



**ADAPTACIÓN AL
CAMBIO CLIMÁTICO**
CARTAGENA DE INDIAS
PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN TERRITORIAL

Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias







Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias

*Formulación de los lineamientos de adaptación
al cambio climático en Cartagena de Indias*



Formulación de los lineamientos de adaptación al cambio climático en Cartagena de Indias

Directivos

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)

LUZ ELENA SARMIENTO
Ministra

PABLO VIEIRA SAMPER
Viceministro

RODRIGO SUÁREZ CASTAÑO
Director Cambio Climático

Alcaldía de Cartagena de Indias

DIONISIO VÉLEZ TRUJILLO
Alcalde Mayor de Cartagena de Indias

DOLLY GONZÁLEZ ESPINOSA
Secretaria de Planeación Distrital

Cámara de Comercio de Cartagena

JOSÉ ALFONSO DÍAZ GUTIÉRREZ DE PIÑERES
Presidente Ejecutivo

FABIÁN MORALES DE LEÓN
Jefe de Comunicaciones y Eventos

ADRIANA RAMOS VELOZA
Asesora de Presidencia para el Desarrollo Regional

Alianza Clima y Desarrollo (CDKN, por sus siglas en inglés)

PIPPA HEYLINGS
Directora Regional para América Latina y el Caribe

CLAUDIA MARTÍNEZ
Representante Colombia

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" Invemar

FRANCISCO A. ARIAS ISAZA
Director General

JESÚS ANTONIO GARAY TINOCO
Subdirector Coordinación de Investigaciones (SCI)

SANDRA RINCÓN CABAL
Subdirectora de Recursos y Apoyo a la Investigación (SRA)

DAVID ALONSO CARVAJAL
Coordinador Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

MARIO ENRIQUE RUEDA HERNÁNDEZ
Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos (VAR)

LUISA FERNANDA ESPINOSA DÍAZ
Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

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

CONSTANZA RICAURTE VILLOTA
Coordinadora Programa de Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

JESÚS ANTONIO GARAY TINOCO
Coordinador Servicios Científicos (e) (CSC)

Participantes

Coordinación

ANDREA GUERRERO RAMÍREZ
Coordinadora Grupo de Mitigación
al Cambio Climático

FRANCISCO A. ARIAS ISAZA
Director General
Invemar

PAULA CRISTINA SIERRA CORREA
Coordinadora Programa GEZ
Invemar

CLAUDIA MARTÍNEZ
Representante CDKN Colombia

PATRICIA LEÓN
Gerente de Proyecto CDKN

STEVEN PRICE
Project Manager CDKN

JAVIER MOUTHON BELLO
Secretario de Planeación Año 2011
Alcaldía de Cartagena de Indias

MARÍA CLAUDIA PÁEZ
Secretaria de Planeación
Enero-septiembre 2012
Alcaldía de Cartagena de Indias

DOLLY GONZÁLEZ
Secretaria de Planeación
2013-a la fecha
Alcaldía de Cartagena de Indias

FRANCISCO CASTILLO
Asesor
Alcaldía de Cartagena de Indias

Coordinación general de la publicación

MATHIEU LACOSTE
Coordinador de comunicaciones
CDKN Colombia

ADRIANA BURGOS
Comunicadora
Abril - septiembre 2013
Invemar

MALLERLY ULLOQUE
Comunicadora
Octubre 2013-a la fecha
Invemar

Coordinación técnica

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

XIMENA ROJAS G.
Bióloga Marina, M. Sc.
Invemar

Equipo técnico Invemar

BLANCA OLIVA POSADA
Geóloga, M. Sc. Invemar

NELSON RANGEL
Geólogo, Ph. D. Invemar

JAVIER BLANCO
Economista, M. Sc.
Corporación Ecovera

ÁNGELA C. LÓPEZ
Bióloga, M. Sc. Invemar

DIANA HERNÁNDEZ
Ingeniera Ambiental, M. Sc.
Corporación Ecovera

FABIÁN NAVARRETE
Biólogo Marino
Corporación Ecovera

IRINA MACHACÓN
Ecóloga Invemar

MILENA HERNÁNDEZ ORTIZ
Ingeniera Forestal Invemar

VENUS ROCHA
Topógrafa Invemar

MAURICIO BEJARANO
Esp. SIG Invemar

JULIÁN PIZARRO
Ingeniero de Sistemas Invemar

Equipo de apoyo

LORENA SANTAMARÍA
MADS

MARTHA PATRICIA VIDES
Bióloga, M. Sc. Invemar

YEIMY VARGAS
Bióloga Marina Invemar

MABELLINIS OSORIO
Apoyo financiero Invemar

Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias

Contrato CDKN-INV-001-2011



Alianza Clima y
Desarrollo

Este documento es el resultado de un proyecto financiado por el Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID por sus siglas en inglés) y la Dirección General de Cooperación Internacional (DGIS por sus siglas en inglés) de los Países Bajos en beneficio de los países en desarrollo. No obstante, las opiniones expresadas y la información incluida en el mismo no reflejan necesariamente los puntos de vista o no son las aprobadas por el DFID o la DGIS, que no podrán hacerse responsables de dichas opiniones o información o por la confianza depositada en ellas. Esta publicación ha sido elaborada solo como guía general en materias de interés, y no constituye asesoramiento profesional. Usted no debe actuar con base en la información contenida en esta publicación sin obtener un asesoramiento profesional específico. No se ofrece ninguna representación ni garantía (ni explícita ni implícitamente) en cuanto a la exactitud o integridad de la información contenida en esta publicación, en la medida permitida por la ley, las entidades que gestionan la aplicación de la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN por sus siglas en inglés) no aceptan ni asumen responsabilidad, obligación o deber de diligencia alguno por las consecuencias de que usted o cualquier otra persona actúe o se abstenga de actuar, basándose en la información contenida en esta publicación o por cualquier decisión basada en la misma. La gestión de la aplicación de CDKN es llevada a cabo por PricewaterhouseCoopers LLP y una alianza de organizaciones que incluyen al Overseas Development Institute, la Fundación Futuro Latinoamericano, LEAD International, LEAD Pakistan y SouthSouthNorth.



El InveMar ha sido la entidad encargada de la ejecución del proyecto. Es una organización de investigación científica y tecnológica sin ánimo de lucro, vinculada al ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, cuya misión es realizar investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos de interés nacional con el fin de proporcionar el conocimiento científico necesario para la formulación de políticas, la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos que conduzcan al desarrollo de estas, dirigidos al manejo sostenible de los recursos, a la recuperación del medio ambiente marino y costero y al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos, mediante el empleo racional de la capacidad científica del instituto y su articulación con otras entidades públicas y privadas.

Citar como: InveMar, MADS, Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias y CDKN. 2014. Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias. Informe técnico final. Editores: Rojas G., X., M. Ulloque R. y M. Lacoste. Serie de Publicaciones Generales del InveMar No. 62, Santa Marta. 222 pag.

Palabras clave: Formulación, gestión territorial, lineamientos, plan de adaptación, Cartagena de Indias.

ISBN versión impresa: 978-958-8448-59-6

ISBN versión digital: 978-958-8448-58-9

Derechos reservados según la ley, los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente.

Diseño y diagramación: Margarita Reyes Ribas

Impresión: Litoflash

Se imprimen 565 ejemplares en Santa Marta, Colombia. Septiembre de 2014

Nota aclaratoria de límites

Las líneas de delimitación presentadas en los mapas son una representación gráfica aproximada, con fines lucrativos y no expresan una posición de carácter oficial. El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (InveMar) no asume ninguna responsabilidad sobre interpretaciones cartográficas que surjan a partir de éstas.

Instituciones participantes

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS)



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

Es la entidad pública del orden nacional rectora en materia de gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, que promueve acciones orientadas a regular el ordenamiento ambiental del territorio, a definir las políticas nacional ambiental y de recursos naturales renovables y en general, las políticas y regulaciones del ambiente de la Nación. Participa como entidad coordinadora del orden nacional por medio de la Dirección de Cambio Climático del Viceministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Su principal función es articular el proceso de planificación de acuerdo con los planes nacionales y la normatividad vigente.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS (INVEMAR)



Realiza investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos de interés nacional con el fin de proporcionar el conocimiento científico necesario para la formulación de políticas, la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos que conduzcan al desarrollo sostenible. Participa como entidad ejecutora del proyecto y coordinadora del componente técnico, para lo cual trabaja de manera articulada con las demás entidades participantes.

ALCALDÍA MAYOR DE CARTAGENA DE INDIAS



**ALCALDÍA MAYOR
DE CARTAGENA DE INDIAS**
Distrito Turístico y Cultural

Entidad territorial del Distrito de Cartagena de Indias. Como parte de su misión, vela por la construcción colectiva de la ciudad respetando y haciendo respetar lo público, preservando sus recursos naturales y su identidad Caribe. Participa en la planificación territorial y en los procesos de toma de decisiones, por medio de la Secretaría de Planeación como entidad coordinadora a nivel local del proyecto, promoviendo la participación del sector público y la integración de la adaptación.

CÁMARA DE COMERCIO DE CARTAGENA



Es una entidad privada creada desde 1915 por iniciativa de 45 comerciantes de la ciudad. Se encarga de promover el desarrollo empresarial competitivo en la jurisdicción con el objeto de mejorar la calidad de vida, a partir de la gestión del conocimiento y de la responsabilidad social y ambiental de la comunidad empresarial. Se vincula al proyecto como representante del sector privado comercial y económico de Cartagena de Indias, a fin de articular el proceso de planeación entre los sectores público y privado, y facilitar la inserción de la adaptación al clima en la gestión sectorial.

ALIANZA CLIMA Y DESARROLLO (CDKN)



Alianza Clima y
Desarrollo

La Alianza Clima y Desarrollo (CDKN, por sus siglas en inglés) brinda apoyo a las personas encargadas de tomar las decisiones relativas al diseño y la planificación de un desarrollo compatible con el clima. Para ello combina la investigación, los servicios de asesoría y la gestión del conocimiento, en apoyo a procesos políticos propios y gestionados a nivel local. Es el único socio de cooperación internacional que provee recursos para esta iniciativa. Su finalidad es trabajar brindando colaboración a la Alcaldía de Cartagena de Indias en el proceso de toma de decisiones, junto con el sector privado y no gubernamental a nivel nacional, regional y global para integrar el clima en las políticas públicas de desarrollo.

Agradecimientos

Agradecemos el invaluable respaldo recibido de las instituciones y entidades que colaboraron con información o brindaron apoyo durante la ejecución de la primera fase del proyecto. Se resalta, a nivel local, el compromiso de la Alcaldía de Cartagena de Indias mediante el trabajo realizado y la ayuda prestada por los técnicos y funcionarios de la Secretaría de Planeación Distrital. Así mismo, el apoyo otorgado al proyecto por parte de la Cámara de Comercio de Cartagena y las entidades que contribuyeron en la organización logística de las visitas de campo y recolección de información, como PNUD, Dimar, Capitanía de Puerto y Cedetec.

Hacemos un reconocimiento especial al grupo de actores que participaron en los talleres y demás actividades de acopio de la información necesaria para la construcción de los lineamientos de adaptación, quienes generaron insumos muy valiosos para la elaboración de este producto. A continuación se presenta la lista de los actores participantes.

Reconocimiento a los actores participantes

El proceso de formulación de los lineamientos de adaptación al cambio climático contó con la participación de actores locales, representantes del sector público, privado y de la sociedad civil, además de algunos expertos conocedores de la problemática ambiental y dinámica territorial de Cartagena de Indias.

Agradecemos los aportes brindados en la identificación de las prioridades temáticas para la formulación de los lineamientos de adaptación, así como la información y las propuestas suministradas para el proyecto.

Marcela Ariza	Acopi
Odalís Olea	Aguas de Cartagena
Benjamín Álvarez	Aguas de Cartagena ESP (Acuacar)
Arnoldo Barreto Lezama	Alcaldía de Cartagena de Indias
Enrique González Luna	Alcaldía de Cartagena de Indias
Luz Adriana Alvarado	Alcaldía de Cartagena de Indias
María Candelaria Leohaus S.	Alcaldía de Cartagena de Indias
María Carolina Martín Blanco	Alcaldía de Cartagena de Indias
Mario Camargo Sánchez	Alcaldía de Cartagena de Indias
María Claudia Páez	Alcaldía de Cartagena de Indias
Norma Badrán Arrieta	Alcaldía de Cartagena de Indias
Francisco Castillo	Alcaldía de Cartagena de Indias
Javier Mouthon	Alcaldía de Cartagena de Indias
Octavio Cótez	Alcaldía de Cartagena de Indias
Oswaldo Becerra Ospino	Alcaldía de Cartagena de Indias
Pedro Fabris A.	Alcaldía de Cartagena de Indias

Rafael Payares	Alcaldía de Cartagena de Indias
Roxana Pantoja	Alcaldía de Cartagena de Indias
Ruby Mesa Baena	Alcaldía de Cartagena de Indias
Sara Luna	Alcaldía de Cartagena de Indias
Maritza del Castillo Y.	Alcaldía Local N° 1
Olga Lucía Ebratt Díaz	ANDI
Rodrigo Salazar Almeida	ANDI
Juliana Berrío	ANDI-FM
Osiris Carrizosa Vélez	Aseo Urbano ESP
Dorey Lucía Cárcamo	Asociación Hotelera Colombiana (Asotelca)
Ricardo Segovia	Caja de Compensación Familiar (Comfenalco) Cartagena
Adriana Ramos	Cámara de Comercio de Cartagena
Julia Eva Pretelt	Cámara de Comercio de Cartagena
Luis Fernando López	Cámara de Comercio de Cartagena
Capitán Juan Herrera	Capitanía de Puerto
Adolfredo Cabarcas	Cardique
Álvaro Brieva	Cardique
Apolinar Redondo P.	Cardique
Benjamín Di Filippo V.	Cardique
Gustavo Cárdenas	Cardique
Jaime Romero Ortega	Cardique
Olaff Puello C.	Cardique
Olga Cecilia Ramírez O.	Cardique
Hernando Hernández	Cardique
Robert Ramón R.	Cardique
Alicia Bozzi	Cartagena Cómo Vamos
Laura Rueda Sierra	Cartagena Cómo Vamos
Santiago Rizo Delgado	Cartagena de Ingeniería SA. Carinsa
Carmen Lara L.	Cartagena Por Venir
Carlos Rubio	Cedetec
Manuel D. Angarita	Cedetec
Mayerlis Chamorro Ruíz	Cedetec
Carlos Andrade	Centro de Desarrollo Tecnológico Cedetec
Luis Fernando Sánchez	Cidea
María Auxiliadora Borda	Cidea
Ubaldo Elles Quintana	Cidea
Elvia Caballero Amador	Corvivienda
Martha del R. Maldonado Acosta	Corvivienda
Luz Stella Bejarano Morales	Comité Local de Prevención y Atención de Desastres (Clopad)
Marco Camargo	Comunicaciones
Alexander Cáceres Manjarrés	Control Urbano
Araceli Morales López	Corporación Centro Histórico
Irvin D. Pérez Muñoz	Corporación Turismo de Cartagena
Luis Ernesto Araújo	Corporación Turismo de Cartagena - Corpoturismo
Carlos Díaz del Valle	Cruz Roja Colombiana

Lino Antonio Rico Ramírez	Defensa Civil
Ramiro Díaz Posada	Departamento Administrativo de Valorización Distrital
Jorge Mórelo Muñoz	Departamento Administrativo Distrital de Salud (Dadis)
Carlos Iván Márquez	Departamento de Gestión del Riesgo
Alex F. Sierras	Dimar-CIOH
Fernando Añanador F.	Dimar-CIOH
José M. Plazas	Dimar-CIOH
Juan Acosta Chady	Dimar-CIOH
Leonardo Marriaga	Dimar-CIOH
Miguel Ángel Martínez	Dimar CPO5
Javier Blanco	Ecoversa
Daniel Walpole	Embajada Británica
Augusto Mainero	Empresa de Desarrollo Urbano de Bolívar (Edurbe)
Didimo Mendivil Castillo	EPA
Leidis D. Utria Padilla	EPA
Rafael Cuesta G.	EPA
Uriel Aguilar Álvarez	EPA
Víctor Chávez Flórez	EPA
Cecilia Bermúdez	Establecimiento Público Ambiental de Cartagena EPA
Elías Freig Delgado	Experto internacional-consultor (México)
Mónica Fadul	Fenalco
Pilar Vásquez	Fundación Esawa
Eliana Mejía	Fundación Mamonal
Gabriel Pérez Peña	Fundación Mamonal
Barbarita Gómez de Alvis	Fundación Mario Santodomingo
Luis Fernando Sánchez	Fundación Planeta Azul
María Eugenia Rolón	Fundación Promotora del Canal del Dique
Ricardo Lozano	Ideam
Lucice Cordero	IGAC
Consuelo Corchudo	Incoder
Félix Soleado Tapia	Incoder
José Luis Correa	Incoder
Nan Medina	Incoder
José H. Rizo	Ingeniero
María Luisa Brochet	Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural Incoder
Irina Junieles	Instituto de patrimonio y cultura de Cartagena de indias (IPCC)
Arturo Vásquez	Interventor Aseo AFA QBM2
Noel Cardales	JAC de Tierrabomba
Rafael Pomare	Líder Comité Barrial de Emergencia (Comba) Bocachica
Ana Díaz	Líder Comité Barrial de Emergencia (Comba) Punta Arena
María Pomare Otero	Líder Comité Barrial de Emergencia (Comba) Bocachica
Lorena Santamaría Rojas	MADS/DCC
Hernando Varón Z.	OAT Fenalco
Beatriz Bechara de Borge	Observatorio del Caribe Colombiano
Clara Inés Álvarez	PNUD

