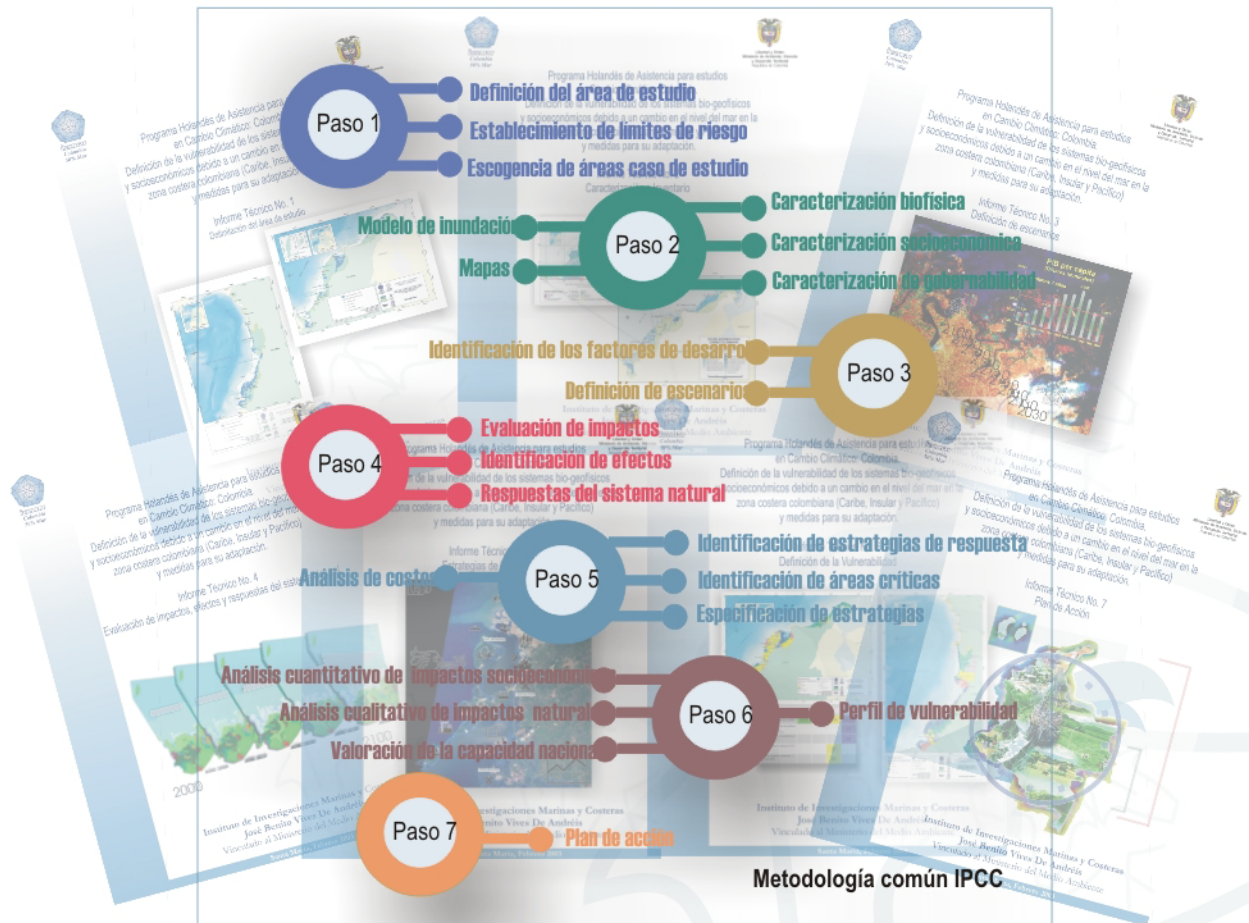


**Libertad y Orden**  
Ministerio de Ambiente, Vivienda  
y Desarrollo Territorial  
República de Colombia

# Programa Holandés de Asistencia para estudios en Cambio Climático: Colombia.

## Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe, Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación.

### Resumen Ejecutivo



**Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras**  
**José Benito Vives De Andrés**  
Vinculado al Ministerio del Medio Ambiente

# Definición de la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe, Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación

## RESUMEN EJECUTIVO

Santa Marta DTHC - 2003

### DIRECTIVOS INVEMAR

Capitán de Navío  
FRANCISCO A. ARIAS ISAZA  
Director General

JESÚS ANTONIO GARAY T  
Subdirector de Investigación  
Coordinador (E) Calidad Ambiental  
Marina (CAM)

JUAN MANUEL DÍAZ M.  
Coordinador Programa Biodiversidad y  
Ecosistemas Marinos (BEM)

ROBERTO FEDERICO NEWMARK U.  
Coordinador (E) Programa Valoración y  
Aprovechamiento de Recursos  
Marinos Vivos (VAR)

PAULA CRISTINA SIERRA C.  
Coordinadora Programa de Investigación  
para la Gestión Marina y Costera (GEZ)

INVEMAR  
Cerro Punta de Betín,  
Santa Marta - Colombia  
Apartado Aéreo 1016  
<http://www.invemar.org.co>  
[gez@invemar.org.co](mailto:gez@invemar.org.co)

### ESSENTIAL DATA

Activity number: WW094507 // CO010401  
Project name: Netherlands Climate Change Studies  
Assistance Programme, Colombia: Defining  
vulnerability of Bio-geophysical and social-economic  
system due to sea level change in the Colombian  
coastal zone (Pacific and Caribbean) and adaptation  
measures.  
Location: Colombia  
Duration: 22 months  
Contractor: Marine and Coastal Research Institute  
(INVEMAR)  
Ministry of the Environment (MMA)  
Contractor Address: Cerro Punta Betín A.A. 1016  
Santa Marta, Colombia, South America  
Counterpart: The Institute for Environmental Studies of  
the Free University of Amsterdam  
Counterpart Address: De Boelelaan 1115, 1081 HV  
Amsterdam, The Netherlands  
Counterpart: The Royal Netherlands Embassy in Santa  
fé de Bogotá  
Counterpart Address: Carrera 13 No. 93-40  
Santa fé de Bogotá, Colombia

### DIRECCION CIENTÍFICA DEL PROYECTO

CN Francisco A. Arias Isaza  
Director General INVEMAR

Paula Cristina Sierra Correa  
Coordinadora Programa de Investigación  
para la Gestión Marina y Costera-GEZ  
INVEMAR

David A. Alonso Carvajal  
Coordinador línea de Técnicas e Instrumentos de  
Planificación -GEZ  
INVEMAR

### GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Martha Patricia Vides  
Bióloga Marina  
INVEMAR

Luz Marelvis Londoño  
Economista. Cand. MSc. Economía en Medio  
Ambiente  
INVEMAR

Martha Lilliana Fontalvo  
Microbióloga. Esp. EIA  
INVEMAR

Carmen Lilliana Lacambra  
Bióloga MSc. Manejo de Zonas Costeras  
INVEMAR

Iván Darío Correa  
Geólogo PhD Geología  
Universidad EAFIT

Sarah Hernández  
Economista. Msc. Economía.  
HUMBOLDT

TN Ricardo Molares  
TN Erick Guayana Labrador  
TN Luis Otero  
Armada Nacional (CIOH, CCCP)

### LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Clara del Pilar Lozano  
Ing. Catastral y Geodesta. Esp. Ing. de Software  
INVEMAR

Armando González  
Ing. de Sistemas. Esp. en SIG y Sensores Remotos  
INVEMAR

Cesar Fernando García  
Biólogo Marino  
INVEMAR

### CONSULTORES

Amparo Ramos Mora  
Abogado. MSc. Gestión Ambiental de Zonas Costeras

Carlos Andrade  
Oceanógrafo. PhD Oceanografía

Rafael Steer Ruiz  
Oceanógrafo. MSc. Economía y Política Marina

### ESTUDIANTE DE PRE-GRADO - TESISISTA :

Olga Lucia Monteleagre  
Convenio UJTL-INVEMAR

### ASESORES INTERNACIONALES:

Arjan van der Weck  
Marcel Rozeijmeijer  
DELFT HYDRAULICS

### COORDINADOR DEL NCCSAP:

Kees Dorland  
Vrije Universiteit Amsterdam -IVM

### PUNTO FOCAL NCCSAP-COLOMBIA

Fabian Navarrete Le Bas  
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

### COORDINACIÓN ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Grupo de la Subdirección de Recursos y  
Apoyo a la Investigación SRAI  
INVEMAR

# Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>BASES PARA ESPERAR UNA AUMENTO EN EL NIVEL DEL MAR.....</b>	<b>5</b>
1.1	EFFECTO INVERNADERO.....	5
1.2	ESTIMACIONES DE ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR.....	6
1.3	LA RESPUESTA COLOMBIANA ANTE UN RÁPIDO ASCENSO EN EL NIVEL DEL MAR .....	7
1.3.1	<i>Herramientas de respuesta</i> .....	7
<b>2</b>	<b>GENERALIDADES DEL PROYECTO.....</b>	<b>8</b>
2.1	ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	9
2.2	MARCO METODOLÓGICO .....	9
<b>3</b>	<b>PASO 1. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>10</b>
3.1	LOCALIZACIÓN .....	10
3.2	LA ZONA COSTERA COLOMBIANA.....	11
3.3	ÁREA DE ESTUDIO .....	13
3.4	EVALUACIÓN DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS .....	16
3.5	DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN.....	17
<b>4</b>	<b>PASO 2. INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN.....</b>	<b>19</b>
4.1	LOS ESPACIOS MARÍTIMOS Y LAS ZONAS COSTERAS E INSULARES .....	19
4.2	OCEANOGRAFÍA .....	19
4.2.1	<i>Costa Caribe Continental</i> .....	19
4.2.2	<i>Costa Caribe Insular</i> .....	21
4.2.3	<i>Costa Pacífica</i> .....	21
4.3	EVENTOS OCEANOGRÁFICOS RELEVANTES EN LAS COSTAS COLOMBIANAS.....	22
4.3.1	<i>Surgencia</i> .....	22
4.3.2	<i>Filamentos oceánicos</i> .....	23
4.3.3	<i>Frentes térmicos en el mar</i> .....	23
4.3.4	<i>Tsunamis</i> .....	23
4.3.5	<i>Ciclones tropicales</i> .....	23
4.3.6	<i>Mar de leva</i> .....	24
4.4	CLIMATOLOGÍA .....	25
4.4.1	<i>Costa Caribe Continental</i> .....	25
4.4.2	<i>Costa Caribe Insular</i> .....	25
4.4.3	<i>Costa Pacífica</i> .....	26
4.5	MARCO GEOTECTÓNICO .....	27
4.5.1	<i>Unidades geomorfológicas</i> .....	28
4.6	ELEMENTOS DEL SISTEMA NATURAL .....	28
4.6.1	<i>Ecosistemas marinos y costeros</i> .....	30
4.7	ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS .....	35
4.7.1	<i>Estructura Político Administrativa y Aspectos Socioculturales</i> .....	36
4.7.2	<i>Uso del suelo y formas de tenencia de la tierra</i> .....	39
4.7.3	<i>Sectores Productivos</i> .....	40
4.7.4	<i>Infraestructura</i> .....	40
4.8	GOBERNABILIDAD DE LA ZONA COSTERA .....	41
4.8.1	<i>Revisión preliminar de la capacidad del Estado para abordar la amenaza de ARNM</i> .....	41

4.8.2	<i>Estructura Administrativa</i> .....	42
4.8.3	<i>Marco Legal para el Manejo de Zonas Costeras</i> .....	44
4.8.4	<i>La Propiedad en La Zona Costera Colombiana</i> .....	45
4.8.5	<i>Marco Normativo</i> .....	45
<b>5</b>	<b>PASO 3. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS</b> .....	<b>47</b>
5.1	ESCENARIO OPTIMISTA .....	48
5.2	ESCENARIO PESIMISTA.....	50
<b>6</b>	<b>PASO 4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS, EFECTOS Y RESPUESTAS DEL SISTEMA NATURAL</b> .....	<b>51</b>
6.1	EROSIÓN.....	51
6.2	INUNDACIÓN .....	52
6.3	INTRUSIÓN SALINA .....	53
6.4	RESPUESTAS DEL SISTEMA NATURAL.....	53
6.4.1	<i>Biomás terrestres</i> .....	54
6.4.2	<i>Ecosistemas marinos y costeros</i> .....	55
6.5	EVALUACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL SISTEMA SOCIOECONÓMICO .....	57
6.5.1	<i>Escenario optimista</i> .....	57
6.5.2	<i>Escenario pesimista</i> .....	58
<b>7</b>	<b>PASO 5. FORMULACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE RESPUESTA</b> .....	<b>60</b>
7.1	REUBICACIÓN.....	61
7.2	ADAPTACIÓN.....	61
7.3	PROTECCIÓN.....	62
7.4	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS.....	63
7.4.1	<i>Áreas críticas en la proyección de 30 cm de ANM</i> .....	63
7.4.2	<i>Áreas críticas en la proyección de 100 cm de ANM</i> .....	65
7.5	IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE RESPUESTA POR ANÁLISIS MULTICRITERIO.....	66
7.5.1	<i>Santa Marta</i> .....	67
7.5.2	<i>Barranquilla</i> .....	68
7.5.3	<i>Cartagena</i> .....	68
7.5.4	<i>Turbo</i> .....	69
7.5.5	<i>Area caso de estudio Morrosquillo</i> .....	69
7.5.6	<i>Buenaventura</i> .....	70
7.5.7	<i>UMI Guapi-Iscuandé</i> .....	71
7.5.8	<i>Tumaco</i> .....	71
7.6	ESPECIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE RESPUESTA Y COSTOS .....	72
7.7	ESTRATEGIA DE RESPUESTA “SIN MEDIDAS” .....	72
7.7.1	<i>Estrategias de respuesta “protección total”</i> .....	72
7.7.2	<i>Estrategia a escala Nacional</i> .....	73
7.8	ESTIMACIÓN DE COSTOS ASOCIADOS A LAS ESTRATEGIAS DE RESPUESTA: .....	75
7.8.1	<i>Aspectos metodológicos</i> .....	75
7.8.2	<i>Planificación Local</i> .....	75
7.8.3	<i>Medidas adicionales</i> .....	77
<b>8</b>	<b>PASO 6. EVALUACIÓN DEL PERFIL DE VULNERABILIDAD</b> .....	<b>79</b>
8.1.1	<i>Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos del sistema natural</i> .....	80
8.1.2	<i>Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos del sistema socioeconómico</i> .....	81
8.1.3	<i>Factibilidad de implementación de las estrategias de respuesta</i> .....	83
<b>9</b>	<b>PASO 7. PLAN DE ACCIÓN</b> .....	<b>85</b>
9.1	ACCIONES RELACIONADAS CON EL CONOCIMIENTO E INFORMACIÓN – SITUACIÓN ACTUAL.....	86



9.1.1	<i>Investigación</i> .....	87
9.1.2	<i>Monitoreo</i> .....	88
9.1.3	<i>Sistema de información</i> .....	88
9.2	ACCIONES RELACIONADAS CON LA PLANIFICACIÓN – SITUACIÓN ACTUAL .....	89
9.2.1	<i>Incorporación a la planificación territorial</i> .....	89
9.2.2	<i>Incorporación a la planificación Sectorial</i> .....	91
9.3	ACCIONES RELACIONADAS CON EL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL – SITUACIÓN ACTUAL ....	92
9.3.1	<i>Fortalecimiento de la Gobernabilidad</i> .....	92
9.3.2	<i>Fortalecimiento de la capacidad técnica</i> .....	93
9.4	ACCIONES RELACIONADAS CON LA EDUCACIÓN, DIVULGACIÓN Y SOCIALIZACIÓN .....	94
9.4.1	<i>Difusión de información a la sociedad en general</i> .....	95
9.4.2	<i>Aspectos culturales y sociales</i> .....	95
9.4.3	<i>Educación formal en todos los niveles</i> .....	95
9.5	ACCIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN INTERNACIONAL.....	96
9.5.1	<i>Fortalecimiento de la capacidad de gestión internacional</i> .....	96
9.5.2	<i>Proyección de Colombia hacia las regiones del Gran Caribe y Pacífico Sudeste</i> .....	97
9.6	ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS .....	97

# Lista de abreviaturas

ARNM:	Ascenso Rápido del Nivel del Mar
ANM:	Ascenso del Nivel del Mar
CAR:	Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible
CBD:	Convención de Diversidad Biológica
CC:	Cambio Climático
CCCP:	Centro de Control de Contaminación del Pacífico
CCO:	Comisión Colombiana del Océano
CDM:	MDL- Mecanismo de Desarrollo Limpio
CIOH:	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas
CMNUCC:	Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático
COLCIENCIAS:	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología “Francisco José de Caldas”
CONPES:	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP:	Conferencia de la Partes
DANE:	Departamento Nacional de Estadística
DGIS :	Dirección General para Cooperación Internacional
DIMAR:	Dirección General Marítima y Portuaria
DNP:	Departamento Nacional de Planeación
EMC:	Ecosistemas Marinos y Costeros
GEF:	Global Environmental Facility
GEI:	Gases Efecto Invernadero
GTZ:	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales
IIAP:	Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico
INPA:	Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura
INVEMAR:	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
IVM:	Institute for Environmental Studies of the free University of Amsterdam
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MIZC:	Manejo Integrado de Zona Costera
MMA:	Ministerio del Medio Ambiente
NCCSAP:	Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme
PDT:	Plan de Desarrollo Territorial
PIB:	Producto Interno Bruto
PNPAD:	Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
PNAOCI:	Política Nacional Ambiental para el Desarrollo sostenible de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia
POT:	Plan de Ordenamiento Territorial
SIDS:	Small Island Developing States
SINA:	Sistema Nacional Ambiental
SINOC:	Sistema de Información Nacional Oceánico y Costero
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SNPAD:	Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
UAC:	Unidad Ambiental Costera
UAESPNN:	Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales
UNCED:	Second United Nations Conference on Environment and Development
UNDP:	United Nations Development Program
UNFCCC:	United Nations Framework Convention on Climate Change

# Introducción.

## 1 Bases para esperar una aumento en el nivel del mar

Durante la historia geológica de nuestro planeta, el nivel del mar ha aumentado y disminuido a razón de trescientos metros debido a cambios en la forma y el tamaño de la cuenca oceánica, la cantidad de agua contenida en los océanos, y la densidad promedio del agua marina. El levantamiento y subsidencia de la tierra, han causado también cambios relativos en el nivel del mar de algunas masas de la tierra. Los tres primeros factores tienen una influencia directa sobre el “nivel global del mar”, el último sin embargo afecta al “nivel relativo del mar”.

Durante la pasada edad de hielo, la temperatura global promedio fue 50°C más baja que en la actualidad. Los glaciares cubrían la mayoría del hemisferio norte, había menos agua en los océanos y el nivel medio del mar era de 100 a 150 m menor que en la actualidad. Por otro lado, durante periodos interglaciares anteriores, las temperaturas globales eran de 1 a 20° C más cálidas y el nivel del mar estaba a 6 metros más alto del actual (Titus *et al.*, 1985).

### 1.1 Efecto Invernadero

La preocupación ante un posible incremento en la tasa de aumento del nivel del mar, surge del progresivo ascenso, que se ha evidenciado durante los últimos años, debido a las concentraciones de dióxido de carbono, metano, cloro-fluoruro-carbonados y otros gases producidos en su mayoría por actividades humanas. Debido a que estos gases absorben la radiación infrarroja (calor), los científicos en general esperan que la tierra se caliente substancialmente. Cuando la luz del Sol llega a la Tierra, (Figura 1) calienta la superficie que refleja el calor en forma de radiación infrarroja. Sin embargo, el vapor de agua, el CO<sub>2</sub> y otros gases en la atmósfera, absorben parte de esta energía, y evitan que escape a la atmósfera y al espacio. Debido a que la atmósfera atrapa calor y calienta la tierra de forma similar a los paneles de vidrio de un invernadero, este fenómeno es conocido como “efecto invernadero” (Titus *et al.*, 1985).

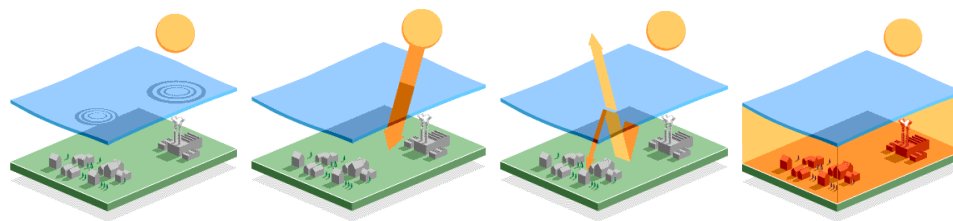


Figura 1. Representación esquemática del Efecto Invernadero

## 1.2 Estimaciones de ascenso del nivel del mar.

Las estimaciones de proyecciones del aumento en el nivel del mar en un futuro, se han realizado desde los años 80's cuando se estimaba que el nivel del mar aumentaría entre 50 y 200 cm para el año 2100; esto, asumiendo que la temperatura global del planeta aumentaría 4° C en los próximos 75 a 100 años. En los años 90's a través del Panel Internacional de Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change –IPCC 1990a; 1992) se produjeron mejores estimativos que oscilaban entre 100 y 50 cm, dándose una voz de alerta a todas las naciones costeras del mundo para que se preparasen para dicho cambio (Titus y Narayanan, 1996).

En el resumen realizado por el Grupo de Trabajo I del IPCC (Summary for Policymakers –SPM-, 2001), las últimas predicciones, muestran un aumento promedio global del nivel medio del mar entre 0.1 y 0.2 metros durante el siglo 20.

De igual forma se afirma que, el calor oceánico global, se ha incrementado desde finales de los años 50, período desde el cual se han obtenido mediciones confiables de temperatura subsuperficial del mar. El promedio mundial del nivel del mar, está proyectado a aumentar entre 0.09 a 0.08 m. entre 1990 y 2100. Se asume que este aumento estará provocado principalmente por la expansión termal de la masa de agua marina y a la pérdida en las capas de hielo glaciares.

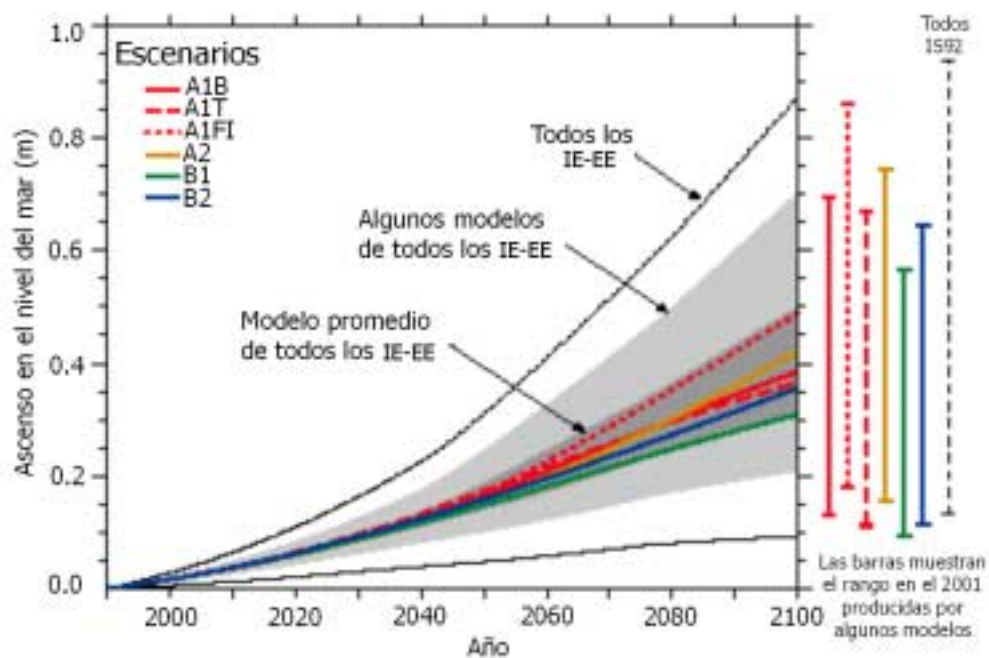


Figura 2 Los escenarios a que se refiere la figura corresponden a los utilizados por el IPCC para el análisis de los posibles efectos, impactos y opiniones para mitigar los cambios climáticos. La sigla IE-EE responde a la abreviatura de los escenarios propuestos en el Informe especial sobre escenarios de emisiones del Grupo de Trabajo III del IPCC (Special Report on Emissions Scenarios-SRES). La siglas de los escenarios responden al grupo de familias propuestas A y B.



Las evidencias anteriormente expuestas y la gran preocupación que han generado las posibles consecuencias de dicho fenómeno, ha permitido que muchos países, entre ellos Colombia, empiece a evaluar su vulnerabilidad ante el cambio climático global.

### 1.3 La respuesta Colombiana ante un rápido ascenso en el nivel del mar

Numerosos esfuerzos se han realizado para tratar de entender si las tendencias actuales de ascenso del nivel del mar van a llegar a niveles tan críticos que afecten la vida humana en las zonas costeras. Sin embargo, es poco lo que se sabe sobre estas tendencias en Colombia y si las tendencias globales son válidas para sus zonas costeras, reconociendo que el aumento del nivel del mar afecta las regiones de manera diferente y según las circunstancias propias de cada una.

No es sorprendente que el impacto potencial del aumento en el nivel del mar y el cambio climático en general, tenga una gran influencia sobre el desarrollo de las políticas de uso de la tierra en las zonas costeras. Conforme con el IPCC se estima que existe una rápida expansión de la población mundial y que el mayor incremento se ha observado en las zonas costeras, especialmente en los países desarrollados. Este incremento demográfico hace que las presiones naturales y antrópicas sean un fenómeno común en todas las áreas del mundo donde se intensifican la presión sobre los componentes bio-geofísicos y socioeconómicos de las zonas costeras, amenazando entre otras la diversidad biológica.

Un aumento en el nivel del mar debido al cambio climático, puede significar cambios adversos en la zona costera, afectando ecosistemas de gran importancia ecológica y económica (IPCC, 1990 ; 1996 b)

En la literatura existente sobre los impactos causados por un aumento en el nivel del mar, se sugieren tres conclusiones principales (IPCC, 2001):

- El efecto potencial del cambio climático en la zona costera será de consideración.
- La divulgación de las futuras proyecciones y las medidas acertadas de desarrollo sobre el uso de la tierra actualmente, pueden reducir substancialmente futuros daños potenciales.
- La naturaleza compleja y a largo plazo de los efectos, tenderán a forzar predicciones de impactos con alto grado de incertidumbre; esta preocupación se verá magnificada a medida que los estudios se muevan a niveles de resolución aún menores, desde lo global, a lo nacional y al local.

#### 1.3.1 Herramientas de respuesta

Atendiendo el mandato de la Segunda Conferencia Ambiental y de Desarrollo (UNCED-2) llevada a cabo en Junio de 1992; de la Convención de Diversidad Biológica (CBD) en el Mandato de Jakarta 1995 y de la Convención Marco de Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, Colombia, un país con extensas costas sobre el mar Caribe y el océano Pacífico, se ha observado la necesidad de manejar sus recursos marinos y costeros de una manera integral, holística, ordenada y sostenible, de forma muy distinta a la llevada a cabo hasta el momento.

Antes de los años 80's, los esfuerzos para iniciar una administración integrada de la zona costera con bases científicas, fueron poco fructíferos. Solo hasta la creación del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (Ley 99 de 1993) como ente rector de la gestión ambiental del país, se ha comenzado a entender, discutir y asumir el tema de Manejo Integrado de las Zonas Costeras, a un nivel adecuado de estado, con el apoyo científico de las entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental – SINA (Corporaciones Autónomas Regionales, autoridades ambientales encargadas del seguimiento y control de las políticas emitidas por el MMA e Institutos de Investigación).

La futura situación ecológica de las zonas costeras colombianas, requiere un estudio de cambios regulares de los ecosistemas, orientado a la creación de modelos escenarios en el tiempo. Sobre esta base, Colombia, consciente de su responsabilidad y como complemento a otros estudios relativos al tema y desarrollados paralelamente en el país (producción de gases invernadero, identificación de sumideros de gases, producción de gases por fuentes móviles, entre otros), desarrolló, el proyecto *DEFINICIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO EN EL NIVEL DEL MAR DE SISTEMAS BIOGEOFÍSICOS Y SOCIOECONÓMICOS EN LA ZONA COSTERA COLOMBIANA (PACÍFICO, INSULAR Y CARIBE) Y MEDIDAS PARA SU ADAPTACIÓN*, como una primera aproximación al entendimiento de este evento y como herramienta para ser usada por las autoridades gubernamentales en la difícil tarea de la toma de decisiones.

## 2 Generalidades del Proyecto

El propósito principal del proyecto se resume en la definición de la vulnerabilidad y de las medidas de adaptación de los sistemas bio-geofísicos, socio-económicos y de gobernabilidad en las costas Caribe y Pacífico de Colombia, en el evento de un posible ascenso en el nivel del mar, haciendo uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y de aproximaciones obtenidas a partir de técnicas de procesamiento digital de productos provenientes de sensores remotos, con el fin último de acrecentar la Capacidad Nacional ante un posible ascenso rápido del nivel del mar.

Además, busca la elaboración de bases de datos, que reflejen la situación actual de las costas colombianas (topografía, geomorfología, EMC, asentamientos y usos de la tierra). Busca también, el desarrollo de un modelo cualitativo preliminar, que permita la detección de los cambios espaciales de los EMC, dado por un cambio en el nivel del mar, al igual que la predicción de zonas inundables y posibles escenarios, eventos y magnitudes, así como las medidas acertadas de adaptación pertinentes para la reducción de la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas.

Esta investigación es responsable igualmente de suministrar la información al Sistema Nacional Ambiental (SINA) para que sirva de soporte de la *Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia* (PNAOCI), para generar conciencia en el público general de las posibles amenazas causadas por el Ascenso en el Nivel del Mar (ANM) y del establecimiento de cooperación internacional de países con amplia trayectoria en la evaluación de la vulnerabilidad en las zonas costeras.

## 2.1 Estructura del Proyecto

El proyecto hace parte del Programa Holandés de Asistencia para Estudios sobre Cambio Climático, (Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme-NCCSAP), una iniciativa del Ministerio Holandés de Relaciones Exteriores a través de la oficina de Dirección General para Cooperación Internacional (DGIS) que dio inicio desde 1996 y cuyos objetivos son los siguientes:

- Permitir a los países en vía de desarrollo la implementación de las respuestas a los compromisos adquiridos bajo la Convención Marco de Cambio Climático.
- Crear conciencia de las implicaciones del cambio climático.
- Promover la participación de los tomadores de decisiones, la comunidad científica y el público en general

El programa delega su responsabilidad en los Ministerios de los países participantes, principalmente los Ministerios de Medio Ambiente, como en el caso de Colombia, para llevar a cabo los estudios de cambio climático, que a su vez son ejecutados por las entidades científicas competentes. El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés-INVEMAR, fue la entidad delegada por el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia para ejecutar el proyecto. El INVEMAR es una corporación civil, científica y tecnológica, sin ánimo de lucro, que desde hace más de 30 años estudia los recursos naturales renovables, marinos y costeros, con el fin de aportar el conocimiento científico que permita contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos.

En contraparte el NCCSAP ha delegado en el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Libre de Ámsterdam (Institute for Environmental Studies -IVM), para supervisar los estudios en los diferentes países que comparten esta responsabilidad con Colombia, como Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Ghana, Senegal, Surinam, Yemen, Mali, Mongolia, Kazakhsan y Zimbabwe. A diferencia de los países anteriormente mencionados, Colombia cuenta además con el apoyo de la Embajada Real de los Países Bajos en Bogotá como cofinanciador del proyecto. Como complemento y apoyo técnico, el IVM ha contratado los servicios del Delft Hydraulics, un instituto consultor e independiente con sede en Holanda, con una amplia experiencia en el tema.

## 2.2 Marco metodológico

Como base metodológica se utilizó la Metodología Común del IPCC (1992), que consiste en 7 pasos diferentes e interrelacionados, cuya meta final es la producción de un plan de acción orientado a suministrar acciones que aminoren los impactos del aumento en el nivel del mar y a la identificación de estrategias de respuesta ante el mencionado fenómeno.

Esta metodología cuenta con la ventaja de reducir costos de ejecución en los países que no tienen suficientes recursos, además de homologar la comparación de resultados entre países y de facilitar la agregación de información para aproximarse a una evaluación global de vulnerabilidad. Sin embargo cuenta con la desventaja de que no todos los países tienen la información base necesaria para aplicarla exactamente.



Método: *bg* Común, (m odificada IPCC, 1992)

### 3 Paso 1. Definición del área de estudio

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

#### 3.1 Localización

La república de Colombia está ubicada en el extremo noroeste de Suramérica y es el único país en esta región que posee costas sobre el mar Caribe y el océano Pacífico (Figura 7). Limita con Panamá por el noroeste (266 km), por el noreste y el este con Venezuela (2.219 km), por el sureste con Brasil (1.645 km), por el sur con el Perú (1.626 km) y por el suroeste con Ecuador (586 km). La superficie total es de 1'141.748 km<sup>2</sup> que incluyen los territorios insulares marítimos: archipiélagos de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Rosario y San Bernardo, Isla Fuerte y Tortuguilla en el Caribe y las islas Malpelo, Gorgona y Gorgonilla en el Pacífico (UAESPNN, 1998).



Figura 3. Ubicación de Colombia en el globo

La Ley 10 de 1978 en el artículo 1° establece que el Mar territorial de la nación colombiana sobre el cual ejerce plena soberanía (Figura 4), se extiende, más allá de su territorio continental e insular y de sus aguas interiores hasta una anchura de 12 millas náuticas o de 22 kilómetros, 224 metros. La soberanía nacional se extiende igualmente al espacio situado sobre el mar territorial, así como al lecho y al subsuelo de este mar (Ley 10/78) (Steer *et al.*, 1997)

El territorio continental (Figura 4), ocupa parte de los hemisferios norte y sur; alcanza los 12° 30' 40" de latitud norte en Punta Gallinas, península de la Guajira (el punto más septentrional de América del Sur), y los 4° 13' 30" de latitud sur en la confluencia de la quebrada de San Antonio en el río Amazonas; por el este, los 66° 50' 54" al oeste de Greenwich en la margen derecha del río Guainí o Negro, frente al "inselberg" denominado Piedra del Cocuy o Cucui, y por el oeste, los 79° 01' 23" al oeste de Greenwich en el Cabo Manglares, departamento de Nariño (UAESPNN, 1998).

*Figura 4 Departamentos costeros y límites fronterizos marinos de Colombia (Modificado de IGAC, 2001©)*



### 3.2 La Zona Costera Colombiana.

Colombia es una Nación afortunada que a lo largo de sus 3.882 km<sup>1</sup> de línea de costa en los dos océanos y en sus sistemas insulares, presenta todos los tipos de ecosistemas marino-costeros posibles de encontrarse en el trópico. Estos ecosistemas tienen la capacidad de proveer bienes y servicios que sostienen las crecientes actividades económicas, así como los diversos usos tradicionales de las comunidades locales.

A pesar de esta situación, las nuevas tendencias de desarrollo del país referidas al aprovechamiento de los ecosistemas costeros de la Nación, desarrollan actividades que se justifican más por su rentabilidad a corto plazo y por los beneficios que producen para sectores particulares, que por los beneficios que aportan en el largo plazo para la calidad de vida de la sociedad colombiana. Como consecuencia, se ha observado un desordenado progresivo y creciente turismo pobre en planificación sobre la línea de costa, un aumento en la contaminación a lo largo de los tramos más densamente poblados y fuertemente explotados, erosión de la línea costera, degradación y pérdida de hábitat y disminución progresiva de la pesca. Estos problemas se deben además a una mala planificación del uso de

---

<sup>1</sup> INVEMAR.2001. Informe del Estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia:2000. Serie Documentos Generales. No. 3. Santa Marta, Colombia. 138 p.



los recursos costeros, sobrecarga de la capacidad de sustentación y a un manejo, monitoreo y vigilancia deficientes por parte del sector público (MinAmbiente, 2001).