Jorge A. Giraldo Botero	PNUD
Ramón del Castillo	Rafael del Castillo Cia.
Alberto Araújo	Resort Las Américas centro de convenciones
Jorge Sánchez Aponte	SENA
Flavio Romero	Sociedad de Arquitectos de Bolívar
Alfredo Pineda C.	Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar
Johnny Camacho Barrio	Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar
José Ignacio de Pombo	Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar
Félix N. Gurrieta	Sociedad Portuaria de Cartagena
Orlando Vecino Howard	Sociedad Portuaria Regional de Cartagena
Alfonso Salas Trujillo	Sociedad Portuaria Regional de Cartagena
Juan Carlos Acosta	Sociedad Portuaria Regional de Cartagena
Félix González	Sociedad Portuaria Regional de Cartagena
Luisa F. Berasteguié García	Tecnar
Andrés Bahamón	Tecnológico Comfenalco
José Núñez	Umata Cartagena
Luis Magín Guardela Osorio	Umata Cartagena
Pedro Roca	Umata Cartagena
Eduardo Aguilar Valiente	Unidad Asesora de Servicios Públicos (UASPD)
Diana Londoño	Unidad Gestión de Riesgo
Alfonso Arrieta Pastrana	Universidad de Cartagena
Dalia Moreno E.	Universidad de Cartagena
Hermes Martínez	Universidad de Cartagena
Juan Correa Reyes	Universidad de Cartagena
Leidy A. Cortés Fuentes	Universidad de Cartagena
Mónica Eljaiek Urzola	Universidad de Cartagena
Luz Elena Fernández	Pontificia Universidad Javeriana
Beatriz Buj B.	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Luisa Niño	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, seccional Caribe

También queremos manifestar nuestros agradecimientos a las personas que estuvieron dispuestas a colaborar durante el proceso de construcción de los lineamientos de adaptación, que pertenecen al equipo de trabajo de CDKN. Ellas son: Patricia León, Claudia Martínez, Mónica Andrade y Vanessa Morales.

Finalmente, agradecemos a Sarah Opitz-Stapleton por sus valiosos aportes durante el proceso de evaluación técnico-científica, indispensables para el mejoramiento de este documento.

Contenido

I. Introducción	19
1.1. Localización geográfica	20
1.2. Impactos del cambio climático en Cartagena de Indias.....	22
1.3. Oportunidades de la adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias	24
II. Enfoque y metodología	27
1. Enfoque de trabajo	27
1.1. Marco conceptual	28
2. Metodología	32
2.1. Vulnerabilidad actual	33
2.2. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático	38
2.3. Descripción de las proyecciones de amenazas climáticas en fechas futuras	44
2.4. Metodología componente espacial-procesamiento de información cartográfica	45
III. Proyecciones climáticas	53
1. El clima actual	53
1.1. Generalidades	53
1.2. Temperatura	54
1.3. Precipitación	56
1.4. Nivel del mar	61
2. El clima del futuro	62
2.1. Aumento de la temperatura	62
2.2. Ascenso del nivel del mar	65
2.3. Lluvias extremas	65
IV. Vulnerabilidad actual	67
1. Vulnerabilidad actual	67
1.1. Condiciones biofísicas	67
1.2. Condiciones socioeconómicas	92

2. Impactos climáticos actuales	109
2.1. Amenazas históricas de Cartagena de Indias	109
2.2. Impactos biofísicos	113
2.3. Áreas expuestas	116
2.4. Impactos socioeconómicos	119
2.5. Vulnerabilidad socioeconómica actual	122
V. Escenarios de cambio climático	129
1. Diseño de escenarios	129
1.1. Escenarios de inundación	129
1.2. Impactos biofísicos por inundación (2019-2040)	130
1.3. Impactos socioeconómicos por inundación (2019-2040)	148
1.4. Impactos por aumento de la temperatura terrestre (2019-2040)	160
1.5. Impactos por eventos extremos 2019-2040	169
1.6. Vulnerabilidad socioeconómica al cambio climático	172
VI. Lineamientos para la adaptación al cambio climático	181
1. Lineamientos para la adaptación al cambio climático	181
1.1. Contexto general	181
1.2. Lineamientos de adaptación	184
1.3. Investigación como base para la toma de decisiones	205
1.4. Beneficios de la adaptación	206
2. Recomendaciones para el plan de adaptación al cambio climático	207
Bibliografía	211
Serie de Publicaciones Generales del Invermar	219

Lista de tablas

Tabla 1. Características de las localidades en que se divide político-administrativamente el D. T. y C. de Cartagena de Indias.	20
Tabla 2. Amenazas asociadas al cambio climático en el distrito de Cartagena de Indias	28
Tabla 3. Elementos que configuran riesgos climáticos en el distrito de Cartagena de Indias	29
Tabla 4. Listado de actores locales que participaron en la construcción de los lineamientos de adaptación al cambio climático para la ciudad de Cartagena de Indias, Fase I del proyecto.	34
Tabla 5. Clases de vulnerabilidad para evaluar los elementos del sistema natural, con base en el índice propuesto.	40
Tabla 6. Indicadores socioeconómicos de exposición al cambio climático en Cartagena de Indias	41
Tabla 7. Indicadores socioeconómicos de sensibilidad al cambio climático en Cartagena de Indias	42
Tabla 8. Configuración de los cuatro escenarios de análisis según amenaza.....	44
Tabla 9. Estructuración de la información seleccionada para el proyecto	47
Tabla 10. Lista de la información empleada durante el proceso de estandarización de la información temática del proyecto.....	49
Tabla 11. Eventos extremos de precipitación en Cartagena de Indias durante el período 1971-2011.....	59
Tabla 12. Probabilidad de ocurrencia de eventos extremos de precipitación en Cartagena de Indias	66
Tabla 13. Características del estado actual de los tipos de costa del distrito de Cartagena de Indias.	68
Tabla 14. Extensión de las coberturas asociadas a ecosistemas y su área de distribución por cada una de las localidades del distrito de Cartagena de Indias. Las unidades de coberturas son tomadas y modificadas de Cardique y PUJ (2007).. ..	76
Tabla 15. Playas de mayor importancia turística en la ciudad de Cartagena de Indias	77
Tabla 16. Características morfológicas de los humedales interiores de la ciudad de Cartagena de Indias (Beltrán y Suárez, 2010)	81
Tabla 17. Descripción del estado actual de las zonas de manglar asociadas a humedales internos.	85
Tabla 18. Densidad poblacional de Cartagena de Indias por localidades.....	93
Tabla 19. Evolución del parque automotor de la ciudad de Cartagena de Indias durante el período 2001-2009.....	99
Tabla 20. Tránsito promedio diario semanal en la principales vías de acceso al distrito (Invias, 2009).	100
Tabla 21. Inventario de plazas y fortificaciones en Cartagena de Indias (Sociedad de Mejoras Públicas de Cartagena, 2009).....	101
Tabla 22. Oferta del sector turístico de Cartagena de Indias (2003).....	106
Tabla 23. Cobertura asociada a ecosistemas en cada localidad del distrito de Cartagena de Indias bajo riesgo actual por amenazas asociadas con el cambio climático.	114
Tabla 24. Playas en riesgo por erosión costera	116

Tabla 25. Características de los fenómenos de inundación moderada y de las áreas en riesgo (Universidad Cartagena y AC, 2010)	118
Tabla 26. Inversión en obras menores por ola invernal de 2010 y 2011 en Cartagena de Indias (Gobernación de Bolívar, 2011).....	121
Tabla 27. Índice de vulnerabilidad actual por barrio de los sectores económico-turístico y social impactados por eventos de inundación.	122
Tabla 28. Índice de vulnerabilidad actual por barrio de los sectores económico-turístico y social impactados por eventos de erosión	123
Tabla 29. Índice de vulnerabilidad actual por barrio del sector socioeconómico impactado por endemismo de dengue ...	124
Tabla 30. Condiciones del escenario optimista para la evaluación de vulnerabilidad biofísica del distrito de Cartagena de Indias.....	133
Tabla 31. Estimación del porcentaje de cobertura asociada a los ecosistemas del distrito, que es susceptible de inundación al considerar los escenarios de inundación moderada y fuerte al 2019 y 2040, respectivamente.	135
Tabla 32. Calificación de los índices de área afectada (%Af), sensibilidad ambiental (ISA) y determinación de la vulnerabilidad biofísica (V), en términos de la susceptibilidad del ecosistema al cambio climático para cada escenario de inundación considerado.	139
Tabla 33. Ecosistemas y formaciones naturales vulnerables al cambio climático en los escenarios de inundación 2019 y 2040	141
Tabla 34. Impactos del ANM sobre los servicios ambientales de las playas.....	142
Tabla 35. Servicios ambientales de lagunas costeras y cuerpos de agua, en general, que pueden ser afectados por un evento de inundación en Cartagena de Indias.	146
Tabla 36. Impactos del ANM sobre los servicios ambientales del manglar.....	147
Tabla 37. Indicadores de los impactos del cambio climático por efecto del ANM en las condiciones socioeconómicas actuales.....	151
Tabla 38. Población susceptible de inundación por ANM bajo los escenarios de cambio climático	151
Tabla 39. Casos de malaria y dengue en el país (Instituto Nacional de Salud)	160
Tabla 40. Estimación de incremento de casos de morbilidad por dengue en Cartagena de Indias.	162
Tabla 41. Especies capturadas en faenas industriales y artesanales durante el período 2005-2010	165
Tabla 42. Número estimado de pescadores por caladero (Rueda et al., 2010).....	166
Tabla 43. Estimación del impacto sobre la captura total	168
Tabla 44. Indicador de sensibilidad del impacto.....	168
Tabla 45. Valores globales para Cartagena de Indias de los indicadores asociados a amenaza por eventos extremos.	169
Tabla 46. Participación de los usos del suelo en Cartagena de Indias.....	173
Tabla 47. Indicadores de sensibilidad de los barrios por uso del suelo.....	176
Tabla 48. Prioridades de investigación en Cartagena de Indias	205
Tabla 49. Identificación de beneficios generados por el desarrollo de un proceso de adaptación	206
Tabla 50. Hoja de ruta metodológica que se propone para el proceso de adaptación	208

Lista de figuras

Figura 1. Área de estudio del proyecto. Distrito de Cartagena de Indias, localidades y áreas rurales de influencia tomadas en cuenta.....	21
Figura 2. Imagen de satélite Áster. Modelo de áreas de inundación por 1 m de aumento del nivel el mar (Invemar, 2008).....	22
Figura 3. Registros de daños en la vía Cartagena-Barranquilla (vía alterna) durante las lluvias del año 2011. Fuente: http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=596299&page=70.jpg	30
Figura 4. Esquema de los pasos metodológicos aplicados para el desarrollo del proyecto. Tomado y modificado de PNUD (2005).....	32
Figura 5. Configuración de los cuatro escenarios de análisis según fecha y condiciones socioeconómicas.....	43
Figura 6. Esquema metodológico del componente espacial.....	46
Figura 7. Pasos desarrollados para la elaboración de análisis y generación de mapas.....	48
Figura 8. Imagen del geovisor diseñado por el LabSIS-Invemar, actualmente funcionando en línea para consulta interna de los resultados del proyecto (http://gis.Invemar.org.co/CDKN/).....	50
Figura 9. Variación estacional de la temperatura en Cartagena de Indias y temperatura promedio período 1995-2005 (Estación meteorológica Rafael Núñez del Ideam).....	54
Figura 10. Tendencia de aumento en temperatura media anual en Cartagena de Indias (Ecovera, 2010).....	54
Figura 11. Comportamiento estaciones de la TSM en la región Caribe período 1971-2000 (Kholostyakov, 2010).....	55
Figura 12. Promedio de la TSM período enero 1971 a diciembre de 2000. Fuente: NOAA (http://icoads.noaa.gov/data.icoads.html). Tomada de Kholostyakov (2010).....	56
Figura 13. Precipitación promedio mensual multianual en Cartagena de Indias (1971-2011) (Estación meteorológica Rafael Núñez del Ideam).....	57
Figura 14. Variación normal de la precipitación en el mes de octubre en Cartagena de Indias (registros de la estación meteorológica Rafael Núñez [1401502] del Ideam en Cartagena de Indias).....	58
Figura 15. Identificación de eventos extremos de precipitación en Cartagena de Indias (Estación meteorológica Rafael Núñez del Ideam).....	59
Figura 16. Frecuencia e intensidad de los eventos por décadas.....	60
Figura 17. Anomalías de temperatura superficial del mar (Kholostyakov, 2010).....	61
Figura 18. Cambios periódicos en el nivel del mar en Cartagena de Indias.....	62
Figura 19. Proyección de emisiones de GEI por escenarios (IPCC, 2007).....	63
Figura 20. Cambio en la temperatura media anual (°C) modelado para el escenario A2.....	64
Figura 21. Incremento del nivel del mar por décadas, asumiendo un tasa constante de aumento del orden de 0,36 (Figura a) a 5 cm (Figura b) por año.....	65
Figura 22. Playa de Bocagrande, sector turístico Cartagena de Indias. Se aprecian los espolones construidos para contrarrestar el efecto de la erosión.....	70

Figura 23. Mapa de amenaza por erosión costera para la línea de costa del departamento de Bolívar y área de estudio. .	71
Figura 24. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector Playetas.....	72
Figura 25. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector de Tierrabomba.....	73
Figura 26. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector de Cartagena.....	74
Figura 27. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector de la Boquilla.....	75
Figura 28. Mapa de cobertura de la tierra asociada a los ecosistemas presentes en el área de estudio del distrito de Cartagena de Indias. Tomado y modificado de Alcaldía de Cartagena (2001), PUJ y Cardique (2007) e Invemar (2008).	78
Figura 29. Asentamientos ubicados en el borde de la ciénaga de la Virgen.....	80
Figura 30. Cuerpos de agua al interior del casco urbano de Cartagena de Indias.....	82
Figura 31. Manglares del sector de la ciénaga de La Virgen.....	83
Figura 32. Mapa de resiliencia de los rodales de manglar del departamento de Bolívar. Tomado y modificado de Cardique (2007).....	88
Figura 33. Mapa de clasificación de la alteración antrópica sobre las áreas de manglar del departamento de Bolívar. Tomado y modificado de Cardique (2007).	89
Figura 34. Formaciones vegetales en Isla Tierrabomba-Caño de Oro.....	90
Figura 35. Panorámica del cerro de La Popa, su cobertura vegetal y humedales interiores en la parte baja en las inmediaciones del castillo San Felipe.	91
Figura 36. Población estimada en Cartagena de Indias por localidad para el año 2011. Fuente: Información analizada con base en proyecciones del censo general 2005 del DANE (SPC, 2011).....	92
Figura 37. Población estimada en Cartagena de Indias por UCG para el año 2011 (SPC, 2011).	93
Figura 38. Población estimada en los barrios de la UCG 1 de Cartagena de Indias para el año 2011 (SPC, 2011).....	93
Figura 39. Número de viviendas en los barrios de la UCG 2 de Cartagena de Indias para el año 2011 (SPC, 2011).	94
Figura 40. Cobertura de acueducto y alcantarillado en Cartagena de Indias para el año 2011 por localidad (SPC, 2011)....	96
Figura 41. Cobertura de acueducto y alcantarillado en Cartagena de Indias para el año 2011 por UCG (SPC, 2011).....	96
Figura 42. Cobertura de alcantarillado en los barrios de la UCG 5 de Cartagena de Indias para el año 2011 (SPD, 2011). ...	97
Figura 43. Número de viviendas con una sola planta por Unidad Comunera de Gobierno estimado para el año 2011 (SPD, 2011).....	97
Figura 44. Viviendas con materiales de piso sensibles a inundación (SPD, 2011).	98
Figura 45. Estado de la malla vial en 2008 por localidad (Cartagena Cómo Vamos, 2010).....	99
Figura 46. Participación de actividades económicas en el PIB del departamento de Bolívar. Fuente: DANE.	102
Figura 47. Empresas registradas en la Cámara de Comercio de Cartagena (Cedec, 2011).....	102
Figura 48. Activos de las empresas registradas en la Cámara de Comercio de Cartagena (Cedec, 2011).	102
Figura 49. Porcentaje de ocupación de Cartagena 2004-2011 (Cotelco 2011).	103
Figura 50. Número de turistas que han llegado a Cartagena de Indias mediante cruceros.	104

Figura 51. Turistas nacionales e internacionales que arribaron a Cartagena de Indias (2003-2011).	105
Figura 52. Estimación del impacto de los proyectos empresariales en Cartagena de Indias en el PIB del departamento. Tomado de www.cccartagena.org.co	108
Figura 53. Presupuesto de gastos e inversiones del distrito para la vigencia fiscal 2011. Fuente: Elaboración a partir de informes de ejecución del presupuesto de gastos e inversiones de septiembre de 2011 (Secretaría de Hacienda Pública, Dirección de Presupuesto).	109
Figura 54. Distribución del porcentaje de frecuencia histórica de eventos registrados para el distrito Cartagena de Indias. Fuente: Base de datos consolidada Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo (1932-2011).	110
Figura 55. Frecuencia de eventos de desastres por marea alta en Cartagena de Indias. Fuente: Base de datos consolidada Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo (1932-2011).	112
Figura 56. Frecuencia de desastres por lluvias extremas. Fuente: Base de datos consolidada Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo (1932-2011).	113
Figura 57. Mapa de riesgo actual del distrito de Cartagena de Indias por amenazas naturales. Fuentes: Mapa de geoamenazas y mapa de inundación pluvial moderada (Universidad de Cartagena y AC, 2010)	117
Figura 58. Afectaciones producidas por cada uno de los eventos de desastre reportados para el distrito de Cartagena de Indias entre 1932 y 2011.	120
Figura 59. Recursos destinados por el Gobierno Nacional para tender emergencia invernal 2010-2011 en Cartagena de Indias (Gobernación de Bolívar, 2011).	121
Figura 60. Valor del índice agregado de vulnerabilidad actual de los tres tipos de impacto, para el área urbana y Tierra Bomba	127
Figura 61. Escenario de inundación moderada (ANM + lluvias moderadas) proyectado al año 2019.	131
Figura 62. Escenario de inundación fuerte (ANM + lluvias fuertes) proyectado al año 2040.	132
Figura 63. Comparación de los porcentajes de cobertura de la tierra que se afectarían por la inundación en los escenarios moderado y fuerte para los años 2019 y 2040, respectivamente. (Py) playas; (Mng) manglar; (V-Am-Sd) agrupaciones vegetales asociadas a las áreas de manglar-sin definir; (Ze) Zonas erosionadas; (Avu) áreas verdes urbanas; (Aud) áreas urbanas discontinuas; (Auc) áreas urbanas continuas, (Hb) herbazales; (Ar) arbustales; (Bh) bosque heterogéneo.	136
Figura 64. Cobertura de ecosistemas y formaciones vegetales bajo afectación por inundación (lluvias + ANM año 2019).	137
Figura 65. Cobertura de ecosistemas y formaciones vegetales bajo afectación por inundación (lluvias + ANM año 2040).	138
Figura 66. Ecosistemas susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático pesimista (E2) año 2019.	143
Figura 67. Ecosistemas susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático pesimista (E4) año 2040	144
Figura 68. Ecosistemas susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático optimista (E1) año 2019	149
Figura 69. Ecosistemas susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático optimista (E3) año 2040.	150
Figura 70. Playas turísticas afectadas en los cuatro escenarios proyectados.	152
Figura 71. Población susceptible de inundación ANM. Escenario de cambio climático 2019.	153
Figura 72. Población susceptible de inundación ANM. Escenario de cambio climático 2040.	154
Figura 73. Patrimonio arquitectónico susceptible de inundación por ANM. Escenario de cambio climático 2019.	156

Figura 74. Patrimonio arquitectónico susceptible de inundación por ANM. Escenario de cambio climático 2040.....	157
Figura 75. Infraestructura (equipamientos) susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático 2019.....	158
Figura 76. Infraestructura (equipamientos) susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático 2040.	159
Figura 77. Evolución de casos reportados de dengue clásico en Cartagena de Indias. Fuente: Basado en boletines epidemiológicos Sivigila (Instituto Nacional de Salud). Disponibles en www.ins.gov.co	161
Figura 78. Barrios con mayor número de casos de dengue hemorrágico en 2010 en Cartagena de Indias.	161
Figura 79. Barrios y UCG rurales susceptibles de morbilidad por dengue (2010). Escenario climático 2019.	163
Figura 80. Barrios y UCG rurales susceptibles de morbilidad por dengue (2010). Escenario climático 2040.	164
Figura 81. Composición histórica de las capturas de pesca artesanal (CCI y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012).....	165
Figura 82. Composición de captura por tipo de pesca (CCI y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012).....	166
Figura 83. Ocurrencia de blanqueamientos de coral en estación de Corales del Rosario (Navas et al., 2009).	167
Figura 84. Cobertura de corales en estación de Corales del Rosario-Simac (Navas et al., 2009).	167
Figura 85. Población susceptible de inundación por eventos extremos de precipitación. Escenario climático 2019.....	170
Figura 86. Población susceptible de inundación por eventos extremos de precipitación. Escenario climático 2040.	171
Figura 87. Análisis integrado de susceptibilidad ante el cambio climático para el 2019.....	174
Figura 88. Análisis integrado de susceptibilidad ante el cambio climático para el 2040.....	175
Figura 89. Vulnerabilidad socioeconómica de Cartagena de Indias ante escenarios de cambio climático en el 2019.	177
Figura 90. Vulnerabilidad socioeconómica de Cartagena de Indias ante escenarios de cambio climático en el 2040.....	178
Figura 91. Esquema de hoja de ruta que se recomienda debe seguir el proceso de adaptación.	210



I. Introducción

El cambio climático, entendido como un cambio en el estado del clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de una actividad humana (IPCC, 2007), es una de las mayores amenazas ambientales sobre el planeta. Los sistemas costeros son uno de los sectores más vulnerables a dichos cambios debido al aumento del nivel del mar, a un mayor riesgo de mareas de tempestad y a un posible cambio en la frecuencia y/o intensidad de los fenómenos extremos (IPCC, 1997).

En el caso de Colombia, tanto su línea de costa alta como las planicies litorales y los ecosistemas costeros e insulares serán afectados por el actual cambio climático y, en especial, por el ascenso acelerado del nivel del mar. En el largo plazo, las potenciales variaciones físicas de las zonas costeras e insulares, asociadas con el ascenso acelerado del nivel medio del mar, están dadas por la pérdida de tierra a causa de la erosión y la inundación del litoral, lo cual generará impactos socioeconómicos y ecológicos sobre los sistemas y las actividades de la zona (Segunda Comunicación Nacional. En adelante, SCN [2010]).

Las ciudades costeras son las más vulnerables debido a que son las más expuestas y, a su vez, son las áreas más explotadas en virtud de la abundancia de recursos naturales disponibles. La continua degradación de los recursos costeros, la destrucción del hábitat, la contaminación, sedimentación y erosión son el resultado del uso no sostenible y la explotación de las zonas costeras.

La ciudad de Cartagena de Indias constituye una de las siete áreas identificadas como críticas por su alta vulnerabilidad al cambio climático, por efectos del ANM (Invemar, 2003). Por tanto, desde el año 2007 se viene trabajando en esta ciudad para fortalecer su capacidad de adaptación al cambio climático, mediante el desarrollo del proyecto ANM II "Construcción



de capacidades para mejorar la capacidad de adaptación al ascenso en el nivel del mar en dos áreas vulnerables de las zonas costeras de Colombia (Tumaco-Pacífico, Cartagena de Indias-Caribe)" (Invemar, 2008).

En consecuencia, Cartagena de Indias es una de las ciudades de Colombia que exhiben alta vulnerabilidad al cambio climático, pero, a diferencia de otras áreas geográficas y zonas costeras, cuenta con información científica y técnica disponible para ser incorporada en mecanismos legales, financieros y económicos como parte de una política pública del gobierno local.

El creciente interés por la implementación de medidas de adaptación a nivel local como mecanismos de reducción de riesgos, conduce a la necesidad de generar metodologías que permitan estandarizar procesos y esquemas para la planificación territorial en Colombia de manera compatible con el cambio climático.

1.1. Localización geográfica

El municipio de Cartagena de Indias se localiza al noroccidente de la costa Caribe colombiana, en el departamento de Bolívar, a 10°26´ latitud norte y 75°33´ longitud oeste (Figura 1). Considerado Distrito Cultural y Turístico de Cartagena de Indias, mediante el Acto Legislativo n.º 1 de 1987, tres años después de haber sido declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la

El territorio distrital tiene una extensión de 609.1 Km², de los cuales 551.1 Km² corresponden al área rural (91.14% del territorio), mientras que los restantes 54 Km² (8.86 %) conforman el área urbana (Alcaldía Cartagena de Indias, 2002). El área urbana de la ciudad se extiende desde la ciénaga de La Virgen y el Corregimiento de Pasacaballos, hasta el sistema de colina del Cerro de La Popa, los Cerros Marión, Zaragocilla y de Albornoz, inclusive.

En cuanto a la estructura político administrativa, el territorio del Distrito se encuentra dividido, según el Acuerdo 006 de 2003, en tres localidades (1. Histórica y del Caribe Norte; 2. De La Virgen y Turística; 3. Industrial de la Bahía) que agrupan diferentes unidades comuneras de gobierno urbanas y rurales (ver características de las localidades en la Tabla 1).

Tabla 1. Características de las localidades en que se divide político-administrativamente el D. T. y C. de Cartagena de Indias.

Localidad	1. Histórica y del Caribe Norte	2. De La Virgen y Turística	3. Industrial de la Bahía
Área	16.241,7 ha	37.104,7 ha	8933,3 ha
UCG urbanas	1,2,3,8,9,10;	4,5,6,7	11,12,13,14, 15
UCG rurales	Tierrabomba Bocachica, Caño del Oro, Isla Fuerte, Islas del Rosario, Santana, Barú, Islas de San Bernardo	Arroyo Grande, Pontezuela, La Boquilla, Punta Canoa, Arroyo de Piedra, Bayunca.	Pasacaballos
N.º barrios	74	38	64



Geográficamente el Distrito está compuesto por una serie de islas, penínsulas y cuerpos interiores de agua, que conforman el área insular y un área continental, las cuales, en su conjunto, comprenden la mayor parte de la zona costera del departamento de Bolívar. Cuenta con una línea de costa de aproximadamente 304 km que representa más del 90% de la línea de costa del Departamento y donde la principal fuente de arena para sus playas son los sedimentos provenientes del río Magdalena.

1.1.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio corresponde al área urbana del Distrito de Cartagena de Indias, que se divide político-administrativamente en las siguientes tres localidades:

- Localidad Histórica y del Caribe Norte
- Localidad de La Virgen y Turística
- Localidad Industrial de la Bahía

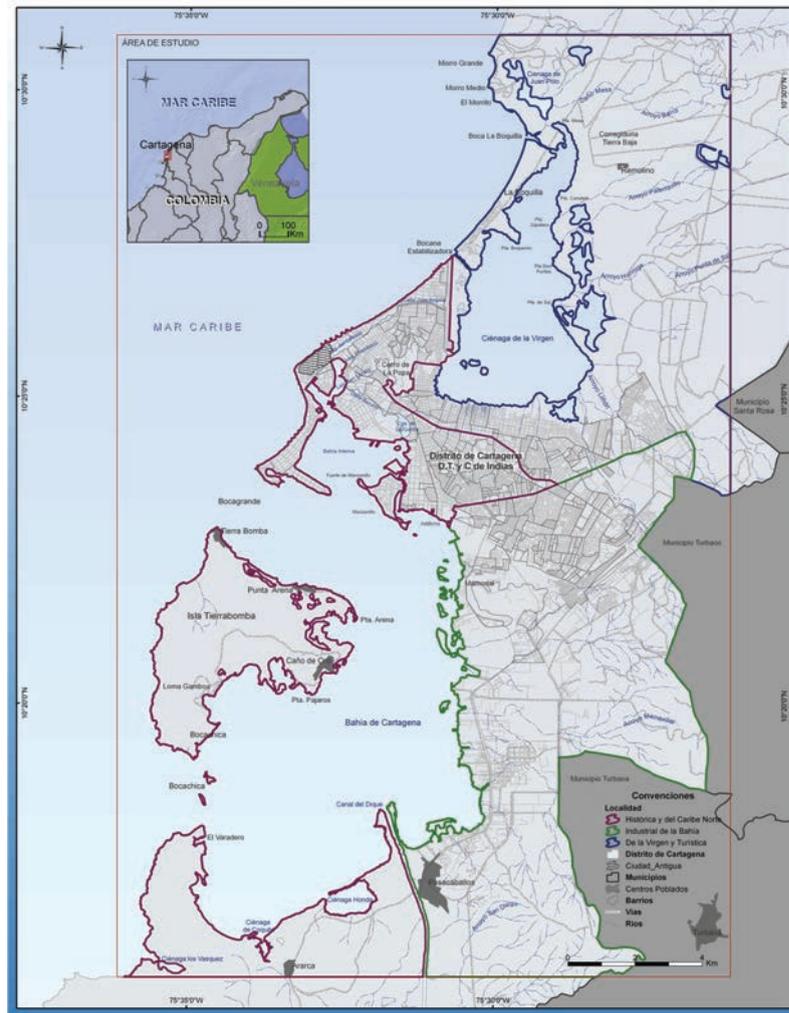


Figura 1. Área de estudio del proyecto. Distrito de Cartagena de Indias, localidades y áreas rurales de influencia tomadas en cuenta.

Como área de influencia se toman en cuenta zonas rurales de las tres localidades, debido a la extensión de los impactos del cambio climático, entre las que se destacan los asentamientos localizados en La Boquilla, la isla Tierrabomba y el sector del Canal del Dique .

La delimitación de esta área de estudio se derivó de la inspección de cartografía temática existente (capas cartografía base y temática del proyecto Invemar de 2008; información geomorfológica y cobertura de la tierra de otras fuentes).

1.2. Impactos del cambio climático en Cartagena de Indias

Cartagena de Indias se localiza en el Caribe continental colombiano, expuesta a los impactos de los procesos costeros (erosión y acreción) y a los efectos de los fenómenos climáticos de origen marino y continental de orden regional, de influencia sobre el territorio del Distrito (Figura 2).

Por su carácter marino-costero, uno de los efectos esperados del cambio climático es un acelerado ANM. Dentro de los impactos que éste podría ocasionar se encuentran: el continuo retroceso de playas, daños en la vía al mar, la afectación del Centro Histórico, cambios en la dinámica del sistema de humedales costeros e intrusión marina en el Canal del Dique (SCN, 2010).

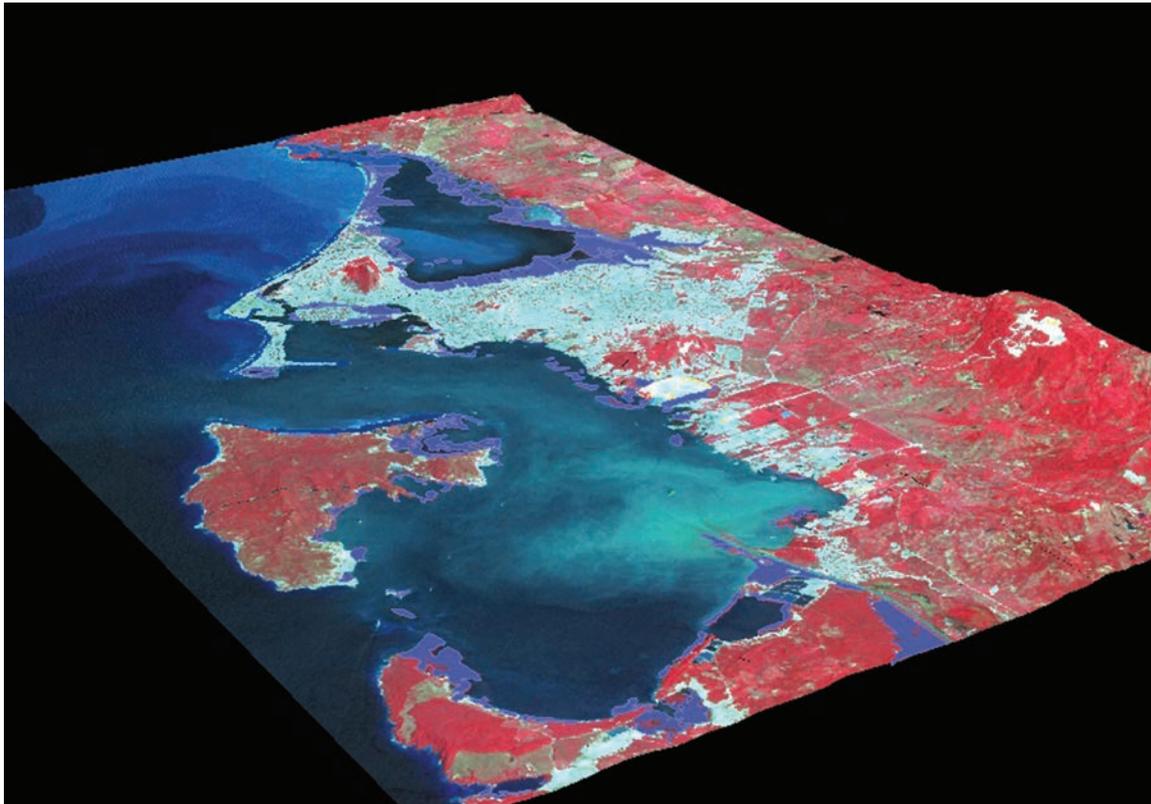


Figura 2. Imagen de satélite Áster. Modelo de áreas de inundación por 1 m de aumento del nivel el mar (Invemar, 2008).