Frente a este reto, el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, partiendo de unos elementos y objetivos generales establecidos en la Constitución Política y en las funciones asignadas en la Ley 99 de 1993 relacionadas con la formulación, concertación y adopción de las políticas orientadas al ordenamiento ambiental del territorio costero y de los mares adyacentes, promovió desde mediados de 1996 la formulación de la *Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia* (PNAOCI). Esta Política recoge todos los aportes recibidos por parte de los diferentes actores y sectores involucrados el tema del ordenamiento ambiental de las zonas costeras e insulares y mares de Colombia.

Según la Política la Zona Costera colombiana es:

*“Una entidad geográfica del territorio nacional definida y separada con características naturales, demográficas, sociales, económicas y culturales propias y específicas. Está formada por una franja de anchura variable de tierra firme y espacio marítimo en donde se presentan procesos de interacción entre el mar y la tierra”. En ella se desarrollan actividades como la pesca, el turismo, la navegación, el desarrollo portuario, la explotación minera y donde se dan asentamientos urbanos e industriales muy importantes; es un recurso natural único, frágil y limitado del país que exige un manejo adecuado para asegurar la conservación, su desarrollo sostenible y la preservación de los valores culturales de su población”*

Se discriminan entonces dos tipos de zona costera en el país: La *Zona Costera Continental* y la *Zona Costera Insular*.

La Zona Costera Continental, esta constituida por tres subzonas o franjas paralelas de delimitación que conforman en su conjunto la zona costera continental. En su eje longitudinal, esta zona es un continuo de subregiones costeras que se extiende a lo largo de los 3.882 kilómetros del perímetro litoral de la Nación. Dichas subzonas siempre incluyen el espacio aéreo que se encuentra por encima del mar o del continente emergido, el lecho marino y el suelo, así como el subsuelo para los dominios oceánicos y terrestres comprendidos en la zona costera.

1. Subzona Maritimo-Costera o Franja de Mar Afuera.
2. Subzona de Bajamar o Franja de Transición.
3. Subzona Terrestre-Costera o Franja de Tierra Adentro.

Cuatro criterios deberán siempre cumplirse para delimitar geográficamente el área terrestre de la Zona Costera colombiana:

- a.) Deberá incluirse en esta subzona, el 100% de la cobertura espacial de los bosques de manglar y de los bosques de transición localizados inmediatamente después (natal y pangal para el caso de la Región Pacífica colombiana y llanura aluvial del río Atrato). Así entonces

la banda de los 2 km deberá fijarse a partir del borde externo del bosque de manglar en el Caribe y del bosque de transición en el Pacífico.

b.) El límite externo de esta banda deberá localizarse para el caso de lagunas costeras sin bosques de manglar asociados, a 2 km a partir de la línea de cota máxima de nivel en la orilla exterior del sistema lagunar. El límite interno corresponde igualmente a la LMAP.

c.) Deberán siempre incluirse dentro de esta subzona los terrenos emergidos de todas las áreas declaradas como Unidades de Reserva (marino-costeras) pertenecientes a las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales y su correspondiente zona amortiguadora (se exceptúa el Parque Nacional Natural de la Sierra Nevada de Santa Marta).

d.) Todos los centros urbanos costeros que se extienden más allá de 2 km desde la LMAP, deberán estar incluidos en toda su extensión en esta subzona. En este caso, el límite terrestre de esta subzona se fijará a 2 km desde el borde más externo del perímetro urbano.

La Zona Costera Insular está conformada por el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, siendo el territorio insular oceánico más septentrional del mar Caribe Colombiano y la isla de Malpelo y sus diez islotes, como la posición territorial más occidental sobre el océano Pacífico.

### 3.3 Área de estudio

Con el fin de observar el máximo impacto causado por un eventual levantamiento del nivel del mar en las costas colombianas, se escogió un área de estudio sobre la totalidad de las costas Caribe continental, Caribe Insular y Pacífico de Colombia.

La costa Caribe colombiana tiene una longitud de línea de costa de 1642 km en la región continental y 52 km en la región Insular. Está localizada entre la zona norecuatorial del mar Caribe suroccidental. Limita al oeste con la frontera panameña, en la zona de Cabo Tiburón ( $18^{\circ}41'$  latitud Norte y  $77^{\circ}19'$  longitud oeste) y en su extremo oriental con Venezuela en la zona de Castilletes ( $11^{\circ}50'N$  y  $71^{\circ}18'O$ ).

La costa Pacífica colombiana está ubicada dentro de la zona del Panamá Bight definida como Región del Pacífico Oriental Tropical". Cuenta con una extensión cercana a 2188 Km. y se ubica en la región occidental de Colombia, siendo sus coordenadas geográficas: la hoya del río Juradó a  $7^{\circ}28'$  latitud norte y al sur la hoya del río Guáitara a  $0^{\circ}14'$  Norte, al oriente el nacimiento del río San Juan a  $75^{\circ}51'$  Oeste y en el occidente, la desembocadura del río Mira en cabo Manglares a  $79^{\circ}02'$  Oeste.

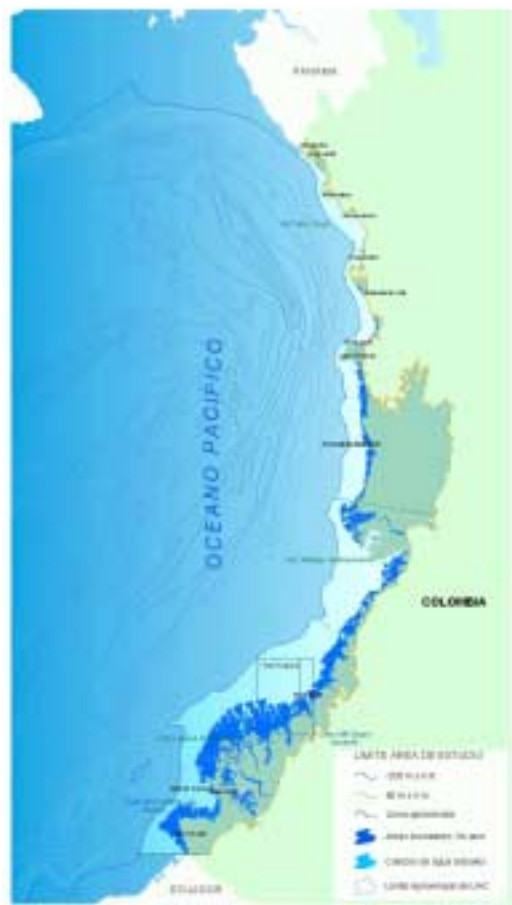
Para elegir los límites terrestres y marinos de esta área de estudio se evaluaron criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos al igual que la disponibilidad de la información concerniente a los mismos. Un listado de la totalidad de estos criterios se consigna en la tabla 1:

Tabla 1 Criterios de evaluación para la elección del área de estudio.

Físicos	Biológicos	Sociales	Económicos	Político-Administrativos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fenómenos meteorológicos</li> <li>▪ Intrusión salina</li> <li>▪ Erosión y/o acresión</li> <li>▪ Subsistencia</li> <li>▪ Mareas</li> <li>▪ Corrientes</li> <li>▪ Movimientos tectónicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Extensión de los ecosistemas costeros que dependen del mar</li> <li>▪ Extensión máxima de los ecosistemas arrecifales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Extensión de los asentamientos humanos costeros</li> <li>▪ Límites político administrativos</li> <li>▪ Identidad étnica y cultural costera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Infraestructura (puertos, vías, sistema eléctrico, industria)</li> <li>▪ Zonas de ganadería</li> <li>▪ Zonas agrícolas</li> <li>▪ Zonas de pesca y acuicultura</li> <li>▪ Turismo</li> <li>▪ Zonas de extracción minera</li> <li>▪ Zonas de extracción maderera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PNAOCI</li> <li>▪ Jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales o Desarrollo Sostenible</li> <li>▪ Límites político-administrativos</li> <li>▪ Presencia de áreas protegidas</li> <li>▪ Límites y tratados internacionales</li> </ul>

Limites tierra adentro:

El primer acercamiento hacia la definición de este límite, se llevó a cabo al interior de varias discusiones entre expertos de diferentes disciplinas pertenecientes al grupo de trabajo del proyecto en el INVEMAR. La primera aproximación realizada, fue demarcar un límite coincidente con la delimitación política y administrativa de Colombia y consecuentemente, con el límite externo de los municipios costeros. Sin embargo, esta primera aproximación, abarcó un área demasiado amplia y con características físicas que probablemente no se verán directamente afectadas por un eventual ascenso rápido en el nivel del mar (ARNM).



Una segunda aproximación, fue la elección de una cota de altura disponible y representada en la cartografía de la zona costera colombiana; los mapas cartográficos proporcionados por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) a escala 1:100.000, muestran una cota mínima de 50 m, razón por la cual se hará necesario el levantamiento topográfico de cotas de nivel mucho más finas para algunas zonas, que dentro de los resultados del estudio, sean determinadas como críticas. Sin embargo, la elección de una cota de nivel de 60 m, encierra un área lo suficientemente extensa y apropiada para realizar una posible delimitación del área de estudio.

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

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

Limite marino:

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



De igual forma se tuvo en cuenta el concepto de plataforma continental, terminología adoptada desde 1952, y ratificada por la Convención de Ginebra de 1958 (Art. 1º) que designa “El lecho del mar y el subsuelo de las zonas marinas adyacentes a las costas pero situadas fuera de la zona del mar territorial, hasta una profundidad de 200 metros ó más allá de ese limite, hasta donde la profundidad de las aguas suprayacentes permita la explotación de los recursos naturales de dichas zonas”.

Este límite de igual forma asegura abarcar todos los ecosistemas marinos costeros considerados dentro del proyecto, ya que la ubicación de los arrecifes coralinos es el ecosistema que más profundo puede ubicarse, y no se distribuye en las costas colombianas más allá de los 60 m de profundidad (Díaz et al., 2000).

Adicionalmente, se incorporaron a la evaluación tres casos de estudio:

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

UMI-Guapi-Iscuandé  
1:50.000



Zona sur UAC-Golfo de Morrosquillo  
1:100.000



Área urbana de San Andrés de Tumaco  
1:10.000

### 3.4 Evaluación de escenarios climáticos

Basados en las estimaciones del IPCC 2001, la temperatura global y el nivel del mar estarán 2.5° C y 48 cm más altos en el 2100 con respecto al nivel actual, un poco mas bajos que los estimados en el IPCC (1990) con respecto al escenario que se analizó por la WMO/ICSU/UNEP (1985) de 1.5° C y 20 cm para el 2025 respectivamente.

En un periodo de estudio de alrededor de 50 años desde 1941 hasta 1994, de los datos de precipitación en la costa colombiana, se observa que esta decreció de manera significativa hasta los años 80 luego de los cuales el régimen está cambiando y ha aumentado en algunos casos. La temperatura ambiental en la costa colombiana está subiendo desde los años 80 como lo ha hecho el resto del globo; las tendencias muestran como las décadas de los 60s y 70s fueron más frías y menos variables. La bondad de los datos observados no fue analizada ya que no se tienen elementos para efectuar un análisis del error en la observación. Por tal razón estas tendencias deben utilizarse con precaución hasta poder corroborar estos datos con otras fuentes.

Con base en registros tan cortos de nivel del mar y del clima en general de Colombia, a pesar de haberse realizado un análisis exhaustivo en el presente estudio, es difícil llegar a conclusiones certeras acerca del clima futuro. Por esta razón sería de gran relevancia hacer



un análisis de datos históricos, arqueológicos y geológicos como un método efectivo para fortalecer el conocimiento que se tiene acerca de los posibles escenarios del clima.

Conscientes de la gran extensión de las costas colombianas y la falta de información cartográfica y la poca predicción de los datos climáticos registrados, se toma para efectos del presente estudio, dos únicos escenarios de ascenso del nivel del mar correspondiente a 30 cm de ascenso del nivel del mar para el año 2030 y 1 m de ascenso en el año 2100. Este último valor permite la comparación entre los diferentes estudios pertenecientes al NCCSAP.

La Tabla 2 resume la información de las proyecciones de ascenso de nivel del mar empleadas a lo largo del estudio.

*Tabla 2. Escenarios climáticos adoptados por el estudio.*

<b>SIN PROYECCIÓN</b> T <sub>0</sub>	<b>Sin aumento del nivel del mar (ANM<sub>0</sub>)</b>
	<u>Nivel del Mar:</u> 0.0 m. <u>Precipitación:</u> Promedio <u>Aumento de la temperatura del aire:</u> 0°C <u>Anomalías de temperatura del mar:</u> 0° C <u>Emisión de CO<sub>2</sub> :</u> niveles actuales
<b>ESCENARIO</b> T <sub>1</sub> = 30 años	<b>Con aumento del nivel del mar(ANM<sub>1</sub>)</b>
	<u>Nivel del Mar:</u> 0.30 m. <u>Precipitación:</u> Promedio <u>Aumento de la temperatura del aire:</u> +1.6°C <u>Anomalías de temperatura del mar:</u> <1.5° C <u>Emisión de CO<sub>2</sub> :</u> Menos de una vez la emisión actual
<b>ESCENARIO</b> T <sub>2</sub> = 100 años	<b>Con aumento del nivel del mar(ANM<sub>2</sub>)</b>
	<u>Nivel del Mar:</u> 1 m. <u>Precipitación:</u> Moderada: – 15% del promedio <u>Aumento de la temperatura del aire:</u> +2.5°C <u>Anomalías de temperatura del mar :</u> <2.5° C <u>Emisión de CO<sub>2</sub> :</u> Dos veces la emisión actual

### 3.5 Determinación de áreas de inundación

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

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

Los fenómenos de mal tiempo que causan inundación en la zona costera pueden determinarse según el origen del fenómeno, sus consecuencias e intensidad. De esta forma, las marejadas, mares de leva, oleajes peligrosos, pujas y tormentas tropicales (vendavales, tormentas,

tornados y demás ciclones reportados), se incluyen dentro de aquellos fenómenos que causan elevaciones en el nivel medio del mar e inundaciones parciales sobre la costa (Tabla 3).

En este sentido se tiene en cuenta a lo largo de toda la investigación dos tipos de inundación; la causada por fenómenos de mal tiempo que causan aumentos extremos del nivel promedio del mar que determinan unas áreas en riesgo de probabilidad de ocurrencia de 10, 100 y 1000 años. Estas áreas son denominadas Áreas en riesgo I, II y III respectivamente. El segundo tipo de inundación es el causado por el ascenso rápido en el nivel del mar como consecuencia del cambio climático global. Cabe recordar que solo se analizan dos escenarios en el tiempo con este tipo de inundación a 30 años con una elevación de 30 cm y una inundación de 1 metro en el año 2100.

*Tabla 3. Valores de nivel medio del mar en metros, causados por eventos extremos en períodos de 10 años, 100 años y 1000 años, con base en el modelo de predicción.*

Área geográfica	Riesgo Actual (metros)		
	Area I 1/10	Area II 1/100	Area III 1/1000
Costa Caribe	0.850	0.907	0.9832
Costa Pacífica	4.15911	4.303	4.45499
Caso UMI-Guapi Iscuandé	4.15911	4.303	4.45499
Caso Golfo de Morrosquillo	0.850	0.907	0.9832
Caso Area Urbana de Tumaco	0.300	4.640	6.370

Debido a que no se cuenta con una cartografía detallada de nuestras costas que muestre cotas de nivel inferiores a 25 m o 60 m (para algunas regiones del Pacífico colombiano), fue necesario desarrollar un modelo basado en la construcción de representaciones digitales de elevación, que permitiera comparar los valores de altura del terreno con los valores de frecuencia de inundación de acuerdo al área geográfica estudiada, generando como resultado mapas de inundación por el ascenso rápido del nivel del mar a consecuencia del cambio climático global junto con áreas en riesgo por inundaciones parciales sobre la costa.

Dentro de los supuestos que fueron generados para la realización de este modelo tuvieron que ser asumidos los siguientes:

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

## **4 Paso 2. Inventario y Caracterización**

En este paso se realiza la colección de información secundaria y datos relevantes para caracterizar el área de estudio definida en el Paso 1.

Sobre el área de estudio, se generó una línea base teniendo como ejes temáticos los componentes: biótico, físico, social, económico y de gobernabilidad. Dicha caracterización permitió conocer las dinámicas de los procesos costeros, el valor intrínseco y la identificación de los servicios ambientales de los ecosistemas marinos y costeros, la tendencia poblacional y de los indicadores de calidad de vida, así como el desarrollo de los sectores económicos, con el fin de generar escenarios futuros que sirvieran de soporte a la evaluación temporal (años 2030 y 2100).

Las fuentes de información utilizadas en la caracterización, fueron bastante diversas. El mecanismo principal de obtención fue la visita a las entidades que tienen ingerencia en la zona costera, teniendo en cuenta que la información se encuentra descentralizada y dispersa. Durante estas visitas de colecta de información se recorrieron entidades como gobernaciones, alcaldías, Corporaciones Autónomas Regionales, Institutos de Investigación, Universidades, bibliotecas públicas y oficinas de consultoría, lo cual dio como resultado una muy buena base bibliográfica.

### **4.1 Los Espacios Marítimos y las Zonas Costeras e Insulares**

Las áreas marítimas colombianas, incluyendo las 200 millas de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), representan el 45% del territorio colombiano. El Mar Caribe (589,160 km<sup>2</sup> incluida la región costera Caribe Insular y la Caribe continental) abarca un 63,3% del territorio marítimo colombiano y un 28,6% del territorio nacional; el Océano Pacífico (339,500 km<sup>2</sup> incluida la región costera Pacífico) que representa un 36,7% del territorio marítimo colombiano y un 16,4% del total del territorio colombiano. Dichas áreas son de gran importancia ambiental por gran diversidad de ecosistemas y recursos marinos y costeros.

### **4.2 Oceanografía**

#### **4.2.1 Costa Caribe Continental**

La costa Caribe de Colombia es la de mayor extensión de este mar semi-cerrado, de aguas cálidas y de relativa poca profundidad y que presenta características ambientales complejas que determinan una gran cantidad de especies y de endemismos. Por su condición de mar semi-cerrado presenta una termoclina estable la mayor parte del año, solamente perturbada por la presencia de los vientos y las corrientes, situación que determina condiciones de gran estabilidad reduciendo la posibilidad de mezcla de las masas de agua. El área tiene representados prácticamente todos los ambientes y ecosistemas marinos de la región biogeográfica marina del Atlántico occidental Tropical.

Dentro de estos ambientes se encuentran las lagunas costeras y estuarios, manglares, arrecifes de coral, costas arenosas y rocosas, praderas de pastos marinos, incluyendo lechos de algas y fondos sedimentarios; cada uno de ellos con una fauna y una flora particularmente

adaptadas para vivir en ellos, los cuales albergan un potencial biológico – pesquero importante.

#### **4.2.1.1 Corrientes, oleaje, mareas y variaciones diarias del nivel medio del mar**

Las corrientes oceánicas superficiales en el mar Caribe están afectadas por los vientos Alisios del norte y del sur que forman la corriente del Caribe en Yucatán alcanzando profundidades de hasta 800m. Otra corriente importante en el Caribe colombiano es la contracorriente Panamá-Colombia, la cual es ocasionada por la variación de la intensidad y dirección de los vientos alisios y avanza a lo largo de la costa colombiana hasta la Guajira donde sus aguas son desviadas y arrastradas por la corriente central del mar Caribe.

La altura media anual de las olas en el Caribe colombiano es de 150 - 180 cm. La dirección predominante del oleaje es hacia el occidente, con un período que oscila entre 7 y 8 segundos.

En el mar Caribe colombiano, las mareas son irregulares, es decir que a pesar de ser semidiurnas, no se presentan exactamente dos pleamares y dos bajamares en un periodo de 24 horas, sino que se presenta un pleamar y un bajamar seguida de un ascenso y descenso leve del nivel de las aguas; la oscilación de las mareas en el Caribe colombiano es de máximo 1 m.

En la plataforma continental del Caribe Colombiano el efecto de la marea con relación al oleaje es, por consiguiente, despreciable. Sin embargo, no se debe subestimar la superposición de la onda de marea con la ola generada en el sur oeste ("Mar de Leva").

#### **4.2.1.2 Temperatura superficial del mar**

En el sector nororiental del Caribe colombiano la variación de la temperatura superficial del mar a lo largo del año es bastante significativa, siendo los meses más fríos de diciembre a marzo, periodo en el que los vientos alisios del noreste alcanzan su mayor influencia, y caracterizan a la época seca mayor.

#### **4.2.1.3 Salinidad y pH**

La salinidad en las aguas marítimas colombianas tiene un promedio de 35 g/l, con un rango de variación entre 33.5 y 36.0 g/l, se encuentra relacionada con la temperatura, los afloramientos de fitoplancton y las fuentes de agua dulce procedentes de la tierra.

En los mares colombianos, el pH y la alcalinidad tienen un comportamiento similar al de los océanos en general; los valores de pH en el agua de mar pueden oscilar entre 7.4 y 8.4, encontrando los valores más altos en la superficie.

## 4.2.2 Costa Caribe Insular

### 4.2.2.1 Corrientes, oleaje, las mareas y las variaciones diarias del nivel medio del mar

La corriente marina superficial, correspondiente a la Corriente del Caribe, fluye de este a oeste y sufre un desvío hacia el sur oeste y sur cuando enfrenta la parte sur de la elevación de Nicaragua para formar un remolino en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el Caribe suroccidental. La corriente enfrenta el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina por el este en el norte y por el nor-este en el sur, con velocidades entre 0.5 y 1 m/s.

Con relación a las aguas insulares, las corrientes predominantes, impulsadas por los vientos Alisios del NE, arriban a la plataforma insular de la isla de San Andrés por el nororiente, atravesando la barrera arrecifal por varios puntos para divergir por el lado norte de la isla y por el oriente para continuar hacia el sur.

Las mareas son mixtas, con una amplitud máxima de 40-60 cm, aunque pueden generar corrientes significativas en terrazas y arrecifes someros, aparentemente pueden generar corrientes importantes de 0.1 – 0.2 m/s en terrazas y arrecifes someros como los existentes en la isla de San Andrés.

### 4.2.2.2 Temperatura superficial del mar

Las aguas superficiales son cálidas, oscilando en promedio entre 26.8 °C y 30.2 °C, encontrándose los valores más bajos en febrero - marzo y los más altos en junio – octubre. Las aguas litorales tienen temperaturas similares a las oceánicas, con promedios mínimos entre 26 °C y 28 °C de diciembre a febrero y máximos de 28 °C a 30 °C entre agosto y octubre.

### 4.2.2.3 Salinidad

La salinidad es la normal en ambientes oceánicos, variando muy poco entre 34 y 36.3‰, el oxígeno oscila entre 3.8 y 5.8 ml<sup>-1</sup>. La salinidad de las aguas litorales es similar a las de las aguas oceánicas.

## 4.2.3 Costa Pacífica

### 4.2.3.1 Corrientes, oleaje, las mareas y las variaciones diarias del nivel medio del mar

La circulación de las aguas del océano Pacífico colombiano está formada por la corriente Ecuatorial, la corriente Ecuatorial del sur y la corriente del Perú, con dirección sur – norte, bañando el litoral del Pacífico colombiano.

Los vientos Alisios del Sureste influyen fuertemente sobre la distribución de las corrientes en la Cuenca del Pacífico Colombiano (CPC). La circulación de las aguas en la capa superficial difiere del movimiento de las aguas en las capas inferiores en velocidad y dirección. Sobre la superficie se observan las corrientes más intensas. Durante la influencia de los Alisios del Sur, la velocidad de la corriente alcanza 0.40 m/seg. A partir de 50 m. de profundidad la



intensidad de las corrientes no sobrepasa de 0.25-0.30 m/seg, y a profundidades de 300-400 m la velocidad oscila entre 0 y 0.09 m/seg.

La zona costera esta influenciada por las corrientes oceánicas provenientes del Suroeste, correspondientes al brazo norte de la Contracorriente Ecuatorial (CCE), la cual se convierte en la corriente de Colombia, y corre en dirección Norte. La influencia del aporte de los ríos en el cambio de la estructura de las corrientes en la zona costera del Pacífico Colombiano ocurre no sólo a causa del cambio de densidad del agua sino también del cambio en el aporte inter anual.

En el océano Pacífico colombiano, la dirección predominante del oleaje es hacia el noreste, inclinándose lentamente con dirección norte. La altura media de las olas en esta región es de 150 cm en la zona costera y de 180 cm en la región oceánica (cerca de la isla Malpelo). El periodo de oleaje aumenta a medida que se acerca a la costa y en general oscila entre 9 y 12 segundos en promedio.

En la CPC el régimen mareal es de tipo semidiurno, con alternancia de 2 pleamares y 2 bajamares en periodos de 6 horas, la curva de marea es de tipo Sinusoidal con una amplitud media de 5 m.

#### **4.2.3.2 Temperatura superficial del mar**

Los cambios de la temperatura superficial del mar en la costa colombiana del Pacífico es de 26 a 28°C. Las temperaturas máximas en esta región se observan en abril-mayo y las mínimas en noviembre-diciembre. Algunas veces se presentan valores extremos de la temperatura superficial del mar asociado a fenómenos de calentamiento o enfriamiento de la superficie del Pacífico tropical denominados El Niño y La Niña.

En general, se puede decir que en las capas superficiales del Pacífico Colombiano, desde diciembre hasta marzo, ocurre un enfriamiento significativo de las aguas y desde abril hasta junio ocurre un marcado calentamiento. Un descenso de la temperatura menos significativo se observa desde julio hasta octubre y un leve aumento de la temperatura desde noviembre hasta diciembre. Este fenómeno es explicado por el cambio en la dirección de los vientos alisios y la corriente de Humboldt.

Durante el año, en las capas superficiales se presentan dos máximos y dos mínimos de temperatura. Desde la región costera hacia el sector central de la CPC los dos máximos son casi iguales y se observan entre junio - julio y entre diciembre - enero. Los mínimos de temperatura se observan entre febrero - marzo y septiembre - octubre.

### **4.3 Eventos Oceanográficos relevantes en las costas colombianas**

#### **4.3.1 Surgencia**

Se observa la presencia de dos núcleos de afloramiento (ascenso de masas de agua profunda hacia la superficie) en el Caribe colombiano bien definidos; uno en la Península de la Guajira y el otro en el Parque Nacional Natural Tayrona. Han sido objeto de estudio de autores como Fajardo (1978), Corredor (1981), Cabrera y Donoso (1990); Bula-Meyer (1992);

Andrade (2000), entre muchos otros, quienes a través de estudios de circulación costera en el Caribe noroccidental han determinado que el transporte vertical máximo de esta agua se registra durante la estación seca. Las aguas se elevan desde profundidades de 150 y 200 m con influencia hacia el sector oceánico de aproximadamente 180 Km.

#### 4.3.2 Filamentos oceánicos

El desplazamiento de masas de agua fría afloradas en la misma dirección que los vientos presentes en el área, se realiza en forma de una estructura estrecha que mantienen un gradiente positivo del interior a los bordes y de la costa hacia la región oceánica. Esta estructura fue identificada por Andrade (2000), en la costa norte colombiana, quien siguió sus características de comportamiento a nivel tanto espacial como temporal, dando una descripción de la misma. Otra de estas estructuras ha sido identificada por el mismo autor (Andrade, 2000) en la península de Paraguana en Venezuela la cual se extiende en 25 días en dirección noreste 350 Km, mientras que el originado en la costa norte colombiana puede alcanzar 400 Km. en el Caribe central alcanzando la Isla La Española.

#### 4.3.3 Frentes térmicos en el mar

Corredor (1992), evidencia la existencia de frentes, localizándolos superficialmente en las inmediaciones del Cabo de la Vela y de La Aguja e informa que la persistente lengua de agua fría del Norte y occidente del Cabo de la Vela constituye una masa de agua particular delimitada por una clara discontinuidad térmica. Igualmente se identifica un segundo frente más cercano a la costa.

#### 4.3.4 Tsunamis

En el Centro Control Contaminación del Pacífico a partir de la adecuación del modelo numérico TIME, se generaron los mapas de inundación por tsunami para el municipio de Tumaco. La calibración del modelo numérico se realizó con ayuda de los registros históricos y de los registros mareográficos de Buenaventura (Colombia) y Esmeraldas (Ecuador) obtenidos durante el último evento ocurrido en la región, el 12 de diciembre de 1979.

El ascenso del nivel del mar por causa de los cambios globales climáticos, es un factor que indudablemente incrementará los efectos destructivos de un Tsunami en las costas del Pacífico colombiano, por lo que es importante incorporar esta componente en futuros estudios que se lleven a cabo sobre el tema.

#### 4.3.5 Ciclones tropicales

La temporada de Huracanes para el área Caribe se inicia desde el primero de junio y se extiende hasta el mes de noviembre, siendo por datos estadísticos los meses de agosto y octubre los más intensos. No obstante lo anterior se han presentado ciclones tropicales en muy bajo porcentaje en el mes de mayo.

En las islas del Caribe, la acción del oleaje asociado a los ciclones, causa más daño que la marejada ciclónica, debido a que las costas isleñas no tienen la protección que ofrecen las

plataformas continentales con inclinación gradual; como resultado las olas llegan a tierra sin que su poder destructor se disminuya.

La probabilidad de que estos sistemas afecten territorio colombiano es apenas del 0,33 %, una cifra bastante reducida en comparación con otras áreas del Caribe y los departamentos que pueden ser afectados son Guajira, Cesar, Magdalena, Atlántico, Bolívar y San Andrés y Providencia. Los mayores daños asociados a estos sistemas, son ocasionados por vientos fuertes, abundantes lluvias y marejadas en la costa. Continente adentro se presentan inundaciones, deslizamientos y en menor intensidad vientos fuertes.

Siendo estos sistemas de origen natural, es casi imposible diagnosticar su ingreso a territorio colombiano. El análisis de la información histórica sobre ocurrencia de ciclones tropicales desde 1941 hasta 1997, en el Mar Caribe, revela que es una de las cuencas oceánicas mas afectadas por el paso de estos sistemas reguladores del clima.

En los últimos 58 años, el Caribe ha sido azotado por el paso de 140 ciclones tropicales, de los cuales 95 fueron huracanes clase 1 a 5, y 45 llegaron al grado de tormenta tropical. En los años 1957, 1962, 1976, 1982, 1983, 1992, no se presentaron ciclones en ninguno de sus estados (en estos años se presentaron eventos cálidos El Niño), sin embargo, si se presentaron en el Atlántico y Golfo de Méjico aunque en muy poca cantidad e intensidad. En los años post-niño, la presentación de ciclones en el mar Caribe, fue muy pobre (1984:1; 1985:1; 1986:1; 1987:2).

El archipiélago de San Andrés y Providencia, ha sido afectado directamente por el paso de 27 Ciclones (para el mismo período), de los cuales 19 fueron huracanes en las diferentes escalas y 8 alcanzaron el grado de tormenta tropical. Por el territorio continental, concretamente por la Guajira y Norte del Litoral Caribe colombiano, han pasado 5 huracanes y 1 tormenta Tropical.

#### 4.3.6 Mar de leva

El fenómeno conocido como "Mar de Leva", consiste en el aumento anormal de la altura del oleaje, aumento que es ocasionado por el efecto de fricción entre la superficie del mar y la masa de aire atmosférico en movimiento en forma de viento, el cual es intensificado con el paso de sistemas atmosféricos de mal tiempo (bajas presiones) que empujan las aguas oceánicas hacia la costa causando oleaje fuerte. El tamaño de las olas formadas depende de la velocidad y el tiempo que persista la misma velocidad de viento.

La incidencia de los efectos de este fenómeno sobre cualquier tipo de embarcación son mucho más fuertes en las áreas costeras ya que la altura de la ola aumenta en la medida que encuentre cambios en el nivel de la línea de costa. También se causan daños en la costa, provocando inundaciones en sectores aledaños a las playas y originando además diferentes grados de erosión que algunas veces ocasiona daños en las construcciones cercanas tales como estructuras de muelles menores y viviendas que por su ubicación se expongan a los efectos directos del fenómeno.

En Colombia el fenómeno afecta la costa Caribe colombiana. Es típico de la época seca o de vientos (diciembre - abril), aunque las estadísticas muestran que casi siempre se presenta en enero y febrero y en algunas ocasiones se extiende a marzo. Su duración es de aproximadamente 48 horas siendo su inicio más intenso que su final, pero su fuerza se ve

reforzada por la acción de los vientos Alisios que por la época soplan del norte - noreste y son más intensos en horas de la tarde, lo cual hace el fenómeno mas dañino en esas horas. Se calcula que el fenómeno puede repetirse hasta cuatro veces en un solo mes y afecta a toda la costa del mar Caribe colombiano. El Sistema de mal tiempo que normalmente origina este fenómeno en el Caribe es el relacionado con la incursión del frente polar, que en su desplazamiento inicial hacia el sureste alcanza latitudes de 15° Norte o menos. Esta incursión polar o frente lleva consigo un sistema de olas y vientos generados por su mal tiempo asociado y el cual comienza a viajar a través del mar Caribe, con destino final las costas de Centroamérica, Venezuela y Colombia, donde se traduce en el fenómeno de “Mar de Leva”.

## 4.4 Climatología

### 4.4.1 Costa Caribe Continental

El clima en el Caribe colombiano es modulado por la posición geográfica de la zona de convergencia intertropical y por el movimiento meridional del sistema de monzones americanos (Andrade, 2000). Así, durante la estación de fuertes vientos la ZCIT permanece en el sur alrededor de los 0-5° de latitud sur desde donde influye en la región Caribe al incidir en el campo de las corrientes, lo cual hace que se generen fuertes y uniformes vientos sobre toda la cuenca del Caribe. La variación de la ZCIT durante todo el año, permite que el viento del Este ejerza influencia sobre la región y cuando esta sale de la cuenca hacia el norte, la aparición de los vientos del Este cambia consecutivamente, generando durante la estación de lluvias vientos suaves y un desarrollo extenso de convección con severas tormentas al occidente del Caribe colombiano.

En la cuenca del Caribe predominan ciertos sistemas que condicionan la climatología de la región, como son corrientes de viento de bajo nivel que durante la estación de vientos (diciembre – marzo) permanecen en la cuenca de Colombia con velocidades superiores a los 12 m/s y tienen un importante componente sur, mientras que en el nivel de los 200 milibares (aproximadamente 10 Km de altura) el sistema de vientos se caracteriza por presentar una dirección opuesta al del viento en superficie siendo principalmente de componente Norte y manteniendo casi la misma velocidad, situación que determina la circulación ciclónica característica del Caribe colombiano.

Otros sistemas que influyen en la climatología del Caribe colombiano son los monzones de América, sistemas que también han sido considerados como los responsables de la conectividad atmosférica en el calentamiento superficial

### 4.4.2 Costa Caribe Insular

El archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, está localizado en la zona intertropical. El clima es cálido-húmedo y está influenciado tanto por la localización de las islas y sus características fisiográficas como por la acción de los vientos alisios que soplan desde el noreste. El promedio multianual de lluvias se sitúa alrededor de los 1850 mm repartidos en un periodo seco entre febrero y abril (50 mm de precipitación promedio mensual) y uno húmedo entre junio y diciembre, (150 mm precipitación promedio mensual), enero y mayo son considerados meses de transición (Chiriví, 1988; Díaz *et al.* 1996).

La temperatura media fluctúa alrededor de los 27°C. La humedad relativa promedio se sitúa por encima del 80% y cálculos de la evapo-transpiración potencial obtenidos por diferentes métodos muestran una variación de entre 1.400 mm y 2.000 mm al año (Chiriví, 1988).