Sin embargo, no sólo la inundación por ANM es una amenaza en el mediano y largo plazo para la ciudad. Históricamente, la variabilidad climática y la ocurrencia de desastres naturales (inundaciones, derrumbes, mar de leva, tormentas, huracanes, etc.) han sido factores naturales que amenazan a la población vulnerable (especialmente de escasos recursos) y la economía local y regional. Al mismo tiempo, la ciudad y sus áreas marinas aledañas recogen los problemas de vulnerabilidad a nivel regional, por la influencia que ejerce la cuenca del río Magdalena a través de la desembocadura del Canal del Dique en la bahía de Cartagena, el cual funciona como un brazo del río, que permite la conexión permanente entre la bahía y la cuenca.

Esta situación hace que el Distrito sea receptor de los problemas originados por los cambios en el ciclo hidrológico de la cuenca del Magdalena, en el que se alternan períodos de crecidas y sequías extremas, cada una de las cuales le confiere amenazas que se convierten en emergencias o desastres a nivel regional. Las crecidas significan amenazas de inundación para las poblaciones y sus infraestructuras a lo largo del Canal del Dique, mientras que las sequías dificultan la captación del recurso para acueductos, agricultura y transporte. Para Cartagena de Indias las implicaciones se aprecian en los impactos sobre las formaciones coralinas del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), y en la navegación por la bahía de Cartagena, recursos que son, actualmente, la base del turismo y el transporte marítimo; es decir, dos de las principales actividades comerciales de la Ciudad. Tales fenómenos afectan también la fuente de agua dulce para el consumo humano y el desarrollo industrial.

Unidos a una débil aplicación de la ley, estos problemas en Cartagena de Indias se hacen más complejos por el crecimiento demográfico y la pobreza en las comunidades costeras, que continúa creciendo. Debido a esto, el fenómeno de cambio climático global, en particular los impactos de las inundaciones (por el ANM, las lluvias y las escorrentías que acrecientan los deslizamientos), plantean graves riesgos para la zona costera, su población, hábitats y recursos. Si bien sus impactos en el futuro no son una creciente preocupación, actualmente, el problema más urgente concierne a todos los sectores de la sociedad, en general, que viven en Cartagena de Indias y que tienen que enfrentar en el corto plazo la variabilidad del clima y los eventos extremos (Invemar, 2008).

Sumado a todo lo anterior, es altamente preocupante la doble connotación de Cartagena de Indias como una ciudad vulnerable, tanto por la alta proporción de población pobre como por la alta exposición de sectores económicos a los impactos del clima, quienes, en conjunto, soportan la mayor parte de los efectos nocivos de estos fenómenos naturales, que incluyen inundaciones, pérdida de tierras costeras, erosión costera, sequía e intrusión de agua salada (SCN, 2010).

Por el lado de las comunidades, los grupos empobrecidos, en general, ocupan tierras más marginales; es decir, las tierras bajas costeras, las orillas de los ríos y algunas franjas urbanas, que no sólo son vulnerables a tales riesgos climáticos, sino también a la contaminación y al aumento de enfermedades en la población vulnerable (niños, mujeres y ancianos).



Por otra parte, para el sector empresarial e industrial, la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático se ha convertido en una cuestión urgente debido a la pérdida económica que ha sufrido durante los eventos del fenómeno de La Niña, durante 2010 y 2011. En estos escenarios fue evidente que los gremios y el sector industrial no se encontraban preparados y carecían de los medios para hacer frente a los riesgos climáticos. Mayor aún es la preocupación cuando se constata que la economía depende de manera directa o indirecta de sectores sensibles al clima, como el agua, el turismo, las vías de acceso y los puertos, principalmente.

La importancia de los problemas causados por los eventos climáticos extremos no ha sido tan evidente para la comunidad y el gobierno como lo han sido los problemas de vivienda, educación y servicios públicos, en relación con los barrios de bajos estratos, al igual que el crecimiento económico debido a la vocación turística y portuaria de la ciudad. No obstante, dadas las experiencias vividas, la adaptación al cambio climático se ha convertido en un tema preponderante en la actual agenda política del gobierno como parte del desarrollo sostenible.

En los últimos años las respuestas a los fenómenos climáticos extremos han estado orientadas más hacia la atención de los desastres y las oportunidades de mitigación que entendidas como requisitos para la prevención y adaptación a largo plazo.

El aumento de la capacidad de los sectores económicos, la sociedad civil, las organizaciones locales y las comunidades costeras para reducir los impactos de la variabilidad climática debe ser la estrategia más apropiada para oponer resistencia, eficazmente, a los impactos drásticos del cambio climático a largo plazo. La adaptación en sí es un proceso por el cual los individuos, las comunidades y los países tratan de hacer frente a las consecuencias del cambio climático y la variabilidad, inclusive. El proceso de adaptación no es nuevo; a lo largo de la historia, la gente se ha ido adaptando a las condiciones cambiantes del clima, aunque sean naturales y a largo plazo (PNUD, 2005).

1.3. Oportunidades de la adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias

Según el IPCC, se entiende por adaptación “El ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, lo que modera el daño o aprovecha las oportunidades beneficiosas”. No obstante, en términos prácticos y operativos esta definición es ampliamente cuestionada, puesto que implica grandes desafíos en el sentido que la capacidad para adaptarse depende de las circunstancias socioeconómicas y medioambientales, y de la disponibilidad de información y de tecnología (IPCC, 2007).

Dos tipos diferentes de adaptación en zonas costeras son consideradas para enfrentar los impactos del ANM por cambio climático (Nicholls, 2003): la adaptación autónoma y la planificada. La primera representa la respuesta adaptativa natural al ANM (zonación vertical de los humedales costeros en el sistema natural, ajustes de precios en el mercado del sistema socioeconómico, o en las actividades de individuos o familias); No obstante, tales procesos no suelen ser considerados por los administradores de la zona costera, o pueden ser reducidos



o detenidos por factores de presión del hombre. La adaptación planificada, por su parte, (emerge del sistema socioeconómico) sirve para reducir la vulnerabilidad a través de una serie de medidas (Nicholls, 2003).

Para las zonas costeras es útil tener presente varias opciones de adaptación frente a los impactos por ANM. Dada la densidad de población y de actividades socioeconómicas que exhiben, la sola adaptación autónoma, probablemente, no es suficiente para responder al ANM (Nicholls, 2003). En el caso de Cartagena de Indias, que es una ciudad netamente costera caracterizada por la alta concentración de población, el desarrollo económico a partir del aprovechamiento intensivo de los recursos naturales y la, cada vez más, limitada oferta natural demuestran la necesidad de identificar diferentes medidas de adaptación planificadas y, en algunos casos, la posibilidad de implementar las medidas autónomas.

Por otra parte, el estudio reciente realizado por el Invermar en el año 2008 arrojó como resultado, además de la identificación de las áreas vulnerables en la ciudad, una propuesta de una serie de medidas de adaptación, unas de intervención de tipo de obras civiles y otras de restauración natural y, sobre todo, hace énfasis en la necesidad de integrar la adaptación en la planificación territorial y en el desarrollo de la investigación y la generación de conocimiento.

Tomando como antecedente dicho estudio, este proyecto se propuso retomar los insumos técnicos existentes para efectuar su implementación en un marco de política de adaptación al cambio climático. En tal sentido, se propuso generar las bases de la estrategia de adaptación al cambio climático de la ciudad, sobre dos ejes de trabajo: i) la integración de la adaptación en la planificación territorial, y ii) la construcción de los lineamientos de adaptación mediante un proceso de participación e integración de actores locales y sociedad civil, en general.

Como parte de los objetivos propuestos, en este estudio se examina la vulnerabilidad actual y futura de la ciudad ante la variabilidad del clima y el ANM, así como la capacidad de adaptación de las comunidades costeras y los sectores económicos para hacer frente a los riesgos climáticos. Lo anterior, con el objeto de integrar las acciones y estrategias de adaptación en el desarrollo local existente y en los procesos de toma de decisiones, promoviendo su inserción en los planes de la comunidad, de ordenamiento y desarrollo en el contexto de la gestión integrada de zonas costeras.

También explora cómo los grupos vulnerables pueden recuperarse y adaptarse a las actuales variables de cambio climático extremos, y la forma en que, probablemente, se verán afectados por el cambio del clima a largo plazo. Por último, sugiere formas en las cuales las medidas de adaptación pueden acoplarse en la planificación del manejo costero integrado.

En este estudio, se utilizaron herramientas de investigación participativas y técnicas, que incluyeron discusiones de grupos focales (FGD), consultas con actores claves en la modalidad de entrevistas semi-estructuradas y talleres de consulta, junto con la recopilación de datos secundarios y primarios.

A partir de la información recolectada y de los análisis de vulnerabilidad realizados, fue posible seleccionar un conjunto de acciones de adaptación, identificadas como prioritarias



y a partir de las cuales se identificaron los lineamientos de adaptación que deberán orientar la estrategia de cambio climático para Cartagena de Indias. A nivel nacional se utilizó como marco de trabajo político los lineamientos del Plan Nacional de Adaptación (DNP, MADS) y se utilizó el modelo de adaptación de Naciones Unidas para el Desarrollo como una base para el desarrollo de un marco operacional local de vulnerabilidad y adaptación (PNUD, 2005).

Este documento técnico presenta la actualización de la vulnerabilidad de Cartagena de Indias al cambio climático e identifica los lineamientos para iniciar el proceso de adaptación. Productos como este son el resultado de las actividades desarrolladas en el marco del proyecto *“Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias”*, que es coordinado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Invermar, la Alcaldía de Cartagena de Indias a través de la Secretaria de Planeación, la cooperación internacional de la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), y cuenta con el apoyo de la Cámara de Comercio de Cartagena. Las actividades mencionadas, anteriormente, se desarrollaron entre julio de 2011 y abril de 2012.

El informe está compuesto por seis capítulos más una sección de anexos. Inician con la introducción, donde se presentan los objetivos de este trabajo, se describe el ámbito geográfico del estudio y se contextualiza la problemática de la ciudad ante las amenazas del cambio climático. El siguiente capítulo contiene el enfoque del proyecto, sus alcances, y el marco conceptual y metodológico desarrollado. El tercer capítulo aborda las proyecciones climáticas para el área haciendo la descripción del clima actual y futuro. En el siguiente capítulo, el cuarto, se identifican los factores que inciden en la vulnerabilidad actual del sistema biofísico y socioeconómico, y se define el área de riesgo actual. A partir de esta información, en el capítulo cinco se proyectan los indicadores de susceptibilidad en los escenarios de cambio climático, evaluando así la vulnerabilidad futura de los sistemas biofísico y socioeconómico. El último capítulo presenta los lineamientos de la adaptación al cambio climático que se identificaron en conjunto con la comunidad y los actores locales, por medio de diferentes actividades de socialización, talleres y entrevistas realizadas. Los anexos incluyen información complementaria, que fue generada durante el proceso de investigación (identificación de los vacíos de información, datos, caracterización física de la zona costera, los mapas generados por el proyecto y los datos socioeconómicos base para los análisis desarrollados) y que puede ser consultada de manera adicional durante la lectura del informe técnico.



II. Enfoque y metodología

1. Enfoque de trabajo

Específicamente, en este estudio se evaluaron las condiciones de riesgo y vulnerabilidad en el ámbito biofísico y socioeconómico para tres tipos de efectos del cambio climático: ascenso del nivel del mar, aumento de la temperatura y aumento de la ocurrencia e intensidad de eventos climáticos extremos. En la Tabla 2 se presentan los impactos de cada uno de estos efectos sobre los sistemas biofísico y socioeconómico del Distrito de Cartagena de Indias, y el alcance que se le dará a cada uno de ellas en la actualización de la vulnerabilidad y riesgo.

Surgen dos preguntas básicas, antes de evaluar la vulnerabilidad y riesgo del Distrito al cambio climático: ¿Cuál es la vulnerabilidad y el riesgo actual de la zona costera de Cartagena de Indias y de su población? y ¿De qué depende dicha vulnerabilidad? Para responder a estas preguntas se hace necesario aclarar dos enfoques de trabajo:

- La vulnerabilidad atañe al sistema socioeconómico; por ello, se proyectará a partir de la situación actual de la población, su vulnerabilidad y riesgo ante el clima futuro.
- Desde el punto de vista biofísico, la vulnerabilidad será analizada como el grado de susceptibilidad de los ecosistemas a las variaciones y efectos del cambio climático.

Para ambas aproximaciones se parte de una situación de riesgo actual, definido por las amenazas existentes y la capacidad de adaptación de los sistemas naturales y socioeconómicos para ajustarse a los cambios. Esto con el fin de obtener, de manera más rápida y práctica, la actualización de la vulnerabilidad y la identificación de las políticas necesarias para la adaptación.



En últimas, lo que se busca es que la vulnerabilidad contribuya a establecer prioridades de desarrollo y supervisar su progreso. Los enfoques para la vulnerabilidad pueden variar; no obstante, PNUD (2005) reconoce que el entendimiento de los riesgos climáticos actuales proporciona una base para formular estrategias de adaptación capaces de manejar los riesgos climáticos futuros, lo cual es muy apropiado para el área de estudio, ya que para la ciudad la adaptación a los riesgos climáticos actuales es la tarea de adaptación más inmediata.

Tabla 2. Amenazas asociadas al cambio climático en el distrito de Cartagena de Indias.

Efecto asociado al cambio climático	Impacto sobre los sistemas	Alcance de la evaluación socioeconómica
Ascenso del nivel del mar	Aumento de la erosión costera	Completo
	Inundación de la zona costera	Completo
Aumento de temperatura terrestre	Blanqueamiento del arrecife coralino	Exploratorio
	Aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores (ETV)	Completo
Aumento, frecuencia e intensidad de eventos extremos	Aumento en inundaciones por aumento en intensidad del fenómeno de La Niña - Inundaciones por precipitación -	Completo

El alcance de la evaluación está en función del tipo de información disponible: completo significa que existen fuentes suficientes para hacer una buena evaluación de vulnerabilidad actual y futura, mientras que exploratorio implica que la información es parcial y la evaluación no puede considerarse como completa o terminada.

Para cada uno de los potenciales impactos climáticos se identificaron los sistemas y elementos expuestos, así como las condiciones biofísicas y socioeconómicas que configuran su sensibilidad, como se muestra en la Tabla 3.

1.1. Marco conceptual

El marco metodológico propuesto para esta evaluación tiene como punto de partida la identificación de los efectos y amenazas de origen climático. Se entiende por amenaza la probable ocurrencia de un fenómeno, tanto natural como generado por el hombre de forma no intencional, que tenga la potencialidad de generar daños y pérdidas en un contexto social, temporal y espacial determinado (MAVDT-DNP, 2005). Para el análisis de los fenómenos que afectan al Distrito de Cartagena de Indias, se toma en cuenta la clasificación de amenazas, las cuales pueden ser, por su origen, de dos tipos: naturales o antrópicas.

Las amenazas naturales hacen referencia a los fenómenos de formación y transformación continua del planeta; se caracterizan porque el ser humano no puede actuar ni en su ocurrencia ni en su magnitud y, teóricamente, tampoco en su control. Se subdividen en geológicas,



Tabla 3. Elementos que configuran riesgos climáticos en el distrito de Cartagena de Indias

Efecto o amenaza asociados al cambio climático	Impacto del cambio climático	Sistemas y elementos expuestos	Características que configuran la sensibilidad del sistema
Ascenso del nivel del mar	Aumento de la erosión en la línea de costa	<ul style="list-style-type: none"> Comercio en playas (turismo, entre otros) Viviendas Ecosistema 	<ul style="list-style-type: none"> Presencia y estado de infraestructura para mitigación de erosión. Dependencia económica de personas en el comercio en playas.
	Inundación de las zonas litorales	<ul style="list-style-type: none"> Ecosistema Población Viviendas Patrimonio arquitectónico Infraestructura pública y privada Transporte por vías terrestres 	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura y estado actual del ecosistema Presencia y estado de infraestructura para protección contra mareas. Presencia de infraestructura para protección de playas. Población en zonas bajo amenaza por inundación. Materiales inadecuados de construcción en viviendas y edificaciones. Estado de la infraestructura en zonas bajo amenaza por inundación. Dependencia económica en playas de pequeños comerciantes.
Aumento de la temperatura	Blanqueamiento del arrecife coralino	<ul style="list-style-type: none"> Turismo Pesca 	<ul style="list-style-type: none"> Unidades comerciales que dependen de deportes subacuáticos (buceo y "careteo"). Población económicamente dependiente en la pesca. Dependencia alimentaria de la pesca.
	Aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores (ETV)	<ul style="list-style-type: none"> Población 	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura de acueducto y alcantarillado. Hogares que implementan medidas de prevención (anqueo, toldillos, fumigación, adecuado almacenamiento de agua). Pavimentación de calles. Presupuesto para atención y prevención de brotes de ETV.
Aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos	Aumento en inundaciones por aumento en intensidad del fenómeno de La Niña	<ul style="list-style-type: none"> Ecosistemas Población Infraestructura pública y privada Industria y comercio 	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura y estado actual del ecosistema. Cobertura y estado de las redes de acueducto. Estado, antigüedad y materiales de infraestructura y viviendas. Estado del sistema de drenaje pluvial.

como sismos, erupciones volcánicas y tsunamis; hidrológicas, como inundaciones y avalanchas; y climáticas, como huracanes, vendavales, tormentas y sequías.