Los vientos predominantes son los alisios de NE y ENE, con velocidades mensuales promedio de 4m/s (mayo, septiembre-octubre) y 7m/s (diciembre, enero, julio). Tormentas esporádicas con vientos del W y NW de hasta 20m/s se presentan principalmente en la segunda mitad del año. El archipiélago está situado dentro del cinturón de huracanes del Caribe como Hattie, 1961; Irene, 1971; Joan, 1988; César, 1996; Mitch, 1998; Lenny, 1999 y tormentas tropicales que pueden producir lluvias de más de 200 mm/día entre los meses de agosto y noviembre (Díaz et al. 1996).

#### 4.4.3 Costa Pacífica

La zona de estudio está caracterizada por un clima tropical húmedo con temperatura y humedad altas, lluvias abundantes y gran nubosidad, influenciada por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cercanía a las masas oceánicas y eventos climáticos como el Fenómeno de El niño. En su desplazamiento anual de sur a norte, la ZCIT, determina el régimen de lluvias durante el año en la región y genera dos períodos de altas precipitaciones, diciembre - enero y abril- mayo, alternados con dos períodos menos lluviosos.

Las lluvias tropicales deben su intensidad y abundancia a la fuerte inestabilidad de masas de aire húmedas que al mismo tiempo son también cálidas. El calentamiento diurno acentúa esta inestabilidad y así, en la zona son muy frecuentes las precipitaciones en horas de la noche. La región, por estar cerca de la costa, recibe aire oceánico y por consiguiente hay mayor actividad convectiva. Las variaciones de temperatura entre el día y la noche y entre las épocas seca y húmedas son menores por estar muy cerca al mar.

El desplazamiento de la ZCIT detrás de la normal solar determina para toda la región la temporada menos lluviosa entre los meses de enero a marzo, cuando está situada más al sur y no ejerce influencia directa sobre la zona. Se exceptúa el extremo sur de la región, donde los meses menos lluviosos son julio, agosto y septiembre, cuando la ZCIT está al norte.

La zona costera, está influida por el desplazamiento de la normal solar, puesto que los máximos se presentan en abril para las zonas a nivel del mar y bajas altitudes (coincidiendo con las temporadas de lluvias) y los mínimos, que se manifiestan con algún retardo, en los meses de octubre - noviembre, ajustándose el comportamiento de la temperatura a manifestaciones monomodales, con un periodo caliente de febrero a junio y uno relativamente frío de agosto a enero.

En la costa Pacífica colombiana, los vientos alisios del sureste se recurvan y se convierten en vientos Ecuatoriales del oeste (alisios del Oeste). Esos vientos de componente oeste, se presentan al sur de la Zona de Convergencia cerca de 1° N. Los vientos más intensos del oeste coinciden con la posición más norte de la ZCIT. De igual forma los vientos alisios del noreste se recurvan al norte de la ZCIT y como consecuencia, se forman líneas de convergencia cerca de la costa. Esas líneas de convergencia se presentan principalmente durante el fortalecimiento de la brisa terrestre y los vientos Ecuatoriales del oeste, lo cual ocurre antes de la medianoche, dando como resultado nueva actividad de formación de cúmulos y presentación de fuertes lluvias. Estas líneas permanecen costa afuera hasta cerca



del amanecer; en la medida que la brisa terrestre se debilita, ellas se mueven costa adentro siguiendo el flujo gradiente.

Los vientos costeros apuntan en dirección a la costa alrededor de la ZCIT. Los vientos predominan del Suroeste cerca de la costa, sin tener en cuenta la localización exacta de la ZCIT. La velocidad media de estos vientos oscila entre 5 y 15 nudos.

Fuertes lluvias ocurren todo el año. En promedio el Pacífico recibe 15.483 mm de lluvia al año. El comportamiento de la curva media anual de precipitación para toda la enseña un comportamiento bimodal, el cual se caracteriza por dos períodos de intensas lluvias y dos períodos relativamente menos lluviosos. Un primer período de lluvias se presenta durante los meses de abril, mayo y junio. El segundo período, más intenso que el primero, comprende los meses de septiembre, octubre y noviembre. Durante los meses de enero, febrero y marzo se presentan los menores valores de precipitación del año. El segundo período comprende los meses de julio y agosto, aunque las cantidades que se presentan durante este lapso corresponden más bien a un período de transición.

#### **4.5 Marco geotectónico**

La región noroccidental de América del Sur, incluida Colombia, se sitúa en la zona de interacción de las placas tectónicas de Cocos, Nazca y Caribe (de naturaleza oceánica) y de la placa Sudamericana, de naturaleza continental. La costa Caribe colombiana presenta un marco geotectónico general caracterizado por la interacción de tres placas tectónicas a saber, las placas de Nazca, Suramérica y el Caribe. De acuerdo con la información disponible, la placa Caribe se desplaza hacia el este y subduce por debajo de la placa Suramericana a velocidades que han sido estimadas en el orden de los 6.4 cm/año. La margen pacífica es un límite activo de placas, con una fuerte sismicidad generada por la subducción de la placa de Nazca bajo el bloque andino, con la zona de subducción materializada en la fosa Ecuador-Colombia. El ángulo de subducción es del orden de los 15° a 25° en el sector del Pacífico norte (Buenaventura–Panamá) y de hasta 32° en el Pacífico Sur; las velocidades de subducción han sido estimadas entre 6.4 cm/año y 6.8 cm/año.

Como fenómeno geológico particular de la parte sur de la costa Caribe, el diapirismo de lodos ha sido, en combinación con los movimientos tectónicos, factor de primer orden en la evolución tectono-estratigráfica de la zona (Duque-Caro, 1980, 1984; Vernet, 1985), controlando y generando, entre otros, los levantamientos costeros y la geomorfología de esta parte del Gran Caribe. La geología regional de la costa Caribe colombiana se ha sintetizado, bajo el concepto de terrenos geológicos, en 9 sectores con litología, estratigrafía, estilo estructural e historia particulares.

Los terrenos de interés de la franja costera pacífica se ubican en su totalidad sobre las zonas conocidas geológicamente como las provincias tectono-estratigráficas de la serranía del Baudó y de la cuenca Atrato San Juan. Con precipitaciones entre los 2m/año y los 10m/año la Costa Pacífica es fisiográfica y morfológicamente variable, con medios naturales muy diferentes ubicados entre la franja litoral y los 4000m, altura máximas alcanzadas por la Cordillera Occidental entre las latitudes 1° y 5° N.

#### 4.5.1 Unidades geomorfológicas

La morfología de la franja costera Caribe refleja tanto los aspectos heredados de su geología como las condiciones oceanográficas que contribuyen a modelar sus geoformas. Pueden ser divididas en unidades de costas bajas y unidades de costas altas.

Unidades de costas bajas:

- Llanuras costeras
- Planicies aluviales
- Salares y zonas de inundación
- Pantanos de manglar
- Llanuras costeras
- Playones y playas
- Espigas y barras
- Campos de dunas
- Plataformas levantadas y parches arrecifales

Unidades de costas altas:

- Colinas y montañas
- Plataformas de abrasión elevadas
- Terrazas marinas
- Yardangs
- Pedimentos

La generación del modelo de inundación que sirvió de base al presente estudio, está basado principalmente en la delimitación de las unidades de costas bajas.

La geomorfología litoral del Pacífico, se caracteriza por grandes extensiones de terrenos intermareales que refleja en buena parte los efectos morfodinámicos de un rango de mareas del tipo mesomareal alto (2m-3.5m) a macromareal bajo (3.5m-5m) según la clasificación de Hayes (1979). Como se mencionó anteriormente, la marea es semidiurna mixta, (dos altos y dos bajos de diferentes alturas en el día mareal) y los valores máximos de las mareas vivas de mayor amplitud (equinoccios de marzo y octubre) aumentan de sur a norte, desde 3.5m en la latitud de Tumaco a 4.5m en Buenaventura y Juradó.

En la cartografía disponible, la geomorfología de la costa Pacífica se sintetiza en las 4 unidades geomorfológicas generales: Relieve Costero Rocoso, Cordones Litorales e Islas Barrera, Pantanos de Manglar y Pantanos de Agua Dulce.

#### 4.6 Elementos del Sistema Natural

La caracterización biótica del área de estudio, se realizó con base en estudios generales referentes a unidades ecológicas tanto terrestres (biomas) como marinas (ecosistemas). En un perfil ideal desde el nivel del mar hasta las colinas adyacentes de la región de la costa Caribe continental, (Serranía de la Macuira y el basamento de la Sierra Nevada de Santa Marta) (Figura 5), es factible encontrar variados tipos de tipos de vegetación como por ejemplo manglar, formaciones de playa, cardonales, bosque seco tropical y bosque de colinas (Rangel *et al.*, 1997).

Los dos primeros tipos de vegetación son característicos de los ecosistemas marinos y son analizados más adelante en la sección de documento destinada para tal fin. Los demás tipos de vegetación mencionados hacen parte de dos zonobiomas principales posibles de encontrar el Caribe colombiano: Zonobioma de desierto tropical y Zonobioma de los bosques secos tropicales.

Al interior del zonobioma de desierto tropical se encuentra el bioma de *Formaciones xerofíticas de la Guajira*, el cual comparte su distribución con los valles secos interandinos, la costa seca del Ecuador y Perú, los valles secos de los Andes centrales y la vertiente occidental de los Andes del Perú. En Colombia las formaciones xerofíticas y subxerofíticas, se encuentran localizadas tanto en tierras bajas (cinturón seco del Caribe) como en los valles secos interandinos por debajo de los 1.000 m (IAvHumboldt, 1997). El área más grande de formaciones xerofíticas de tierras bajas está en la alta y media Guajira, y pertenece a cinco paisajes principales: Arbustal abierto caducifolio, vegetación dispersa de desierto, Subdesertico con suculentas y Dunas con vegetación escasa.

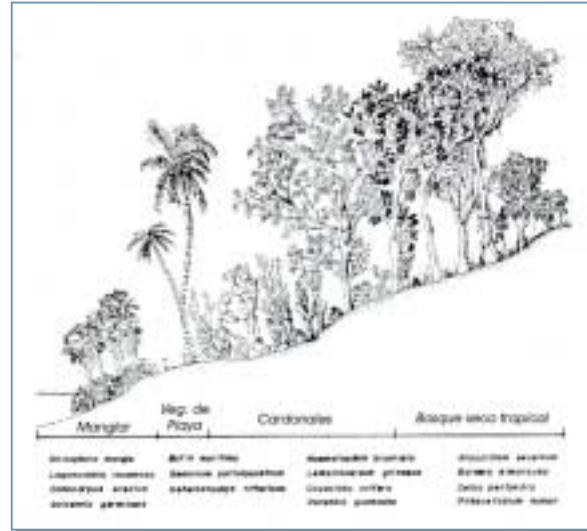


Figura 5. Corte idealizado de la vegetación costera del Caribe.

Tomado de Rangel et al., 1997

El bioma de Bosque Seco Tropical, por otro lado, puede definirse como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua que se distribuye entre los 0-1000 m de altitud, presenta temperaturas superiores a los 24° C (piso térmico cálido) y precipitaciones entre los 700 y 2000 mm anuales, con uno o dos períodos marcados de sequía al año (Espinal y Montenegro, 1963). Este bioma está dominado por un paisaje de bosque medio denso caducifolio de las planicies disectadas y colinas.

Dentro de cada uno de los zonobiomas hay asociaciones animales y vegetales que les son propias, con un componente de biodiversidad específico dependientes del clima y la vegetación y con adaptaciones provenientes de las manifestaciones físicas de la evolución orgánica.

En la región del Pacífico colombiano, hay diferentes asociaciones boscosas en correspondencia con la variación de los suelos, la altitud, influencia de aguas salinas, la humedad relativa, el nivel de precipitación y el grado de intervención, entre otros factores. En un corte ideal desde el nivel del mar hasta las colinas medias cercanas, es posible diferenciar grandes tipos de vegetación como: manglar, selva costera, vegetación de tierra firme, vegetación de colinas (Figura 6).

Diversas han sido las categorías establecidas para clasificar y determinar las asociaciones boscosas existentes en el Pacífico: algunas de ellas parten de criterios y categorías muy

generales, mientras que otras han trabajado con tal nivel de detalle que han posibilitado la desagregación de múltiples tipos de bosques donde otras no han visto más que uno. Así, por ejemplo, si se parte del sistema de formaciones vegetales o zonas de vida natural del mundo de Holdridge, que combina el grado de pluviosidad y la temperatura, en el Pacífico colombiano se pueden encontrar: Bosque Húmedo Tropical, Bosque Muy Húmedo Tropical, Bosque Pluvial Tropical, Bosque Pluvial Premontano, Bosque Pluvial Montano Bajo y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo. Para efectos de este estudio se determina un solo tipo de formaci[on vegetal denominado Bosque Húmedo Tropical.

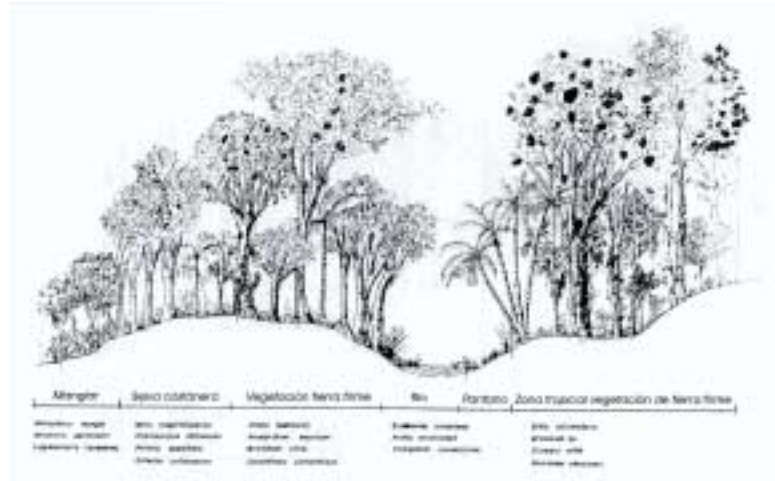


Figura 6 .Principales tipos de vegetación en un corte idealizado en la costa Pacífica colombiana.

#### 4.6.1 Ecosistemas marinos y costeros

##### 4.6.1.1 Fondos de la plataforma continental

Se denominan fondos de la plataforma continental a aquellos que estén ubicados únicamente en la zona infralitoral (por debajo de 5 metros de profundidad), hasta el punto de quiebre de la plataforma, sin incluir la zona intermareal de playas ni los fondos vegetados que serán considerados como otras unidades ecológicas. Existen amplias extensiones de la plataforma continental, desde la costa hasta profundidades mayores, compuestas por fondos arenosos, areno-fangosos o lodosos, que presentan comunidades biológicas que poseen elementos faunísticos aparentemente poco variados en comparación con otros ecosistemas. Estas comunidades parecen estar determinadas por el tipo de sedimento y la profundidad y pueden presentar fluctuaciones de abundancia y frecuencia relacionadas con las épocas climáticas influyentes en el área (sequía y lluvias).

La fauna bentónica que se encuentra en los fondos de la plataforma continental tiene dos componentes la infauna constituida por los grupos de organismos que se encuentran enterrados en el sedimento y la epifauna aquellos que se encuentran por encima de él. Este ecosistema cubre cerca del 95% de la plataforma continental de Colombia, sin embargo, hasta el momento, no se conoce la extensión y ubicación precisa de los fondos sedimentarios de la plataforma continental colombiana.

#### 4.6.1.2 Arrecifes coralinos

Las áreas coralinas en el Caribe colombiano se distribuyen, en grupos discretos a lo largo de la costa y sobre la plataforma continental en forma de atolones, bancos y complejos arrecifales dentro de los cuales se destacan los complejos oceánicos del archipiélago de San Andrés y Providencia, a unos 700 km de la costa continental de Colombia y a menos de 200 km de las costas de Centroamérica.

Tabla 4. Ubicación de las áreas coralinas de Colombia (Modificado de Díaz et al., 2000).  
ET: Extensión total; EC: Extensión de cobertura coralina viva.

LAS ÁREAS CORALINAS DE COLOMBIA, CON EL TIPO Y GRADO DE DESARROLLO DE LAS FORMACIONES ARRECIFALES					
	NOMBRE	TIPO DE FORMACIÓN	E.T.	E.C.	
CARIBE	OCEÁNICAS	Cayos Albuquerque	Atolón anular con arrecife periférico de rompiente, laguna y arrecifes de parche	63,8	30,2
		Cayos Courtown	Atolón semianular con arrecife periférico de rompiente, laguna y arrecifes de parche	50,3	25,6
		Isla San Andrés	Complejo arrecifal con arrecifes de barrera, franjeantes y de parche	97,5	44,7
		Isla Providencia	Complejo arrecifal con arrecifes de barrera, laguna, arrecifes franjeantes y de parche	285,2	124,9
		Banco Roncador	Atolón semianular con arrecife periférico de rompiente, laguna y arrecifes de parche	50,1	29,8
		Banco Serrana	Atolón semianular con arrecife periférico de rompiente, laguna y arrecifes de parche	321,4	74,4
		Banco Quitasueño	Banco coralino con arrecife de rompiente, laguna y arrecife de parche	1.320,2	496,0
		Subtotal		2.188,5	825,6
	CONTINENTALES	Urabá chocoano	Arrecifes franjeantes y de parche	3,5	1,0
		Isla Tortuguila	Arrecife franjeante	1,5	0,7
		Isla Fuerte- bajos Bushnell y Burbujas	Arrecife franjeante, arrecifes de parche, montículos coralinos y bancos coralinos sobre domos diapíricos.	32,5	16,6
		Islas San Bernardo	Complejo arrecifal parcialmente emergido, con parches, arrecifes franjeantes y bancos coralinos.	213,3	134,5
		Bajo Tortugas	Banco coralino sobre domos diapíricos	21,4	17,4
		Península de Barú-Islands del Rosario	Complejo arrecifal parcialmente emergido, con rompiente, arrecifes franjeantes y de parche, bancos coralinos.	145,3	67,6
		Bajos Salmedina	Bancos coralinos sobre domos diapíricos	7,5	7,5
		Isla Arena	Arrecife franjeante con rompiente	0,2	0,1
		Banco de Las Ánimas	Tapete coralino profundo	70,5	7,6
		Santa Marta-Parque Tayrona	Arrecifes y tapetes coralinos franjeantes y de parche	9,3	6,7
		Áreas de la Guajira	Tapetes coralinos, arrecifes franjeantes de desarrollo limitado	151,8	5,0
Subtotal		656,8	264,7		
PACÍFICO	Isla Malpelo	Tapetes coralinos franjeantes	0,4	0,01	
	Isla Gorgona	Arrecifes franjeantes y de parche, tapetes coralinos	14,1	0,3	
	Chocó Norte (Utría, Cúpica)	Arrecifes franjeantes y de parche	0,2	0,2	
	Subtotal		14,7	0,5	
TOTAL			2.860	1.090,8	

Las áreas coralinas del Pacífico colombiano a diferencia de aquellas que se desarrollan en el mar Caribe, son de tamaño y desarrollo reducidos. Se encuentran confinadas a cuatro

sectores únicamente, siendo éstos las islas de Malpelo y Gorgona, la ensenada de Utría y la bahía de Tebada, los dos últimos en la región septentrional del Chocó.

#### **4.6.1.3 Praderas de fanerógamas**

Las praderas de fanerógamas marinas son el ambiente sedimentario somero más productivo, tienen reconocida importancia como estabilizadores de la línea de costa, hábitat y refugio a innumerables especies marinas (juveniles y adultos), alimento y origen de cadenas alimenticias; En Colombia sólo en el Caribe colombiano se presentan este tipo de plantas, ya que su presencia se limita debido a las condiciones en el aporte de agua dulce de los grandes ríos, la turbidez del agua, la falta de sustratos adecuados y la alta dinámica del agua.

#### **4.6.1.4 Ecosistema de playas**

Las costas colombianas tienen en su mayoría playas arenosas interrumpidas por formaciones rocosas o manglares, en estas playas habitan comunidades con características similares a las que están presentes en otras parte del mundo. En el Caribe la zona intermareal es bastante limitada y las comunidades biológicas asociadas a playas areno-fangosas son más diversas en organismos pero no presentan una zonación bien definida dada la estrecha amplitud de las mareas (0.6 m aprox.) a diferencia del Pacífico (4-5 m aprox.). Estas playas se localizan en áreas de mayor dinámica eólica y en mayor grado de exposición al oleaje, siendo frecuentes y dominantes en la costa de los departamentos de Bolívar, Magdalena y Guajira. Además, las playas arenosas blancas (biotríticas), que representan un atractivo turístico y que se localizan cerca a arrecifes coralinos se ubican en la costa del departamento de Córdoba, Bolívar, Magdalena y Guajira.

Para el Pacífico, en la costa norte, se encuentran playas resguardadas en donde la energía de las olas es relativamente baja y tiene gran importancia turística como, Bahía Solano, Humbolt, Aguacate, Coredó, Ardita, Nabugá y Guaca; y en la costa sur en la zona sur, las playas se caracterizan por estar formadas principalmente de sedimentos areno-fangosas debido a los aportes de ríos importantes como el Baudó, San Juan, Dagua, Anchicayá, Naya, Patía y Mira, sin embargo, en esta zona son muy importantes, las formaciones Islas-Barrera, es decir cuerpos de arena que se hallan separados por bocanas o estuarios asociados a la desembocadura de los principales ríos que desaguan al mar, alcanzando longitudes de arena que varían entre 3 y 10 km y un ancho promedio de 1 km; son de escasa elevación y no superan 1.50 m por encima del nivel promedio de marea alta; siendo uno de los rasgos característicos de estas formaciones la presencia de crestas de playas similares a las encontradas en la parte norte.

#### **4.6.1.5 Ecosistema de Litoral Rocoso y Acantilados**

A pesar de los pocos estudios de línea de base en ecosistemas rocosos en algunas áreas se han descrito con algún detalle sus comunidades. Por ejemplo, en el área de Santa Marta se conocen al menos 7 tipos de comunidades de organismos en una relativamente corta longitud de la línea de costa (50 km). Para el resto del Caribe colombiano el litoral rocoso es relativamente escaso, pero es posible distinguir algunas comunidades localizadas en las siguientes áreas: Entre la frontera con Panamá y la población de Acandí, se encuentra una costa rocosa interrumpida regularmente por áreas de playa; en la parte occidental de Tierra Bomba y en algunas zonas de las islas costeras de la zona (San Bernardo y Rosario), existe una cierta extensión de litoral rocoso calcáreo, originado a partir de antiguos arrecifes



levantados durante el pleistoceno por glacioeustatismo. Existen áreas de acantilados rocosos como los de Punta Galeras y Punta Canoa, carentes de comunidades biológicas permanentes y bien zonificadas debido a la naturaleza poco cohesiva de la roca. El litoral de la costa perteneciente al departamento del Magdalena es predominantemente rocoso con una morfología dominada por la presencia de acantilados del sistema Sierra Nevada de Santa Marta que delimitan una serie de bahías y ensenadas. La composición, estructura y zonación de sus comunidades han sido bien estudiadas, siendo importante el desarrollo de una franja estrecha de formaciones coralinas a lo largo de todo el litoral rocoso. Afloran también pequeños acantilados rocosos en la alta Guajira como el Cabo de la Vela, Media Luna y Punta Espada.

En el Pacífico colombiano el litoral rocoso se distribuye en las diferentes zonas así: El área norte de la costa Pacífica, es dominada por las estribaciones de la serranía del Baudó, donde existen acantilados rocosos con una longitud aproximada de 287 km, formados por basaltos en la región de Punta Marzo, Bahía Humboldt, Punta Cruces, Punta Solano, Ensenada de Utría y Cabo Corrientes. En el resto de la costa norte, el borde marino está constituido por vulcanitas verdes básicas y ultramórficas (bahía Cúpica, bahía Solano y ensenada Tribugá).

#### 4.6.1.6 Ecosistema de manglar

El manglar es una cobertura que involucra aquellas comunidades vegetales con características simorfales más o menos estándares y homogéneas (consocietas), que ocupan las transiciones tierra-mar o se encuentran muy cercanas a las franjas litorales en las inmensas planicies aluviales costeras, denominadas comúnmente manglares, naidizales, cuangariales y natales. En el bosque de manglar predominan las diferentes especies de mangle dada su resistencia a la influencia directa del agua salada.

*Tabla 5. Extensión y distribución de los manglares en el Caribe y Pacífico colombiano, incluyendo los de la zona insular de San Andrés y Providencia.*

Región	Departamento	Area (ha)	Porcentaje en la región	Porcentaje a nivel nacional
Caribe	Antioquia	6084.7	7.05	1.61
	Atlántico	336.9	0.39	0.09
	Bolívar	5704.9	6.61	1.51
	Chocó	41.6	0.05	0.01
	Córdoba	8862.2	10.27	2.34
	Guajira	3131.2	3.63	0.83
	Magdalena	52477.7	60.80	13.85
	Sucre	9574.3	11.09	2.53
	*San Andrés/Prov.	97.0	0.11	0.03
Subtotal		86.310.5	100.00	100.00
Pacífico	Cauca	36276.8	12.39	9.57
	Chocó	64750.5	22.12	17.08
	Nariño	149735.8	51.15	39.50
	Valle del Cauca	41961.4	14.33	11.07
SUBTOTAL		292724.5	100.00	100.00
TOTAL		379.035.0	100.00	100.00

\* Manglares de la zona insular del Caribe

Se encuentran en las líneas costeras —sobre todo en el Pacífico sur porque la costa del norte es bastante acantilada— donde la confluencia de los ríos con el mar, al igual que por las altas

mareas de hasta 4,5 m., forman una zona estuarina que favorece el poblamiento de manglares. La cifra total estimada para los manglares de Colombia asciende a 348.649 ha, equivalentes a 0,3 % del territorio.

El estudio del Ministerio del Medio Ambiente y la Organización Internacional de Maderas Tropicales-OIMT estimó que para el Caribe colombiano existen aproximadamente 86.310 ha de manglares. Estas están distribuidas a lo largo del litoral continental e insular, pero restringidas a franjas angostas en áreas calmadas como lagunas costeras, y en comparación con el Pacífico ocupan pequeñas superficies discontinuas. Los bosques más extensos se hallan en los deltas y estuarios de los ríos Magdalena, Atrato y Sinú, mientras que el departamento con mayores extensiones de manglar es el Magdalena. Los manglares más extensos del Caribe se hallan en el Delta exterior del río Magdalena: Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) e isla de Salamanca, con 23.500 ha en 1993.

A partir del río Iscuandé y hasta el Patía, en el departamento de Nariño, se extienden las formaciones más amplias de manglares en el Pacífico, representadas en el Parque Nacional Sanquianga, con alrededor de 150.000 ha. En esta zona, los manglares penetran hasta 35 km tierra adentro y muestran un alto grado de desarrollo estructural y productividad.

#### **4.6.1.7 Lagunas Costeras y estuarios**

Las lagunas costeras son depresiones formadas en las ensenadas o en las partes terminales de los planos de inundación de los ríos; algunas son de origen tectónico y otras se forman por la acumulación de sedimentos arrastrados por las corrientes marinas; estas se diferencian básicamente de los estuarios por sus rasgos geomorfológicos; sin embargo, sus características biológicas, físicas y químicas son similares.

En el Caribe continental se encuentran 4 estuarios propiamente dichos, que corresponden a las desembocaduras de los ríos Magdalena - Canal del Dique, Sinú y Atrato y 59 lagunas costeras tienen una extensión aproximada de 155.472 ha en el Caribe. Las principales lagunas costeras y estuarios se encuentran ubicados en la Bahía Colombia, que es una costa baja inundable de marismas con vegetación hidrófila y manglares; el estuario de Bahía Morirrio, con influencia de agua dulce proveniente de un brazo del río Atrato y el río Leoncito a través del caño Morirrio. Dentro de los estuarios de ríos que desembocan en el Golfo de Urabá tenemos: delta del río Atrato, río Mulatos, río San Juan, río Turbo, río Caimán Nuevo, río Necoclí, río Currulao, río Chigorodó, río Guadualito, río León, río Murindó, río Jodega, río Chajeadó, río Murri y río Sucio. En el golfo de Morrosquillo se presentan, en el delta del río Sinú y en la parte exterior de bahía Cispatá (ciénaga de Mestizos, la Muerte, Pepino y Honda).

En la costa del departamento de Bolívar, se encuentra la Ciénaga la Caimanera (152 ha), de la Virgen o de Tesca (2250 ha), la bahía de Cartagena (8000 ha aprox.), la cual se comporta como un estuario positivo; en isla Barú se encuentran las siguientes lagunas costeras: Cholón (202 ha), Portonaito (175 ha), Pelao, Barú, Vásquez, Mohán, Ciénaga Honda, Ciénaga Coquitos y Ciénaga Cocon; dentro del Parque Nacional Natural Corales del Rosario se encuentra la Ciénaga de Cocoliso (2.4 ha). Hacia el sureste de la ciudad de Barranquilla se encuentra la ciénaga de Mallorquín.

La principal laguna costera del país, la CGSM con una extensión de 45000 ha aprox, se ubica en la costa del departamento del Magdalena. Los aportes de agua de este sistema provienen

de tres fuentes principales: Los ríos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta que desembocan al oriente y sur de la laguna; El río Magdalena por intermedio del complejo de Pajaral, que posee más de 20 ciénagas, cuya extensión es de 73000 ha, con diferentes niveles de sedimentación y salinidad (Pro-Ciénaga, 1995).

En el Parque Tayrona se presentan pequeños estuarios, como las bahías de Chenge y Cinto. En la desembocadura de río Ranchería se presenta un estuario en la época húmeda, unos ocho meses, el resto de meses permanece cerrado, río Jerez, río Ancho, río Negro, río Palomino.

En el Pacífico colombiano, las principales lagunas costeras y estuarios se manifiestan en las desembocaduras de los ríos. Entre los principales tenemos las siguientes áreas: En el delta de los ríos Juradó y Partadó, cerca a la frontera con Panamá. Desembocadura del río Catipre, río Baudó, el delta del río San Juan el cual es uno de los más importantes, al igual que bahía Málaga y bahía de Buenaventura. Desembocadura del río San Juan de Micay, río Guapí, delta del río Patía y bahía de Tumaco.

#### **4.7 Aspectos Socio-económicos**

A través de esta sección se busca identificar los principales factores sociales y económicos que hacen parte del desarrollo de la región costera colombiana en la última década. A través de la revisión y comprensión de la dinámica de comportamiento reciente de las tasas de crecimiento poblacional, las características económicas de la población, el uso del suelo y los diferentes sectores productivos, sin perder de vista el contexto sociocultural.

Bajo una descripción en este sentido, es posible proporcionar una descripción actualizada, consistente y en particular pertinente para la formulación de factores y escenarios de desarrollo costero (paso a seguir en la metodología común IPCC 1992, Paso 3).

Lo anterior, considerando que estos factores y escenarios deben contribuir significativamente a la estimación de la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas a un eventual ascenso del nivel del mar.

El análisis económico del área de estudio escogida se realiza a través de cuatro secciones: la primera presenta una descripción de aspectos político-administrativos y socioculturales con el propósito de generar claridad en cuanto a la distribución municipal de la población costera colombiana incluyendo los grupos étnicos predominantes y sus principales rasgos característicos. La segunda sección presenta una descripción de los aspectos demográficos que definen la dinámica de crecimiento y la distribución de la población costera, sus características económicas y algunos indicadores de sus condiciones de vida. Las diferentes categorías de uso del suelo y formas de tenencia de la tierra son descritas en la tercera sección y finalmente, en la cuarta y última se describen los sectores en que se agrupan los diferentes sectores productivos de las zonas costeras colombianas.

Tabla 6. Características físicas más relevantes dentro del área de estudio del proyecto

Información del Sistema Natural Características físicas	Unidad	Nacional*	Costas		Casos de estudio		
			Caribe**	Pacífico	Morrosquillo	UMI-Guapi	Tumaco
<b>Costa Natural Baja</b>							
Longitud	km	4090,4	1363,3	2727,1	148,0	105,6	49,9
Área	km <sup>2</sup>	31040,2	17743,1	13297,2	296,1	573,3	14,2
<b>Costa Natural Alta</b>							
Longitud	km	35130,6	19106,3	16024,3	444,1	678,9	64,1
Área	km <sup>2</sup>	21299,4	10437,2	10862,2	0,4	253,5	0,0
<b>Costa Artificial</b>							
Longitud Canales- Canal del Dique	km	114,0	114,0	*****	*****	*****	*****
Longitud costa urbanizada	km	94,1	30,6	63,5	4,3	*****	56,0
Área urbanizada	km <sup>2</sup>	365,3	306,4	58,9	5,5	2,1	26,0
Longitud de Costa	km	5702,8	2255,6	3447,2	141,2	94,0	56,0
Área de estudio en porción terrestre	km <sup>2</sup>	52132,8	28477,3	23655,5	754,2	906,5	26,0
Área de estudio en porción marina	km <sup>2</sup>	51677,0	34987,4	16689,6	1449,5	1578,8	0,0
<b>Recursos hídricos</b>							
Número de ríos principales que entran al mar (r.c.i.)	#	36	27	9	1	2	*****
Caudal anual promedio (r. c.i.)	m <sup>3</sup> /s	15721,0	10674,0	5047,0	290,8	1200,0	*****
Descarga de sólidos suspendidos (r.c.i.)	Tn/día	333851,0	308051,0	25800,0	5452,0	3810,0	*****
Nombre de los principales ríos que desembocan al mar		Magdalena San Juan	Magdalena	San Juan	Sinu	Guapi Iscuande	N.A.
Área de drenaje	km <sup>2</sup>		257438,0	15180,0	14915,0	*****	N.A.
Caudal promedio anual +++	m <sup>3</sup> /s		7149,5	2054,2	290,8	1200,0	N.A.
Descarga máxima 1 en 50 años	m <sup>3</sup> /s		13000++	*****	*****	*****	N.A.
Descarga de sedimentos al mar	Tn/año		180 x 106	*****	*****	*****	N.A.
Distancia de influencia de la cuña salina (>30)	km		22,0	*****	*****	*****	N.A.
<b>Medidas de la estación</b>							
Distancia a la costa (a lo largo del río)	km		Calamar 110,0	San Juan	Cotoca abajo	*****	N.A.
máximo nivel del agua 1 en 50 años	m		8,5	*****	*****	*****	N.A.
máximo nivel del agua 1 en 10 años	m		8,8	*****	*****	*****	N.A.
<b>Meteorología</b>							
Amplitud de la marea	m		0.4--0.5	4 -6	*****	*****	4-4.5
Aumento máximo del nivel medio del mar	cm		22,0	10,0	*****	*****	-4,0
<b>Fenómenos naturales (registrados entre 1931-2002)</b>							
Inundaciones	#	214,0	161,0	53,0	5,0	5,0	2,0
Tormentas tropicales	#	108,0	93,0	14,0	1,0	1,0	*****
ANM	#	74,0	27,0	49,0	2,0	2,0	14,0
Invierno	#	73,0	54,0	17,0	4,0	3,0	3,0
Huracán	#	36,0	34,0	2,0	*****	*****	*****
Sismo	#	23,0	11,0	12,0	*****	*****	4,0
Erupción volcánica	#	5,0	5,0	*****	*****	*****	*****
Destrucción de hábitat	#	9,0	5,0	3,0	*****	*****	1,0
Tsunami	#	1,0	*****	1,0	*****	1,0	1,0

\* Para el área de estudio

++ datos entre 1922-2001

N.A. : No Aplica

\*\* Incluye el Caribe insular

+++ datos de los últimos 20 años

\*\*\*\*\* no existe información disponible

r.c.i.: ríos con información disponible

#### 4.7.1 Estructura Político Administrativa y Aspectos Socioculturales

##### 4.7.1.1 Costa Caribe Continental

Dentro del área de estudio, los departamentos que conforman la zona costera del Caribe continental son: Antioquia, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Chocó, Guajira, Magdalena y Sucre. Abarcan una extensión de 26.898 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 2.4% del territorio nacional (1'141.414 km<sup>2</sup> sin incluir la extensión de mar territorial). 81 municipios hacen parte de esta

área y cuentan con una población total de 5,924,481 habitantes que representan el 13.5% de la población nacional y el 87% de la población de los municipios de la zona costera colombiana en el 2001.

En la actualidad, el Caribe continental cuenta con una representación importante de grupos indígenas, comunidades negras y mestizas. Entre los grupos indígenas es posible identificar tres conglomerados étnicos que habitan en las partes altas de la Sierra Nevada de Santa Marta: Koguis, Arzarios y Arhuacos, quienes consideran las partes bajas de la Sierra y el área costera como partes de su territorio ancestral debido a la presencia de sitios sagrados. Los principales resguardos de la Costa Caribe están en la Guajira (Alta y Media Guajira) y en Córdoba. De los 81 municipios analizados cerca de 28 municipios cuentan con una amplia representación de población afroamericana.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que no siempre el 100% del área de estos municipios está contenida dentro del área de estudio, de modo que bajo las estimaciones realizadas en el año 2001 aproximadamente 4,752,137 personas habitan el área de interés.

En relación con el promedio nacional, la población de los municipios de la zona costera del Caribe Continental muestra una tendencia superior en términos de tasa de crecimiento, la cual para el periodo comprendido entre 1993 y 2001 se sitúa en 4.1% frente al 2% nacional. Esta dinámica de crecimiento es el resultado de una transición demográfica tardía en relación con otras zonas del país, fenómeno este que ha sido tradicional.

En términos de la distribución de la población, correspondiendo con el fenómeno observado a nivel nacional, la población del Caribe Continental es predominantemente urbana. Se estima que aproximadamente el 78% de la población vive en esta área mientras solo el 22% restante vive en el área rural, siendo la densidad promedio de 8,388 hab/km<sup>2</sup> y 20 hab/km<sup>2</sup> respectivamente.

Las ciudades capitales como Santa Marta, Barranquilla y Cartagena se constituyeron en fuertes polos de desarrollo con atracción poblacional. Las zonas industriales cubren el 86,6% del total de la producción regional, además que estas son ciudades puerto, ciudades con actividad turística y con oferta en términos de educación, haciendo que la población inmigre buscando mejores alternativas de vida.

La lectura de las condiciones de vida de la población del Caribe continental se realiza retomando el indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas – NBI estimado con base en los datos del Censo de 1993. De acuerdo con el análisis clásico de este indicador, el 64.3% de las personas de los municipios del Caribe continental presentan necesidades básicas insatisfechas o pueden ser considerados como pobres frente a un promedio nacional del orden del 37.2%.

A través de este indicador es posible captar la baja capacidad de generación de ingresos con base en la selección de cinco indicadores con las mejores probabilidades de captar los segmentos con más bajos ingresos. Teniendo en consideración lo anterior, se esperaría que el rezago evidenciado en los municipios del Caribe continental se convierta en una limitante en lo que respecta a la capacidad que tienen los individuos para enfrentar los efectos adversos que causaría un eventual ascenso en el nivel del mar.

Las variables anteriormente mencionadas pueden ser consideradas como condiciones materiales de vida, bienes sociales y culturales que coadyuvan al progreso social, sin embargo, en el caso particular de Colombia el dinamismo del progreso social puede verse fuertemente influenciado por otro factor: la violencia, esto debido a las implicaciones que tiene sobre la composición de gasto del Estado, inversión privada y la vida social cotidiana.

#### **4.7.1.2 Costa Caribe Insular.**

En términos político-administrativos, la costa Caribe insular corresponde al departamento de San Andrés Providencia y Santa Catalina. Dentro del área de estudio, este departamento ocupa un área inferior al 1%, de la cual solo 48.4 km<sup>2</sup> corresponden al área emergida que alberga al municipio de San Andrés y al municipio de Providencia y Santa Catalina. Estos municipios cuentan con una población de 75,445 habitantes correspondientes al 1.11% de la población de los municipios de la zona costera y el 0.2% de la población del país en el 2001.

#### **4.7.1.3 Costa Pacífica Continental**

Por otro lado, el área de estudio dentro de la costa del Pacífico, comprende los departamentos de Chocó, Cauca (incluye las islas de Gorgona y Gorgonilla), Valle del Cauca (incluye la isla de Malpelo) y Nariño. De este grupo solo el departamento del Chocó tiene también costa sobre el mar Caribe. Dentro del área de estudio, estos departamentos ocupan una extensión de 23,505 km<sup>2</sup> representando el 2% del territorio nacional. Los 25 municipios que hacen parte del área de estudio albergan un total de 795,195 habitantes, que representan el 11.7% de la población de la zona costera y el 1.8% de la población nacional. Los datos anteriores corresponden al total municipal, sin embargo si se hace referencia estricta al área de estudio las estimaciones indican que en el año 2001 aproximadamente 561,296 personas habitan la costa Pacífica.

En la costa Pacífica, a diferencia de lo que ocurre en el Caribe continental, no se manifiesta el intenso mestizaje entre las etnias que han permanecido históricamente en el territorio. En la actualidad, en esta área, la población blanca constituye una minoría étnica al representar aproximadamente el 3% de la población total, no obstante esta misma población es predominante en el sentido del poder económico que proporciona la propiedad de los medios de producción. La población negra por su parte, representa aproximadamente el 77% y constituye fundamentalmente la mano de obra para las actividades agrícolas y extractivas. Así, la población indígena se convierte en el segundo grupo predominante al participar del 20% de la población, sin lograr una participación económica importante en términos de su interacción con los dos grupos anteriores.

En relación con el promedio nacional, la población de los municipios de la zona costera del Pacífico muestra una tendencia superior en términos de tasa de crecimiento, la cual para el periodo comprendido entre 1993 y 2001 se sitúa en 3% frente al 2% nacional. No obstante, se observa que esta tasa es inferior a la del Caribe Continental (4.1%), y al promedio de las zonas costeras colombianas (4%).

Con base en los resultados del indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas -NBI a partir de los datos del Censo de 1993 se ha estimado en un 75.3% el porcentaje de personas con NBI en los municipios de la zona costera del Pacífico en el 2001, cifra esta muy por encima del promedio nacional correspondiente al 37.2%. Del total de municipios pertenecientes al



área de estudio, solo en Buenaventura el porcentaje de personas con NBI (36%) esta por debajo del promedio nacional, mientras en más de la mitad de los municipios supera el 80%.

Si se tiene en cuenta que este indicador suele estar relacionado con la baja capacidad de generación de ingresos y que se estima a partir de variables con las mejores probabilidades de captar los segmentos con más bajos ingresos, es posible sugerir que constituye un importante elemento de análisis para inferir resultados en términos de capacidad de respuesta ante amenazas.

Uno de los elementos considerados en el presente estudio dentro de los aspectos determinantes de la calidad de vida es la violencia. La costa Pacífica es una de las regiones del país menos afectadas por el conflicto armado; Para esta área el índice de violencia oscila entre 0 y 1.36 sobre 5, con excepción de Buenaventura (1.36 – 2.62 sobre 5) y otras en donde no se tiene información (El litoral del San Juan y La Tola). No sobra aclarar sin embargo que dado el hecho de que este índice fue calculado con base en diferentes actos de violencia entre 1993 y 1995, el conflicto social ocasionado por el enfrentamiento armado, secuestros, asesinatos y otras formas de violencia se ha incrementado en algunos municipios; es el caso de Juradó y Santa Bárbara de Iscuandé.

## 4.7.2 Uso del suelo y formas de tenencia de la tierra

### 4.7.2.1 Costa Caribe Continental

En términos generales se identifican cuatro tipos de uso del suelo predominantes en el área de estudio de la costa Caribe continental, el uso agrícola (29.9%), seguido por un uso mixto definido por el uso ganadero y extractivo forestal (18.2%), el extractivo forestal (12.3%) y en cuarto lugar el uso ganadero (8.1%). Cabe anotar que un área bastante representativa, del orden del 24.4% se encuentra bajo la categoría sin uso aparente. Usos poco representativos en términos de área son particularmente susceptibles en términos de riesgo de inundación; tal es el caso de la extracción de manglar, la industria, la recreación, el uso acuícola y el urbano.

Con relación al tema de la tenencia, en la zona correspondiente a la costa Caribe, no existen oficialmente ante el INCORA comunidades negras organizadas para solicitar titulación de tierras de conformidad con la Ley 70 de 1993. Sin embargo se han presentado ya antecedentes de concertación en los trámites administrativos de la licencia ambiental ante el Ministerio del Medio Ambiente, es el caso del Bloque de Exploración Sísmica Santero. Las poblaciones de comunidades negras se encuentran ubicadas en los Municipios de Tolú, Tolú Viejo, San Onofre y San Antero.

En relación con las áreas de resguardos indígenas, se cuenta con un total de diez, distribuidos en los municipios de Uribe y Riohacha en la Guajira, Arboletes, Necoclí y Turbo en Antioquia, en muchos casos en áreas correspondientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales, áreas que también en términos de tenencia son consideradas de régimen especial.

### 4.7.2.2 Costa Pacífico

La costa del Pacífico tiene como formas de uso del suelo predominantes la explotación del hábitat de vida silvestre (23.6%), el aprovechamiento maderero (21.1%), la caza y/o pesca

(19.2%), y los cultivos transicionales (8.5%). La existencia de 16 tipos de usos adicionales pone de manifiesto una diversificación importante.

En referencia a la tenencia de la tierra, se describe que la propiedad colectiva incluye los territorios colectivos de comunidades negras y los resguardos territoriales indígenas. En el Pacífico más del 50% del territorio es colectivo sin incluir las áreas de parques, que sumarian cerca del 56 % del territorio (Sánchez, 2001).

En la Costa Pacífica se cuenta con un total de 78 resguardos distribuidos a lo largo de toda la línea de costa de los departamentos de Chocó, Valle, Cauca y Nariño. En algunos casos, el área de los resguardos sobrepasa los límites municipales e incluso departamentales.

### 4.7.3 Sectores Productivos

La zona costera del Caribe continental se usufructua mediante una variedad de alternativas entre las cuales predomina el uso agropecuario. Esta forma de uso refleja de algún modo la tendencia histórica de la zona, marcada por el latifundio de ganadero, la sub utilización de áreas con vocación agrícola en pastoreo y algunas tendencias recientes hacia el incremento de áreas dedicadas al uso acuícola.

De acuerdo con los datos suministrados por las cuentas regionales del DANE, durante el periodo comprendido entre 1994 y 1997 el PIB del país y el PIB promedio de los departamentos del Caribe continental crecieron a ritmos similares; 3.6% y 3.7% respectivamente. Con excepción de Bolívar (1.8%) y Antioquia (3.5%) todos los departamentos de esta área mostraron tasas superiores al promedio nacional, se destacan en particular las tasas de crecimiento del PIB de los departamentos de Córdoba (6.8%), Guajira (6.8%) y Magdalena (5.2%).

En promedio, los departamentos de la Costa Pacífica registraron entre 1994 y 1997 una tasa de crecimiento interanual del 3.5%, muy cercana al 3.7% correspondiente al Caribe continental y al 3.6% nacional. El mejor desempeño durante el periodo fue logrado por Valle (3.7%) y Chocó (3.5%), los otros dos departamentos se situaron por debajo del promedio.

El análisis de los datos suministrados por las cuentas regionales del DANE indica que en 1997 el departamento del Valle tuvo una participación del 77% en el PIB total de esta zona costera mientras que Nariño, Cauca y Chocó solo participan con el 11%, 9% y 3% respectivamente.

### 4.7.4 Infraestructura

#### 4.7.4.1 Costa Caribe Continental

De acuerdo con los datos suministrados por Digital Chart of the World (ESRI 1995, Escala 1:1'000.000), en el área de estudio correspondiente al Caribe continental se cuenta con una red vial total de 3.924,034 kms.

En términos de infraestructura aeroportuaria, en el Caribe continental se cuenta con aeropuertos nacionales, internacionales y regionales. Pertenecen al primer grupo los

aeropuertos de Santa Marta, Riohacha y Montería. Barranquilla y Cartagena forman parte del segundo grupo Turbo, Acandí, Apartadó, Chigorodó y Sincelejo.

Con base en los datos suministrados por la Superintendencia de Transporte (2002), el Caribe continental es el área de mayor actividad portuaria del país; cuenta con 6 de las 9 zonas portuarias existentes y en estas se movilizó en promedio el 90% del tonelaje correspondiente al tráfico total portuario del año 2001. Para el año 2001, la actividad portuaria (tons) estuvo concentrada y con participaciones relativamente similares en las zonas portuarias de la Guajira (28%), Santa Marta (25%), Golfo de Morrosquillo (21%) y Cartagena (20%). Barranquilla y Turbo presentaron en cambio una participación marginal correspondiente al 6%.

#### **4.7.4.2 Costa Pacífica.**

La construcción de carreteras en la zona costera del Pacífico ha sido tardía con relación al Caribe y otras zonas del país. La infraestructura vial terrestre es aun incipiente y está limitada fundamentalmente a pequeñas longitudes de vías secundarias sin pavimentar. La red de carreteras nacionales solo se conecta con la zona costera en los puertos de Tumaco y Buenaventura. Con base en la cartografía censal, DANE 2000 (Escala 1:25.000) en el área de estudio se tienen 1,004.1 km de carreteras.

El sector aeroportuario ofrece mayores posibilidades de comunicación; básicamente a través de una red de aeropuertos regionales que ofrecen conexión con aeropuertos nacionales e internacionales. Estos aeropuertos se localizan en los municipios de Bahía Solano, Nuquí, Buenaventura, Guapi y Tumaco.

De acuerdo con los datos suministrados por el anuario estadístico 2001 de la Superintendencia de Transporte, las zonas portuarias de la Costa Pacífica movilizaron durante el año en mención el 10.5% del tráfico portuario nacional, siendo superior la participación de Buenaventura para esta área costera, con un 82.3% del tráfico del área y el restante 17.7% corresponde a Tumaco.

### **4.8 Gobernabilidad de la Zona Costera**

Desde el punto de vista de la gobernabilidad entendida como *el sistema en el que interactúan la estructura administrativa, las normas y las políticas junto con los administradores y políticos que lo afectan*, el área de estudio incluye un marco legal, estructura administrativa y actores (administradores y usuarios) involucrados en la gestión costera, que deben ser implicados en la formulación de las estrategias de respuesta que podrían darse, con el fin de recomendar las acciones para reducir la vulnerabilidad a los impactos causados por el ANM. La caracterización de este componente, es una de las grandes fortalezas del proyecto.

#### **4.8.1 Revisión preliminar de la capacidad del Estado para abordar la amenaza de ARNM**

Las áreas costeras son cada vez más vulnerables como consecuencia, entre otros fenómenos, del posible incremento del nivel del mar; por ello es importante examinar tanto las características bióticas y abióticas como las económicas, las sociales y las características institucionales y legales de las zonas de influencia del fenómeno. Esta caracterización

completa se hace con el fin de participar en la formulación de estrategias de respuesta que podrían recomendar acciones que contribuyesen a reducir la vulnerabilidad a los impactos.

En este contexto y con el fin de proponer estrategias y acciones de mitigación, es importante conocer cuales son las políticas, las instituciones, el marco legal y la capacidad institucional existentes con relación a la propiedad, responsabilidades, decisiones, implementación, control e investigación que existen y están directamente relacionadas con la planificación y gestión costera, y más específicamente con relación al cambio en el nivel del mar.

La caracterización se realizó tomando como base la información secundaria recopilada para el desarrollo del proyecto de diversas fuentes, documentos elaborados por otros consultores e información obtenida directamente de los funcionarios que laboran en las diferentes instituciones. La información obtenida en algunos casos no es suficiente o es ausente, como ocurre por ejemplo, con los planes de ordenamiento de los diferentes entes territoriales, los cuales aún se encuentran en proceso de elaboración.

Cuando se participa en un proceso específico de gestión de las zonas costeras, que está encaminado hacia el logro del desarrollo sostenible de estas zonas es clara la necesidad de conocer y definir las formas del manejo y la forma de dependencia y comunicación entre las instituciones para propiciar un dialogo entre los saberes y acciones, entre culturas y entornos para distintos propósitos.

#### 4.8.2 Estructura Administrativa

Es necesario, en primer término señalar que por estructura administrativa, se entiende la ordenación de las entidades, autoridades y órganos encargados primordialmente del ejercicio de la función administrativa, con miras a la satisfacción de las necesidades comunes.

La descripción de los administradores (marco institucional), en este punto ha de comprender la estructura de la administración y las funciones de las entidades que estarían relacionadas con las decisiones que se tomen en manejo de zonas costeras para prevenir los riesgos ante un rápido ascenso del nivel del mar.

En este punto no se pretende hacer una descripción exhaustiva del marco institucional, ni tampoco una declaración profunda de su análisis. Con esto se pretende conocer la estructura relacionada, conocer si funciona bajo el esquema sistémico y detectar los principales problemas que los afectarían con relación a las posibles decisiones respecto al aumento del nivel de mar.

Destacando por su estructura y funciones el Ministerio del Medio Ambiente, el cual es el ente rector de la gestión ambiental nacional. Fue creado mediante la Ley 99 de 1993 y reestructurada entre otros por el Decreto 1687 de 1997 con base en las facultades extraordinarias por la Ley 344 de 1996, con los cuales se ha venido especializando para ser más viable su gestión. Tiene a su cargo la definición, formulación y adopción de la política nacional con relación al medio ambiente y los recursos naturales renovables, establece las normas y criterios de ordenamiento ambiental del uso del territorio y los mares adyacentes, prepara con la asesoría del Departamento Nacional de Planeación los planes, programas y proyectos que en la materia deban incorporarse en el plan Nacional de Desarrollo y en el Plan Nacional de Inversiones. Otorgamiento de las licencias ambientales de su competencia.

Conforme a la Constitución, los ministerios y los departamentos administrativos tienen como objetivos primordiales la formulación y adopción de las políticas, planes generales, programas y proyectos del Sector Administrativo que dirigen en este caso el sector Ambiental.

Como se establece de la normatividad vigente el Ministerio del Medio Ambiente cuenta con suficientes instrumentos jurídicos para desarrollar los procesos de formulación y definición de políticas, le asisten normas que le confieren facultades de coordinación con los demás ministerios para definir en los mejores términos el manejo ambiental del país. Sin embargo, no existe una gestión armónica y coordinada con todos los estamentos del Gobierno ni con los sectores privados del país lo que hace que su gestión sea conflictiva.

Así mismo, se tienen en cuenta las Corporaciones Autónomas Regionales y de desarrollo sostenible (CAR), para el tema específico aquellas que tienen jurisdicción en áreas costeras. La Ley 99 de 1993 transformó las CAR. Por definición legal son la máxima autoridad ambiental en el ámbito de su jurisdicción geográfica, sus funciones están centradas especialmente al nivel ejecutivo de la gestión ambiental y los recursos naturales renovables. Son el enlace entre las políticas planes y proyectos del Ministerio del Medio Ambiente y del Gobierno con las entidades territoriales de jurisdicción.

Son entes corporativos de carácter público, integrados por las entidades territoriales, con autonomía administrativa. Desde la conformación del Ministerio del Medio Ambiente han venido funcionando en forma desarticulada con el Ministerio, aunque este último a propiciado mecanismos para lograr una gestión armónica y coordinada en beneficio del medio ambiente en razón que éstas son los que ejecutan y vigilan el cumplimiento de las políticas ambientales en especial, para el caso que interesa la ejecución de las políticas de manejo integrado de las zonas costeras y la formulación de los planes de manejo para las mismas.

Una de las tareas fundamentales de las Corporaciones Autónomas Regionales es la de participar en los procesos de planificación y ordenamiento territorial y asesorar a los municipios que las integran, en la definición de los planes y proyectos de desarrollo ambiental. Igualmente, las Corporaciones promueven la participación comunitaria en actividades y programas de protección ambiental. Estas tareas son fundamentales en el proceso de valoración de la viabilidad ambiental de los proyectos de infraestructura y de transporte en particular.

Sobre las zonas costeras colombianas tienen jurisdicción las siguientes corporaciones:

#### **Costa Caribe continental**

- Corporación Autónoma Regional de la Guajira (CORGUAJIRA).
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG).
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE).
- Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE).
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS).

- Corporación para el desarrollo sostenible de Urabá (CORPOURABA)

#### **Costa Caribe insular**

- Corporación para el desarrollo sostenible de San Andrés y Providencia y Santa Catalina (CORALINA).

#### **Costa Pacífica**

- Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO).
- Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC)
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
- Corporación Autónoma Regional para el desarrollo sostenible del Chocó (CODECHOCO)

Los institutos de investigación juegan un papel muy importante en el aporte de la información para la toma de decisiones. Se destacan los del Sistema Nacional Ambiental que tienen competencia en las zonas costeras:

- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –INVEMAR
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt -AvH
- El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

#### **4.8.3 Marco Legal para el Manejo de Zonas Costeras**

En Colombia no existe un marco legal específico con relación a las zonas costeras colombianas, aunque sí existen normas e instituciones que tienen que ver con su manejo. En la actualidad, el manejo se determina por normas sectoriales específicas en materia de pesca y acuicultura, minería, turismo, puertos, transporte marítimo, bosques, las cuales, aunque brindan un marco legal no tienen una visión integradora para la solución de conflictos, perdiendo por tanto su eficiencia.

Uno de los principales problemas que se da para el manejo de la zona costera es la falta de coordinación entre las instituciones involucradas y de una aproximación integrada a la búsqueda de soluciones a la problemática ecosistémica. De acuerdo con el análisis realizado, más de una entidad realiza actividades similares dentro del mismo ámbito de cobertura, creándose duplicidad e inadecuada asignación de funciones, lo cual obstaculiza un manejo eficaz. Se han realizado esfuerzos de coordinación, pero estos mecanismos no han sido los más efectivos. Por ello, es necesario tener claro el problema a abordar, así como tener un intercambio de información fluido entre las instituciones.

Sin embargo, en Colombia, como en todo Estado de Derecho la actuación de los órganos del poder público requiere de la existencia de instrumentos legales que le sirvan de fundamento; o lo que es lo mismo, la administración pública debe acogerse al principio de legalidad, de acuerdo con el cual en todo Estado de Derecho las autoridades administrativas están en la obligación de ceñir todas sus decisiones al conjunto de reglas jurídicas preestablecidas. Estas reglas están sometidas a un riguroso orden jerárquico, que comienza con la Constitución Nacional, la cual contiene los fundamentos primarios sobre los cuales debe descansar la actuación de la administración; éstos se desarrollan luego a través de las leyes



orgánicas, leyes ordinarias, decretos y resoluciones, conformando así el sistema jurídico que rige cada área de actuación del poder público.

La gestión costera ha estado apoyada en una serie de normas y otros instrumentos de carácter legal que, aunado a la gestión de los diversos entes gubernamentales, sustentan la PNAOCI y sus estrategias.

#### 4.8.4 La Propiedad en La Zona Costera Colombiana

Los bienes que deben comprenderse en el dominio público se determinan no sólo por las leyes que califican una cosa o un bien como de dominio público; además es necesario que concurra el elemento de destino o de la afectación del bien a una finalidad pública; es decir a un uso o a un servicio público o al fomento de la riqueza nacional, variedades de la afectación que, a su vez, determinan la clasificación de los bienes de dominio público.

En estos bienes no tiene el Estado lo que propiamente se llama propiedad, ya que al analizar los elementos de que ésta se compone se encuentra: *el usus*, no es del Estado, pertenece a todos los habitantes del país; *el fructus*, no existe, en tesis general, y *el abusus*, tampoco existe en relación con tales bienes, por su condición de inalienables, vale decir, sustraídos del comercio, no susceptibles de propiedad privada.

El Decreto 2663 de 1994 establece como bienes de propiedad nacional en las zonas costeras, entre otros, los siguientes:

- Los bienes de uso público
- Las tierras baldías donde se encuentran las cabeceras de los ríos
- Las márgenes de los ríos navegables no apropiadas por particulares por título legítimo
- Las costas desiertas de la República no pertenecientes a particulares por título originario o título legítimo traslativo de dominio
- Las islas ubicadas en uno y otro mar pertenecientes al Estado, que no están ocupadas por poblaciones organizadas o apropiadas por particulares en virtud de título legítimo traslativo de dominio.
- Las islas de los ríos y lagos navegables por buques de más de 50 toneladas
- Las islas, playones y madre viejas desecadas de los ríos, lagos, lagunas y ciénagas de propiedad nacional a que hace referencia el inciso 5° del Artículo 69 de la Ley 160 de 1994
- Los lagos, ciénagas, lagunas y pantanos de propiedad Nacional.
- Los terrenos de aluvión que se forman en los puertos habilitados

#### 4.8.5 Marco Normativo

Un Marco Normativo general para las Zonas Costeras Colombianas, se resume en la Tabla 7 del presente documento.

Tabla 7. Marco normativo relacionado con las zonas costeras en Colombia.

<b>MARCO NORMATIVO</b>	
<p><i>Ordenamiento Internacional</i></p> <p>Los convenios son los instrumentos internacionales a través de los cuales los gobiernos establecen políticas y líneas de acción en el ámbito mundial, que sirven como marco conceptual a través del cual se establecen e implementan las políticas regionales y nacionales.</p>	<p><i>Jurídico</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (Ramsar, 1971)</li> <li>• Conferencia del medio ambiente y el hombre (Estocolmo, 1972)</li> <li>• Convención internacional para la prevención de la contaminación por buques, MARPOL (Londres, 1973)</li> <li>• Acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del Pacífico sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas (Lima, 1981).</li> <li>• Convenio para la protección del medio marino y la zona costera del Pacífico sudeste (Cali, 1981)</li> <li>• Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho al mar (Montego Bay, 1982)</li> <li>• Convenio para la protección y el desarrollo del medio marino en la región del Gran Caribe y el Protocolo relativo a la operación para combatir los derrames de hidrocarburos en la región del Gran Caribe (Cartagena, 1983)</li> <li>• Protocolo para la conservación del Pacífico sudeste contra la contaminación proveniente de las fuentes terrestres (Quito, 1985)</li> <li>• Protocolo para la conservación y administración de las áreas marinas y costeras protegidas del Pacífico sudeste (Paipa, 1989)</li> <li>• Protocolo relativo a las áreas de flora y fauna silvestres especialmente protegidas del Convenio para la protección y el desarrollo del medio marino de la región del Gran Caribe, (Kingston, 1990)</li> <li>• Cumbre de la Tierra (1992)</li> <li>• Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992)</li> <li>• Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992)</li> <li>• Convenio Constitutivo de la Asociación de los Estados del Caribe (Cartagena, Colombia, 1994)</li> <li>• Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades realizadas en tierra (Washington, Estados Unidos, 1995)</li> </ul>
<p><i>Ordenamiento Jurídico Normal</i></p> <p>Hace relación a los procesos de la legislación ambiental y de ordenamiento territorial que existen como marco referencial general</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitución Nacional</li> </ul>
<p><i>Ordenamiento Jurídico Ordinario</i></p> <p>Abarca no solamente a las expedidas por el Congreso en desempeño de su función legislativa, sino también las demás normas de cumplimiento obligatorio para autoridades y particulares, contenidas en Decretos, Resoluciones, Acuerdos, etc.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Planificación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley 136 de 1994, establece normas de modernización de la organización y el funcionamiento de los municipios</li> <li>• Ley 152 de 1994, Ley Orgánica del Plan de Desarrollo</li> <li>• Mar y costas</li> <li>• Ley 10 de 1978 mar territorial, zona económica exclusiva y plataforma continental</li> <li>• Ley 2324 1984, por el cual se reorganizó la Dirección General Marítima: Puertos</li> <li>• Ley 1 de 1991, Transporte Marítimo y Fluvial</li> <li>• Ley 105 de 1993, Estatuto General del Transporte</li> <li>• Legislación Ambiental</li> <li>• Decreto 2811 de 1974, Código de Recursos Naturales y del Medio Ambiente</li> <li>• Ley 99 de 1993</li> <li>• Decreto 1541 de 78, es la principal norma reglamentaria del recurso agua</li> <li>• Ley 2 de 1959, Reservas Naturales</li> <li>• Políticas ambientales: Proyecto Colectivo Ambiental, Biodiversidad, Agua, Bosques, Fauna Silvestre, Producción más limpia, Desarrollo de la pesca y acuicultura</li> <li>• Agenda Pacífico 21</li> <li>• Planeación y desarrollo Urbano</li> <li>• Decreto 1333 de 1986, define el marco normativo de la planeación urbana</li> <li>• Ley 9 de 1989, Ley de Reforma Urbana</li> <li>• Ley 388 de 1997, Ley de Desarrollo Territorial</li> <li>• Políticas, planes y programas</li> <li>• Políticas sectoriales</li> <li>• Planes de Desarrollo</li> <li>• Programas de inversión</li> <li>• Planes prospectivos y estratégicos: desarrollo del Caribe Colombiano. Caribe siglo XXI</li> <li>• Plan Maestros: Transporte</li> </ul>

## 5 Paso 3. Definición de escenarios

La caracterización socioeconómica de las zonas costeras arroja diferencias sustanciales entre la costa Pacífica y la costa Caribe, en materia de tendencia poblacional, de indicadores de calidad de vida así como en el desarrollo de los sectores económicos característicos para cada una de ellas. Estas diferencias se explican principalmente por el contexto histórico de ocupación del territorio, por el sistema de tenencia de la tierra determinante en el desarrollo y tipo de actividad económica, por el contexto institucional en el que se desarrolla las transacciones económicas, sociales, culturales y políticas entre actores sociales.

De esta caracterización también se denota una heterogeneidad al interior de una misma región costera. Este tercer paso busca evidenciar estas diferencias entre las dos regiones costeras y al interior de cada una de ellas frente a las proyecciones de ascenso del nivel del mar en un período de 30 años y de 100 años (30 cm y 1 m de ANM respectivamente).

La metodología común IPCC establece que en el marco del concepto de vulnerabilidad frente al ascenso del nivel del mar, la naturaleza y extensión de las actividades humanas juegan un papel crítico e importante. El desarrollo de las costas colombianas no sólo está sujeto a la evolución de las actividades productivas actuales en el tiempo, y a la generación y/o adaptación de cambios institucionales que organizan las relaciones económicas, sociales y políticas del país, sino también a la presencia de riesgos potenciales o grado de vulnerabilidad de la región costera frente al ascenso del nivel del mar.

Esto supone a la vez la necesidad de entender y estimar la manera de cómo los procesos humanos, sociales y productivos se comportarían en el tiempo, identificar el efecto sobre esta dinámica producto del ascenso del nivel del mar y evaluar la capacidad institucional y política para generar estrategias de prevención y respuesta.

Debido a que no podemos predecir muchos aspectos causados por el posible ascenso rápido en el nivel medio del mar (ARNM) sobre las costas colombianas, se han implementado varios escenarios que incluyen variables socioeconómicas y ambientales que permitirán explorar la vulnerabilidad de esta área. La elección de estos escenarios es muy importante, pues determina los resultados del análisis del impacto.

Para este proyecto, los escenarios han sido considerados como una forma de pensamiento con relación a las posibilidades de desarrollo de las zonas costeras y la incertidumbre al respecto. La definición adoptada fue la establecida por Rotmans.

*Los escenarios son descripciones hipotéticas de imágenes alternativas del futuro y de procesos, eventos y acciones que conllevan a la generación de dicha imagen, generada a partir de una situación inicial basada usualmente en el presente.*

De acuerdo con esta definición los escenarios no son una visión del futuro ni una predicción. Por el contrario, son una descripción hipotética de un posible desarrollo de las zonas costeras, procesos y sucesión de eventos en un tiempo determinado. En términos generales responden a un análisis condicional que responde a la pregunta “*Qué sucede si?*”.

El diseño de los escenarios implicó dentro del proyecto el análisis de la información disponible para la cuantificación de los diferentes factores de desarrollo, la recolección y análisis de la información económica disponible en materia de proyecciones económicas y poblacionales y por último, el planteamiento de unas hipótesis de trabajo y de análisis como base de la elaboración de los escenarios y de sus proyecciones respectivas.

Para emitir los escenarios desarrollados por el proyecto, se escogieron tres variables determinantes que condicionan el desarrollo socioeconómico del país. (1) conflicto armado, (2) población y (3) desempeño económico o crecimiento económico. Estas variables enmarcan los dos factores de desarrollo escogidos, la variable poblacional (a nivel de municipios) y la variable uso del suelo. Los sectores para los cuales se analizó el uso del suelo fueron los siguientes: ganadería, agricultura, aprovechamiento forestal, pesca y acuicultura, industrial, servicios: comercio y minería. Para ciertos sectores se tienen proyecciones reales a partir de una situación actual.

Adicionalmente, se considero la variable "conflicto de uso del suelo" como una variable cualitativa entre los usos actuales y el uso potencial de las zonas costeras. Está variable sólo busca aportar elementos adicionales de análisis para la interpretación de los escenarios.

Se plantearon dos escenarios uno pesimista y otro optimista (Figura 7), que fueron analizados en concordancia con una situación actual y una situación futura bajo un modelo de inundación de 30 cm y de un metro de ascenso del nivel del mar. El primer escenario (pesimista) refleja una situación de conflicto armado alto, con un crecimiento del PIB bajo y un crecimiento poblacional bajo; el segundo escenario por su parte (optimista), refleja un nivel de conflicto armado bajo, con un crecimiento del PIB alto y un crecimiento poblacional constante.

<b>Conflicto Armado Alta Intensidad</b>				<b>Conflicto Armado Intensidad Decreciente</b>			
<b>PIB Bajo</b>		<b>PIB Alto</b>		<b>PIB Bajo</b>		<b>PIB Alto</b>	
<small>Tasa de crecimiento Poblacional Baja</small>	<small>Tasa de crecimiento Poblacional Constante</small>	<small>Tasa de crecimiento Poblacional Baja</small>	<small>Tasa de crecimiento Poblacional Constante</small>	<small>Tasa de crecimiento Poblacional Baja</small>	<small>Tasa de crecimiento Poblacional Constante</small>	<small>Tasa de crecimiento Poblacional Baja</small>	<small>Tasa de crecimiento Poblacional Constante</small>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

Figura 7. Representación esquemática de los diferentes escenarios propuestos.

## 5.1 Escenario optimista

De acuerdo con la descripción de la metodología planteada anteriormente, este escenario se caracteriza por un conflicto armado de baja intensidad, una dinámica de crecimiento demográfico constante y un buen desempeño económico. En las Tablas 8 y 9 se resumen las principales variables socioeconómicas que describen este escenario a los años 2030 y 2100 respectivamente.

Las tablas 8 y 9, permiten identificar aspectos relacionados con el desarrollo autónomo de Colombia y el área de estudio en lo que se refiere al tamaño del PIB y la población. Adicionalmente indica el número de habitantes que eventualmente se verían afectados por anomalías en el nivel medio, ponderados por las respectivas probabilidades de inundación.

Los resultados de las tablas y los obtenidos en la caracterización, sugieren que bajo un escenario de desarrollo optimista, el PIB del país (en precios constantes de 2000) pasaría de US\$ 75,997 en el año 2001 a US\$ 262,341 en el año 2030 y US\$ 5,714,871 en el año 2100. Lo anterior indica que bajo las estimaciones realizadas, la tasa de crecimiento promedio anual del PIB entre el año 2001 y 2030 se ubicaría alrededor del 3.7% y entre este último año y el 2100 alcanzaría el 4.5%. En el caso del PIB de del área de estudio la tasa de crecimiento es ligeramente superior.