En este trabajo, las amenazas antrópicas son aquellas que hacen referencia a fenómenos que, comúnmente, se asocian a la naturaleza, pero que en su ocurrencia y/o magnitud tienen influencia humana debido a procesos insostenibles de uso y ocupación del territorio (de carácter socioeconómico); es decir, cuando la degradación ambiental causada por el hombre genera amenazas; por ejemplo, la tala de bosques, que, muy frecuentemente, incrementa la probabilidad de ocurrencia de inundaciones y deslizamientos en las cuencas hidrográficas, o el uso intensivo de agroquímicos, que puede provocar la generación de plagas.



Figura 3. Registros de daños en la vía Cartagena-Barranquilla (vía alterna) durante las lluvias del año 2011.

Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=596299&page=70.jpg>

Las amenazas o efectos climáticos por sí solos no son generadores de riesgo, sino que adquieren ese carácter cada vez que existan elementos potencialmente susceptibles de ser afectados. El riesgo en un sistema (un área o una comunidad) depende de la cantidad y el valor de los elementos que pueden verse comprometidos en caso de que ocurra el evento.

Un evento de desastre hace referencia a la ocurrencia de un evento imprevisto y repentino que causa víctimas y/o daños o pérdida de la propiedad, infraestructura, servicios esenciales o medios de sustento, en el cual la capacidad de respuesta de un país o nación no existe o no es suficiente para prestar asistencia por medio de recursos propios (OFDA/CRED, 2002).

Para unificar la terminología, a lo largo de este estudio se adoptaron las siguientes definiciones del IPCC (2007):

Impactos (del cambio climático): Efectos de un cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. Según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales.



Vulnerabilidad: El término de vulnerabilidad no tiene una definición aceptada universalmente. Dentro de la literatura de riesgos, amenazas del clima y pobreza, se relaciona con el subdesarrollo y la exposición a la variabilidad climática.

Según el IPCC (2007), la definición de vulnerabilidad bajo el contexto del cambio climático es la siguiente: Los impactos residuales del cambio climático, luego que han sido implementadas las medidas de adaptación.

Vulnerabilidad = riesgos (impactos climáticos negativos predichos) - adaptación.

Los factores de los cuales depende la vulnerabilidad son:

- El grado de susceptibilidad y de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático.
- La variabilidad del clima y los fenómenos extremos.
- El carácter, la magnitud y rapidez del cambio climático a los que esté expuesto un sistema y su sensibilidad y capacidad de adaptación.

Por lo cual la vulnerabilidad se expresa así: Vulnerabilidad = $f(\text{expuesto, sensibilidad, capacidad})$.

Sensibilidad: Grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos.

Desafortunadamente, el IPCC no cuenta con una definición formal del riesgo, pero recomendamos adoptar la siguiente del UNISDR (2004).

Riesgo: La probabilidad de las consecuencias dañinas o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, daños en viviendas, hogares o actividades económicas) resultantes de la interacción entre las amenazas naturales o antropogénicas y las condiciones de vulnerabilidad.

Riesgo = $f(\text{la probabilidad de las consecuencias, vulnerabilidad})$.

Es decir, que el término riesgo se refiere a la interacción de la probabilidad de una amenaza o impacto climático con las condiciones de vulnerabilidad, que, a su vez, dependen de tres variables: La exposición (o susceptibilidad), la sensibilidad y la capacidad de respuesta del sistema. En el esquema de la siguiente página, se ilustra la interacción entre los conceptos.

El IPCC también define el concepto de *adaptación al cambio climático* como “El ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas”.

Por lo tanto, la evaluación que se realizó en este estudio de los riesgos socio-económicos consideró los impactos del cambio climático sobre los sistemas sociales o económicos. Este examen incluye la evaluación de vulnerabilidad que tuvo en cuenta, tanto el grado de exposición o susceptibilidad de los sistemas naturales y sociales o económicos como las características que lo hacen más o menos sensible a dichos impactos.



2. Metodología

La metodología de trabajo adoptada se basó en el modelo de adaptación de Naciones Unidas para el Desarrollo como una base para la elaboración de un marco operacional local de vulnerabilidad y adaptación (PNUD, 2005). Adicionalmente, se utilizaron documentos de referencia, como el informe Síntesis del IPCC (2007), la SCN (2010), Lineamientos del Plan Nacional de Adaptación (DNP), y los informes técnicos de los proyectos nacionales de vulnerabilidad debida a un aumento del nivel del mar por cambio climático (Invemar, 2003; Invemar, 2008).

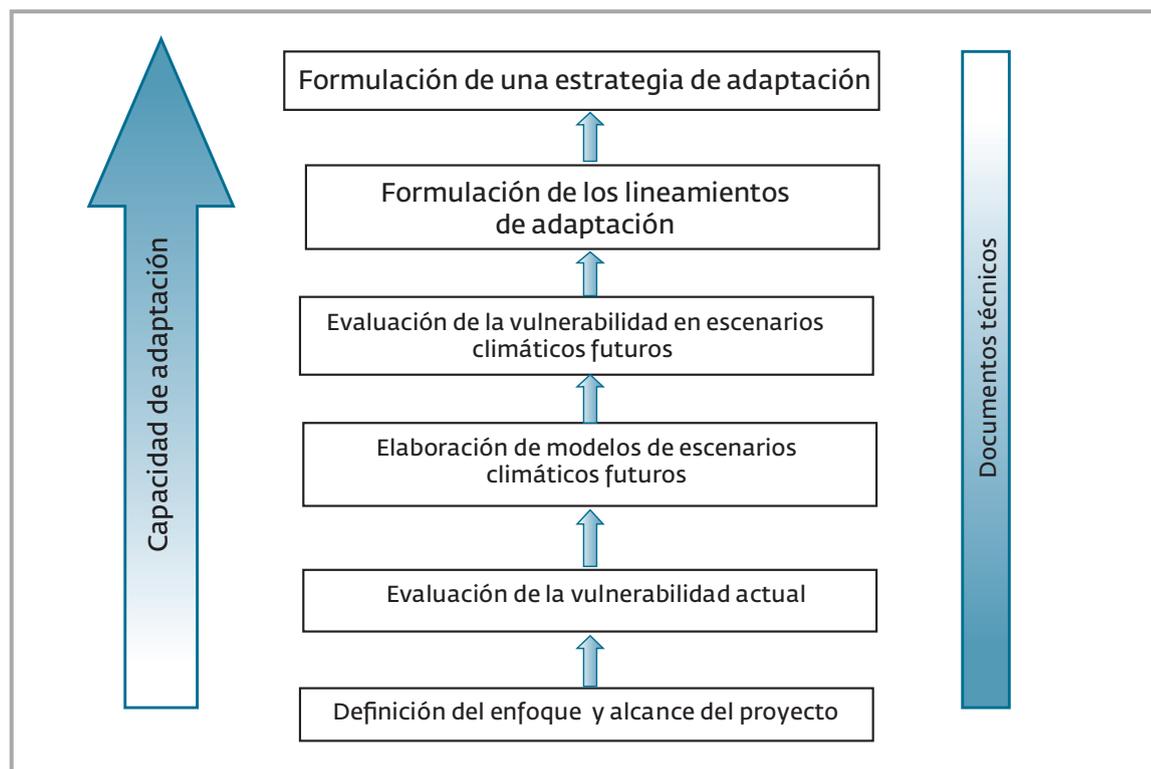


Figura 4. Esquema de los pasos metodológicos aplicados para el desarrollo del proyecto. Tomado y modificado de PNUD (2005).



A partir de los documentos guía, se estableció el enfoque y alcance del trabajo, para lo cual se articuló el proyecto con las estrategias de adaptación en marcha a nivel nacional y se determinó el enfoque por amenazas para la evaluación de vulnerabilidad actual y futura, los horizontes temporales y los pasos metodológicos.

Con base en el marco de política de adaptación de PNUD (2005), se desarrolló el esquema de la Figura 4, que representa los pasos metodológicos aplicados en el proyecto. A continuación se describen los pasos restantes que se llevaron a cabo.

2.1. Vulnerabilidad actual

La evaluación de vulnerabilidad actual incluyó tanto las condiciones actuales del sistema como las amenazas que se determinan en un escenario de riesgo actual y la definición del área de riesgo actual.

La evaluación de la vulnerabilidad se abordó mediante la construcción de la línea base de los sistemas biofísico y socioeconómico de Cartagena de Indias, en la cual se identificaron los factores que determinan la vulnerabilidad.

Para hacer la evaluación se llevó a cabo una etapa de recopilación de información secundaria en la ciudad. A tal fin, se visitaron instituciones públicas, diferentes dependencias de la Alcaldía, ONG, universidades, empresas prestadoras de servicios públicos. Adicionalmente, se realizaron entrevistas a representantes de la política y de los principales sectores económicos, a líderes de la sociedad civil y a expertos locales y nacionales.

A partir de la revisión y análisis de información existente se determinaron las condiciones biofísicas y socioeconómicas actuales, que caracterizan el tipo de respuesta frente a las amenazas climáticas, existente. Paralelamente al proceso de análisis de información, se llevaron a cabo cuatro talleres de socialización y concertación con los actores locales y dos actividades de capacitación con comunidades locales en el marco de actividades interinstitucionales con la Alcaldía de Cartagena de Indias, Fundación Mamonal-Andi y PNUD.

En el primer taller se acordaron los arreglos institucionales para la coordinación del proyecto con las instituciones locales; en el segundo y tercer evento se realizó un seminario-taller, el cual estuvo dirigido a actores institucionales y sectoriales, y a representantes de la sociedad civil con el objeto de trabajar en la identificación de medidas de adaptación a través de grupos focales; el cuarto taller fue de tipo técnico y se dirigió a expertos locales y representantes institucionales y privados, que propusieron conformar un equipo de trabajo para discutir los lineamientos de adaptación para Cartagena de Indias. En la Tabla 4 se listan los actores que participaron en el proceso de construcción de los lineamientos de adaptación mediante las diferentes actividades desarrolladas entre agosto de 2011 y abril de 2012.

Tabla 4. Listado de actores locales que participaron en la construcción de los lineamientos de adaptación al cambio climático para la Ciudad de Cartagena de Indias, Fase I del proyecto.

#	Actores	Entrevista	Recolecc. de información	Taller socialización	Seminario -Institucional	Seminario sector Privado y S. Civil	Grupos focales	Capacit. local	Taller técnico
Instituciones									
1	Alcaldía Mayor del Distrito de Cartagena de Indias		X	X	X	X			X
2	Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible - MADS		X	X	X	X	X		X
3	Secretaría de Planeación	X	X	X	X	X	X		X
4	Alcaldías Locales				X		X		
5	Departamento Distrital de Salud -Dadis	X	X		X		X		
6	Umata Cartagena	X	X	X	X		X		
7	Secretaría de Infraestructura	X	X	X	X		X		X
8	Departamento de Valorización	X	X	X	X		X		X
9	Establecimiento Público Ambiental – EPA	X	X	X	X		X		X
10	DIMAR Capitanía de Puerto	X	X	X	X		X		X
11	CIOH	X	X	X	X		X		X
12	IGAC		X	X	X		X		
13	Incoder		X	X	X		X		
14	Gobernación de Bolívar		X	X	X		X		
15	Cardique	X	X	X	X	X	X		X
16	Clopad			X				X	
17	Crepid	X		X				X	
18	Acuacar	X	X		X		X		
19	Aguas de Cartagena		X		X	X	X		
20	Cruz Roja			X	X		X	X	
21	Defensa Civil	X	X	X	X		X	X	X
22	Parques Nacionales Naturales		X		X		X		
23	Dirección de Gestión del Riesgo - DGR		X	X	X		X	X	
24	PNUD	X	X	X	X		X	X	
25	Control urbano		X		X		X		
26	Corporación Centro Histórico	X	X		X		X		
27	Edurbe	X	X		X		X		X
28	Personería de Cartagena								X
29	Unidad Asesora de Servicios Públicos –UASPD.		X		X		X		
30	Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena de Indias –IPCC.	X	X		X		X		



#	Actores	Entrevista	Recolecc. de información	Taller socialización	Seminario -Institucional	Seminario sector Privado y S. Civil	Grupos focales	Capacit. local	Taller técnico
Sectorial									
1	Sociedad Portuaria Regional de Cartagena	x	x			x	x		x
2	Proyecto Cartagena Cómo Vamos	x	x			x	x		
3	Fenalco	x	x			x	x		x
4	ANDI	x	x			x	x	x	x
5	Fundación Mamonal	x	x			x	x	x	
6	Fundación Mario Santodomingo	x	x						
7	Cámara de Comercio de Cartagena	x	x	x		x	x		x
8	Proexport	x	x	x					
9	Cotelco	x	x			x	x		
10	Tecnar					x	x		
11	Comité ambiental de la ANDI		x			x			
12	Acopi	x	x			x	x		x
13	Comfenalco Cartagena					x	x		
14	Asotelca	x	x			x	x		
15	Cedetec		x			x	x		x
16	Corvivienda		x			x	x		
17	Corporación Turismo de Cartagena -Corpoturismo	x	x			x	x		x
Sociedad civil									
1	Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar	x	x			x	x		x
2	Fundación Promotora del Canal del Dique	x	x			x	x		x
3	Cidea				x		x		
4	Observatorio del Caribe	x	x		x		x		
5	Líderes comunitarios de Red Combas				x		x	x	
6	Líderes comunitarios de Red Combas Tierrabomba	x	x		x		x	x	
7	Representantes de las comunidades locales			x	x		x	x	
8	Líderes del desarrollo local	x	x			x	x		x
9	Líderes empresariales	x	x			x			
10	Fundación Esawa					x	x		
11	Fundación Planeta Azul					x	x		
12	Carinsa	x	x			x	x		x

#	Actores	Entrevista	Recolecc. de información	Taller socialización	Seminario -Institucional	Seminario sector Privado y S. Civil	Grupos focales	Capacit. local	Taller técnico
Academia									
1	Universidad de Cartagena	X	X		X		X		X
2	Universidad Tecnológica de Bolívar				X		X		
3	Universidad Jorge Tadeo Lozano	X	X		X		X		X
4	Tecnológico Comfenalco	X	X		X		X		X
5	SENA	X	X		X		X		
64	Total	39	51	22	37	27	56	11	26

2.1.1. Riesgo actual

La evaluación de los riesgos bajo el clima actual se basa en las amenazas presentes, la estimación del riesgo de afectación actual y los posibles daños o pérdidas económicas (PNUD, 2005). Para esto fue necesario identificar las áreas susceptibles de amenazas y los efectos en ellas.

De acuerdo con las amenazas registradas históricamente, los eventos de inundaciones, deslizamientos o remoción en masa se pueden considerar como las principales consecuencias del clima actual. Adicionalmente, la erosión de la zona costera es otra de las amenazas que se convierte en un factor de afectación y, por ende, de riesgo actual. Sectores del Norte, el Centro y Barú presentan altas tasas de erosión, lo cual, sumado a eventos meteorológicos extremos tales como tormentas tropicales, mares de leva y vendavales, puede generar impactos negativos considerables (Posada y Henao, 2008).

Recopilación de datos históricos de eventos:

La información sobre desastres naturales ocurridos en el Distrito de Cartagena de Indias analizada en este documento proviene de diferentes fuentes: base de datos de la Unidad Nacional Gestión de Riesgos de Desastres (UNGRD) y base de datos de Desinventar. Los registros fueron seleccionados y almacenados en una base de datos en Excel.

Los datos recolectados abarcan un período de tiempo de 79 años, desde 1932 hasta 2011. No obstante, no hay consistencia suficiente en los reportes de ambas fuentes, y tampoco es posible afirmar que estos registros incluyan todos los desastres naturales ocurridos en el Distrito durante ese período de tiempo.



Sin embargo, estos datos permiten conocer los desastres con mayor número de reportes y reflejan el esfuerzo de las entidades locales por registrarlos y establecer de las consecuencias de ellos, aunque, por la inconsistencia en los registros, no es posible concluir sobre tendencias de eventos en el futuro.

Según la SCN el registro de eventos en Colombia se ha incrementado, significativamente, en las últimas dos décadas debido a un mejor sistema de reportes y a la existencia de una mejor difusión de los desastres (SCN, 2010). Es posible que esto sea lo que explique el mayor número de reportes de eventos en las últimas décadas en el Distrito.