*Tabla 8. Sistema de datos socioeconómicos: Información general, año 2030*

Tipo de datos	Unidades	Colombia 2030	Área de estudio 2030
Producto Interno Bruto	millones de dólares**	2.6E+05	2.6E+04
Población	# personas	6.6E+07	9.0E+06
Distribución de la población en el área de estudio			
Impacto área I	# personas		1.3E+05
Impacto área II	# personas		1.1E+03
Impacto área III	# personas		2.9E+02
Area agrícola	km <sup>2</sup> *	4.4E+06	1.2E+04
Recientes tasas de crecimiento promedio			
Población	%/año (2015-2030)	1.4%	1.8%
Producto Interno Bruto	%/año (2015-2030)	4.5%	4.5%

\*km<sup>2</sup> a 1995. \*\*Dólar: 2,264.8 pesos

Durante este periodo de tiempo, tal crecimiento económico estaría por supuesto acompañado de una expansión en el tamaño poblacional, tanto nacional como del área de estudio, en ambos casos observando una tasa decreciente.

*Tabla 9. Sistema de datos socioeconómicos: Información general, año 2100*

Tipo de datos	Unidades	Colombia 2100	Área de estudio 2100
Producto Interno Bruto	millones de dólares**	5.7E+06	1.9E+06
Población	# personas	8.4E+07	1.3E+07
Distribución de la población en el área de estudio			
Impacto área I	# personas		1.8E+05
Impacto área II	# personas		1.5E+03
Impacto área III	# personas		4.0E+02
Area agrícola	km <sup>2</sup> *	4.4E+06	1.2E+04
Recientes tasas de crecimiento promedio			
Población	%/año (2030-2100)	1.0%	0.6%
Producto Interno Bruto	%/año (2030-2100)	4.5%	4.5%

\*km<sup>2</sup> a 1995. \*\*Dólar: 2,264.8 pesos

Finalmente, el número de habitantes que enfrentaría el riesgo de verse afectado por anomalías en el nivel medio del mar también tiene una tendencia de ascenso a partir del año 2001 lo cual se explica básicamente por el crecimiento de la población localizada en áreas de costa baja.

## 5.2 Escenario pesimista

De acuerdo con la descripción de la metodología planteada, este escenario se caracteriza por un conflicto armado de alta intensidad y bajo crecimiento económico y poblacional. Las Tablas 10 y 11 resumen los escenarios formulados al 2030 y 2100.

Tabla 10. Sistema de datos socioeconómicos: Información general, escenario 2030

Tipo de datos	Unidades	Colombia 2030	Área de estudio 2030
Producto Interno Bruto	Millones de dólares**	2.1E+05	2.1E+04
Población	# personas	6.2E+07	8.6E+06
Distribución de la población en el área de estudio			
Impacto área I	# personas		1.2E+05
Impacto área II	# personas		1.0E+03
Impacto área III	# personas		2.8E+02
Área agrícola	Km <sup>2</sup>	4.4E+06	1.2E+04
Recientes tasas de crecimiento promedio			
Población	%/año (2015-2030)	1.1%	1.2%
Producto Interno Bruto	%/año (2015-2030)	3.5%	3.5%

\*Km<sup>2</sup> a 1995. \*\*Dólar: 2,264.8 pesos

Nuevamente, los datos presentes en las tablas permiten identificar aspectos relacionados con el desarrollo autónomo de Colombia y el área costera, en este caso bajo un escenario de desarrollo pesimista, considerando el tamaño de la economía y de la población. Adicionalmente indica el número de habitantes que eventualmente se verían afectados por anomalías en el nivel medio, ponderados por las respectivas probabilidades de inundación.

Los datos anteriores y los obtenidos la caracterización (Paso 2), sugieren que el PIB del país pasaría de US\$ 75,997 en el año 2001 a US\$ 210,290 en el año 2030 y US\$ 2,336,921 en el año 2100. Esto indica que bajo las estimaciones realizadas, la tasa de crecimiento promedio anual del PIB entre el año 2001 y 2030 se ubicaría alrededor del 3.5% y se mantendría en promedio en el mismo valor entre este último año y el 2100. En el caso del PIB de del área de estudio la tasa de crecimiento sería similar.

Tabla 11. Sistema de datos socioeconómicos: Información general, escenario 2100

Tipo de datos	Unidades	Colombia 2100	Área de estudio 2100
Producto Interno Bruto	millones de dólares**	2.3E+06	2.5E+05
Población	# personas	4.4E+07	1.1E+07
Distribución de la población en el área de estudio			
Impacto área I	# personas		1.4E+05
Impacto área II	# personas		1.2E+03
Impacto área III	# personas		2.9E+02
Área agrícola	Km <sup>2</sup>	4.4E+06	1.2E+04
Recientes tasas de crecimiento promedio			
Población	%/año (2030-2100)	-0.4%	0.4%
Producto Interno Bruto	%/año (2030-2100)	3.5%	3.5%

\*Km<sup>2</sup> a 1995. \*\*Dólar: 2,264.8 pesos



Durante este periodo de tiempo, tal crecimiento económico estaría acompañado de una reducción en el tamaño poblacional nacional y un aumento bastante moderado en el área de estudio. De igual modo, se observa que el número de habitantes que enfrentaría el riesgo de verse afectado por anomalías en el nivel medio del mar se incrementa pero moderadamente.

## **6 Paso 4. Evaluación de impactos, efectos y respuestas del sistema natural**

En este paso se integra la información proveniente de los pasos anteriores para analizar los posibles efectos, impactos y respuestas del sistema natural y sus implicaciones sobre el desarrollo socioeconómico del área en estudio. El entendimiento de las adaptaciones del sistema natural requiere de una valoración muy completa del impacto potencial y de ajuste del medio biofísico, con el fin de proponer una evaluación real de su vulnerabilidad. Estos análisis requerirían de un sistema marco real de la zona costera colombiana muy completo que incluyese y reconociera, la integración de los sistemas naturales y socioeconómicos. Únicamente bajo este marco general se llegarán a modelaciones detalladas, que aborden el problema de una manera muy eficiente y realista para la definición de estos impactos. Dado que en el país no se cuenta con dicha información, se ha optado por utilizar aproximaciones generales bajo un criterio riguroso y bajo el esquema del “aprender haciendo”, esperando que nuevos estudios y análisis permitan hacer aproximaciones más precisas a medida que la información se haga disponible.

Los principales efectos considerados ante el rápido ascenso del nivel del mar sobre las costas colombianas, son:

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

### **6.1 Erosión**

A pesar de la gran incertidumbre que implica establecer los efectos causados por el posible ascenso del nivel del mar sobre la morfodinámica de las costas colombianas, es posible establecer lineamientos generales que hacen referencia a este tema. Algunos de los supuestos establecidos para evaluar dichos efectos, son descritos a continuación.

En las unidades geomorfológicas clasificadas como de costa baja, la erosión sería posiblemente extensiva principalmente, debido a el gradiente topográfico bajo y la alta movilidad de los sedimentos y formas depositacionales arenosas o acumulaciones deltaicas presentes (playones y playas, salares y zonas de inundación, espigas y barras, campos de dunas, entre otros).

En la costa Caribe, la erosión litoral producto del ascenso del nivel del mar, podría presentarse sincrónizadamente con la inundación de los terrenos litorales y su intensidad sería, al menos en parte, función de la disponibilidad de sedimentos litorales en las áreas adyacentes a cada sector particular. La aplicación más simple de la regla de Bruun (retroceso del perfil litoral de 1m por cada 1cm de ascenso del nivel del mar), predice la desaparición de las playas de costa abierta limitadas por acantilados.

En general, podría esperarse para las costas bajas del Caribe una erosión generalizada de extensas longitudes de playa a lo largo de los sectores acantilados de la Guajira, Arroyo de Piedra-Punta Canoas y en general, de todas las playas del Caribe sur, limitadas por terrazas costeras en los departamentos de Sucre, Córdoba y Antioquia.

En el Caribe continental, las unidades geomorfológicas denominadas costas altas, la erosión de los acantilados costeros sería función, en principio, de la resistencia de la roca al embate de las olas. Las tasas de erosión actuales a lo largo del sector sur del litoral Caribe (Barranquilla-golfo de Urabá) alcanzan los 1.5m/año en áreas como Arboletes, en donde la base de los acantilados está conformada por arcillolitas y lodolitas fuertemente fracturadas y afectadas por el emplazamiento de diapiros de lodo. En el otro extremo, la erosión de acantilados labrados sobre rocas ígneas y metamórficas, como los de la Sierra Nevada de Santa Marta y el costado oeste del golfo de Urabá, no tendría probablemente significancia práctica.

En la costa Pacífica, la erosión marina a lo largo del litoral sería probablemente extensiva a lo largo de todos los sectores bajos costeros, constituidos esencialmente por acumulaciones deltáicas holocenas representadas en las franjas litorales Cabo-Corrientes- Delta del San Juan, Boca Togoromá-Boca del San Juan (delta del San Juan), Buenaventura –Guapi, delta del Patía, y Bahía de Tumaco-delta del río Mira.

Un gran porcentaje de la costa alta adyacente de la serranía del Baudó, esta dominado por un frente acantilado, el cual en la actualidad se considera como una unidad poco variable, sin embargo, presenta innumerables rasgos erosivos fósiles como pilares marinos, plataformas de abrasión, grutas y cavernas, producidas por la acción del oleaje, por lo que este sector no se vería afectado ante un eventual aumento del nivel del mar. Sin embargo, existen algunos sitios muy puntuales donde si se presentarían procesos erosivos altos y que el aumento del nivel del mar ocasionaría mayores efectos, entre estos están: bahía Cúpica, bahía Nabugá, playa de Guaca, y en playa Yesca al norte de la ensenada de Tribugá, donde en estas últimas el retroceso ha sido extensivo en los últimos años y llegado a causar daños a la población y en la infraestructura como aeropuertos locales y las viviendas.

## 6.2 Inundación

La inundación en las costas bajas en Colombia será extensiva en función de su topografía baja, y este efecto se presentará paralelamente a los procesos de erosión de los terrenos litorales en función de la disponibilidad de sedimentos. Sin embargo, para las costas altas como los acantilados, este efecto no tendrá relevancia, lo que no quiere decir que los procesos erosivos no se presenten.

En el Caribe, las alturas topográficas sobre el nivel del mar actual de las unidades geomorfológicas de costa baja, no sobrepasan los 1.5 m, con excepción de algunas zonas de dunas traseras de playas en y hacia el norte de la localidad de Galerazamba (departamento de Bolívar). La mayor parte de estas geoformas están además conformadas morfológicamente por sucesiones de “crestas de playa” (beach ridges) y lagunas interiores conectadas al mar por canales de marea, por lo cual su inundación progresiva provendría a la vez desde la línea de costa y desde sus sectores internos lagunares.

El ascenso del nivel del mar implicaría sobre las geoformas litorales arenosas, la inundación de todas o la mayoría de las playas a lo largo de los sectores acantilados del Caribe, y la

formación de nuevos depósitos arenosos como “relleno” de las irregularidades litorales adyacentes a las playas de “costa abierta” erodadas.

En general, se esperaría la inundación de las mayores extensiones de las sucesiones de beach ridges, salares, lagunas costeras y dunas asociadas, presentes en los sectores de Castilletes, bahía Honda, Manaure, Camarones y Dibulla (Guajira), ciénaga de las Flores y Puerto Colombia (Atlántico), isla Cascajo, arroyo de Piedra y punta Canoas (Bolívar), bahía de Cispatá (Sucre) y ciénaga de Rionegro (Antioquia).

La inundación consecuente de los sectores bajos de la costa Pacífica afectaría prácticamente todos los asentamientos humanos de la franja litoral, incluyendo a Juradó, Pizarro, Bahía Solano, Buenaventura (parte de su casco urbano) y Tumaco.

### **6.3 Intrusión salina**

El efecto de la intrusión salina ante un eventual aumento del nivel del mar se verá reflejado directamente sobre los ecosistemas costeros y en especial sobre los sistemas estuarinos y de agua dulce, los cuales proveen una serie de servicios ambientales aprovechados por el hombre. En Colombia son pocos los estudios que se han llevado a cabo para evaluar el efecto de la intrusión salina y su efecto directo sobre los ecosistemas marino-costeros, dada la complejidad de este efecto solo se han hecho algunas apreciaciones cualitativas al respecto.

De acuerdo con el Committee on Engineering Implications of Changes in Relative Mean Sea Level (1991), la penetración de la cuña mareal por los estuarios y ríos sujetos a influencias mareales podría alcanzar (al menos para las costas norteamericanas) valores tan altos como un kilómetro por cada 10 cm de ascenso del nivel del mar. Sobre las franjas sedimentarias bajas de la costa Pacífica, la elevación de 1 m del nivel del mar y una penetración de la cuña mareal de tales magnitudes causaría muy probablemente efectos en Colombia como:

El desplazamiento hacia tierra de las fronteras internas de las áreas ocupadas por los pantanos de manglar, a expensas de los terrenos bajos inundables por agua dulce en la actualidad, colonizados por especies del bosque húmedo tropical. En las dos franjas litorales del Pacífico estrechas entre el cabo Corrientes-boca Togoromá y Buenaventura-Guapí, la migración de los pantanos de manglar sería probablemente limitada por los relieves costeros y escarpes de paleocantilados cercanos a la línea de costa actual, mientras que en los deltas del San Juan, Patía y Mira, la migración de los pantanos de manglar y la salinización de terrenos podría alcanzar las decenas de kilómetros, en función de los gradientes topográficos muy bajos de las planicies deltaicas.

La salinización de los acuíferos, por filtración sería uno de los efectos más drásticos e inmediatos a tener en cuenta principalmente en la costa Caribe y en especial entre el sector de Tolú-Coveñas, donde la población extrae el recurso hídrico, como principal fuente de abastecimiento. De igual forma se espera la salinización de los acuíferos de la Isla de San Andrés fuente única de abastecimiento de agua potable de sus habitantes.

### **6.4 Respuestas del sistema natural**

Las respuestas del sistema natural ante un eventual aumento del nivel del mar serán evaluadas con base en los tres efectos (erosión, inundación e intrusión salina), descritos

anteriormente, sobre los ecosistemas marino –costeros y terrestres presentes dentro del área de estudio y caracterizados en el Paso 2.

Las posibles respuestas de los sistemas naturales pueden bosquejarse considerando tanto los resultados de estudios teóricos sobre los posibles efectos del fenómeno, como en la evolución geomorfológica histórica de algunos segmentos de ambas costas, para los cuales se conocen algunos de los factores determinantes.

En el contexto anterior, debe tenerse en cuenta que las características geológicas de los litorales del país, aunque conocidas sólo en términos generales, los señalan en su conjunto como tectónicamente activos, hecho que se materializa con movimientos verticales, específicamente por levantamientos y hundimientos de terrenos litorales. Se ha establecido, tanto teóricamente como en la práctica, que los levantamientos de la zona costera pueden compensar total o parcialmente la elevación eustática del nivel del mar (casos de zonas sujetas a rebote isostático), mientras los hundimientos de terrenos incluyendo tanto los tectónicos como los debidos a otros factores (como la compactación y el “dewatering”) aumentan la magnitud del cambio relativo del nivel del mar, y por ende sus efectos.

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

- La tasa de cambio climático global y como consecuencia la tasa de ascenso del nivel del mar, tiene una proyección más rápida que ninguna otra registrada en los últimos 10.000 años.
- La población humana ha alterado la estructura de muchos de los ecosistemas que existen.
- La contaminación, al igual que otros efectos indirectos provenientes de la mala utilización de los recursos naturales, se ha incrementado desde los inicios de la revolución industrial.

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

#### 6.4.1 Biomás terrestres

En la costa Caribe los paisajes descritos dentro del zonobioma de Desierto Tropical, y Bosque Seco Tropical se encuentran asociados principalmente a sistemas de las partes medias y altas de la región norte de Colombia (por encima del máximo límite de inundación establecido), por lo cual el área afectada por el ARNM sería muy baja (<1% del área total dentro del área de estudio al 2030 y 4% al 2100). Sin embargo, el probable aumento de la temperatura media del planeta, el aumento de las lluvias y otros fenómenos asociados al clima cambiante, podría provocar cambios tanto en la composición florística de estos zonobiotomas como de la densidad y diversidad de la fauna asociada.

Los sistemas que se encuentran más cercanos a la línea de costa (vegetación de playas y dunas con vegetación escasa) podrán migrar a medida que los cambios en la línea de costa se

presenten, siempre y cuando las condiciones del suelo y la disposición ambiental de su entorno se lo permitan. Hoy en día existe una fuerte presión sobre este tipo de vegetación, causado principalmente por el sector turístico que considera la vegetación circundante de este tipo de ambientes como maleza, arrasándola y convirtiendo estos ambientes en playas “limpias”, desconociendo el importante papel que esta vegetación cumple en la sedimentación y la captación de arenas.

Por otro lado es de esperar que, a medida que la cuña salina penetre a tierra, la vegetación asociada con los planos aluviales pueda verse desplazada por especies halófitas, acostumbradas a soportar una mayor salinidad en el suelo, que aquellas que se ven favorecidas por un riego constante de agua dulce.

El bosque húmedo tropical es el ecosistema terrestre más extenso a lo largo de la costa Pacífica colombiana (4.600.000 ha). La inundación como consecuencia del ascenso en el nivel del mar, muy probablemente no tendrá mayores consecuencias directas sobre este sistema, sin embargo indirectamente las presiones de erosión y la salinización de los suelos, podrían conllevar a pérdidas de área en las zonas frontales del bosque.

El modelo de inundación con base a criterios geomorfológico y no a cotas de nivel establecidas, permite estimar el área afectada en un 8% (336 km<sup>2</sup>) para el 2030 y de un 39% (1603 km<sup>2</sup>) al 2100 de este bosque a causa de la inundación esperada por ARNM. Una iniciativa de realizar un modelo de áreas de desplazamiento de zonas de vida basado en escenarios climáticos, muestra que al nivel nacional el Bosque Húmedo Tropical cambiaría a una extensión equivalente a 5,7% del país, pasando 10 % de su área existente a Bosque Seco Tropical, donde se incluyen algunas áreas del sur de la región Caribe.

Es bien sabido que los bosques en general, se adaptan muy lentamente a las condiciones cambiantes, principalmente en función de la temperatura. Algunas observaciones y experimentos realizados en otros países y latitudes demuestran que un un incremento en un solo grado de temperatura, en la temperatura promedio global afectaría toda la composición de los bosques. Tipos de bosques enteros podrían desaparecer, mientras nuevas combinaciones de especies y por ende, nuevos ecosistemas, pueden establecerse.

#### 6.4.2 Ecosistemas marinos y costeros

Es bien sabido que el ascenso rápido en el nivel del mar podrá afectar unas comunidades coralinas más profundamente que a otras. Los tapetes arrecifales, hoy en día restringidos y en aguas protegidas, podrán verse beneficiados en función de la diversidad y productividad a medida que el nivel del mar aumente. Las estimaciones de crecimiento en algunos corales del Caribe insular oscilan entre 1 mm y 10 mm por año (Brown, 1996), por lo cual se presume que los arrecifes de coral podrán aparentemente mantener su desarrollo a medida que el ascenso del nivel del mar aumente. Sin embargo, a muy corto plazo (10 años) dichas variaciones se verán enmascaradas por las variaciones naturales del nivel promedio del mar, como consecuencia de las variaciones de marea.

Los efectos generales que el cambio climático global pueda tener sobre los ecosistemas de fanerogamas marinas colombianas, son difíciles de anticipar. Aunque algunos beneficios pueden producirse (incremento de la cobertura foliar gracias al aumento del CO<sub>2</sub> disuelto), otros impactos (pérdida de hábitats debido al ANM) pueden llegar a ser muy serios. Aunque los pastos marinos son susceptibles ante las perturbaciones y podrían morir rápidamente ante

condiciones de estrés, su recuperación por otro lado, es comparativamente muy lenta. Su presencia se ve limitada por los aportes de agua dulce, la turbidez del agua, la falta de sustratos adecuados (arenosos o fangosos poco profundos) y la alta dinámica del agua, entre otros. Por lo anterior y ya que una de sus funciones principales es la de ser estabilizador de sedimento o de la línea de costa, un eventual aumento del nivel del mar podría afectar su distribución, si este cambio ocasionara un desbalance en las variables anteriormente mencionadas.

El ascenso rápido del mar ha sido caracterizado como el mayor impacto causado sobre los ecosistemas de manglar, como consecuencia del cambio climático global. La respuesta de los ecosistemas de manglar en latitudes similares a las nuestras, se mide como función dependiente de tres grandes variables:

- la velocidad con que aumenta el nivel medio del mar
- la amplitud de la marea, y
- la tasa de sedimentación

Los impactos sobre los manglares pueden incluir algunas pérdidas, pero la migración tierra adentro, cambios en la dominancia de especies y un incremento inicial en el área de cobertura, son los cambios esperados a corto plazo, en dependencia de las características geomorfológicas del sitio y los impactos antropogénicos a los cuales se encuentre sometido.

Sin embargo estas respuestas pueden variar drásticamente de un sitio a otro a expensas de las variaciones geomorfológicas y funcionales del ecosistema y su interrelación con otros ecosistemas vecinos (Bacon, 1994). Es probable sin embargo, que las tasas de sedimentación de estos sistemas sean un factor determinante en la respuesta a mantenerse a lo largo del tiempo como ente consolidador y constructor de la línea de costa a lo largo de los grandes deltas y estuarios de nuestro país.

Dado que la erosión es el principal efecto sobre los ecosistemas de playas se podría esperar como respuesta ante un eventual cambio del nivel el mar la migración o desaparición de los mismos, así como de los servicios ambientales que estos ecosistemas presentan dependiendo de condiciones físicas del ambiente donde se encuentran actualmente.

La respuesta principal del cambio del nivel del mar en ecosistemas de lagunas costeras y estuarios serán la profundización y ampliación de sus desembocaduras, así como influencia directa de los efectos de intrusión salina y la expansión de áreas de inundación. La intrusión salina podría afectar la distribución espacial de especies aunque se esperaría que las respuestas de las comunidades fuese la migración, sin embargo, ha sido reportado por Bird (1993), que la salinización de las aguas en Egipto provocó el descenso en la producción de sardinas y en Louisiana causó la muerte de cipreses. Los efectos más graves podrían darse a consecuencia de la salinización de acuíferos, fuentes de agua potable para algunas ciudades costeras de Colombia.

Al igual que en muchas partes del mundo, los ecosistemas marino-costeros colombianos, se encuentran alterados como producto de impactos causados por el hombre en todas sus modalidades, tales como la deforestación, contaminación por vertimientos de aguas servidas, desechos industriales y mal uso de agroquímicos, sólidos en suspensión, sobrepesca y obras de infraestructura, como el taponamiento de caños y lagunas, desviaciones de cursos de agua y obras mal planificadas, entre otras. Todos estos impactos pueden llegar a causar una mayor transformación sobre los ecosistemas que el mismo fenómeno de ascenso de nivel del mar,

por lo cual el estudio de la resiliencia y la adaptación de dichos sistemas ante dichos cambios es de primordial importancia.

## 6.5 Evaluación de impactos sobre el sistema socioeconómico

Cada uno de los efectos inherentes el ascenso en el nivel del mar (inundación, erosión e intrusión salina) determina una respuesta en el sistema natural que a su vez altera en algún grado las formas de uso y aprovechamiento de recursos que constituyen parte esencial del sistema socioeconómico de las zonas costeras. Una alteración relativa en las condiciones biofísicas, como las descritas en las respuestas del sistema natural, tiene, como es de esperar un impacto también relativo (en el sentido de su magnitud) sobre la población y el uso del territorio costero.

En términos generales, dentro de las principales implicaciones socioeconómicas de tales efectos en el largo plazo, se ha identificado la alteración y/o pérdida de áreas con valor económico y social; proceso este que se traduce en cambios en el uso del suelo, cambios en el valor de la tierra, incrementos en los costos de inversión, mantenimiento y aseguramiento, entre otras. Es importante entonces tener en mente que los asentamientos costeros poco planificados, y la intervención no sostenible de los recursos costeros constituyen amenazas que podrían acentuar la vulnerabilidad, ya que un ascenso en nivel del mar puede generar, al menos temporalmente condiciones de escasez relativa de algunos bienes y servicios.

En concordancia con los resultados obtenidos en el Paso 3, la estructura general del presente paso se aborda a través de la estimación de los impactos directos y adversos de la inundación causada por un eventual ascenso en el nivel del mar, en el marco de los escenarios propuestos.

### 6.5.1 Escenario optimista

Bajo un contexto sociopolítico favorable en términos de una reducción significativa en la intensidad del conflicto armado y siendo consecuentes con el marco conceptual descrito anteriormente, se esperaría que la dinámica poblacional este determinada por una tasa de crecimiento moderada con tendencia decreciente y un buen desempeño económico (Tabla 12).

*Tabla 12 Escenario socioeconómico optimista*

<b>Factores de desarrollo</b>	<b>Mediciones</b>
Intensidad de conflicto armado	BAJA
Crecimiento PIB	ALTO
Crecimiento poblacional	MODERADO Y DECRECIENTE

La aplicación del modelo de inundación al presente escenario equivale a la realización del un ejercicio teórico en el que se estiman los impactos adversos causados por un incremento repentino de 30 cm y un metro de aumento en el nivel medio del mar. Siendo tales impactos cuantificados a través de la población afectada y las pérdidas en el PIB sectorial.



### **6.5.1.1 Impacto sobre la población**

Este escenario señala que hacia el año 2030 las zonas costeras del Caribe continental y Pacífico podrían albergar 9.011.712 habitantes, de los cuales aproximadamente el 3.7% podría verse afectado por la inundación causada por un eventual ascenso de 0.3m en el nivel del mar. Se está hablando entonces de aproximadamente 335,782 habitantes que representan el 0.5% de la población colombiana en el mismo año.

En términos regionales, las estimaciones señalan que la población afectada tendería a concentrarse en el Caribe continental, con una participación del 61% en el total afectado, mientras en el Pacífico esta participación corresponde al 39%.

Bajo un escenario de ascenso de 1 m en el nivel del mar en el año 2100, las estimaciones señalan variaciones en relación con el escenario anterior, no solo por la magnitud de la inundación esperada para ese año sino también por el desarrollo autónomo entre el 2030 y 2100. Los resultados indican que bajo este escenario, de los 12.7 millones de personas que podrían habitar la zona costera, aproximadamente 1.7 millones se verían afectadas por la eventual inundación, es decir el 2% de la población del país. De este total el 77% corresponde a la costa Caribe y el 23% restante a la costa Pacífica. En este escenario nuevamente, se observa una mayor participación de la población urbana en el total afectado, la cual alcanza el 85%.

### **6.5.1.2 Impacto sobre los sectores económicos**

A nivel de ambas costas y considerando dentro del análisis los sectores agrícola, ganadero, industrial, forestal y minero, las estimaciones realizadas indican que para el año 2030 el PIB total afectado correspondería al 0.4% del PIB departamental de los sectores considerados y al 0.06% del PIB total de los departamentos costeros de Colombia. Los sectores según su participación en el PIB afectado total serían en orden de importancia la agricultura, con el 78%, la ganadería con el 20% y el restante 2% correspondería al sector industrial.

Si se realizan las estimaciones anteriores de manera independiente para cada costa al año 2030 se obtiene que en el caso del Caribe continental la participación de los sectores afectados en el PIB afectado total estaría dada por un 57% en el caso de la ganadería, seguida por la agricultura con el 38%, el 4% en el caso de la industria y el 1% restante para el sector forestal. En el caso de la costa Pacífica, el mismo indicador arroja participaciones del 99% para el sector agrícola y el 1% para el sector ganadero.

En cuanto a los impactos sobre la población y el valor de capital, se ha estimado que como consecuencia de la inundación de áreas pobladas y de áreas con usos productivos, al año 2100 se vería afectadas aproximadamente el 1.7% de la población del país y un valor de capital aproximado al 1.5% del PIB en el mismo año. El mismo análisis realizado en el contexto de un escenario de desarrollo socioeconómico optimista al 2030 arroja un porcentaje de población afectada del 2% y un valor de capital del orden del 2.2% del PIB del mismo año.

## **6.5.2 Escenario pesimista**

Retomando los elementos que definen los escenarios socioeconómicos de desarrollo formulados en el Paso 3, se presenta en la Tabla 13 las variables utilizadas para el escenario pesimista.

Tabla 13 .Escenario socioeconómico pesimista

Factores de desarrollo	Mediciones
Intensidad del Conflicto Armado	ALTA
Crecimiento PIB	BAJO
Crecimiento Población	BAJO

Un conflicto armado de alta intensidad implicaría bajas tasas de consumo e inversión (nacional y extranjera) y esto tendería a traducirse en un BAJO crecimiento del PIB nacional. De igual modo, en el mismo reporte se asumió que una de las principales causas de cambio en las tasas de mortalidad y tasas netas de migración es el conflicto armado, cuya intensidad tiene un efecto negativo sobre los determinantes del crecimiento poblacional.

Se observa como el modelo planteado reúne variables sociopolíticas, demográficas y económicas inherentes al desarrollo colombiano en el largo plazo. En particular, para el caso de las zonas costeras permiten generar un contexto plausible en el que tendrá lugar el ascenso en el nivel del mar.

#### 6.5.2.1 Impacto sobre la población

Bajo el contexto sociopolítico caracterizado por un conflicto armado de alta intensidad, las estimaciones realizadas arrojan que de un total de 8,631,082 habitantes en el área de estudio al 2030, podría verse afectado aproximadamente el 4%. Impacto que medido en términos de la población nacional señala un porcentaje aproximado al 0.5%.

Al igual que en escenario optimista, en este caso las estimaciones arrojan que la mayor parte de la población afectada por una eventual inundación de 0.3 metros correspondería a la costa Caribe, el porcentaje sería de 62%; el 38% restante corresponde a la costa Pacífica. Otra manera de considerar la distribución se obtiene al ponderar la población afectada de cada costa dentro del total poblacional de la misma, así, los resultados señalan que de la población total en estudio en la costa Caribe, aproximadamente el 3% se vería afectada en el año 2030. Para la costa Pacífica, esta proporción es del 16%.

Si la lectura de los anteriores indicadores se realiza sobre un escenario de ascenso de un metro en el nivel del mar en el 2100, se obtiene que la población total afectada ascendería a 1.4 millones de personas, lo que equivale al 3% de la población del país en el mismo año. De este total el 80% aproximadamente correspondería al Caribe y el 20% restante al Pacífico. Adicionalmente y al igual que en los escenarios anteriores, una mayor proporción de la población afectada sería urbana (86%).

#### 6.5.2.2 Impacto sobre los sectores económicos

Bajo el escenario planteado y teniendo en cuenta los sectores agrícola, ganadero, industrial, forestal y minero, las estimaciones realizadas para ambas costas revelan que en el 2030 el PIB total afectado correspondería aproximadamente al 0.1% del PIB de los departamentos costeros y al 0.5% si el indicador se pondera solo con el PIB de los sectores en consideración. Hacia el año 2100 estos porcentajes equivalen al 0.4% y 3% respectivamente.

Si se desagregan los resultados considerando la participación de cada costa en el PIB total afectado se encuentra que para el año 2030 la costa Caribe participaría del 35% y el restante 65% correspondería a la costa Pacífica. Estas mismas participaciones para el 2100 equivalen al 53% y 47%. A nivel de ambas costas los sectores económicos afectados serían el sector agrícola con el 74%, seguido por la ganadería con el 24%, la industria con el 1% y el sector forestal con el 1% restante.

Hacia el año 2030 en la costa Caribe los sectores con mayor participación en el PIB total afectado serían el ganadero con el 48%, el agrícola con el 47% y el restante 4% corresponde al sector industrial. En el caso del Pacífico, el mismo análisis arroja que el sector agrícola participaría del 88%, el ganadero con el 11% y el 1% correspondería al sector forestal.

En el año 2100 se obtendrían resultados diferentes; el PIB total afectado en la costa Caribe estaría prácticamente determinado por el sector agrícola que participaría del 69% y estaría seguido por el sector ganadero con el 29% y el 2% restante correspondería al sector industrial. En la costa Pacífica las participaciones estarían dadas por un 9% correspondiente al sector agrícola, un 5% al sector ganadero y el 1% restante correspondería al sector forestal.

Como resultado general se observa que tanto en el Caribe como en el Pacífico el producto atribuible al sector agrícola es el que tiene mayor probabilidad de verse afectado por eventuales inundaciones debido a su frecuente ubicación en áreas bajas. Debido a la aptitud de uso y las formas tradicionales que estos se desarrollan y la extensión del área, en segundo lugar para el Caribe aparece la ganadería y en el Pacífico el sector forestal.

## 7 Paso 5. Formulación de las estrategias de respuesta

Asumiendo el ascenso del nivel del mar como un hecho plausible, Colombia necesita comenzar a adaptarse. Esta adaptación incluye tomar medidas apropiadas para reducir futuros impactos del cambio climático global. Dentro las acciones planeadas ante el ascenso del nivel del mar usualmente se presentan tres acciones genéricas.

- *Reubicación* (Planeada)– se permite la ocurrencia de todos los impactos sobre el sistema natural y los impactos sobre la población humana son minimizados mediante la evacuación de la población potencialmente afectada y de las actividades económicas desarrolladas sobre las costas.

- *Acomodación* – se permite la ocurrencia de todos los impactos sobre el sistema natural y los impactos sobre la población humana son minimizados mediante la adaptación del uso de la zona costera.

- *Protección* – Los efectos sobre el sistema natural son controlados mediante ingeniería liviana o grandes estructuras duras de protección reduciendo los impactos sobre la población humana en aquellas áreas donde se vería afectada sin protección.

En la práctica será una combinación de todas estas medidas las que deberán ser evaluadas en detalle y en casos particulares, consultadas con los tomadores de decisiones y socializadas con la comunidad para que puedan ser finalmente implementadas.

## 7.1 Reubicación

Las pérdidas de terrenos costeros han ocurrido como resultado del repliegue de costas, erosión de playas y retroceso de deltas y planos costeros. Fuera de las áreas urbanas e industriales, puertos, y demás áreas donde algunas estructuras de protección han sido construidas para detener la erosión costera, la respuesta del hombre ha sido abandonar las estructuras amenazadas. Inclusive en áreas donde se han hecho algunas inversiones, el abandono, puede llegar a ser la estrategia más económica si el costo de proteger la línea costera excede el valor de las estructuras amenazadas. Pocos son los edificios, carreteras y puentes construidos para servir durante períodos de más de 50 años sin una renovación substancial, siendo el costo de su mantenimiento, una variable en consideración al relacionar el gasto de mantenimiento del terreno sobre las cuales se encuentran.

La erosión y la subsidencia de las playas a medida que el nivel del mar aumenta, será el mayor problema en aquellas áreas donde se ha desarrollado una importante estructura hotelera. En aquellas costas bajas, incluyendo deltas, planos aluviales y planos arenosos, barreras e islas barrera, la subsidencia debido al aumento del nivel del mar, vendrá acompañada de la erosión generalizada de la línea de costa, que puede ir desde unos metros hasta varios kilómetros. En algunos deltas, donde el aporte de sedimentos se ha visto reducido por la construcción de represas, este retroceso será aún mayor.

Existen varios ejemplos de evidencia de retroceso en terrenos planos, donde la costa se ha erosionado rápidamente. En aquellas áreas donde se presentan estanques para pesca y las obras no son de alta ingeniería el retroceso y adaptación serán la estrategia adecuada. Sin embargo, en aquellas áreas donde los cultivos, como los de arroz, son la actividad principal, el ANM producirá una salinización de los terrenos, que obligará a los cultivadores a buscar nuevas áreas adecuadas para el continuo desarrollo de esta actividad.

## 7.2 Adaptación

La adaptación es entendida por la United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC, como todos los cambios en el sistema socioeconómico designados para reducir la vulnerabilidad al cambio climático. Una definición un poco más formal es encontrada en el documento técnico del IPCC (1996):

*Adaptación se refiere a todos los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a los impactos y efectos del cambio climático actual o esperado. De igual forma hace referencia a los cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los posibles cambios o beneficiarse de las oportunidades asociadas al cambio climático (IPCC, 1996).*

La adaptación al cambio climático siempre ha sido parte esencial de la evolución y permanencia tanto de los sistemas naturales como humanos. En todas las regiones el patrón y diseño de los asentamientos humanos y su infraestructura, las prácticas agrícolas y la selección de cultivos y otro gran número de actividades, se han adaptado exitosamente al clima cambiante. Tanto en los sistemas naturales como socioeconómicos existe un conocimiento tanto teórico como práctico de sortear las condiciones medioambientales y climáticas cambiantes y extremas, si embargo, es el hecho de adaptarse más rápidamente lo que constituye el verdadero problema.

La adaptación puede reducir los impactos del cambio climático tanto en países desarrollados como en aquellos en vía de desarrollo, siendo esta capacidad mucho mayor en el primer grupo de países. Esta circunstancia se explica por que las estrategias de adaptación pueden ser mejor asumidas por los fuertes sectores industriales de este grupo. De igual forma, los costos de las estrategias pueden ser bajos en comparación con las riquezas y bienestar social, aunque este hecho solo dependerá de la magnitud y de la tasa de cambio, la cual hoy en día, es todavía muy incierta. Por último se espera que la habilidad de adaptación de los países desarrollados, sea hecha en forma lenta y progresiva, ya que en términos generales no se esperan cambios súbitos o eventos dramáticos, como cambios en la circulación oceánica. La probabilidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos es baja, sin embargo, sus resultados serían catastróficos.

Este panorama obliga a pensar que los países en vía de desarrollo, como es el caso colombiano, no puedan implementar las medidas de adaptación necesarias sin la ayuda internacional o con acciones concertadas entre diferentes países. Es bien entendido, además, que las acciones nacionales pueden tener repercusiones internacionales; un claro ejemplo, son las adaptaciones planeadas sobre las condiciones hidrológicas de una cuenca que es compartida con países limítrofes y cuyo manejo afecta toda la región.

La capacidad de adaptación de los países más pobres y más vulnerables a los efectos del cambio climático puede ser considerada como baja debido a la falta de recursos financieros, un menor acceso a la tecnología, a una capacidad científica, institucional y tecnológica reducida. La incertidumbre acerca de las respuestas de los sistemas naturales y las pérdidas potenciales en biodiversidad, se suma al impedimento de desarrollar estrategias adaptativas en estos ambientes.

### **7.3 Protección**

Las estrategias de protección pueden dividirse en aquellas que involucran trabajos de ingeniería pesada y que conllevan a inversiones a mediana y gran escala y por otro lado las estrategias que no involucran la construcción de grandes estructuras sobre la línea de costa o los deltas. Dentro de las estructuras de ingeniería pesada se incluyen: paredes, diques, muros de contención, barreras, canalización y reorientación de ríos, recubrimientos, rompeolas exteriores, espolones, creación de islas, bahías y playas artificiales y cualquier construcción que cambie los regímenes hidráulicos entre otras. Dentro de las estrategias consideradas como de ingeniería leve se incluyen: la reclamación de tierras, el drenaje del suelo, el relleno de playas, el traspaso de arena, aumento de las tasas de sedimentación, fortalecimiento de las bases, algunos arrecifes artificiales, la zonificación, y aquellas estrategias relacionadas con el manejo de comunidades, instituciones, entre otras. Todas estas estrategias fueron analizadas y consideradas, sin embargo, en este documento sólo se relacionan y describen aquellas que podrían ser implementadas con mas factibilidad en las áreas críticas de las costas colombianas. a posibilidad real de ejecución y el efecto sobre el sistema hacen parte integral de la evaluación de la vulnerabilidad. Por lo tanto, un estimativo de los costos y una evaluación de los efectos de las opciones seleccionadas deben ser incorporados dentro del estudio.

El Paso 5 busca de forma general, plantear algunas estrategias de respuesta analizadas para los sitios más susceptibles sobre la costa colombiana ante los efectos esperados del aumento en el nivel del mar. Este análisis debe ser considerado como un ejercicio académico de la metodología IPCC, para identificar las fortalezas y debilidades del manejo actual y futuro de nuestras costas. Las medidas necesarias para la protección y adaptación de las costas, al igual

que la reubicación de la población en riesgo, deben ser adoptadas en el futuro mediante estudios más detallados y específicos, teniendo como base experiencias anteriores y la debida socialización de las medidas consideradas. De igual forma dichos estudios deben incorporar dentro de sus análisis los demás impactos causados por el cambio climático global, como cambios en la temperatura e incidencia sobre fenómenos de mal tiempo al igual que la intensificación de los efectos causados por fenómenos como el ENOS.

El presente estudio solo contempla la implementación de estrategias de respuesta en áreas identificadas como críticas, que refleja las características relevantes, que determinan que ciertas áreas puedan verse mayormente perjudicadas por el efecto de la inundación.

## **7.4 Identificación de áreas críticas**

Con el propósito de identificar las áreas o puntos críticos debido a un aumento progresivo del nivel del mar en las zonas costeras colombianas, se generó una matriz que permite identificar el grado de importancia de los municipios encontrados en el área de estudio, mediante la selección de características relevantes, denominadas dentro de la matriz “elementos”, que pueden verse afectadas por el efecto de inundación.

Para lograr dicho objetivo, el primer paso fue elaborar una lista de chequeo en la que se listaron las características más relevantes del área de estudio que podrían verse afectadas o comprometidas de forma significativa por el efecto de la inundación. Los resultados obtenidos de la elaboración de la lista de chequeo se organizaron de acuerdo a los componentes ambientales: físico, biótico, socioeconómico y gobernabilidad. Además de permitir la identificación del tema de riesgos y amenazas como otro aspecto importante dentro del análisis, debido a su posible sinergia con el aumento del nivel del mar y su importancia en el ámbito de la planificación para la formulación de medidas de respuesta e implementación de sistemas de alerta a la población.

### **7.4.1 Áreas críticas en la proyección de 30 cm de ANM**

#### **7.4.1.1 Costa Caribe continental**

Al analizar los resultados de la matriz utilizando las áreas de inundación de 30 cm de ANM, se observó que los municipios de importancia alta en el Caribe, hacen referencia a los municipios que contienen centros urbanos principales en la zona, Santa Marta y Cartagena, al igual que el municipio de Turbo. Estos municipios presentan los más altos porcentajes de población afectada por área de estudio. Los dos primeros sectores poseen, además, características especiales que determinaron dicha importancia, tales como: alta proporción de población en riesgo, significativa cantidad de infraestructura habitacional, comercial e industrial, representatividad ecosistémica, histórica y cultural que soporta el desarrollo turístico, categorías de reconocimiento especial a escala nacional e internacional y diversidad biológica reconocida por la existencia de áreas protegidas aledañas. Adicionalmente, en estos tres sectores se reportan la presencia de fenómenos naturales recurrentes o persistentes (tormentas tropicales, lluvias fuertes, erosión, huracanes, marejadas, mar de leva).

*Cartagena* podría verse potencialmente afectada por un ANM debido a la alta densidad de población (1452 Hb / km<sup>2</sup>), la diversidad de ecosistemas cercanos a la ciudad que alberga (corales, manglares, ecosistemas de desierto, fanerógamas marinas y playas). La

catalogación como distrito especial histórico y cultural a escala nacional y el tipo de infraestructura que posee (aeropuerto internacional, puerto principal y zona industrial en el sector de Mamonal) le confieren una importancia especial. De igual forma, el municipio tiene un gran valor histórico, cultural y paisajístico. La ciudad de Cartagena cuenta con 50 monumentos nacionales siendo catalogada como Patrimonio de la Humanidad, reconocimiento internacional dado por UNESCO. El área del municipio comprende un área de conservación de carácter marino denominado Parque Natural Nacional Corales del Rosario y San Bernardo. Con relación al tema de riesgos y amenazas naturales, se puede destacar que la ciudad se ve seriamente afectada anualmente por inundaciones durante la época de lluvias, además de presentar registros de frecuencia recurrente de tormentas tropicales y mares de leva.

El municipio de *Santa Marta* es uno de los más poblados de la costa Caribe (398.368 habitantes). Presenta gran diversidad de ecosistemas y etnias que son protegidas mediante el Sistema de Parques Nacionales Naturales mediante la conformación de dos Parques en el área, Tayrona y Sierra Nevada de Santa Marta. Además, ha sido catalogada como distrito turístico e histórico nacional. Santa Marta también posee una infraestructura de gran envergadura debido a su carácter portuario y turismo. Las lluvias, tormentas tropicales y mares de leva también causan impactos sobre esta ciudad y sus habitantes.

El Municipio de *Turbo* es un área con un gran dinamismo económico, social, demográfico y político. Perteneció al sistema integrado de centros urbanos con Apartadó, Carepa y Chigorodó, en el cual se concentran gran parte de los centros industriales comerciales y de servicios, jalonados por la actividad bananera (agro-exportación) lo cual genera un gran flujo migratorio (INER, 1994). Se localiza sobre una planicie aluvial, sobre la denominada Espiga de Turbo que se originó a partir del Delta del Río Turbo. Este origen hace esta área altamente vulnerable ante la erosión acrecentada por la disminución de aportes sedimentarios, la interrupción de tránsito sedimentario debido al avance del río Turbo y fenómenos de refracción del oleaje. La intervención antrópica y la degradación de los bosques naturales para dar paso a la industria bananera, han ayudado también a incrementar el retroceso acelerado de su costa (200 metros en los últimos 12 años). Turbo se sitúa en un área de alta sismicidad cuyo riesgo se acrecienta por su alta frecuencia, exponiendo a una gran cantidad de población a procesos de licuefacción de terrenos.

#### **7.4.1.2 Costa Pacífico**

La zona del Pacífico colombiano muestra como resultado 13 municipios calificados como de importancia baja de un total de 18. De los restantes, 4 municipios se ubican en la categoría de importancia media y solo Tumaco se considera como de importancia alta. Los municipios calificados con importancia media corresponden centros urbanos de importancia en la zona costera donde existe una gran cantidad de infraestructura habitacional, comercial e industrial y se han registrado ocurrencia de fenómenos naturales extremos que han ocasionado pérdidas significativas.

*Tumaco* es la segunda ciudad más importante sobre el litoral Pacífico colombiano; según el modelo de inundación, el área que se perdería en Tumaco es considerable así como el porcentaje de población que tendría que ser reubicada o protegida. Así mismo, Tumaco ha sido seriamente afectada por tres Tsunamis en el último siglo y es frecuentemente damnificada por las inundaciones fluviales.



#### 7.4.2 Áreas críticas en la proyección de 100 cm de ANM

Cada escenario debe considerar al menos dos situaciones: una “sin medidas” y otra “con medidas de protección”. Con el primero se busca determinar el nivel de referencia, en el cual se mostrará el mayor impacto provocado por el ARNM sin ningún tipo de estrategia definida y con un costo nulo. La segunda situación contempla la respuesta que minimizará los efectos del ARNM y que por ende suele corresponder a un elevado costo de inversión.

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

Una gruesa aproximación de los costos de la implementación de las estrategias de respuesta sobre las áreas críticas, indica que se necesita al menos una inversión inicial de US\$ 2.121 millones de dólares, con un costo anual de 86 millones de dólares, equivalentes al 2.9% del PIB de Colombia al 2001, para establecer una estrategia de protección total ante los efectos causados por el ascenso del nivel del mar.

Desarrollando el mismo análisis anterior, teniendo en cuenta una proyección de aumento de 100 cm, se obtuvo un resultado similar a la proyección de 30 cm en cuanto a áreas críticas se refiere. En esta proyección se mantiene las mismas áreas críticas identificadas para el Caribe, pero se destaca el municipio de Barranquilla que pasa de tener una importancia media a alta.

*Barranquilla* ubicada en la margen sur del delta del río Magdalena, ha sido catalogada como distrito industrial y es la tercera ciudad más poblada de la zona costera colombiana. Su ubicación ha favorecido su desarrollo, sin embargo, el desbordamiento del río y las ciénagas afectan la región frecuentemente durante la época de lluvias. Así mismo, las consecuencias de las lluvias y tormentas tropicales en la ciudad son considerables cada año.

Tres municipios que ante una proyección de 30 cm de ANM se situaban bajo la categoría de importancia baja, ante un aumento del nivel del mar de 1 m se clasifican con una importancia media, estos son Los Córdoba, San Bernardo del Viento y Necoclí.

De igual forma en la costa del Pacífico, solo cinco de los 18 municipios, podrían considerarse poco afectados desde el punto de vista de inundación por el ANM de 1 m: Bajo y Alto Baudó, El Litoral del San Juan, López de Micay y el municipio de Roberto Payan. Estos municipios verían menos de un 30% de su territorio afectado por el efecto de la inundación. El municipio de *Buenaventura* pasa de tener una importancia media a alta bajo esta proyección de ascenso de nivel del mar. En este municipio se encuentra el puerto más importante sobre el océano Pacífico, la infraestructura afectada por la inundación sería considerable además del número de habitantes que se ubican en las zonas bajas. Buenaventura está situada en un área con alta frecuencia sísmica y es afectada por eventos de mareas altas y otros fenómenos naturales extremos.

En conclusión el análisis permite identificar a los principales centros urbanos de las zonas costeras colombianas, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, Buenaventura y Tumaco como puntos críticos ante aumento del nivel del mar. De igual forma se destaca el municipio de

Turbo, que por su ubicación en un plano deltáico sumado a su crecimiento demográfico desordenado lo convierte en un área potencialmente sensible ante el ARNM.

## 7.5 Identificación de estrategias de respuesta por análisis multicriterio

Teniendo en cuenta la dispersión y ausencia de información sobre las estrategias para afrontar el ascenso rápido en el nivel del mar, se propuso en este análisis incluir algunas utilizadas globalmente como protección total, adaptación y reubicación así como algunas basadas en consultas con expertos y que se aplican para sitios específicos (ie. islas artificiales, arrecifes artificiales, etc). También se han incluido como parte de las estrategias, la planificación y el desarrollo ordenado así como las estrategias de respuestas a fenómenos naturales que ocurren en las zonas costeras.

Es necesario tener en cuenta que se ha querido dar énfasis en la utilidad de cualquier estrategia aplicable a las zonas costeras, sin embargo toda decisión al respecto debe de estar enmarcada dentro del concepto de manejo integrado de las zonas costeras y del desarrollo propio de cada región y que al determinar los rangos para cada uno de los criterios se está tomando en cuenta únicamente el aumento en el nivel del mar, siendo el único objetivo enfrentar con estas estrategias los impactos causados por la inundación.

Las medidas a considerar en el corto plazo que hicieron parte del análisis multicriterio son las siguientes:

- Ausencia de intervención: el gobierno no toma ninguna medida ante el aumento el nivel del mar.
- La reubicación de población: aquellas poblaciones o sectores de las ciudades que se encuentren dentro del área de inundación serían trasladadas a zonas de no afectación.
- Refuerzo de estructuras existentes: los camellones, barreras, espolones que estén actualmente y son eficaces para la prevención de la inundación se reforzarían de forma tal que pudiesen resistir y proteger las localidades de los impactos de la inundación por el ascenso progresivo del nivel del mar.
- La implementación de sistemas de alarmas: para prevenir a la población en caso de que ocurran fenómenos naturales previniendo mayores desastres a causa de dichos fenómenos. Se ha observado que se podrían evitar pérdidas humanas y materiales si las comunidades estuviesen informadas sobre los procesos de evacuación o comportamiento en eventos como terremotos, huracanes, tormentas tropicales, tsunamis e incluso desbordamiento de ríos. Informar a la comunidad con antelación sobre la ocurrencia de estos fenómenos cuando sea posible haría parte de este programa también.
- Apoyo a las diferentes ramas de la investigación, generación de conocimientos y aplicación de tecnologías: esta estrategia promueve la inversión en investigación a todo nivel y en gran variedad de temas, desde cambio climático cubriendo los procesos estuarinos y los ecosistemas hasta posibles estrategias de protección, sistemas de alerta y alarma, estudios sobre conocimiento tradicional y comportamiento de las sociedades y desarrollo territorial.

- Planificación local: Son todos los planes que incluyen aquellos temas que tienen que ver con la gobernabilidad, identificación y solución de conflictos y desarrollo de las ciudades. Estos planes deben estar enfocados al desarrollo sostenible de las ciudades y reconocer los riesgos y amenazas que tiene para fomentar un desarrollo ordenado y disminuir la vulnerabilidad a fenómenos como el aumento en el nivel del mar.
- Adaptación: incluye la elevación de tierras y acomodación de infraestructura al cambio en el nivel del mar. Eso podría incluir la clausura de los niveles más bajos de las edificaciones, el levantamiento por medio de estructuras de madera y la adecuación de la infraestructura de las ciudades para tales cambios.

Las medidas a considerar en el largo plazo son:

- La construcción de paredes y diques que prevengan la inundación
- Utilizar los ecosistemas marinos y costeros para promover la acreción
- La construcción de islas artificiales: esta estrategia fue propuesta en especial para Barranquilla como se observará más adelante, donde se hace un redireccionamiento de los sedimentos de la desembocadura de los ríos para que se conglomeren y formen una isla o la utilización de los sedimentos extraídos por dragado para su depositación en algún otro lugar. La construcción de islas como se mencionó anteriormente ya ha sido empleada en Colombia, y específicamente en Buenaventura.
- Construcción de obras que cambien la dinámica de los deltas

El análisis de los resultados de la matriz multicriterio para cada una de las áreas críticas y caso de estudio se presenta a continuación:

### 7.5.1 Santa Marta

La implementación del plan de desarrollo y el apoyo a la investigación y generación de conocimiento no son estrategias que contrarresten el cambio en el nivel del mar directamente sino que están relacionadas con la planificación y desarrollo adecuado de la ciudad. En el análisis de esta área se tuvo en cuenta tanto la ciudad como la presencia del Parque Nacional Natural Tayrona, por lo tanto una misma estrategia podría no ser aplicable a las dos áreas simplemente porque el objetivo de protección sería diferente.

Dado que esta área no se encuentra en una región plana sino en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, una gran proporción de la ciudad se localiza en niveles superiores a un metro aunque el mayor desarrollo, el centro histórico y las estructuras hoteleras se encuentran muy cercanas a la costa y se verían afectadas por el aumento en el nivel del mar. Sin embargo, los diques y paredes costeras, construidos en forma armoniosa con la arquitectura de la ciudad protegerían infraestructuras de gran valor histórico que probablemente serían muy difíciles de adaptar. Es por ello que la construcción de estas barreras sería recomendable, bajo un estudio detallado de las características específicas de las obras ingenieriles.

En lo referente a las playas, tanto las que se encuentran en el parque como las ubicadas en la ciudad, según el modelo de inundación desaparecerían a mediano plazo. Es por ello que el relleno de playas en combinación con otras estrategias de protección y desarrollo deben ser implementados con el fin mantener estas fuentes/ receptores de turismo.

Santa Marta es tal vez la única área crítica donde la reubicación no sea uno de las estrategias más recomendables, esto se debe a que como se mencionaba anteriormente, la ciudad esta creciendo pero hacia las zonas altas y las poblaciones que se ubican en áreas de riesgo por desbordamiento de los ríos se prevé sean reubicadas a mediano plazo. La reubicación de las zonas bajas (centro históricos y hoteles) de la ciudad sería una labor bastante costosa.

### 7.5.2 Barranquilla

En este análisis en Barranquilla se incluye, el río Magdalena, la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM y los municipios que la bordean. Por ser la CGSM área protegida bajo la Convención de Ramsar y adicionalmente Reserva de Biosfera por parte de la UNESCO, la jerarquización de los criterios posteriores al análisis de la estrategias de protección se pensaron tanto en lo referente a la parte metropolitana como a las áreas protegidas.

Barranquilla es un caso diferente a otras ciudades del Caribe puesto que el ascenso en el nivel del mar no afectaría tan directamente la ciudad, como si lo harían los efectos secundarios como las inundaciones provenientes del río Magdalena.

Además de las estrategias comunes a la mayoría de las áreas críticas, los resultados que arroja el análisis son acordes con la posición geográfica del distrito y la influencia del río Magdalena en su desarrollo pasado, presente y futuro. Las obras hidráulicas en los Deltas estarían relacionadas con la canalización, construcción de drenajes y diques que facilitasen la circulación del agua dulce al mar y evitasen los efectos de los desbordamientos durante las épocas de lluvias. La construcción de puentes y adecuación de vías se ha visto más orientado al flujo de agua y sedimentos en la Ciénaga.

La construcción de una isla artificial como nueva zona portuaria, donde atraquen los grandes barcos para carga y descarga se sugirió, en especial para esta área, debido a que con el aumento en el nivel del mar y los cambios en las dinámicas del Delta es posible que el puerto se vea afectado en un futuro y los buques de gran calado no puedan ingresar. Barranquilla es el puerto más grande del Caribe por tanto aunque esta medida no evitaría la inundación sería una alternativa para evitar que la ciudad pierda una fuente de ingresos.

La implementación de sistemas de alarma para evitar daños y damnificados como consecuencia de los fenómenos naturales es de especial importancia en Barranquilla. Como se ha mencionado en informes anteriores en esta ciudad durante la época de lluvias, los caños y riachuelos se desbordan causando anualmente pérdidas humanas y materiales que podrían ser evitadas avisando y educando a la población.

### 7.5.3 Cartagena

Según los resultados del análisis multicriterio, la estrategia que más beneficiaría al municipio de Cartagena sería el apoyo a la investigación y a la generación de conocimientos y tecnologías. La implementación y cumplimiento del plan de desarrollo, es vital para el

municipio con o sin aumento en el nivel del mar, incluso es más relevante sabiendo que este fenómeno va a ocurrir y se puede contemplar teniendo en cuenta sus posible impactos.

El plan de desarrollo de Cartagena, considera actualmente la reubicación de barrios enteros que se encuentran en zonas de riesgo. Además de estos sectores, valdría la pena considerar la reubicación de barrios vulnerables a la inundación por el ascenso del nivel del mar en un futuro, se esperaría que esta estrategia estuviese considerada dentro de los planes de desarrollo a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no toda el área inundada puede ser reubicada, la factibilidad de reubicar el área antigua de Cartagena y la zona turística (Bocagrande, Castillo Grande y Marbella) es muy baja, por esta razón la reubicación y el plan de desarrollo no pueden ser considerados como estrategias únicas. Así pues en la formulación de las estrategias, al hablar de reubicación se refiere a ciertas áreas de la ciudad, mientras que estas otras áreas en especial las turísticas serían protegidas por medio de barreras o diques.

Por otro lado se observa que para Cartagena las estrategias mas beneficiosas corresponden a la protección total, por medio de defensas costeras como diques que eviten la inundación y el relleno de las playas, ambas medidas adicionales, darían un mejor resultado, dada la importancia del turismo en la economía de la ciudad.

#### 7.5.4 Turbo

Según el análisis multicriterio la estrategia más acertada para esta área es el apoyo investigación y la generación de conocimiento. Actualmente se solucionan los problemas erosivos del área con espolones y rompeolas (adyacentes a la línea de costa), sin embargo estas obras son hechas sin el conocimiento suficiente de la dinámica y los procesos costeros. De igual forma los efectos antrópicos con un alto crecimiento poblacional y un desarrollo agrícola desordenado, conducen a la deforestación y erosión superficial de las cuencas de los ríos que llegan al mar. Estos problemas de planificación implementados hoy en día, podrían servir para reducir la vulnerabilidad del área ante un ARNM.

El análisis de igual forma plantea las estrategias de defensas costeras y relleno de playas como medidas de respuesta que hoy en día y a se llevan a cabo. Medidas más urgentes y severas como las obras hidráulicas en los deltas de los ríos del área y la adecuación de puentes, vías y obras de infraestructura (adecuación del aeropuerto “Gonzalo Mejía”, el apostadero naval, los muelles para abastecimiento de combustible de motonaves y la zona turística), que hoy en día son necesarias, deberán ser planificadas de forma tal que cumplan la función de protección ante un eventual ARNM del área urbana de Turbo.

En el área es notoria la tendencia generalizada la disminución de bosques por los procesos de colonización. La recuperación y rehabilitación de áreas degradadas a través del control de la extracción de manglar, el control de vertimiento de aguas residuales, el manejo integral de cuencas y la conservación de áreas sensibles de procesos de intervención, pueden ser parte integral de las medidas de protección mencionadas.

#### 7.5.5 Area caso de estudio Morrosquillo

Para el caso de estudio del golfo de Morrosquillo, la formulación e implementación de planes de desarrollo es la estrategia más adecuada para contrarrestar los posibles impactos del efecto

de inundación debido a un posible aumento del nivel del mar. Esta estrategia es complementaria a la investigación y generación de conocimiento y tecnología.

La región del golfo de Morrosquillo es considerada en la actualidad como una área multipropósito en la cual se planea conjugar un desarrollo pujante para la región con la conservación de los recursos naturales y ecosistemas que en ella se encuentran. Dentro de los planes de desarrollo sectoriales se consideran proyectos relacionados con expansión portuaria y fortalecimiento del turismo en la región.

Razón por la cual, se hace necesario propender por una adecuada planificación y gestión costera que contemple la implementación de un sistema de alerta a riesgos naturales que permita prevenir la pérdida de vidas y bienes. El manejo de la cuenca baja deltaica del río Sinú incluyendo la reubicación de las personas que viven en la ribera del Río y la mitigación de impactos generados por la construcción de la represa hidroeléctrica sobre la dinámica del Río y su zona estuarina. La ordenación del territorio teniendo en cuenta medidas y criterios que incorporen la variable de aumento del nivel del mar dentro de la elaboración de criterios para la planificación.

Otra estrategia a tener en cuenta con relación a la dinámica costera de la zona y su posible cambio debido a un progresivo aumento del nivel del mar es la de incentivar la acreción con el fin de estabilizar la línea de costa y evitar la erosión, problemática que ya se observa en algunos sectores del Golfo.

La adaptación no se toma como una medida optativa debido a que para el caso específico de este análisis esta medida se relaciona principalmente con las áreas urbanas, y la región considerada comprende un mosaico de ambientes predominantemente rurales.

#### 7.5.6 Buenaventura

Así como en las otras áreas de estudio, la implementación de planes de desarrollo apropiados es una de las estrategias más adecuada para Buenaventura además de la inversión en investigación y generación de conocimiento y de tecnologías. Dentro de los planes de desarrollo actuales para Buenaventura se está considerando la reubicación de la población que se encuentra ubicada en áreas intermareales. Buenaventura es el puerto más importante en el Pacífico, por tanto la adaptación del mismo es de suma importancia aunque dicha estrategia no haya resultado como primordial, esto se debe a que esta estrategia beneficiaría únicamente los criterios comprendidos en infraestructura y producción que son los relacionados con el puerto.

Los sistemas de alarma, al igual que en el resto del Pacífico aunque no evitarían la inundación, disminuirían pérdidas de vidas y materiales que actualmente se dan como consecuencia de los fenómenos naturales. Además la probabilidad de un tsunami en el Pacífico es elevada así como la frecuencia de terremotos.

Estrategias, como los incentivos a la acreción que no fueron considerados dentro de las discusiones con los expertos, en este análisis resultan optativas porque a pesar de no evitar la inundación la disminuyen y aparentemente no irían en detrimento de otros elementos importantes en el Pacífico como los ecosistemas y los resguardos, al contrario fomentar la acreción con los mismos ecosistemas podrían en algunos casos beneficiar a las comunidades humanas y la flora y fauna de la región.

La adaptación no se toma como una medida optativa puesto que el crecimiento de la ciudad está siendo desordenado y en algunos casos hacia el mar; optar por adaptar la infraestructura habitacional de estas áreas sería ir en contravía del mismo plan de desarrollo de Buenaventura. Las demás alternativas no son viables para esta región por ello no se discuten; al menos a tiempo y con el desarrollo actual.

#### 7.5.7 UMI Guapi-Iscuandé

Al igual que en las demás áreas críticas la implementación del plan de desarrollo y el apoyo a la investigación son las estrategias más recomendables según los resultados del análisis multicriterio. La reubicación de los pobladores en riesgo y el establecimiento de sistemas de alarmas son estrategias que de ser adaptadas disminuirán en gran medida la vulnerabilidad del área a los desastres naturales.

Dentro de las obras que se recomendarían para la protección contra la inundación, las obras hidráulicas en los deltas serían las que más contribuirían a disminuir la vulnerabilidad del área. Sin embargo, estas no involucran la inundación originada con el cambio en el nivel del mar. Las defensas costeras podrían ser una solución para los centros urbanos aunque habría que hacer un análisis mucho más riguroso de costo /beneficio. Estas estrategias no serían aplicables a las áreas rurales que se encuentran cubiertas por manglares, sería necesario invertir en investigación referente a las estructuras naturales como estas para proteger la línea de costa y regular el aprovechamiento del manglar para estos efectos.

#### 7.5.8 Tumaco

En Tumaco, al igual que las demás áreas críticas, el apoyo a la investigación y la implementación de planes apropiados de desarrollo son las estrategias más recomendadas. La reubicación de población aunque incluida dentro de los planes de desarrollo es muy importante dado que como se conoce una alta proporción de la población de Tumaco habita en las áreas intermareales y se observa el crecimiento desordenado hacia esas áreas.

Además del aumento del nivel del mar, la región de Tumaco y los municipios aledaños han presenciado 3 tsunamis de gran intensidad en los últimos 100 años, están ubicados sobre fallas geológicas lo que hace que la probabilidad de terremotos sea alta y en la congruencia de ríos importantes de la región del Pacífico. Así pues la vulnerabilidad de Tumaco a los desastres naturales es alta, incluyendo las inundaciones estacionales de los ríos que aunque suelen dejar menos víctimas son mucho más comunes.

Por otro lado la adecuación de un sistema eficiente de alarmas acompañado de un equipo de predicción y respuesta de fenómenos naturales ayudaría a evitar desastres naturales con pérdidas de vidas y materiales de las magnitudes que se han presentado en este siglo. Se considera que ésta es una de las estrategias más urgentes a implementar en Tumaco a corto plazo.

La construcción de defensas costeras como muros de contención y diques mantendrían Tumaco libre de inundación. Sin embargo, ello involucraría la construcción a lo largo de toda la línea costera y esto no evitaría las inundaciones fluviales.



Se observa que la reubicación completa de la ciudad de Tumaco es una opción más factible que su protección. La economía de esta ciudad está dominada por el puerto y a actividades que pueden ser adaptadas al aumento del nivel del mar. Un análisis de costo beneficio muy detallado sobre dicha posibilidad, podría orientar a las autoridades nacionales y regionales sobre el futuro de Tumaco.

## 7.6 Especificación de estrategias de respuesta y costos

Para llevar a cabo una estimación de los costos de las estrategias de protección planteadas para cada área crítica se considera un análisis bajo dos situaciones: una sin medidas de respuesta y otra con una respuesta de protección total.

La situaciones citadas anteriormente representa los casos extremos. Con el primero (sin medidas) se busca determinar el nivel de referencia, en el cual se mostrará el mayor impacto provocado por el ARNM sin ningún tipo de estrategia definida y con un costo nulo. La segunda situación representa el nivel con más alto costo teniendo en cuenta que la respuesta (protección total) minimizará los efectos y el impacto del ARNM.

## 7.7 Estrategia de respuesta “sin medidas ”

Consiste en no tomar medidas para proteger la costa ante un ARNM y los terrenos de las inundaciones por lluvias intensas y desbordes de ríos. Esta estrategia representa un extremo de las variantes de respuesta, lo que significa que al no tomar medidas, su costo es cero, pero así mismo, el daño es máximo.

### 7.7.1 Estrategias de respuesta “protección total”

Esta estrategia de protección total se define como la implementación de todas las medidas factibles para minimizar las pérdidas de cualquier zona costera y preservar el presente estatus de los bienes de capital distribuidos en dicha zona. En el área de estudio, las opciones consideradas para protección incluyen una variedad de posibles medidas para defender no solo la línea de costa al ARNM; sino también, los terrenos inundables por desbordes de ríos y precipitaciones.

Esta definición de “protección total” para este estudio incluye dos estrategias:

- A. Planificación local: donde se tienen en cuenta la implementación del Plan de Desarrollo y/o el Plan de Ordenamiento Territorial de cada uno de los municipios, como parte de las estrategias, ya que son procesos de planificación que apuntan a la preparación de un conjunto de decisiones tomadas, normalmente por o para la administración con el objeto de actuar a futuro. Para este análisis se tendrán en cuenta estos dos planes, sin embargo, se buscara tomar como primera opción siempre el POT ya que este como se mencionó anteriormente incluye en parte acciones de los planes de desarrollo. Adicionalmente los POT están proyectados a los próximos 10 años.

La mayoría de estos planes incluyen acciones donde se toman medidas para reducir los riesgos provocados por la variabilidad climática como el fenómeno ENOS y/o fenómenos de mal tiempo y catastróficos, como inundación por el desborde de los ríos y precipitaciones,

eventos tsunamis, entre otros, **sin un ARNM** (p.e. plan de manejo de cuencas, construcción de drenaje urbano, refuerzos de infraestructura, entre otros).

- B. *Medidas adicionales:*** donde se incluye la construcción e implementación de nuevas medidas de adaptación y defensa como ingeniería pesada (p.e. construcción de diques, muros de contención, etc), ingeniería leve (p.e. relleno de playas o construcción de arrecifes artificiales con bolsas de arena) específicamente para la protección **con un ARNM (+1m)**.

$$\text{"Protección total"} = A + B$$

### 7.7.2 Estrategia a escala Nacional

A nivel nacional se analizaron las estrategias de respuesta teniendo en cuenta los Planes de Desarrollo Nacional, como las Política Nacional Ambiental, Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia PNAOCI, Políticas sectoriales y las Política de Desarrollo territorial (Tabla 14).

En este momento histórico, sigue siendo notoria la falta de una definición clara relacionada con la gestión de una zona del territorio nacional con características naturales, demográficas, sociales, económicas y culturales propias y específicas, como lo son los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares. Sin embargo, tácitamente, el esquema institucional adoptado para el tema de MIZC es el mismo SINA, solo que teniendo en cuenta, exclusivamente las entidades con injerencia en las zonas costeras. Cabe resaltar, que por primera vez se adopta como soporte para la toma de decisiones el conocimiento científico, reflejado en la relevancia que se le da al INVEMAR como generador de información útil a la gestión marina y costera.

Dentro de las políticas nacionales podemos citar la voluntad política de gobierno al querer llevar a cabo este proyecto como una de las estrategias de implementación de la *Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia*. Sin embargo, es necesario describir algunas de estas estrategias que no están descritas en la política pero que pueden enriquecer la toma de decisiones por parte del gobierno nacional ante un ARNM y que podrán hacer parte del plan de acción que se lleva a cabo en el paso 7 de este estudio. Así mismo lo lineamientos de política de Cambio Climático que esta coordinando el Ministerio del Medio Ambiente.

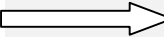
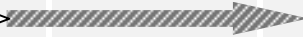
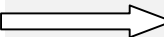


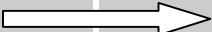












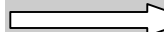

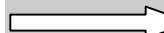

#### A. Planificación Nacional:

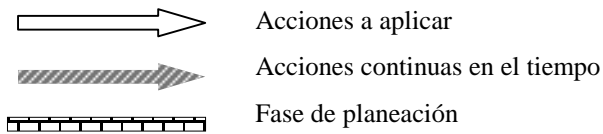
- Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia.
- Política de Cambio Climático que esta en etapa de lineamientos y formulación

#### B. Medidas adicionales

- Redes de sistemas de alerta en los principales municipios afectados
- Redireccionar el crecimiento poblacional en las áreas urbanas.
- Disminuir los subsidios de desarrollo en las zonas costeras con algún riesgo de inundación al ARNM.
- Definir programas de investigación en zonas piloto con énfasis en la vulnerabilidad de las zonas costeras ante un ARNM.