A partir de la información recolectada en la base de datos del proyecto, los eventos se agruparon, según sus posibles causas, como se describe a continuación:

Inundaciones: Se entiende como el anegamiento o cubrimiento con agua de un terreno donde se localicen poblaciones, cultivos, bienes o infraestructura. Los registros de inundación describen, entre otras causas, los desbordamientos de ríos, caños y ciénagas como consecuencia del invierno. Igualmente, incluyen eventos de lluvias intensas relacionadas con el invierno y el fenómeno de La Niña. Las inundaciones por acción del mar se reportan como marejada o marea alta.

Huracanes: Hace referencia al registro de los coletazos de huracanes. Según la red Desinventar, los eventos de huracanes se definen como una depresión tropical equivalente a una anomalía atmosférica violenta que gira a modo de torbellino, caracterizada por fuertes vientos y acompañada con lluvia.

Marea alta: Incluye todos aquellos eventos en los que se ha reportado inundaciones de agua marina superior a la marea más alta, eventos conocidos como mar de leva, marejadas, marea alta y pujas.

Vendaval: Perturbación atmosférica que genera vientos fuertes y destructivos. Los registros indican ocurrencia de vientos fuertes (ráfagas) que ocasionaron desastres, como derribo de árboles y postes, y afectación de viviendas.

Tormentas: Lluvias intensas acompañadas de vientos fuertes.

Tormenta eléctrica: Se utiliza para referirse a los eventos en que se presentó la concentración de descargas estáticas atmosféricas (rayos), con efectos sobre humanos, animales, bienes domésticos, infraestructura (por ejemplo sobre redes eléctricas conduciendo a apagones) o sobre establecimientos industriales. No está acompañada de lluvias y vientos fuertes.

Deslizamiento: Es el movimiento del suelo, generalmente, por acción de una falla o debilidad del terreno y bajo la influencia de la gravedad. En términos más estrictos se refiere a un movimiento, pendiente abajo, de rocas y/o masas de tierra sobre una o varias superficies (Lacambra *et al.*, 2003).



Sequía: en términos generales, la sequía es una “ausencia prolongada o insuficiencia acentuada de precipitación”, o bien, una “insuficiencia que origina escasez de agua para alguna actividad o grupo de personas”, o también, “un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado para que la ausencia de precipitación ocasione un importante desequilibrio hidrológico” (Heim, 2002). Principalmente, los registros identifican la sequía con un déficit prolongado de precipitación.

Área de riesgo actual:

El área bajo riesgo actual fue delimitada teniendo en cuenta los siguientes elementos: porciones de línea de costa identificadas con influencia de erosión, sectores susceptibles de fenómenos de remoción en masa e inundación.

Áreas de riesgo por inundación: hacen referencia a aquellas áreas que son anegadas por una precipitación pluvial moderada e incluyen:

- Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial.
- Desbordamiento de corrientes naturales (se incluyen las áreas inundables de los cauces mayores o rondas de los ríos) y de ciénagas.

Áreas en riesgo por erosión: incluyen los sectores de la línea de costa que presentan riesgos por amenaza de erosión.

Áreas en riesgo por remoción en masa (geoamenazas): comprenden las áreas de alta y moderada susceptibilidad a la remoción en masa.

2.2. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático

El análisis de vulnerabilidad futura partió de la identificación de los indicadores de impacto de susceptibilidad y sensibilidad al cambio climático para el sistema biofísico y socioeconómico, seguido por el diseño de los escenarios de cambio climático y la evaluación de los impactos.

2.2.1. Indicadores de exposición biofísica a la inundación por cambio climático

La vulnerabilidad del sistema biofísico, interpretada por el grado de susceptibilidad al cambio climático, fue evaluada según la metodología utilizada por Invemar (2003), la cual involucra dos indicadores:

- El área actual afectada (AF) por un evento de inundación, en relación con el total de la cobertura, estimada como el porcentaje de área bajo riesgo de inundación sobre el total de área de la unidad del ecosistema o formación natural.
- Respuesta de adaptación autónoma de la unidad ecosistémica o formación natural, estimada a partir de la cuantificación del Índice de Sensibilidad Ambiental (ISA), el cual toma en consideración la situación de salud actual del ecosistema.



La relación entre ambos índices expresa el grado de susceptibilidad del ecosistema a la amenaza climática. Por consiguiente, la vulnerabilidad biofísica se podría expresar de la siguiente forma:

Vulnerabilidad = estado de susceptibilidad del ecosistema a los efectos del cambio climático como resultado de la relación entre el área de afectación/el grado de sensibilidad ambiental

Donde el *área de afectación* se expresa en porcentaje y se califica con base en las siguientes categorías (Invemar, 2003):

- Se asigna un valor de 1 para porcentajes de área menores al 10%.
- Se asigna un valor de 2 para porcentajes de área entre el 10% y el 50%.
- Se asigna un valor de 3 para porcentajes de área superiores al 50%.

La expresión *adaptación autónoma* hace referencia a la capacidad del ecosistema de adaptarse frente a externalidades o impactos, en este caso un ANM o evento de lluvia fuerte. Está en función de la resiliencia y resistencia del sistema y significativamente afectadas por la influencia humana, lo que no implica que todas las actividades humanas sean necesariamente negativas.

En tal sentido, una adaptación con medidas planeadas y bien desarrolladas puede servir para reducir la vulnerabilidad natural del sistema y promover su resiliencia y resistencia, aumentando así su adaptación autónoma (Invemar, 2003). Esta variable fue asignada en relación con el estado de salud de los ecosistemas, que determina su nivel de susceptibilidad a los efectos del cambio climático. A mayor sensibilidad menor capacidad de resiliencia, lo que indica una respuesta autónoma baja. La sensibilidad del ecosistema fue valorada solo en dos categorías, dada la condición actual de avanzado grado de deterioro de los ecosistemas:

- Respuesta es baja = un valor de 1. Se presenta cuando el ecosistema es altamente sensible a los cambios en el clima. Esto, debido a que el estado de salud del ecosistema es bajo.
- Respuesta es alta = un valor de 2. Se presenta cuando el ecosistema es moderadamente sensible a los cambios en el clima. Esto, debido a que el estado de salud del ecosistema es medio.

Para esta calificación se tomaron en consideración el porcentaje de cobertura natural del ecosistema, el nivel de resiliencia de las áreas de manglar y el grado de alteración de la estructura ecológica de las formaciones vegetales (estos son identificados por Cardique, 2007) mediante el estudio de actualización de la zonificación de las áreas de manglar del departamento de Bolívar (ver capítulo de vulnerabilidad actual biofísica de los ecosistemas).

De acuerdo con esta información, los ecosistemas del Distrito de Cartagena de Indias se caracterizan por ser de alta a moderadamente sensibles a los efectos del cambio climático. Los altos niveles de intervención de las formaciones vegetales y de la estructura ecológica en general, conducen a una susceptibilidad de alta a media del sistema natural.



Una vez realizada la fracción entre los valores asignados de área afectada y de adaptación autónoma, se define el perfil de vulnerabilidad como se muestra en la (Tabla 5).

Tabla 5. Clases de vulnerabilidad para evaluar los elementos del sistema natural, con base en el índice propuesto.

Vulnerabilidad			
Baja	Media	Alta	Crítica
0,5-1	1,5	2	3

2.2.2. Evaluación de los indicadores de exposición social y económica a la inundación por cambio climático

En la Tabla 6 se reúnen los indicadores propuestos de exposición del sistema socioeconómico por el aumento de la erosión y las inundaciones de las zonas costeras, debidos al ANM causado por el cambio climático.

Por otra parte, el análisis de sensibilidad se propone de forma agregada por sector socio-económico y corresponde a la identificación de variables socio-económicas que hacen más sensible al sector para enfrentar el impacto esperado del cambio climático. Respecto al sector de hogares se obtuvo información relevante para caracterizar su sensibilidad; para el sector turismo se obtuvo información parcial y, por lo tanto, su análisis se complementará con un análisis cualitativo; mientras que en lo concerniente al sector industrial no se obtuvo información suficiente para un análisis cuantitativo y, por lo tanto, se realiza un análisis, exclusivamente, cualitativo de su sensibilidad.

En la evaluación de la sensibilidad de los hogares se identificaron las características o condiciones que los hacen más sensibles para enfrentar los impactos de inundaciones por ascenso del nivel del mar, inundaciones por precipitación, incidencia de dengue y disminución de la pesca. Siguiendo a Cutter *et al.*, (2003) los factores que inciden en la vulnerabilidad social incluyen:

- Acceso a recursos
- Acceso a representación y poder político
- Capital social (redes sociales y conexiones)
- Costumbres y tradiciones
- Tipo y densidad de infraestructuras
- Fragilidad y discapacidad de individuos

Cutter *et al.* (2003) presentan un listado de variables que representan estos factores, reconociendo que no existe consenso sobre la pertinencia de dichas variables. Entre las variables presentadas se incluyen: ingresos, género, edad, acceso a infraestructura (acueducto, alcantarillado), educación, acceso a servicios médicos, entre otras. Siguiendo la misma aproximación, se identificaron variables que caracterizaran la sensibilidad de los hogares y que estuvieran disponibles para un nivel de resolución espacial de barrio. La desagregación por barrio fue la resolución más fina a la que se pudo analizar la condición de susceptibilidad.



Tabla 6. Indicadores socioeconómicos de exposición al cambio climático en Cartagena de Indias.

Impacto climático	Indicador	Sector socio económico	Condición de exposición
Erosión de la línea de costa	1. Porcentaje de playas turísticas afectadas	Turismo	La playa se ubica en un área donde se proyecta intensificación de la erosión.
	2. Cantidad y porcentaje de viviendas en terrenos erosionables	Hogares	La vivienda puede colapsar al estar ubicada en terreno con proceso de socavación por marea.
Inundación de las zonas litorales	3. Cantidad y porcentaje de población en áreas inundables	Hogares	Personas ubicadas en área bajo amenaza de inundación.
	4. Cantidad y porcentaje de viviendas en áreas inundables	Hogares	Viviendas ubicadas en área bajo amenaza de inundación.
	5. Cantidad y porcentaje de edificaciones del patrimonio arquitectónico en áreas inundables	Turismo	La estructura calificada como patrimonio se ubica en un área bajo amenaza de inundación.
	6. Cantidad de infraestructura pública y privada en áreas inundables	Hogares e industria	Infraestructura ubicada en un área bajo amenaza de inundación.
Blanqueamiento del arrecife coralino	7. Porcentaje de captura de recursos pesqueros coralinos afectados	Hogares	Captura de recursos pesqueros coralinos decrecen por disminución de productividad biológica del arrecife de coral.
Aumento de la incidencia de ETV	8. Tasa de morbilidad de ETV	Hogares	Prevalencia de ETV en la población hace posible la ocurrencia de epidemia.
Aumento en inundaciones por aumento de intensidad del fenómeno de La Niña	9. Porcentaje de población en áreas afectadas por precipitación	Hogares	Personas ubicadas en áreas donde eventos de precipitación asociados al fenómeno de La Niña han causado inundación.
	10. Porcentaje de infraestructura pública y privada en áreas afectadas por precipitación	Hogares e industria	Infraestructura ubicada en áreas donde eventos de precipitación asociados al fenómeno de La Niña han causado inundación.
	11. Porcentaje del área industrial afectada por precipitación	Industria	Fracción del área de barrios industriales / comerciales ubicados en áreas donde eventos de precipitación asociados al fenómeno de La Niña han causado inundación.

Para cada valor o rango de las variables se asignó una calificación de sensibilidad según 3 categorías: 3 (sensibilidad alta), 2 (sensibilidad media), 1 (sensibilidad baja). Para el sector turismo se siguió una aproximación similar, aunque con mayores limitaciones de disponibilidad de información. La Tabla 7 muestra las características socio-económicas de sensibilidad y las variables utilizadas para su evaluación en los sectores de hogares, turismo, industria e infraestructura.

Tabla 7. Indicadores socioeconómicos de sensibilidad al cambio climático en Cartagena de Indias.

Sector Socio-económico	Característica socioeconómica que incide en su sensibilidad a los impactos del cambio climático	Variable para evaluación	Calificación de vulnerabilidad de la variable
Hogares	Viviendas de bajos ingresos disminuyen capacidad de respuesta, por ejemplo: ocupación en arriendo, sin cubrimiento de seguro o sin cobertura médica para dengue.	Estratificación económica del barrio	Participación de estratos 1 y 2 mayor al 70% = 3 (Alta)
			Participación de estratos 1 y 2 entre 69% y 30% = 2 (Media)
			Participación de estratos 1 y 2 menor al 30% = 1 (Bajo)
	Viviendas con una planta tienen expuestas la estructura y los bienes a pérdida o daño ante inundaciones.	% de viviendas del barrio con una planta	Más del 70% = 3 (Alta)
			Entre el 69% y 30% = (Media)
			Menos del 30% = (Baja)
	Cobertura de alcantarillado permite evacuar aguas después de eventos inundaciones y evita proliferación de vectores del dengue.	% de viviendas sin cobertura de alcantarillado por barrio	Menos del 70% = 3 (Alta)
			Entre el 70% y 94% = 2 (Media)
Más del 95% = 1 (Baja)			
Cobertura de acueducto evita el uso de sistemas de almacenamiento de agua, asociados a la proliferación de los vectores del dengue, y evita el dispendio de tiempo o recursos del hogar al tener que recurrir a otras fuentes de abastecimiento de agua	% de viviendas sin cobertura de acueducto por barrio	Menos del 70% = 3 (Alta)	
		Entre el 70% y 94% = 2 (Media)	
		Más del 95% = 1 (Baja)	
Sector: turismo, industria, infraestructura	El análisis de sensibilidad para los sectores turismo, industria e infraestructura se realiza de forma cualitativa; sin embargo, también se consideran las variables de cobertura de acueducto y alcantarillado, ya que también inciden en la sensibilidad de estos sectores.		

Índice agregado de vulnerabilidad: Para construir un índice agregado de vulnerabilidad por sector se suman las calificaciones asumiendo pesos iguales de las variables. Por lo tanto, el indicador agregado de vulnerabilidad para hogares tendrá un valor máximo de 12 puntos (3 puntos x 4 variables) y un valor mínimo de 4 (1 punto x 4 variables). Para el sector de turismo el indicador tendrá un rango de variación de 9 a 3.



2.2.3. Definición de escenarios para la evaluación de los indicadores

La proyección de los impactos climáticos en el tiempo se hace para dos fechas futuras, que son 2019 y 2040, y para dos condiciones socioeconómicas, una optimista y una pesimista.

- La primera fecha de evaluación (2019) fue seleccionada considerando que para ese año, el país cuenta con ejercicios de planificación de mediano plazo llamados “Colombia Visión 2019” (DNP, 2007) y se han trazado metas de crecimiento sectorial de mediano plazo referentes a esa fecha.
- El año 2040 se seleccionó debido a que la principal fuente de información de escenarios futuros de cambio climático para Colombia, que es la Segunda Comunicación Nacional coordinada por el Ideam (SCN, 2010), elabora escenarios climáticos para los períodos 2011 a 2040 y 2071-2100.

En la Figura 5 se ilustra la forma en que se configuraron los cuatro escenarios proyectados para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, denominados E1, E2, E3, y E4, y el escenario actual, Eo.

Condiciones socioeconómicas optimistas	2019 E1	2040 E3
Escenario actual [Eo]		
Condiciones socioeconómicas pesimistas	2019 E2	2040 E4

Figura 5. Configuración de los cuatro escenarios de análisis según fecha y condiciones socioeconómicas.

Las diferencias entre los escenarios optimistas y pesimistas, es decir entre E1 y E2 - E3 y E4, hacen referencia a la implementación de medidas de respuesta que se pretenden realizar en el Distrito en el mediano plazo. Los escenarios optimistas (E1 y E3) asumen una completa protección contra la amenaza climática gracias a las medidas de respuesta, mientras que los escenarios pesimistas (E2 y E4) asumen que las medidas no se implementan o no protegen contra la amenaza o el impacto asociado.

Teniendo en cuenta la alta incertidumbre asociada a un ejercicio de proyección del estado de los sectores en el futuro, la evaluación cuantitativa de los indicadores de susceptibilidad y sensibilidad del sistema socioeconómico se realizó evaluando los impactos climáticos futuros sobre los sectores actuales en su estado actual; es decir, en los escenarios varían las condiciones climáticas y no los sistemas socio-económicos (Figura 5).

2.3. Descripción de las proyecciones de amenazas climáticas en fechas futuras

En la Tabla 8, se presenta la información que se relaciona con la construcción de los escenarios futuros de amenazas climáticas e impactos para la ciudad de Cartagena de Indias.