Tabla 14. Estrategias de respuesta con “protección total”

Estrategias de respuesta	2002-2012	2012-2030	2030-2100
<u>Planificación</u>			
Planes de Desarrollo Territorial-PDT			
Planes de Ordenamiento Territorial-POT			
<u>Medidas adicionales</u>			
Reubicación de la población.			
Adaptación sistema vial y de puentes (elevación de carreteras)			
Muro de contención (puertos y carreteras)			
Construcción de pequeños diques marinos (sobre el malecón, en Cartagena y Santa Marta)			
Construcción de dique fluvial (margen sureste río Magdalena-Barranquilla)			
Rellenos de playas turísticas			
Construcción de isla artificial.			
Sistema de alerta			
Apoyo a investigación.			



- Planes de conservación de humedales (manglares) como posibles “estructuras naturales” de protección.
- Incrementar los costos marginales para la adecuación de infraestructura costera

## 7.8 Estimación de costos asociados a las estrategias de respuesta:

### 7.8.1 Aspectos metodológicos

Las posibles estrategias que se planteen como respuesta a un eventual ascenso en el nivel del mar pueden ser estructuradas de acuerdo a un variedad de criterios tales como la escala temporal, la vida útil y la escala social entre otros. Como criterio general el actual proyecto ha tomado el planteamiento de estrategias basadas en la respuesta pública, es decir, aquellas que involucren las acciones pro-activas del gobierno para minimizar los efectos del ascenso en el nivel del mar. En este caso, las medidas son tomadas bajo la expectativa de ocurrencia de eventos en el futuro. Adicionalmente, las medidas planteadas pueden ser subdivididas en medidas anticipadas y fortalecimiento institucional. Al primer grupo pertenece, por ejemplo, los proyectos que plantean la construcción o modificación de infraestructura actual considerando los posibles efectos del ascenso en el nivel del mar. Las medidas pertenecientes al segundo grupo están orientadas a la implementación de mecanismos institucionales, entrenamiento, educación e investigación.

Vale la pena resaltar el punto anterior debido a que existen otras aproximaciones, es el caso de las medidas de adaptación individuales, las cuales son implementadas sin la acción gubernamental y básicamente por agentes privados con miras a resolver impactos adversos y generalmente de manera reactiva, es decir, las medidas son el resultado de la ocurrencia de un evento.

En concordancia con lo establecido anteriormente, la formulación de las estrategias de respuesta adaptadas es abordada en forma integral, lo que implica la consideración conjunta de las categorías de acomodación, retroceso y protección. Con el ánimo de presentar situaciones ilustrativas, en la estimación de los costos asociados a las estrategias de respuesta se considera una situación sin ARNM y otra con ARNM, siendo común en ambas la inclusión de los costos asociados a los planes de desarrollo y los costos de las medidas adicionales, estas últimas dirigidas específicamente a hacer frente al ANM.

En el marco de una situación sin ARNM se considera entonces una situación sin medidas adicionales, de modo que el costo de las estrategias de respuesta se resume en los programas y proyectos propuestos por los planes de desarrollo. Simultáneamente se plantea la situación complementaria bajo fines comparativos, es decir, una situación con ARNM, planes de desarrollo y medidas adicionales.

Antes de abordar los resultados obtenidos en cada caso, a continuación se presentan los aspectos metodológicos que definen los resultados presentados en las tablas 15 y 16.

### 7.8.2 Planificación Local

La metodología utilizada en la estimación de los costos asociados a los planes de desarrollo tiene como base el análisis de la información proporcionada por los Planes de Ordenamiento Territorial POTs y los Planes de Desarrollo de las áreas objeto de estudio para la formulación de medidas de adaptación.

Tabla 15. Costos iniciales (US\$ mill) para la implementación de una estrategia de protección total en los principales municipio o áreas costeras con mayor impacto.

ESTRATEGIA DE PROTECCION TOTAL	unidades	SIN AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR PLANIFICACIÓN LOCAL									CON AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR (+1m) PLANIFICACIÓN LOCAL Y MEDIDAS ADICIONALES								
		País	Santa Marta	Barranquilla	Cartagena	G. Morrosquillo	Buenaventura	Guapi-Iscuande	Tumaco	País	Santa Marta	Barranquilla	Cartagena	G. Morrosquillo	Buenaventura	Guapi-Iscuande	Tumaco		
<b>A. PLANIFICACIÓN LOCAL</b>	US\$ mill.	1.680,3	475,1	768,2	331,7	64,5	21,7	6,5	12,6	1.680,3	475,1	768,2	331,7	64,5	21,7	6,5	12,6		
<b>Subtotal</b>	US\$ mill.	1.680,3	475,1	768,2	331,7	64,5	21,7	6,5	12,6	1.680,3	475,1	768,2	331,7	64,5	21,7	6,5	12,6		
<b>B. MEDIDAS ADICIONALES</b>																			
1. Reubicación de la población	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	334,91	10,64	109,15	147,13	12,94	32,78	3,54	18,73		
2. Adaptación (sistema vial, puentes)	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	51,95	0,00	51,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
3. Muros de contención (puertos y carreteras)	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	2,96	0,09	0,00	1,17	1,54	0,17	0,00	0,00		
4. Diques marinos (malecon)	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	2,18	1,25	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00		
5. Dique fluvial	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,97	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
6. Relleno de playas	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	177,13	52,34	0,00	124,78	0,00	0,00	0,00	0,00		
7. Construcción de arrecifes artificiales	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,31	0,04	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00		
8. Formación de Islas artificiales	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	ND **	0,00	ND **	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
9. Sistemas de alerta	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,02	0,05	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01		
10. Apoyo a investigación	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	18,06	ND +	ND +	ND +	ND +	ND +	ND +	ND +		
<b>Subtotal</b>	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	588,6	64,4	162,1	274,0	14,7	33,0	3,5	18,7		
<b>COSTOS TOTALES INICIALES</b>	US\$ mill.	1.680,3	475,1	768,2	331,7	64,5	21,7	6,5	12,6	2.268,9	539,5	930,3	605,8	79,2	54,6	10,1	31,3		

Tabla 16. Costos anuales (US\$ mill/km) de las estrategias de protección total en los principales municipios o áreas costeras con mayor impacto

ESTRATEGIA DE PROTECCION TOTAL	unidades	SIN AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR PLANIFICACIÓN LOCAL									CON AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR (+1m) PLANIFICACIÓN LOCAL Y MEDIDAS ADICIONALES								
		País	Santa Marta	Barranquilla	Cartagena	G. Morrosquillo	Buenaventura	Guapi-Iscuande	Tumaco	País	Santa Marta	Barranquilla	Cartagena	G. Morrosquillo	Buenaventura	Guapi-Iscuande	Tumaco		
<b>A. PLANIFICACIÓN LOCAL</b>	US\$ mill.	50,4	14,3	23,0	10,0	1,9	0,6	0,2	0,4	50,4	14,3	23,0	10,0	1,9	0,6	0,2	0,4		
<b>Subtotal</b>	US\$ mill.	50,4	14,3	23,0	10,0	1,9	0,6	0,2	0,4	50,4	14,3	23,0	10,0	1,9	0,6	0,2	0,4		
<b>B. MEDIDAS ADICIONALES</b>																			
1. Reubicación de la población	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
2. Adaptación (sistema vial, puentes)	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	2,60	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
3. Muros de contención (puertos y carreteras)	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,00	0,00	0,06	0,08	0,01	0,00	0,00		
4. Diques marinos (malecon)	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00		
5. Dique fluvial	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
6. Relleno de playas	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	8,86	2,62	0,00	6,24	0,00	0,00	0,00	0,00		
7. Construcción de arrecifes artificiales	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
8. Formación de Islas artificiales	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	ND **	0,00	ND **	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
9. Sistemas de alerta	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
10. Apoyo a investigación	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	ND **	ND +	ND +	ND +	ND +	ND +	ND +	ND +		
<b>Subtotal</b>	US\$ mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	11,8	2,7	2,7	6,3	0,1	0,0	0,0	0,0		
<b>COSTOS TOTALES ANUALES</b>	US\$ mill.	50,4	14,3	23,0	10,0	1,9	0,6	0,2	0,4	62,2	16,9	25,7	16,3	2,0	0,7	0,2	0,4		

Nótese que el valor correspondiente a “país” equivale a la sumatoria de los valores correspondientes a cada área objeto de estudio y de acuerdo a las estimaciones realizadas asciende a la suma de \$3,805.5 mil millones, equivalentes a US\$ 1,680 millones y a una participación del 2.2% del PIB colombiano en el 2001.

Debido a que los costos totales de inversión de las diferentes áreas objeto de estudio correspondían a diferentes años, el costo total en precios corrientes fue expresado en valores presentes considerando la inflación de cada año en particular hasta el año 2001 y posteriormente estos valores fueron deflactados para obtener el costo de las inversiones a precios constantes de 2000. Las Tablas 15 y 16 muestran los resultados anteriores expresados en dólares estadounidenses, la primera de estas tablas contiene la información correspondiente a los costos iniciales, es decir el monto de la inversión total sin incluir los costos de mantenimiento pues estos últimos se muestran en la Tabla 16.

### 7.8.3 Medidas adicionales

Al igual que en caso anterior, este componente de los costos de implementación también toma como referente la información secundaria provista por diferentes fuentes de información, entre las que se destacan la secretaría de obras públicas de la Alcaldía de Santa Marta (2002), INURBE (2001), y DIMAR (1998) entre otras.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 15 se deduce que el costo total atribuible a la implementación de las medidas adicionales asciende en el año 2001 a la suma de \$1,333 mil millones, equivalente a US\$ 589 millones y al 0.8% del PIB Colombiano del mismo año. A continuación se detalla este valor de acuerdo a cada una de las medidas consideradas.

El costo de reubicación de viviendas en el presente estudio se ha estimado con base en el costo de reposición de las viviendas afectadas debido a la inundación de áreas urbanizadas. Este costo de reposición es calculado tomando como referencia el número de habitantes y viviendas municipales que arroja el censo de 1993, de modo que el estimativo correspondiente al promedio de personas por viviendas particulares constituye un índice que permite, a partir de la población afectada, calcular el número de viviendas en áreas de inundación. Con base en la información anterior y la provista por INURBE (2001) respecto al costo promedio de la vivienda de interés social en Colombia se realiza el estimativo correspondiente al costo de reubicación de la población en el marco de una inundación repentina en el 2001. Como se observa en la tabla 15 esta medida arroja para el año 2001 un costo que asciende a \$758.5 mil millones, equivalente a US\$ 335 millones .

La adaptación como medida adicional se define en este caso a través del costo atribuible a la elevación en un metro de altura de los sistemas viales urbanos. Dos componentes forman parte del estimativo: la longitud vial extraída de información cartográfica fuente DANE y procesada por INVEMAR y el costo por longitud de la adecuación sin incluir costos de las obras de asfalto y rodadura (\$1,960.8 millones por km). Con base en la información anterior se obtiene como resultado un costo que asciende en el año 2001 a \$117.6 mil millones, correspondientes a US\$ 52 millones.

En forma similar, los costos de construcción de muros de contención presentados en las tablas, también se derivan de la de información provista por el SIG-SR INVEMAR e información personal en lo referente al valor de la inversión asociada a la obra de ingeniería por unidad de longitud. El costo total para el país se ha estimado en US\$ 2.7 millones, es decir \$ 6.7 mil millones.

En relación al costo de construcción de diques marinos, fluviales y relleno de playas, las fuentes básicas de información adicionales al INVEMAR son de tipo secundario. Debido a la no disponibilidad de información sobre los costos asociados a la construcción de diques en

Colombia, para este caso en particular la información utilizada corresponde al trabajo realizado por Nicholls *et al* (1994) para Venezuela. De acuerdo con los resultados presentados en este trabajo, existen diferencias en los costos de construcción para costa abierta y costa protegida, diferenciación que se mantiene en este estudio para el cálculo de los costos de construcción de diques en Cartagena y Santa Marta, cuyos montos de inversión equivalen respectivamente a US\$, 0.9 millones y US \$ 1.3 millones, lo que equivale en pesos colombianos a \$2 mill millones y \$2.8 mil millones en el 2001.

Por las mismas razones ya consideradas, en la estimación de los costos de construcción del dique fluvial para la desembocadura del río Magdalena se tomó como referencia el promedio de los datos provistos por el Final Report of Vietnam Coastal Zone Vulnerability Assessment (1995), los resultados obtenidos corresponde a la cifra de \$2.1 mil millones en el año 2001, lo que corresponde a US\$ 1 del mismo año. Con el propósito actualizar la información suministradas por las dos fuentes en mención, se hizo necesaria la consulta de la cotización del dólar de los Estados Unidos en los años respectivos y la aplicación de la tasa de cambio. Igualmente fue necesario considerar la variación porcentual de la inflación anual con el objeto de expresar los costos de construcción al 2001 en precios constantes de 2000.<sup>2</sup>

En el caso de la estimación del costo de relleno de playas, la información es suministrada por el informe final de la Inspectoría DIMAR – CP5 sobre el dragado a 14 metros Canal de acceso Sector Manzanillo y Enrocado Fuertes San José y San Fernando en Bocachica (1998). Dentro de los resultados de este trabajo se realiza un estimativo de valor comercial de relleno de playa por m<sup>2</sup> en dos puntos de la ciudad de Cartagena (\$300,000 m<sup>2</sup> y 600,000 m<sup>2</sup>). Con base en los datos anteriores, en el presente estudio se toma el promedio de los costos para su posterior aplicación al caso de las playas de Marbella y Bocagrande en Cartagena y de la Bahía de Santa Marta y Rodadero en Santa Marta. El costo de esta medida en el año 2001, equivalen a \$401.1 mil millones, lo cual en dólares estadounidenses equivalen a US\$ 177.1 millones.

Los estimativos correspondientes a la construcción de arrecifes artificiales se derivan de cálculos propios con base en las características de la medida descritas previamente. Dicho costo se ha estimado para el año 2001 en \$94.9 millones para Santa Marta y \$596.1 millones para Morrosquillo (ambos expresados en precios constantes de 2000), el total para ambas áreas arroja un costo de US\$ 0.3 millones.

Otras medidas consideradas son la formación de islas artificiales para el caso específico de la desembocadura del río Magdalena, los sistemas de alerta para prevención de riesgos y los programas de apoyo a la investigación. En el caso de la primera medida, no se dispone de información sobre costos debido a que este tipo de obra de ingeniería no tiene antecedentes en Colombia. En el caso de los sistemas de alerta, los cálculos propios arrojan un costo mínimo y máximo de \$4.3 millones para el caso de la UMI Guapi-Iscuandé y \$113.2 millones para Barranquilla al año 2001 respectivamente (expresados en precios constantes de 2000). Nótese que costo total para el país es inferior un millón de dólares.

Finalmente, en lo que respecta al costo de ejecución de los programas de investigación, la fuente de información corresponde a la política Nacional Ambiental para el desarrollo

---

<sup>2</sup> Datos provistos por las estadísticas del Banco de la República (2002).



Sostenible de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia (2001). Tal costo ascendiente a \$40.9 mil millones (pesos constantes de 2000), es decir, US\$ 18.1 millones.

Al considerar los totales generales (planes de desarrollo y medidas adicionales) que definen los costos de las estrategias de respuesta, se puede señalar que bajo una situación con 1 m de ANM en el escenario actual y la implementación de medidas adicionales, el costo total equivale aproximadamente al 3% del PIB colombiano del 2001.

## **8 Paso 6. Evaluación del perfil de vulnerabilidad**

Un escenario deseable de sostenibilidad en el futuro, basado en una participación comprensiva del proceso, precisa una correcta evaluación e identificación de los riesgos que atentan contra este escenario. En este contexto y siguiendo la metodología común propuesta por el IPCC (1992), se establece en este paso la vulnerabilidad de las zonas costeras ante un posible ascenso del nivel del mar, tomando como base la información y análisis colectados a través de los pasos anteriores.

La vulnerabilidad es una función de la sensibilidad del sistema ante los cambios del clima (el grado en el cual un sistema responderá ante un cambio dado en el clima, incluyendo efectos beneficiosos y perjudiciales) y la habilidad del sistema de adaptarse a estos cambios (el grado en el cual las prácticas, procesos o estructuras pueden moderarse o compensar el daño potencial o tomar ventaja de las oportunidades creadas, debido a un cambio en el clima).

Bajo este marco, un sistema altamente vulnerable será aquel que es altamente sensible a cambios moderados en el clima, donde dicha sensibilidad incluye los efectos potencialmente perjudiciales y donde la capacidad de adaptación se encuentra inexorablemente restringida. La vulnerabilidad ante los impactos es un concepto multidimensional, que incluye tanto aspectos biofísicos, socioeconómicos y factores políticos y varía de acuerdo a la heterogeneidad de la región en la cual se evalúa.

El perfil de vulnerabilidad de una región costera o Nación, se desarrolla en dos etapas. La primera fase considera la susceptibilidad ante los cambios en ANM y los impactos socioeconómicos y/o sociales. La segunda fase incluye la viabilidad de implementar las opciones de respuesta es decir la capacidad de un país o región para manejar el impacto incluyendo la posibilidad de prevenir o aliviar algunos impactos implementando las medidas acertadas. En la primera fase se agrupan los impactos específicos del sistema socioeconómico y natural teniendo en consideración las respuestas del sistema natural.

En el presente estudio, los impactos socioeconómicos se muestran en concordancia a dos grupos de impactos, los valores “en riesgo” y los valores “en pérdida”.

- Los valores por pérdida se encuentran basados en la pérdida de tierra (por área) y de su respectivo capital, expresado en el valor de la tierra en términos de productividad económica y/o inversión de capital, y el valor de subsistencia, estimado como la unidad de área en la que determinado número de personas pueden vivir de la tierra.

- Los valores de riesgos se expresan como el producto de un valor específico estimado en una determinada zona de riesgo y la probabilidad de que ocurra un evento de inundación en dicha zona (frecuencia de inundación).

El análisis integral de estos componentes permite comparar los impactos del sistema socioeconómico actual (año 2001 sin desarrollo) con un desarrollo a lo largo de un periodo de 30 años (año 2030) y de 100 años (2100), visto desde los escenarios optimista y pesimista combinada con las opciones de respuesta “protección total” y “sin protección”.

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

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

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

### 8.1.1 Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos del sistema natural

La vulnerabilidad de los elementos del sistema natural, se analiza en términos del porcentaje de área actual afectada por un ascenso del nivel del mar de un metro, en relación al total de la cobertura nacional, incluyendo la variable denominada adaptación autónoma y teniendo bajo consideración la situación de salud actual del ecosistema. El índice de vulnerabilidad se expresa de la siguiente forma :

$$\text{Vulnerabilidad del sistema natural} = \frac{\text{área de afectación}}{\text{adaptación autónoma}}$$

Estos porcentajes se traducen con base en las siguientes categorías:

Un porcentaje de área *menor al 3%*, se considera bajo y se le asigna un valor de 1; un porcentaje de área *entre el 3% y el 30%*, se considera media y se le asigna un valor de 2; por último, un porcentaje de área *superior al 30%*, considera alto y se le asigna un valor de 3.

La *adaptación autónoma* se expresa en función de la resiliencia y la resistencia del sistema natural. Para efectos de este análisis la adaptación autónoma fue medida a criterio de experto, asignándosele las siguientes categorías. Si la adaptación autónoma del sistema es *baja*, se le

asigna el valor de 1; Por el contrario si esta adaptación puede ser considerada *alta* se le asigna el valor de 2, como se observa en la siguiente figura.

% área	adaptación autónoma			% área	adaptación autónoma	
	baja	alta			baja	alta
bajo	1/2	1/1	→	bajo	0,5	1
medio	2/2	2/1		medio	1	2
alto	3/2	3/1		alto	1,5	3

Al aplicar el índice de vulnerabilidad a los sistemas anteriores se obtienen los resultados consignados en la Tabla 17, siendo los ecosistemas coralinos, de manglar y de playas y playones los más vulnerables ante un ARNM.

Tabla 17. Vulnerabilidad de los elementos del sistema natural afectados por el ANM.

Componentes del sistema natural	Categorías	Vulnerabilidad			
		Baja	Media	Alta	Crítica
Zonobioma de desierto tropical	2/1			☑	
Bosques secos tropicales	1/1	☑			
Bosque húmedo tropical	1/2	☑			
Manglares	3/1				☑
Playas y playones	3/1				☑
Corales	3/1				☑
Fanerógamas marinas	3/2		☑		
Fondos de la plataforma continental	2/2	☑			
Litorales rocosos y acantilados	3/2		☑		

### 8.1.2 Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos del sistema socioeconómico

La evaluación de la vulnerabilidad se realiza en el marco de los escenarios optimista y pesimista al 2030 y 2100. Un primer resultado que se deriva del análisis es que agrandes rasgos la diferencia fundamente entre la vulnerabilidad considerando un escenario de desarrollo optimista y uno pesimista, esta dada por el costo de la estrategia medido como su participación en el PIB ya que este se incrementa sustancialmente bajo un contexto de bajo crecimiento económico.

En términos de las escalas temporales en la cuales se realiza el análisis de vulnerabilidad, también es posible identificar resultados diferentes pues la participación del valor de capital en pérdida y la población a trasladar dentro de los totales nacionales se incrementan al pasar de una situación con ascenso de 0.3 m a otra con 1 m de ANM en el 2030 y 2100 respectivamente. Tal diferencia señala el cambio de la categoría de vulnerabilidad de baja a media en estos aspectos tanto para el escenario optimista como el pesimista, lo cual se puede apreciar en las Tabla 18.

Otro aspecto de relevancia tienen que ver con el análisis de los resultados bajo las situaciones con y sin protección. Recuérdese que el primero de los casos solo se consideran las inversiones atribuibles a los planes de desarrollo y en segundo, además de los planes de desarrollo se consideran medidas adicionales dirigidas específicamente a hacer frente al problema de ANM. La consideración de estas últimas como adicionales a las medidas e inversiones previstas en los planes de desarrollo sugieren efectividad en el sentido de las proporciones de valor de capital en pérdida, población a trasladar y la población en áreas en riesgo se reducen, pasando de categorías de vulnerabilidad media y alta a baja (Tablas 18).

Tabla 18. Clases de vulnerabilidad por categoría de impacto de las condiciones socioeconómicas analizadas desde los escenarios pesimista y optimista, bajos las dos proyecciones temporales y de ascenso del nivel del mar.

EVALUACION DE VULNERABILIDAD														
Linea base	Escenario Pesimista							Escenario Optimista						
	Sin aumento en el nivel del mar			Con aumento en el nivel del mar				Sin aumento en el nivel del mar			Con aumento en el nivel del mar			
	2001	2030	2100	2001 0.3 m	2001 1 m	2030 0.3 m	2100 1 m	2001	2030	2100	2001 0.3 m	2001 1 m	2030 0.3 m	2100 1 m
Categorías														
Valor de capital en área en riesgo III como porcentaje del PIB de Colombia	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Población en área en riesgo III como porcentaje de la población de Colombia	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Categorías	Sin protección							Sin protección						
	Sin aumento en el nivel del mar			Con aumento en el nivel del mar				Sin aumento en el nivel del mar			Con aumento en el nivel del mar			
	2001	2030	2100	2001 0.3 m	2001 1 m	2030 0.3 m	2100 1 m	2001	2030	2100	2001 0.3 m	2001 1 m	2030 0.3 m	2100 1 m
Valores en pérdida														
Valor de capital en pérdida como porcentaje del PIB nacional	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media
Población a trasladar como porcentaje de la población nacional	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media
Porcentaje nacional de manglar en pérdida	Baja	Baja	Baja	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Porcentaje nacional de PNN en pérdida	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
Valores en riesgo														
Valor de capital como porcentaje del PIB nacional	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Población en riesgo (miles de personas)	Media	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Porcentaje nacional de manglar en riesgo	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
Porcentaje nacional de PNN en riesgo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Costo de estrategia de respuesta (sin medidas adicionales)														
Costo de capital de estrategia de respuesta como porcentaje del PIB	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
Costo anual de mantenimiento como porcentaje del PIB	Media	Media	Alta	Media	Media	Media	Alta	Media	Media	Alta	Media	Media	Media	Alta
Categorías	Con protección							Con protección						
	Sin aumento en el nivel del mar			Con aumento en el nivel del mar				Sin aumento en el nivel del mar			Con aumento en el nivel del mar			
	2001	2030	2100	2001 0.3 m	2001 1 m	2030 0.3 m	2100 1 m	2001	2030	2100	2001 0.3 m	2001 1 m	2030 0.3 m	2100 1 m
Valores en pérdida														
Valor de capital como porcentaje del PIB nacional	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Población a trasladar como porcentaje de la población nacional	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Porcentaje nacional de manglar en pérdida	Baja	Baja	Baja	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Porcentaje nacional de PNN en pérdida	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
Valores en riesgo														
Valor de capital como porcentaje del PIB nacional	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Población en riesgo (miles de personas)	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Porcentaje nacional de manglar en riesgo	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
Porcentaje nacional de PNN en riesgo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Costo de estrategia de respuesta (sin medidas adicionales)														
Costo de capital de estrategia de respuesta								Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
Costo de capital de estrategia de respuesta como porcentaje del PIB	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica	Media	Media	Alta	Media	Media	Media	Alta
Costo anual														
Costo anual de mantenimiento como porcentaje del PIB	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media

Bajo una situación con ascenso en el nivel del mar las estimaciones señalan que el valor de capital en pérdida pasaría del 0.5% al 2.4% del PIB entre el año 2030 y 2100 en el escenario optimista y de 0.5% a 1.9% en el escenario pesimista. Es decir, en ambos casos la categoría de vulnerabilidad pasaría de baja a media. En cuanto a la población a trasladar, pasaría de

0.5% a 2% de la población nacional entre 2030 y 2100 bajo un escenario de desarrollo optimista y de 0.5% a 3.1% bajo un escenario pesimista.

Si una estrategia de protección completa es implementada en el marco de los resultados anteriores (es decir se incluyen las medidas adicionales), en el escenario optimista el valor de capital en pérdida se reduce a 0.2% y 0.5% en el 2030 y 2100 respectivamente y la población a trasladar a 0.4% y 0.7% en el 2030 y 2100 respectivamente. Un resultado similar se observaría en el escenario pesimista, con la diferencia de que en este último el costo de la estrategia de respuesta como proporción del PIB colombiano se incrementa, pasando de 4% y 10% en el 2030 y 2100 respectivamente a 5% y 23% en el escenario pesimista. Lo anterior sugeriría que en el marco de una intensificación del conflicto armado y una resultante disminución en el crecimiento económico en términos financieros podría ser más difícil para el país implementar medidas para reducir los posibles impactos del ARNM.

### 8.1.3 Factibilidad de implementación de las estrategias de respuesta

En términos generales, los resultados obtenidos sobre los análisis de la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas, determinan que la capacidad nacional de responder ante el impacto de un acelerado ascenso en el nivel del mar es limitada. En la tabla 19 podemos observar el resultado final del análisis de los inconvenientes relacionados con la factibilidad de las opciones de respuesta en las cuatro categorías de evaluación.

La evaluación en los aspectos políticos, legales, institucionales y organizacionales es crítica, ya que se encuentra un vacío en el marco legal existente en el tema del manejo integrado de sus zonas costeras. La evaluación en aspectos económicos y financieros se presenta como crítica, debido a que el país no está preparado para asumir estos costos y no está dentro de sus prioridades a corto y mediano plazo. La evaluación en aspectos técnicos se presenta como alta, debido a que no existe una capacidad técnica de los empleados en las diferentes instituciones para asumir este tema y no existe una institución que se dedique a producir tecnología, información, diseño o ejecución de las estrategias de respuesta, desde el conocimiento científico-técnico y a nivel socio-económico cuando se implementen medidas como la acomodación y/o reubicación. La evaluación en aspectos culturales y sociales es alta, ya que en la mayoría de las zonas costeras la calidad de vida es baja en términos de servicios públicos los cuales están por debajo de la media nacional en ambas costas y lo que es más importante el conflicto armado en Colombia afecta gran parte del territorio nacional e influye en la mayoría de las actividades económicas.

Tabla 19. Evaluación de la factibilidad de implementación de las estrategias de respuesta

CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN	BAJO	MEDIO	ALTO	CRITICO
Evaluación en los aspectos de política, legales, institucionales y organizacionales				<input checked="" type="checkbox"/>
Evaluación en aspectos económicos y financieros				<input checked="" type="checkbox"/>
Evaluación en aspectos técnicos			<input checked="" type="checkbox"/>	
Evaluación en aspectos culturales y sociales			<input checked="" type="checkbox"/>	

En gran medida estas limitantes se expresan en términos de la factibilidad de implementación de opciones de adaptabilidad en medio del actual contexto sociopolítico de conflicto armado. Las condiciones de violencia e inseguridad que afectan a la sociedad colombiana son el principal problema de la vida nacional y recientemente la evolución del conflicto armado en particular, ha señalado una clara intensificación. Junto con el inestimable valor de las vidas que se pierden, los costos económicos que trae la violencia son enormes, no sólo por la pérdida de capitales humano, físico y natural, sino también por el estado de incertidumbre, inseguridad y desconfianza de la sociedad que deteriora las bases de la cohesión social y produce el desvío de la inversión pública y privada, los objetivos de financiación externa y endeudamiento y la asignación de ingentes recursos para combatir la violencia, en desmedro de la inversión social. De igual modo, la violencia contribuye a incrementar los costos de transacción de la economía y disminuye su productividad, convirtiéndose en un severo freno del crecimiento.

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



\* Porcentaje del PIB Nacional

Figura 8. Resumen esquemático del perfil de vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas.

Sumado a lo anterior, en términos de PIB, población y costos económicos de los posibles tipos de medidas la evaluación (Figura 8) arroja un resultado de vulnerabilidad ALTA de la

zona costera colombiana, ante el fenómeno de ANM. Desde el punto de vista de evaluación de los elementos del sistema natural, muestra que estos sistemas son también altamente vulnerables ante la amenaza definida por la variable en evaluación.

## 9 Paso 7. Plan de Acción

El desarrollo de un Plan de acción dirigido a proponer acciones para contrarrestar, mitigar y alertar las zonas costeras de los efectos del aumento en el nivel del mar, es el último paso de la metodología propuesta por el IPCC. Los pasos anteriores aportan la información de base para la elaboración del plan de acción. En la mayoría de los países, donde se han desarrollado proyectos similares siguiendo la Metodología Común del IPCC, el plan de acción ha conducido a la creación de programas nacionales de manejo de zonas costeras.

Sin embargo, en este no es el caso en Colombia, pues previamente a la realización de este proyecto ya existía un antecedente y proceso Nacional de conciencia para implementar la PNAOCI, así pues, en Colombia ya existe un marco de acción en el tema del manejo costero en el cual este Plan de Acción debe articularse, integrando los programas y los planes ya existentes con las nuevas acciones aquí propuestas.

El plan de acción propuesto se divide en tres partes:

- La parte I corresponde al marco institucional del plan, en ella se presenta el escenario en el cual el plan de acción debería ser introducido, la aproximación que el proyecto ha propuesto para analizar la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas a un cambio en el nivel del mar y lo que se espera de este plan de acción. Un esquema general de esta aproximación se muestra en la Figura 8.
- La parte II corresponde a las acciones propuestas a nivel nacional. En esta etapa se identifican las acciones prioritarias necesarias para reducir la vulnerabilidad en los aspectos económicos, naturales y de factibilidad de implementación. También se incluyen las acciones propuestas orientadas a suplir las deficiencias de información encontradas en este estudio, así como al desarrollo de investigaciones que coadyuden a la formulación de opciones de adaptabilidad al cambio climático considerando que una eventual intensificación del conflicto armado genera una fuerte limitante debido al rezago en el crecimiento económico y la reasignación de inversiones en detrimento incluso de la inversión social.
- En la parte III se presentan las acciones a desarrollar a nivel regional. Esta parte es un acercamiento a las acciones relacionadas con áreas que se identificaron en los pasos 4 y 5 como “más críticas”.

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



Las acciones propuestas en la Parte II se agrupan en:

1. acciones relacionadas con el conocimiento y la información,
2. acciones relacionadas con la planificación,
3. acciones relacionadas con el fortalecimiento institucional,
4. acciones relacionadas con la educación y divulgación y por último,
5. acciones relacionadas con la gestión y los convenios internacionales.

Cualquier Plan de Acción debe implementarse gradualmente en el futuro, por etapas escalonadas en el corto, mediano y largo plazo. Además, por razones evidentes el presente Plan de Acción debe sincronizarse con la escala de tiempo que ya tienen otros instrumentos vigentes de política y estrategia en áreas afines y estrechamente relacionadas, como son el CONPES - PNAOCI y el CONPES- PNPAD en el corto plazo.

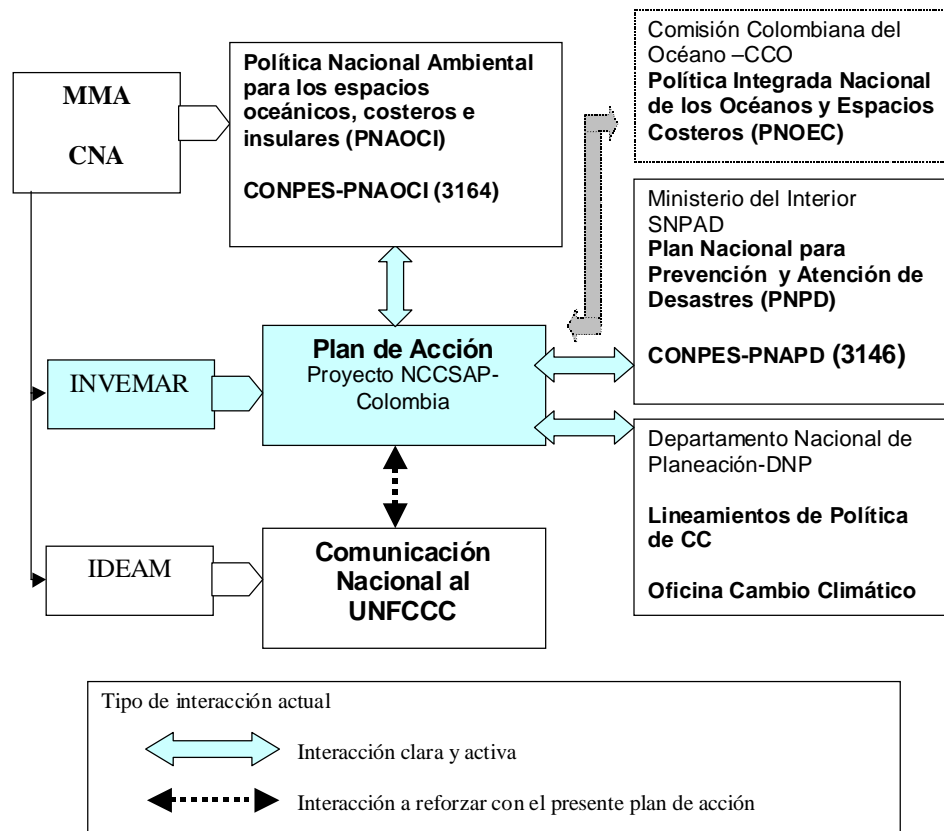


Figura 9. Escenario Institucional. Inserción del Plan de Acción con los otros instrumentos de planificación a nivel Nacional

### 9.1 Acciones relacionadas con el conocimiento e información – Situación actual.

Los principales insumos para una adecuada prevención y atención de desastres son la información y el conocimiento para la toma de decisiones acertadas.