Tabla 8. Configuración de los cuatro escenarios de análisis según amenaza

Amenaza asociada al Cambio Climático	Año base (E0)	Año 2019 (E1 y E2)	Año 2040 (E3 y E4)
Ascenso del nivel del mar [1]	Inundación: el nivel actual del mar. No se espacializan impactos pero se describe cualitativamente en el riesgo actual. Erosión costera: se usa el mapa de erosión desarrollado por el Inveemar en el marco del proyecto CDKN (2011). Se toman como áreas amenazadas aquellas en las categorías alta y muy alta.	Inundación moderada por ANM: Se implementa la capa de inundación que desarrolló el Inveemar (2008) proyectada al 2019. Erosión costera: Para ubicar los sectores amenazados por erosión, se consideran las categorías del mapa correspondiente: moderada, alta y muy alta.	Inundación fuerte por ANM: Corresponde a la suma de las inundaciones (escenario 2019) y la modelación de ANM elaborada por la Universidad de Cartagena-AC (2010) hasta la cota de 1 m aproximadamente. Erosión costera: Para ubicar los sectores amenazados se consideran todas las categorías de erosión: baja, moderada, alta y muy alta.
Aumento de la temperatura [2]	Temperatura promedio histórica multianual. No se espacializan impactos pero se describe cualitativamente en el riesgo actual.	Se utiliza la proyección de temperatura con el incremento para la década de los 2020 según la estimación para el escenario A2 del IPCC, generado por (Ideam, CI y Universidad Nacional de Colombia, 2008)	Se utiliza la proyección de temperatura con el incremento para la década de los 2040 según la estimación en el escenario A2 del IPCC, generado por Ideam, CI y Universidad Nacional de Colombia, 2008.

[1] Se proyecta el grado de erosión en las fechas 2019 y 2040, sobre el supuesto de que las áreas que actualmente sufren niveles moderados de erosión, en el futuro presentarán niveles más altos por cuenta del aumento en el nivel de la marea. Con esta aproximación se ignoran otros fenómenos geomorfológicos que pueden influenciar más la dinámica de la erosión. Por lo tanto, esta proyección del grado de amenaza en el tiempo es un ejercicio de aproximación que se recomienda mejorar por medio de investigación especializada en este campo. La proyección de la amenaza por erosión se basa en el supuesto de que la línea de costa descrita por la capa de inundación, proyectada para 2019 y 2040, es tan erosionable como la línea de costa original sumergida, y que las áreas donde la amenaza de erosión tenía un nivel bajo alcanza un nivel moderado o alto, gracias al potencial que adquiere el oleaje de causar daño.

[2] La proyección de temperatura y de cambio porcentual de la precipitación fueron desarrolladas en el marco del programa de adaptación realizado por el Integrated National Adaptation Pilot (INAP). El estudio evalúa cambios que habría en el 2070-2100 en relación con el período 1961-1990, para los escenarios A2 y B2 del IPCC. Se utilizó el modelo PRECIS en resolución espacial de 25 x 25 kilómetros.



Amenaza asociada al Cambio Climático	Año base (E0)	Año 2019 (E1 y E2)	Año 2040 (E3 y E4)
Aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos	Eventos extremos históricos. Se espacializan impactos, como inundaciones moderadas y deslizamientos. (U. de Cartagena, 2010). Se describe cualitativamente en el riesgo actual.	Se asocia al año 2019 el área susceptible de inundación pluvial moderada (U. de Cartagena, 2010).	Se asocia al año 2040 el área susceptible de inundación pluvial fuerte (U. de Cartagena, 2010).
Máxima inundación	No se evalúa.	Se integran los eventos de inundación (ANM moderado + lluvias moderadas)	Se integran los eventos de inundación (ANM fuerte+ lluvias fuertes)

2.4. Metodología componente espacial-procesamiento de información cartográfica

Diagnóstico de la evolución reciente de la línea de costa

El análisis de la evolución reciente de la línea de costa se realizó a partir de la comparación multitemporal de fotografías aéreas tomadas entre los años 1994-2011. En estos vuelos la línea de costa correspondiente al año 2011 fue la referencia básica, y con respecto a ésta se cotejaron las líneas de costa de los años anteriores. La comparación de las fotografías permitió identificar las tendencias de cambio en área de estudio, reflejando el predominio de la erosión o acumulación litoral para diversos sectores, en particular. Dentro de este trabajo, el área de estudio fue dividida en cuatro sectores denominados: Playetas, isla Tierrabomba, Cartagena, La Boquilla.

Todas las fotografías aéreas fueron georeferenciadas empleando software ARCGIS, utilizando como mínimo 10 puntos de control. Posteriormente a la georeferenciación se generó un archivo vector (Shapefile) de la línea de costa de cada año, según la fotografía aérea empleada. Una vez disponibles todas las líneas de costa, se midieron las respectivas distancias entre ellas usando el software DSAS (Digital Shoreline Analysis System) y RMAP 3.0 (Regional Morphology Analysis Package). Ambos software calculan parámetros estadísticos que indican el estado y las tendencias evolutivas para períodos de tiempo específicos. Dentro del trabajo se empleó el End Point Rate (EPR), que es la relación de la distancia entre la línea de costa más antigua y la más reciente, y el lapso de tiempo en años entre ambas líneas como medida principal (Thieler *et al.*, 2005).

Análisis espacial y generación de cartografía

El laboratorio Sistemas de información - LabSIS del Invemar, el desarrollo del componente de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el proyecto. Para esto se realizó la revisión y organización de la información que más se ajustaba a las necesidades cartográficas del proyecto y se generó un sistema de información geográfica que permitiera soportar la toma de decisiones y los análisis correspondientes. Con base en esta revisión, se propuso desarrollar el componente espacial empleando la metodología que se reproduce en el siguiente esquema (Figura 6):

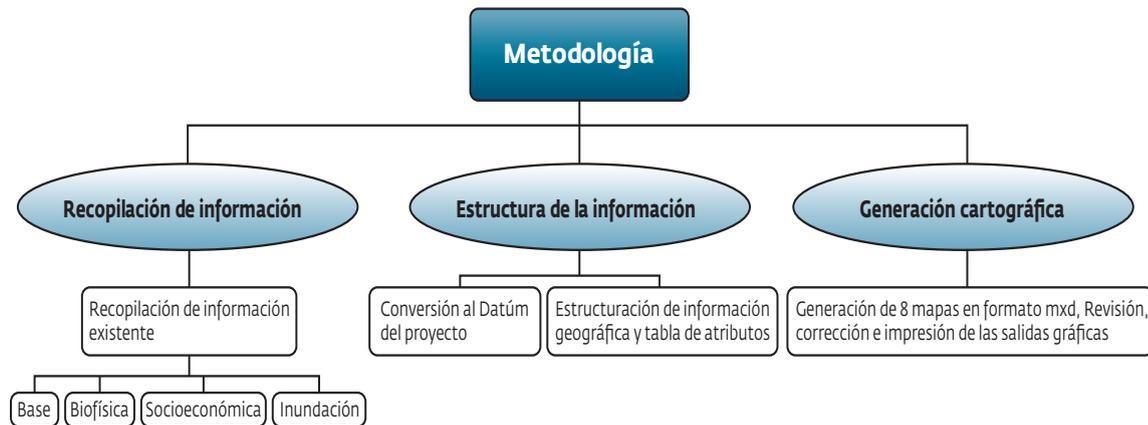


Figura 6. Esquema metodológico del componente espacial

Recopilación de la información

La información utilizada en la cartografía proviene de la base de datos del Invemar (proyectos de investigación) y de fuentes externas. A continuación se describen los insumos y las fuentes de origen.

Información base:

- (Invemar): Municipios, vías, ríos, cuerpos de agua, barrios, Unidades Comuneras de Gobierno, línea de costa_2011.
- (Invemar): Áreas de inundación por ascenso del nivel del mar (ANM 2004), canales, praderas de pastos marinos, amenaza por erosión costera, playas, manzanas catastrales de Cartagena y manglares.
- Insumos Cardique: Cobertura vegetal del 2003, manglares 2007, clima, suelos.
- Insumos Universidad de San Buenaventura: Cobertura vegetal 2010 (Cerro de La Popa).



- Insumos Universidad de Cartagena: Áreas con riesgo de drenajes pluviales y por ascenso de los niveles de marea, geoamenazas.

Tabla 9. Estructuración de la información seleccionada para el proyecto

Información inicial			
Nombre de la Cobertura	Datum	Escala	Formato
Cobertura 2003	MAGNA		Shp
Clima	MAGNA		Shp
Suelos	MAGNA		Shp
Manglares (Invemar)	MAGNA	1:50000	Shp
Pastos marinos	SIRGAS	1:50000	Shp
Cobertura 2010	Desconocido		Shp
Zonas verdes	MAGNA		Shp
Inundación 2019	Bogotá		Shp
Beaches	SIRGAS	1:50000	Shp
Geoamenazas	Bogotá	1:50000	
1:20000	pdf		
Áreas con riesgo de drenajes pluviales	Bogotá	1:20000	pdf
Áreas con riesgo por ascenso de los niveles de marea	Bogotá	1:20000	pdf
Amenaza por erosión	Sist. Referencia geocéntrico para América del Sur 2000		Shp

Con base en el estado inicial de los insumos seleccionados para el proyecto, se determinó que el *datum* cambiaría para todas a MAGNA-SIRGAS, escogido por ser el *datum* oficial para Colombia.

Debido a que los insumos tienen características propias asociadas a su naturaleza, misión y escala, la integración evidenció grandes diferencias principalmente en la línea de costa y sectores en el borde de la ciénaga de La Virgen. Por tal razón fue necesario desarrollar los siguientes pasos:

- Cada una de las coberturas pasó por un proceso de integración que mantuvo como principio asegurar que las fuentes primarias permanecieran originales en la medida de lo posible.
- Para todos los insumos la línea de costa fue adaptada tomando como referencia la generada en el 2011 mediante levantamiento en campo, realizado dentro del componente físico del proyecto; posteriormente, se unificó toda la información dentro del área de estudio.

Cumplido el objetivo (estructuración preliminar) de tener toda la información dentro del estándar espacial del proyecto, se comenzó la estructuración para su análisis e interpretación. Debido a que el proceso de análisis requiere de la interpretación integrada de la información, fue necesario realizar procesos de unión de los insumos en los componentes de análisis; para esto se debió implementar el siguiente orden en la generación de las coberturas de salida que sirvieron en los análisis (Figura 7):

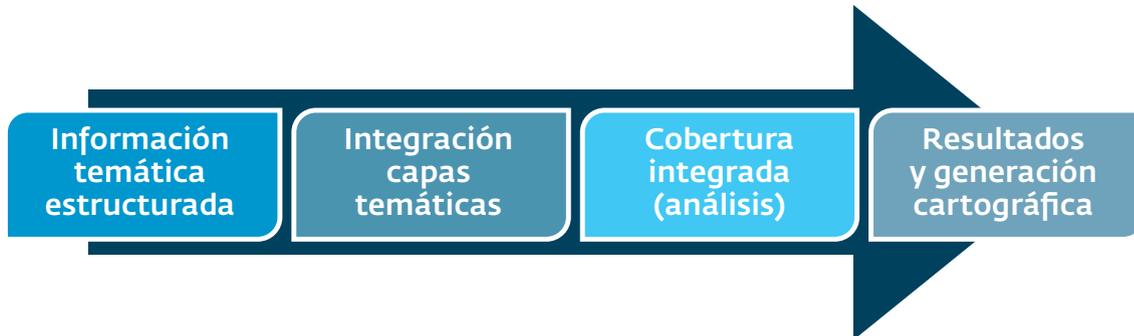
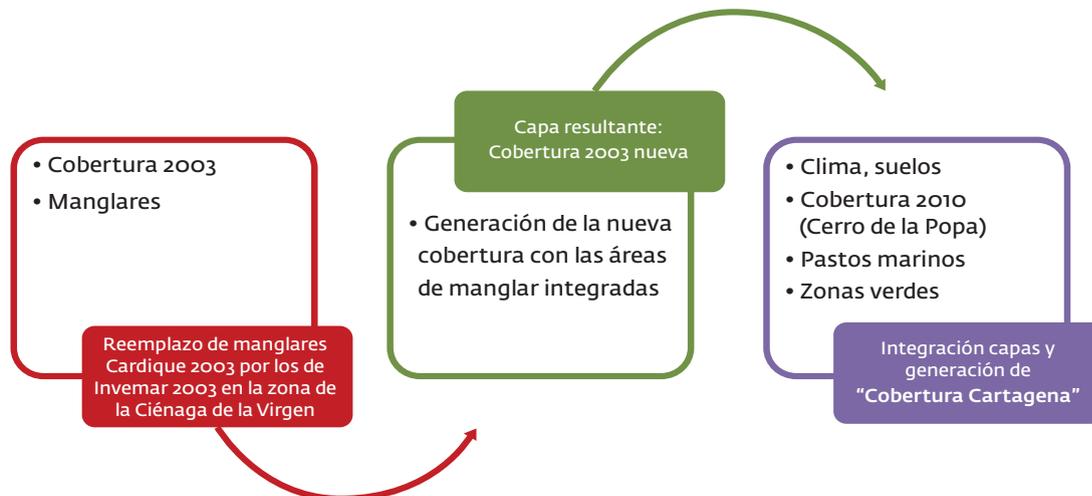


Figura 7. Pasos desarrollados para la elaboración de análisis y generación de mapas

La capa de componente de cobertura para Cartagena de Indias es la única que contiene más de una fuente de información (Cobertura 2003, cobertura 2010 [Cerro de La Popa], clima, suelos, pastos marinos, mangarles y zonas verdes urbanas). Para llegar a ello fue necesario realizar los siguientes procedimientos:

Paso 1:



Paso 2: Estandarización de la información temática del proyecto (Tabla 10).



Tabla 10. Lista de la información empleada durante el proceso de estandarización de la información temática del proyecto.

Nombre de la cobertura	Datum	Procedimiento	Insumo de salida
Inundación 2019	MAGNA - SIRGAS	Delimitado al área de estudio. Integró a la línea de costa 2011.	Inundación moderada
Beaches	MAGNA - SIRGAS	Se demarcaron según la Línea de Costa	Playas
Geoamenazas	MAGNA - SIRGAS	Extraído del pdf, escalado y georeferenciado al Datum Sirgas	Geoamenazas
Áreas con riesgo de drenajes pluviales	MAGNA - SIRGAS	Extraído del pdf, escalado y georeferenciado al Datum Sirgas	Inundación por lluvias
Áreas con riesgo por ascenso de los niveles de marea	MAGNA - SIRGAS	Extraído del pdf, escalado y georeferenciado al Datum Sirgas	Inundación fuerte
Amenaza por erosión	MAGNA - SIRGAS	Convertido a línea	Amenaza por erosión
Cobertura 2003	MAGNA - SIRGAS	Delimitado al área de estudio. Integró a la línea de costa 2011. Se reemplazaron los manglares del sector de ciénaga de La Virgen	Coberturas de la tierra
Clima	MAGNA - SIRGAS	Delimitado al área de estudio. Integró a la línea de costa 2011.	
Suelos	MAGNA - SIRGAS	Delimitado al área de estudio. Integró a la línea de costa 2011.	
Manglares (Acuacar)	MAGNA - SIRGAS	Integró a la capa cobertura 2003	
Pastos marinos	MAGNA - SIRGAS	Se unió a la capa cobertura 2003	
Cobertura 2010	MAGNA - SIRGAS	Se unió a la capa cobertura 2003	
Zonas verdes	MAGNA - SIRGAS	Se unió a la capa cobertura 2003	

Descripción de las capas de cobertura empleadas (Tabla 10)

- *Inundación 2019*: Escenario de inundación moderado por ascenso de los niveles de marea, cobertura generada dentro del proyecto NCAP II Colombia.
- *Áreas con riesgo por ascenso de los niveles de marea y áreas con riesgo de inundación por drenajes pluviales*: información extraída de los mapas de “Identificación de zonas del casco urbano con riesgo de inundación por ascenso de los niveles de marea en el Distrito de Cartagena” y “Riesgo de inundación por drenajes pluviales”, formato pdf del proyecto “Valoración de los niveles de riesgos ambientales en el distrito de Cartagena”, realizado por la Universidad de Cartagena.
- Para ello se convirtió la información recopilada en formato PDF a formato DWG (CAD), en donde se escaló el mapa dentro de las coordenadas originales en que fue generado;

Luego, estos datos se convirtieron a formato SHP (Arcgis), en donde se georeferenció, inicialmente, al sistema de proyección perteneciente MAGNA y se proyectó de nuevo a SIRGAS; después se extrajo, únicamente, la información relacionada con las áreas de riesgo por ascenso de los niveles de marea y las áreas con riesgo de inundación por drenajes pluviales, y se clasificó de la siguiente forma: Las áreas con riesgo por ascenso de los niveles de marea como el escenario de inundación fuerte por ascenso de los niveles de marea para el proyecto, y las áreas con riesgo de inundación por drenajes pluviales como la inundación pluvial del proyecto. Esta última información se dividió, para el estudio, en dos grupos: áreas con inundación pluvial moderada y con inundación pluvial fuerte.