El proyecto reveló la deficiencia de información existente en el país. Específicamente se detectaron dos formas de deficiencias: a) falta de información para hacer la evaluación de vulnerabilidad, y b) falta de información para ejercer un buen manejo de las zonas costeras.

Colombia cuenta con una capacidad técnica importante y existen datos e información parciales sobre las amenazas naturales y antrópicas en las zonas costeras. Pero se carece de información para evaluar la vulnerabilidad física, social, económica y cultural ante esas amenazas. Hasta antes de la ejecución del presente proyecto, el país carecía igualmente de experiencia en la metodología para evaluar su vulnerabilidad en las zonas costeras.

Bajo estas condiciones no es posible modelar ni cuantificar con certeza el impacto potencial del ANM por cambio climático. Hay información que no existe, o no está disponible, y no hay articulación entre los investigadores y fuentes de información.

Las acciones en esta línea programática están estrechamente relacionadas con los siguientes instrumentos vigentes y sus respectivos programas: PNAOCI – Áreas Instrumentales - Programa Base Científica: Conocimiento e Información

### 9.1.1 Investigación

- Incorporar en la agenda científica del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología las investigaciones necesarias sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación autónoma o asistida de los ecosistemas y sistemas productivos, y la población más vulnerable al ARNM por cambio climático.
- Las entidades nacionales responsables de la cartografía terrestre y marina, deben dar prioridad a producir la cartografía costera detallada, actualizada y homogénea de las zonas costeras, comenzando por las áreas y ecosistemas críticos. Se buscará la estandarización de la línea de costa, curvas de nivel y batimetría costera. Se debe tener en cuenta las normas ICONTEC de estandarización de datos espaciales y las normas internacionales respectivas.
- Simultáneamente se fortalecerán los estudios referentes a la geomorfología costera y deltaica en las costas, así como la tectónica de las mismas. En este esfuerzo participarán entidades como EAFIT, INVEMAR, IDEAM, INGEOMINAS, UNINORTE y las CAR.
- Elaborar inventarios de la capacidad nacional y regional de investigación sobre vulnerabilidad y capacidad de adaptación de los sistemas socioeconómico y ecosistemas naturales al ARNM por cambio climático, y en este sentido la importancia de la adaptación autónoma por procesos naturales (por ejemplo, manglares y áreas intermareales).
- Proveer las bases científicas para generar el conocimiento sobre la estructura y función de los ecosistemas marinos y costeros de la Nación y sus cambios de calidad ambiental, como aporte para su manejo integrado según lo establecido en la PNAOCI. Al mejorar el MIZC se contará con mejores medios para responder al ARNM. Las investigaciones en biología de ecosistemas del INVEMAR, INPA, Instituto von Humboldt, Universidad Nacional y las CAR deberán enfocarse hacia la evaluación de las posibles respuestas de los ecosistemas ante un ARNM.

- Mejorar el suministro de información en el sistema de cuentas nacionales de manera que proporcione estadísticas sobre los sectores productivos a nivel municipal.
- Articular el esfuerzo interinstitucional para el diseño de escenarios de desarrollo integrales y de carácter nacional en consistencia con los escenarios de cambio climático formulados para el contexto colombiano.
- Desarrollar propuestas de investigación con miras a la identificación de opciones de adaptabilidad al cambio climático en el marco de escenarios en relación con la evolución del conflicto armado.
- Fortalecer la articulación del SINA con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. En cumplimiento a lo establecido en el Plan Estratégico adoptado por el CONPES-PNAOCI, COLCIENCIAS deberá promover la consolidación de instituciones o grupos nacionales para la investigación de áreas estratégicas del conocimiento para el desarrollo costero nacional. El conocimiento sobre los efectos del aumento del nivel del mar por cambio climático es un área estratégica y deberá ser incluida prioritariamente en dichos temas.

### 9.1.2 Monitoreo

- Consolidar redes de monitoreo y alerta sobre variables socioeconómicas y ambientales identificadas como indicadores críticos en el ANM por cambio climático. Dichas predicciones se podrán concentrar inicialmente en las áreas detectadas como críticas, donde se deberán efectuar estudios que permitan hacer predicciones locales acerca del ANM con mayor grado de certeza y confiabilidad con el fin de elaborar planes de respuesta y adaptación más concretos y cuantificados.
- Diseñar, establecer y estandarizar indicadores ambientales sobre el estado de salud de los ecosistemas y recursos marinos y costeros, para evaluar periódicamente la calidad ambiental de la base natural oceánica y costera. De igual forma indicadores socioeconómicos sobre el estado de la calidad de vida de sus habitantes y las repercusiones de los factores y fenómenos que los afectan.
- Monitorear los recursos costeros ambientales (incluyendo el monitoreo de las formas de uso y aprovechamiento) con el objetivo de hacer seguimiento y detectar alarmas relacionadas con el ANM por cambio climático. El INVEMAR, con el apoyo de DIMAR, el IDEAM, el IIAP, el INPA y otros centros de investigación, adelantará la evaluación de los programas de monitoreo ambiental y socioeconómico de los recursos costeros y el diseño del Sistema de Monitoreo de cada una de las Unidades Ambientales Costeras (UAC) en el marco del Sistema de Información Nacional Oceánico y Costero-SINOC. Esta labor se adelantará simultáneamente con el proceso de caracterización de estas unidades.

### 9.1.3 Sistema de información

- Es necesario el desarrollo de un sistema integrado de intercambio y procesamiento de información costera en general, con los impactos y desastres de los eventos naturales

extremos ocurridos en el pasado y relacionarla con el ANM por cambio climático en particular.

- Incorporar al diseño del SINOC, aprobado en el Documento CONPES-PNAOCI, el componente relacionado con la información necesaria para reducir la vulnerabilidad al ANM por cambio climático. La Secretaría Ejecutiva de la CCO, con apoyo del MMA, el DNP y demás miembros de la Comisión, coordinará el diseño, montaje y desarrollo de dicho sistema; igualmente promoverá la gestión de recursos que demande.

## **9.2 Acciones relacionadas con la planificación – Situación actual**

Normalmente los riesgos por ARNM y el cambio climático no han estado incluidos en los instrumentos de planificación y políticas adoptados por las instancias gubernamentales, tanto territoriales como sectoriales. En el mismo documento de la PNAOCI sólo se menciona una vez tangencialmente, en los antecedentes de la Estrategia No.2 que trata de la prevención de desastres como parte del objetivo de Calidad Ambiental, pero no se incluyen acciones específicas para su implementación.

La inserción de este nuevo aspecto, que tan sólo recientemente está penetrando en la conciencia nacional, es una de las principales formas de comenzar a enfrentarlo. Sus soluciones deberán darse con la participación de muchos niveles involucrados en el manejo costero del país, no exclusivamente e aquellas entidades encargadas de la prevención y mitigación de riesgos.

Los planes de ordenamiento territorial deben incorporar el tema de la prevención de desastres en general. Sin embargo, según la Dirección General de Prevención y Atención de Desastres, un porcentaje alto de la planificación territorial de los municipios lo hacen de manera deficiente. Evidentemente el ARNM no está incluido en los POT municipales costeros, lo cual se debe a la falta de experiencia y conocimiento en el país sobre el tema, que ha sido abordado recientemente.

A nivel de los sectores económicos marino-costeros, tales como pesca, acuicultura, puertos y transporte marítimo, marinas recreativas, infraestructura, turismo, agropecuario costero, etc, no ha existido tradicionalmente la internalización de este problema potencial, por las mismas razones. En algunos casos se encuentran referencias relacionadas principalmente con la ocurrencia de eventos, como huracanes, inundaciones, tsunamis, o el fenómeno de El Niño, desastres que tienen relación con el ANM por cambio climático.

### **9.2.1 Incorporación a la planificación territorial**

- Los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, como instrumentos de la gestión territorial en el mediano y corto plazo, se deben convertir en los vehículos para lograr el desarrollo sostenible en el largo plazo. Estos instrumentos deben tener un papel estratégico en la reducción de riesgos actuales así como en evitar generar nuevos riesgos y vulnerabilidades por aumento del nivel del mar y desastres naturales asociados como inundaciones, tormentas, huracanes, fenómeno de El Niño, etc.
- Es indispensable la generación de Planes de Contingencia como parte de los Planes de Desarrollo Territorial (PDT). Estos deberán incluir las medidas de adaptación al

aumento del nivel del mar por cambio climático que sean determinadas a medida que se profundice en los estudios de vulnerabilidad de las áreas identificadas como “críticas” en el presente estudio.

<b>Instrumentos regulares de Planificación Territorial identificados para incluir medidas de adaptación al ARNM.</b>	<b>Entidad / Nivel responsable</b>	<b>Alcance en tiempo</b>
Plan de Ordenamiento Territorial - POT	Municipios	10 años
Plan de Gestión Ambiental Regional - PGAR	Corporaciones Autónomas Regionales	10 años
Plan de Desarrollo Municipal	Municipios	3 años
Plan de Desarrollo Territorial	Departamentos	3 años
Agendas Departamentales	Departamentos (directrices gobierno. central)	?
Plan de Acción Trienal	Corporaciones Autónomas Regionales	3 años
Planes de Acción Ministeriales	Min. Ambiente y otros sectores	?
Planes de Vida Comunidades Indígenas	Comunidades	?
Planes de manejo Comunidades Negras	Comunidades	?
<b>Otros Planes y Programas regionales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agenda Pacífico 21</li> <li>▪ Plan Caribe Ambiental</li> <li>▪ BID – Plan Pacífico</li> </ul>		?

- Es necesario fortalecer el apoyo y orientación, especialmente en los aspectos técnicos y de capacitación, que las entidades a nivel nacional deben proporcionar a las entidades territoriales. El MMA y el INVEMAR deben divulgar criterios, directrices y metodologías para que los entes territoriales inserten la variable “ANM por cambio climático” en sus POT, PDT, Planes de Contingencia, etc.
- La PNAOCI establece en su Objetivo Específico No.1: Ordenamiento Ambiental territorial, Estrategia No.1, que se debe “establecer las áreas marinas y costeras como Regiones Integrales de Planificación y Ordenamiento Ambiental Territorial” y que se deben adoptar y caracterizar Unidades Ambientales Costeras (UAC) en cada una de ellas. La ejecución de esta objetivo y esta estrategia de la PNAOCI es la base para incorporar la variable RANM en los planes territoriales a todos los niveles.
- Es indispensable desarrollar un proceso de divulgación de la PNAOCI en todos los niveles de planeación del país, con el propósito que sea insertado en la respectiva documentación. Consecuentemente, es necesario que el MMA y el INVEMAR realicen un ejercicio de definición y delimitación de las UAC para divulgar y socializar sus límites reales y características.
- Para los instrumentos de planificación que en la actualidad están aprobados y no se pueda incluir el tema de vulnerabilidad al ANM, se deberá propender por incluirlo en sus planes operativos anuales (a partir del 2003) como acciones a corto plazo, especialmente en las zonas identificadas como críticas.
- El tema de vulnerabilidad al RANM, debe ser tenido en cuenta para la formulación de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial que está pendiente por promulgar.
- Igualmente se debe continuar y apoyar la formulación de los lineamientos de la política de cambio climático en el tema de RANM a cargo del DNP.

## 9.2.2 Incorporación a la planificación Sectorial

Los Planes de Desarrollo y/o Expansión Sectorial, como instrumentos orientadores de la gestión sectorial pública y privada en el corto y mediano plazo, tienen un papel importante en la reducción de riesgos actuales y en evitar generar nuevos riesgos para el futuro. Es necesario incorporar el elemento “ANM” por cambio climático’ en los Planes Sectoriales, especialmente aquellos relacionados con el uso directo de la zona costera, tales como: puertos, pesca, acuicultura, turismo costero, industria, desarrollo urbano, etc.

Los ministerios y entidades del orden nacional deben incluir en sus planes estratégicos de gestión y sus planes indicativos sectoriales aspectos tales como:

- Análisis de la vulnerabilidad del respectivo sector por efecto de ANM por cambio climático.
- Análisis del impacto socioeconómico dentro del respectivo sector del ANM por cambio climático.
- Identificación de vulnerabilidad que pueda generar el mismo sector, como atracción de población hacia zonas de alto riesgo.
- Incluir los resultados de estos estudios en los Planes de Desarrollo y Expansión Sectorial.

La PNAOCI incluye sendos subprogramas en siete sectores económicos y propone acciones específicas en cada uno de ellos, las que buscan “*incorporar criterios ambientales en el desarrollo de la infraestructura costera y el crecimiento de los sectores dinamizadores de la economía. con el fin de armonizar el desarrollo económico con la conservación y restauración de los ecosistemas y recursos marinos y costeros*”. Aunque no todos se refieren al problema del ANM explícitamente, estos subprogramas y acciones de la PNAOCI son las bases para cualquier programa de adaptación y preparación desde el punto de vista sectorial. El MMA tendrá la responsabilidad de articular y coordinar la inclusión del tema de vulnerabilidad al ANM en los instrumentos de planificación sectoriales.

El MMA debe hacer un llamado a los diferentes sectores de la economía para que identifiquen y reserven recursos financieros con el fin de realizar los estudios de segunda generación necesarios para la identificación de impactos, respuestas de adaptación y planes de contingencia, especialmente en las “áreas críticas”. Se propone que en estos planes se dé especial importancia al componente social como resultado del ordenamiento (caso especial de Tumaco).

El PNPAD establece la necesidad de incluir en la planificación sectorial tres (3) tipos de riesgos: a) los que afectan el accionar de las entidades del sector; b) los generados en la sociedad por el accionar del sector; y c) los generados en la sociedad por la deficiencia en las medidas de prevención y mitigación del sector. Las mismas consideraciones deben ser tenidas en cuenta en los Planes Sectoriales con relación al ANM por cambio climático, insertando esta nueva variable en dichos Planes (*ver CONPES-PNPAD 3146, p. 16 a 21*)

### 9.3 Acciones relacionadas con el fortalecimiento institucional – Situación actual

Aunque hay una serie de instituciones relacionadas y muchas normas legales vigentes, un programa nacional como tal es incipiente en el país, apenas propuesto por la PNAOCI del año 2000 y por su Plan de Acción 2002-2004 (CONPES-PNAOCI 3164) de reciente promulgación. Se requiere la integración y en otros casos el fortalecimiento de los mecanismos institucionales para su implementación.

Uno de los aspectos que hacen al país altamente vulnerable al ANM son los inconvenientes institucionales, legales y organizacionales. En el aspecto legal, existe un número de instrumentos que podrían considerarse suficientes relativos al manejo de las zonas costeras y por ende con al ANM, pero son aislados, sectoriales y hace falta la tan mencionada 'integración' a nivel de ejecución y control.

Todavía se presentan colisiones de competencia y de intereses entre las entidades oficiales encargadas de administrar, así como los sectores de desarrollo económico que utilizan los espacios marinos y costeros. Igualmente se detectó la falta de poder ejecutivo en las primeras para ejercer sus funciones con autoridad y claridad en beneficio de la búsqueda eficiente del desarrollo sostenible.

Otro de los aspectos institucionales encontrados que generan mayor vulnerabilidad del país es la deficiencia en aspectos de capacidad técnica. El análisis de la vulnerabilidad mostró que es alta debido a que no existe capacidad técnica en las entidades para asumir el tema y no hay en el momento la tecnología, información, diseño forma de ejecutar las estrategias de respuesta, a nivel científico, técnico o a nivel social y económico.

#### 9.3.1 Fortalecimiento de la Gobernabilidad.

Según el diagnóstico de vulnerabilidad aplicando la Metodología Común del IPCC, se necesitan mecanismos de integración entre las entidades y armonización de las normas que en Colombia existen para manejo costero. En otras palabras se necesita mejorar la gobernabilidad y capacidad institucional con las cuales el país responderá al problema del ANM a medida que este se produzca.

- Se deben articular los procesos de planificación de las entidades relacionadas con el manejo de la zona costera, revisar el marco jurídico vigente para establecer funciones y competencias y operativizar el marco jurídico. Se debe fortalecer la Comisión Colombiana del Océano (CCO) como espacio de interacción de las entidades y los instrumentos de política y planificación marina y costera.
- La recientemente aprobada PNAOCI contiene y describe la mayoría de los elementos necesarios para crear el necesitado mecanismo de integración intersectorial. En su capítulo final sobre instrumentos de ejecución, la sección de Gobernabilidad enumera específicamente lo siguiente, que se consideran fundamental para este Plan de Acción:

*“Meta: Establecer el Consejo Nacional de Manejo Integrado de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras, como máxima instancia responsable de orientar la*



*formulación e integración de las políticas sectoriales, para impulsar la ordenación y el desarrollo sostenible de los océanos y zonas costeras colombianas”.*

- Por otra parte, adicional a la integración en todos los niveles, se requiere una real descentralización y autonomía regional para implementar un programa de prevención y adaptación al ANM. Este aspecto también lo considera la PNAOCI cuando propone la creación de programas regionales para el ordenamiento ambiental territorial de las zonas costeras, y específicamente plantea elaborar la caracterización de los ecosistemas marinos y costeros y las dinámicas socioeconómicas y culturales para cada UAC.

*”Meta: Crear los Comités Regionales de Manejo Integrado de Zonas Costeras, responsables de la coordinación y armonización de los planes subregionales y locales del MIZC para cada una de las Unidades Integrales de Planificación y Ordenamiento Ambiental Territorial Costero, siguiendo las directrices establecidas por el Comité Nacional para el Manejo Integrado de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras”.*

Por consiguiente, para atender el problema de la vulnerabilidad del país al cambio del nivel del mar, se debe implementar, entre otros, estas metas de la Política y adicionalmente el Programa Nacional para el Ordenamiento Ambiental Territorial de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras, Objetivo Específico No.1. Estas actividades solucionarían parte de los problemas que actualmente incrementan la vulnerabilidad nacional al ARNM debido a la limitada gobernabilidad, o factibilidad de implementar las opciones de respuesta.

Es importante en el aspecto de la gobernabilidad, continuar fortaleciendo los vínculos y la interacción entre los varios instrumentos de política y planificación existentes y futuros. Tal es el caso de la PNOEC, en elaboración por la Comisión Colombiana del Océano -CCO. Desde su última reestructuración en el año 2000 que le dio la facultad de formular las políticas marítimas de Colombia desde una perspectiva interministerial e intersectorial, la CCO tiene una responsabilidad que todavía no ha sido desarrollada al máximo de sus capacidades. Por no ser una entidad ejecutora o ministerio, mantiene una instancia de coordinación y planificación supra-institucional que podría ofrecer grandes posibilidades pero para la cual no existen antecedentes conocidos ni experiencia en el país.

### 9.3.2 Fortalecimiento de la capacidad técnica

- Fortalecimiento de la capacidad técnica al interior de las instituciones nacionales, para enfrentar el desafío del posible ANM, y para generar el conocimiento, la tecnología, la información y la gestión adecuadas para la situación específica del país, a través de acuerdos internacionales y regionales para intercambio de experiencias y entrenamiento de cursos de MIZC.
- Fortalecimiento de la capacidad de los entes territoriales dentro de sus competencias y funciones, como ejecutores de las políticas y programas de manejo costero y por consiguiente actores esenciales en las estrategias de adaptación al ANM.

Para este propósito se requiere:

- a) Divulgar el problema y los conocimientos actuales sobre la vulnerabilidad frente al ARNM entre las entidades y los funcionarios responsables de los múltiples factores involucrados.
- b) Desarrollar programas de capacitación práctica a funcionarios y entidades relacionadas con MIZC.
- c) Fomentar estudios y desarrollo de tecnología autóctona para aplicar opciones de respuesta ante los problemas de inundaciones, intrusión salina, erosión, etc.
- d) Continuar probando metodologías y experimentando procedimientos para establecer las mejores soluciones de manejo y gestión costera.
- e) Adaptar métodos y procedimientos exitosos en el exterior, cuando sean aplicables y con las debidas precauciones y análisis.
- f) Fortalecer las redes de intercambio de datos y de información entre los funcionarios, investigadores, administradores y actores involucrados. Fomentar redes informales de retroalimentación y contactos personales.
- g) Buscar cooperación y fondos internacionales en donde sea pertinente, incluyendo un fuerte componente de capacitación de funcionarios en aspectos técnicos y legales relacionados con los efectos del cambio climático.

#### **9.4 Acciones relacionadas con la educación, divulgación y socialización**

La mejor prevención y disminución de impactos que puede hacerse ante cualquier tipo de desastre natural es la capacitación de las comunidades y poblaciones afectadas. Esto también se cumple para el tema del ANM, en el que hasta el momento no existe una estrategia unificada y clara de las entidades oficiales para concientizar y mejorar la capacidad de reacción de los afectados. Al interior del mismo SINA no se da la coordinación interinstitucional que debería existir.

Se detecta la ausencia de programas articulados con el sistema educativo y de formación ciudadana; y aunque han existido algunas iniciativas, como el 'bachillerato marino', no están extendidas a todas las regiones costeras donde deberían promulgarse. Como complemento, tampoco se están utilizando todos los mecanismos ni la tecnología disponible para fines de información y divulgación.

La evaluación de la vulnerabilidad en aspectos culturales y sociales es alta en Colombia, ya que un porcentaje mayoritario de la población de las zonas costeras tiene una baja calidad de vida. El conflicto armado afecta a gran parte de la población de manera directa o indirecta debido a los efectos negativos que impone sobre la calidad de vida y la capacidad de emprender bajo tales circunstancias acciones colectivas exitosas.

#### 9.4.1 Difusión de información a la sociedad en general

- Todos los actores que usan y se benefician de las zonas costeras, su medio ambiente y sus recursos deberán ser los primeros en estar incluidos en cualquier programa de respuesta a una amenaza como es el caso del ANM. Esto también es cierto para todas las actividades de administración y manejo de las zonas costeras en general.
- Se requieren programas de divulgación de información al público, a la sociedad civil en general. La comunidad tiene el derecho a estar informada de los riesgos y amenazas reales a la que se encuentra sometida, tanto las personas como los bienes de capital.
- El MMA a través del SINA deberá organizar campañas de divulgación popular e información a las comunidades, con el apoyo del Ministerio de Educación, entidades del SINA, ONG, y participación del sector privado, los gremios y las universidades.
- Considerando la importancia de la correcta transmisión de la información sobre pronósticos de amenazas y riesgos a la población, es necesario diseñar una campaña de capacitación y sensibilización a los medios de comunicación para divulgar los resultados de esta clase de estudios, evitando crear percepciones erradas.

#### 9.4.2 Aspectos culturales y sociales

- La participación de las comunidades costeras debe ser estimulada desde las propias bases comunitarias, porque ellos son “de facto” los primeros administradores de estas zonas. En este aspecto la legislación colombiana, específicamente la Ley 70 de 1993 y la Ley 160 de 1994 han creado las bases para la participación ciudadana en este tipo de procesos.
- Por consiguiente, se deben diseñar programas de capacitación, divulgación y educación a estas comunidades, cubriendo toda la población costera desde los grandes centros urbanos hasta las comunidades más pequeñas y apartadas. Se debe hacer buen uso de métodos y tecnología eficiente en cada caso, según los destinatarios finales.
- La PNAOCI contiene un programa sobre este aspecto que es necesariamente complementario con las acciones relacionadas a la prevención y disminución de impactos de los efectos del ANM. El programa 4.3 de Educación y Participación dice:

*“Vincular de manera activa a los usuarios, comunidades y etnias en el proceso de administración y mejor gobierno de la zona costera a través de la educación, la participación en la planeación, el ordenamiento y la toma de decisiones para el manejo integrado y desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y zonas costeras”.*

#### 9.4.3 Educación formal en todos los niveles

- Es necesario continuar buscando con el Ministerio de Educación la ampliación del pensum académico del bachillerato, para incluir más información sobre ciencias del mar en la educación que recibe el ciudadano común, no necesariamente porque sea natural o

residente en las zonas costeras o porque tenga que dedicarse a una labor relacionada con el mar. Esta base amplia en la totalidad de la población colombiana es la mejor garantía de un cambio gradual en la conciencia del país y en un futuro apoyo popular informado al territorio nacional marítimo y costero.

- Se debe impulsar un proceso de sensibilización, educación, capacitación y formación dirigido desde el ámbito del “desarrollo sostenible” a través del MIZC, a todos los niveles de educación formal, educación no formal, formación institucional y organismos de planeación. En particular el MMA a través del SINA y en coordinación con el Ministerio de Educación, deberá diseñar un programa de capacitación para tomadores de decisiones, desde directivos a nivel nacional, hasta dirigentes cívicos y líderes comunitarios a nivel local

## **9.5 Acciones relacionadas con la gestión internacional**

Además de la adaptación propia al ARNM, a través de un programa de MIZC, Colombia necesita continuar ejerciendo liderazgo a nivel internacional en la disminución y limitación de los factores generadores del cambio climático global. Tal liderazgo se ejerce principalmente a través de su participación en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático CMNUCC y otros instrumentos o convenios internacionales.

El país debe cumplir sus compromisos internacionales con la CMNUCC pero no menos importante es prepararse para las negociaciones dentro de la misma y sus protocolos. Dichas negociaciones determinarán el grado de efectividad y la capacidad de influir en decisiones globales ambientales en el futuro.

Es necesario continuar gestionando recursos en el exterior para fortalecer la capacidad nacional y disminuir su vulnerabilidad frente al ANM. La relativa información disponible y el análisis de vulnerabilidad efectuado le dan los argumentos e instrumentos necesarios para estas gestiones.

### **9.5.1 Fortalecimiento de la capacidad de gestión internacional**

- Es necesario fortalecer la capacidad de gestión del país ante los organismos internacionales que trabajan el tema de cambio climático. Con base en estudios técnicos como el presente análisis de vulnerabilidad, y a través de la Comunicación Nacional a la CMNUCC, periódicamente se debe promover el tema a nivel tanto internacional como nacional.
- El MMA y el Ministerio de Relaciones externas a través de la Cancillería deben mantener la activa participación del país en la CMNUCC y la continuidad de los negociadores en los grupos que lo han venido haciendo, capitalizando la experiencia positiva y resultados adquiridos. Se debe estimular la mayor participación de las entidades relacionadas con ANM en el Comité Interinstitucional de la Cancillería para la preparación de la posición nacional de negociación en foros internacionales.

- Continuar gestionando fondos adicionales internacionalmente, tanto para la etapa de planificación y evaluación de vulnerabilidad, como para la financiación de etapas posteriores de ejecución de obras de ingeniería y proyectos de adaptación real.
- Definir temas prioritarios de investigación futura, según las propuestas contenidas en el presente Plan y formular una estrategia para gestionar recursos internacionales. El MMA debe conformar un portafolio de proyectos llamados de “segunda generación” especialmente enfocados en las áreas identificadas como “críticas” y orientados al diseño de planes de adaptación y reducción de impactos a los efectos del cambio climático.

### 9.5.2 Proyección de Colombia hacia las regiones del Gran Caribe y Pacífico Sudeste

- Aprovechando las ventajas relativas y las buenas relaciones de Colombia con los países vecinos y de la región del Gran Caribe y Pacífico Sudeste, desarrollar proyectos de cooperación con estos países, para la evaluación regional de la vulnerabilidad, adaptabilidad y reducción de impactos frente al ANM.
- Similarmente el INVEMAR y el MMA, aprovechando la experiencia colombiana en planificación costera, buscarán desarrollar proyectos de cooperación para programas de MIZC en otros países vecinos de similares condiciones en cuanto a la situación geofísica y socioeconómica costera.
- Desarrollar una estrategia para captar recursos internacionales para ejecutar proyectos regionales y asegurar que en todos los proyectos tanto nacionales como internacionales un componente para financiar asistencia a foros y reuniones sobre cambio climático.

## 9.6 Aspectos económicos y financieros

Programar las acciones futuras en los aspectos financieros es muy complejo en esta etapa. En primer lugar por la falta de información secundaria suficiente y disponible. También porque significaría adelantar valoraciones de recursos naturales, ecosistemas, y sus servicios ambientales, para lo cual aun no hay suficiente experiencia en el país y son escasos y puntuales los estudios adelantados para los espacios marino-costeros. Además, por la escala de tiempo del fenómeno ANM, los valores calculados implicarían la proyección de tasas de descuento a muy largo plazo, lo cual introduce mucha incertidumbre en cualquier estimación. La falta de información hace esta situación aún más difícil, tal como se vio durante la ejecución del estudio aplicando la Metodología Común del IPCC.

- Por tales razones, una de las principales actividades en el corto plazo será acopiar más y mejor información, para que en el futuro las incertidumbres socioeconómicas disminuyan y se pueda decidir con mejores bases.
- Una conclusión importante de este estudio de vulnerabilidad es la imperiosa necesidad de enfocar los estudios futuros sobre las áreas críticas identificadas hasta el momento. Ello permitirá mejorar la profundidad y calidad de la información, tanto biofísica, como social y económica.

- A nivel de áreas críticas, se trabajará a escala mayor, con mejor resolución en todas las variables y se podrá identificar acciones mucho más concretas. En lo referente a las obras de adaptación, en cada área crítica se podrá identificar exactamente cuál es la necesidad en cada caso y aplicar las soluciones óptimas individualmente. Eso no es posible trabajarlo a escala nacional. Por consiguiente, también se podrán cuantificar las necesidades de financiación y se hará la evaluación costo-beneficio sobre obras y medidas de adaptación específicas.

Las acciones propuestas a continuación se refieren a la formulación de las propuestas orientadas a los análisis de vulnerabilidad de las áreas identificadas como críticas. El orden en que se pueden acometer estas propuestas estará dada por la respuesta e interés expresado por las mismas autoridades territoriales de las áreas. Sin embargo, los casos de San Andrés y Tumaco podrían encabezar la lista de áreas críticas para posteriores estudios en términos de opciones de adaptabilidad y evaluación del comportamiento humano frente al ascenso en el nivel del mar. En el caso del primero debido a sus particulares condiciones como isla oceánica y en el caso del segundo, debido a sus particulares condiciones de riesgos frente a la ocurrencia de Tsunamis y evidencias de comportamiento ancestral frente a la oscilación de las mareas.

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

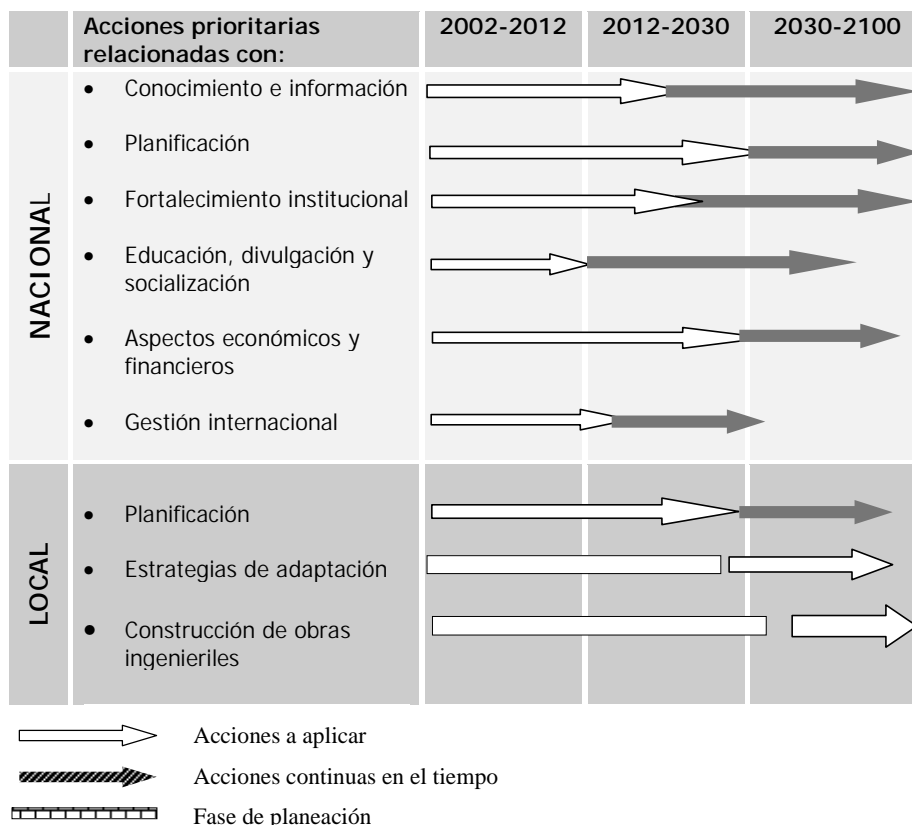
La urgencia de implementar las estrategias de adaptación al ANM es mayor de lo que se pensaba (Tabla 20), por los tiempos de respuesta necesarios para planificar e implementar, y por otros factores relacionados con el cambio climático, tales como eventos especiales, inundaciones, tormentas, Tsunamis, EL Niño, etc.

Por otra parte, la misma naturaleza de las acciones propuestas en el presente Plan de Acción y la forma escalonada en el espacio y el tiempo como se proponen, aseguran al país que estas acciones son viables y válidas para un buen MIZC en Colombia, casi independientemente de si hay o no hay un RANM por cambio climático. Por consiguiente, los recursos invertidos de esta manera en implementar este Plan de Acción son necesarios y estarán siempre bien utilizados.

En general este Plan de Acción propone que las acciones mencionadas anteriormente sean aplicadas en el corto y mediano plazo, donde la mayoría están relacionadas con todos los instrumentos de planificación existentes en el país y que deben tenerse en cuenta tanto a nivel nacional, regional y local.

Igualmente los planes de desarrollo y/o expansión sectorial, especialmente los que estén relacionados con el uso directo de las zonas costeras, son instrumentos que deben tener en cuenta la incorporación del elemento ARNM por cambio climático.

Tabla 20. Resumen de los grupos de acciones a tomar y su implementación a una escala temporal de corto (2002-2012), mediano (2012-2030) y largo plazo (2030-2100).



Se debe propender rápidamente por la creación de los instrumentos o espacios de discusión y análisis que el país ha promulgado en su PNAOCI: a) Consejo Nacional de Manejo Integrado de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras y, b) Los tres Comités Regionales de MIZC (Caribe Insular, Caribe continental y Pacífico), con el fin último, de poder mejorar la gobernabilidad y capacidad institucional para que el país responda al problema del ARNM por cambio climático.

Paralelamente a todo lo mencionado anteriormente, es necesaria la creación de fuertes programas para impulsar un proceso de sensibilización, educación, capacitación y formación dirigido desde el ámbito del “desarrollo sostenible” a través del MIZC, a todos los niveles de educación formal, educación no formal, formación institucional y organismos de planeación del país que tengan injerencia en las zonas costeras.

Por último, se debe desde ahora poner atención a las áreas críticas identificadas en este estudio y comenzar a plantear y formular la continuación del análisis de estas con proyectos donde se podrá ir avanzando en el conocimiento de los impactos y posibles medidas de adaptación por el fenómeno de ANM por cambio climático, dentro del marco conceptual del MIZC.



*En muchas partes del mundo, los sistemas naturales que proporcionan protección contra el mar, están siendo degradados por actividades de desarrollo tales como extracción de arena y corales, tala de bosques de mangle, represamiento y contención del flujo de los ríos, y relleno de ciénagas y humedales. Cada año que los países posponen enfrentarse a estos problemas, aumentan su vulnerabilidad a los cambios climáticos y ANM. Más aún, las respuestas ambientalmente adecuadas necesitan períodos de anticipación de varias décadas. Por consiguiente, aunque los efectos del RANM todavía son lejanos, el tiempo para actuar el AHORA. <sup>(3)</sup>*

---

<sup>3</sup> IPCC - Preparing to meet the Coastal Challenges of the 21st. Century. Word Coastal Conference 1993. Conference Report. p.9 IPCC, 1994