- **Geoamenazas:** Información extraída de los mapas de identificación de geoamenazas en el Distrito de Cartagena de Indias (Zona Norte, Sur y Centro), formato PDF del proyecto “Valoración de los niveles de riesgos ambientales en el Distrito de Cartagena”, realizado por la Universidad de Cartagena.
- Para ello se convirtió la información de formato PDF a formato DWG (CAD), en donde se logró escalar el mapa dentro de las coordenadas originales en que fue generado; luego, estos datos se convirtieron a formato SHP (Arcgis), en donde se georeferenció en el sistema de proyección MAGNA y se proyectó de nuevo a SIRGAS (Datum del proyecto); después se extrajo, únicamente, la información relacionada con erosión y fenómenos de remoción en masa o por deslizamientos.

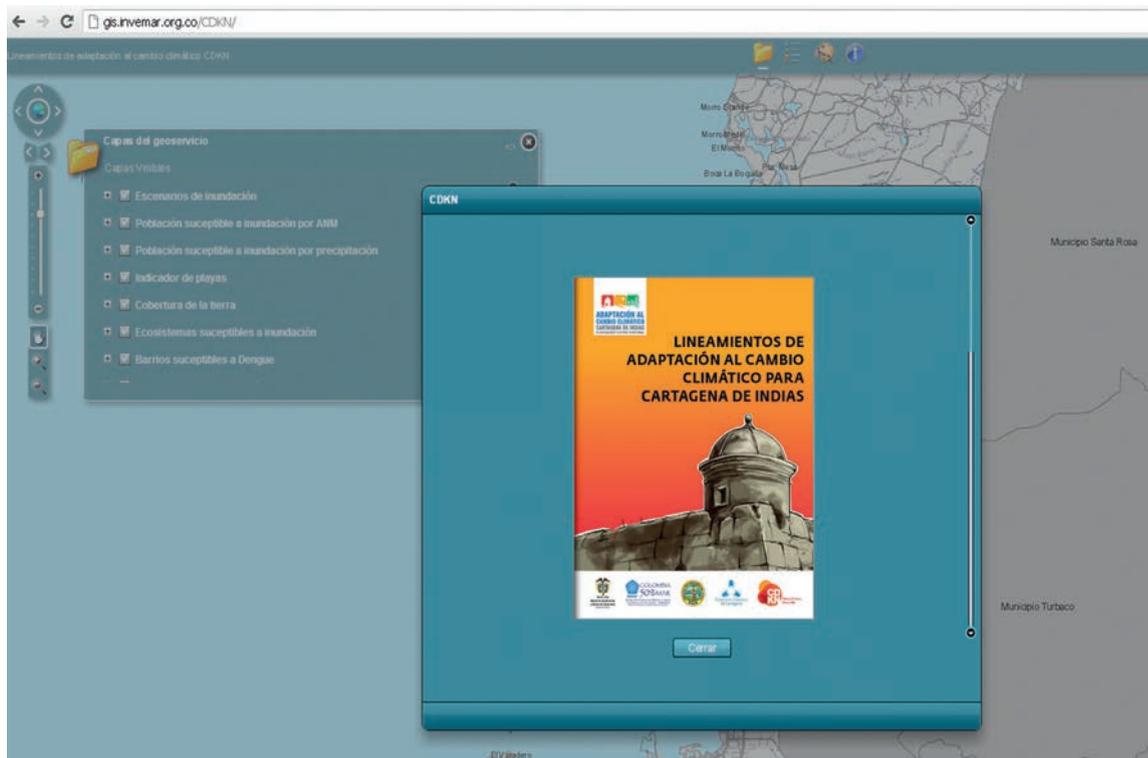


Figura 8. Imagen del geovisor diseñado por el LabsIS-Invemar, actualmente funcionando en línea para consulta interna de los resultados del proyecto (<http://gis.Invemar.org.co/CDKN/>).



- *Amenazas por erosión*: Cobertura resultante del estudio del componente físico desarrollado para el proyecto, en donde se clasifica esta amenaza en rangos de Alta, Baja, Moderada, Muy Alta y Muy Baja.

Geovisor: Es la herramienta de consulta en línea diseñada por el LabSIS-Invemar para el proyecto, que permite acceder a las bases de datos geográficos de los resultados generados dentro del estudio. La información, actualmente disponible en el Geovisor, es únicamente de consulta interna para el proyecto. Una vez la información sea validada y se aprueben los resultados, esta herramienta será publicada por medio de la página web del Invemar. A continuación se presenta la URL de acceso: <http://gis.Invemar.org.co/CDKN/>.



III. Proyecciones climáticas

1. El clima actual

1.1. Generalidades

En la zona litoral del departamento de Bolívar, donde se localiza el Distrito de Cartagena de Indias, el clima sigue el patrón general que se presenta en todo el Caribe colombiano y, de acuerdo con la clasificación climática de Holdridge para todo el territorio nacional, el clima predominante en la zona es cálido muy seco y cálido seco (Ideam, 2005). Corrientemente se presenta un régimen bimodal, con una estación seca que abarca de Diciembre a Abril, caracterizada por la influencia de los vientos alisios del noreste, y una estación lluviosa o de invierno que se presenta el resto del año. Esta última estación es interrumpida por un corto período de transición, en el cual, hay reanudación de vientos y disminución de lluvias entre julio y agosto, y conocido como el “Veranillo de San Juan” (Mesa *et al.*, 1997).

En general, las particularidades de la época seca respecto de las demás épocas del año son: presencia de las más altas velocidades de vientos, las más bajas temperaturas atmosféricas, baja precipitación, alta actividad solar y evaporación. Por el contrario, en la época general de lluvias se presenta la más baja velocidad del viento, alta temperatura atmosférica y precipitación, y la más baja actividad solar y evaporación, en relación con las épocas seca y de transición.

A nivel interanual, los parámetros meteorológicos presentan una variabilidad que está relacionada con fenómenos climáticos a escalas regionales e, incluso, globales; esto hace que

se presenten en la zona períodos de años húmedos y secos, con características de evaporación, velocidad del viento y temperatura asociados a la disminución o incremento de precipitación.

1.2. Temperatura

De acuerdo con los registros de la estación meteorológica del Ideam, Rafael Núñez, la temperatura promedio multianual del período 1995-2005 en Cartagena de Indias es de 27,9 °C (Figura 9).

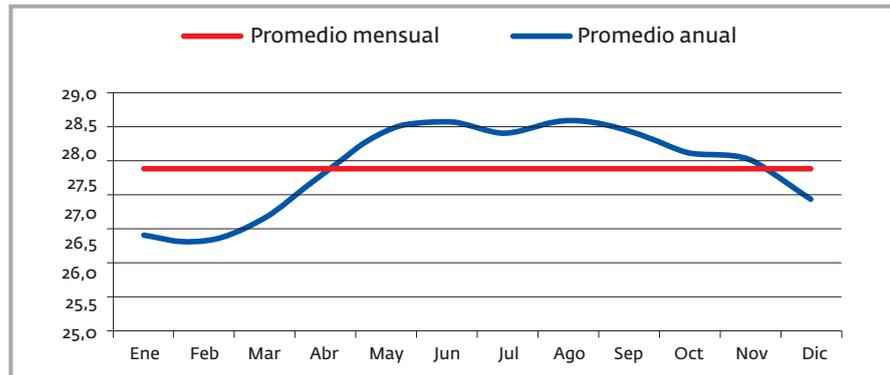


Figura 9. Variación estacional de la temperatura en Cartagena de Indias y temperatura promedio período 1995-2005 (Estación meteorológica Rafael Núñez del Ideam).

Durante este mismo período, Ecoversa (2010), en el estudio de oferta hídrica para la zona hidrológica “Caribe Litoral” que incluye a la ciudad de Cartagena de Indias, identificó una tendencia positiva de aumento de la temperatura terrestre para el período 1970-2005. En consecuencia y de acuerdo con la tendencia histórica, se espera un aumento de 0,017 °C por año o 0,17 °C por década.

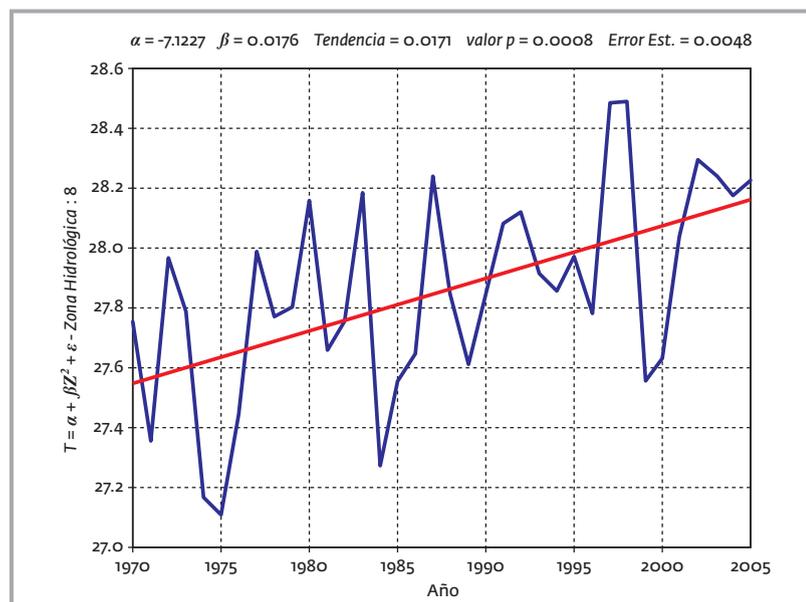


Figura 10. Tendencia de aumento en temperatura media anual en Cartagena de Indias (Ecoversa, 2010).



Por otra parte, el estudio (Kholostyakov, 2010) analizó la variabilidad estacional e interanual de la temperatura superficial del mar (TSM) en diferentes puntos del Caribe colombiano y su relación con el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS), y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). El estudio utilizó como fuente de información de la variable TSM la base de datos del centro NOAA (Physical Sciences Division, ESRL (NOAA) [<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.coads.1deg.html>]), con un período de registro de 30 años, entre enero de 1971 y diciembre de 2000, para el área de estudio, localizada entre los 8° y 15° de latitud norte y longitudes entre 84° y 70° Oeste.

De acuerdo con dicho estudio, la temperatura de la superficie del mar fluctúa en el rango de 25 - 28 °C para la región Caribe, con un valor promedio de 27.69 °C para el período 1971-2000.

En la Figura 11 se registra la variación estacional de la temperatura, y en la Figura 12 se muestran los gradientes de temperatura a lo largo del Caribe colombiano, donde se observa un promedio multianual de aproximadamente 27.9 °C para Cartagena de Indias.

Segun Kholostyakov (2010), el análisis de la variabilidad interanual de las series obtenidas mostró para las regiones analizadas una tendencia de incremento de la temperatura superficial del mar, en el período analizado, del orden de 0.02 °C por año, lo que resulta en un incremento de 0.61 °C a 0.64 °C al final del período de 30 años.

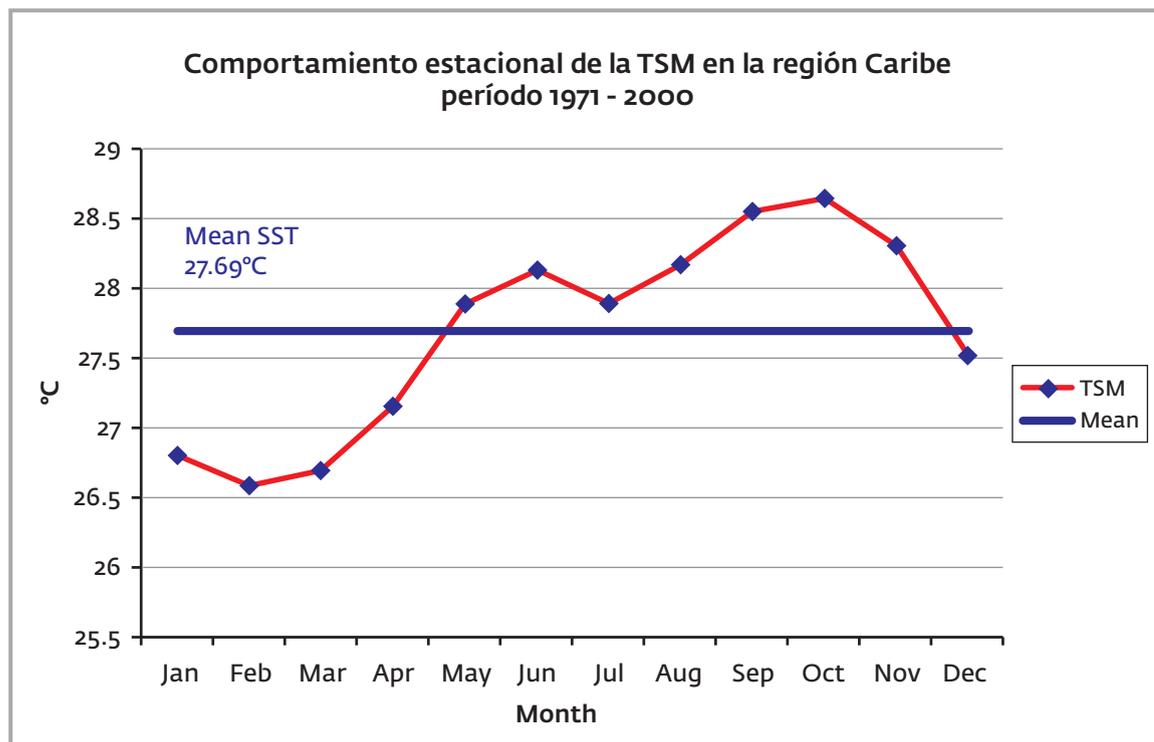


Figura 11. Comportamiento estaciones de la TSM en la región Caribe período 1971-2000 (Kholostyakov, 2010).

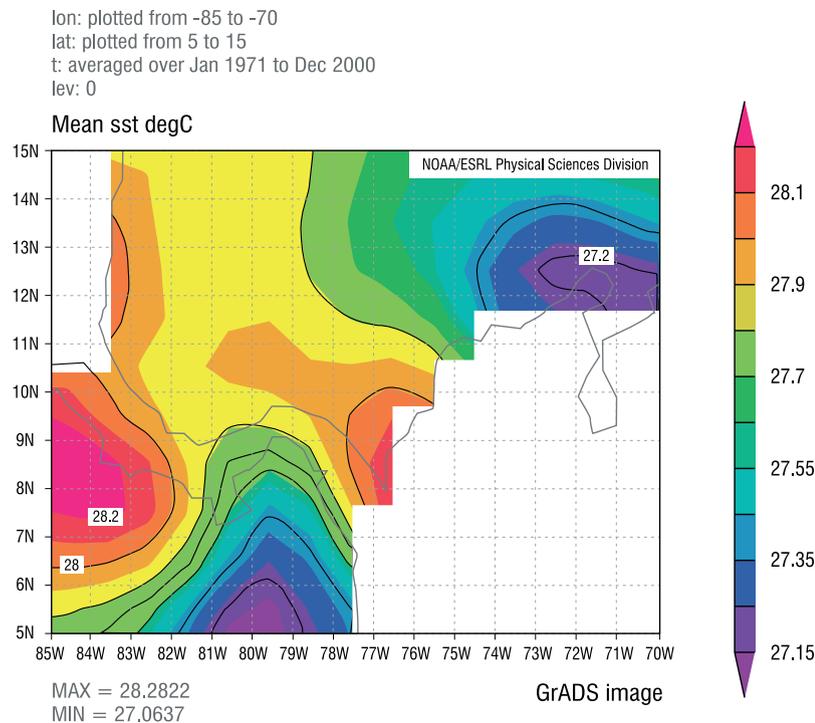


Figura 12. Promedio de la TSM período enero 1971 a diciembre de 2000. Fuente: NOAA (<http://icoads.noaa.gov/data.icoads.html>). Tomada de Kholostyakov (2010).

1.3. Precipitación

En esta sección se presenta un análisis descriptivo de la precipitación en la ciudad en los últimos 40 años y, a partir de dicho análisis, se cuantifica el aumento en frecuencia e intensidad de la precipitación en Cartagena de Indias.

La unidad temporal de análisis que se seleccionó para este estudio fue la precipitación mensual, ya que, si bien un evento diario podría causar inundaciones temporales, los mayores impactos se presentan por el efecto acumulativo de las lluvias, que causa la permanencia de las inundaciones durante varios días.

En términos generales, las lluvias en el departamento de Bolívar son de carácter convectivo (térmico y dinámico), presentándose la mayor inestabilidad atmosférica de mayo a noviembre debido al desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el cual influye en la producción de las lluvias, principalmente en el mes de octubre, que presenta la mayor precipitación promedio mensual y el registro máximo de lluvia en 24 horas. Las mejores condiciones para que se produzcan las lluvias se dan después del período de mayor radiación, posterior al medio día, cuando se produce simultáneamente el ascenso y descenso del aire; allí la turbulencia del aire cerca del suelo adquiere movilidad y logra suficiente desarrollo.

En la Figura 13 se presenta el nivel promedio multianual de precipitación mensual en Cartagena de Indias para el período 1971-2011. Puede observarse cómo el régimen de precipitación en



Cartagena de Indias se caracteriza por dos temporadas en el año: una temporada seca con precipitaciones por debajo de los 50 mm al mes, desde diciembre hasta abril, y una temporada de lluvias de mayo a noviembre. Los meses de mayor precipitación son octubre, noviembre y septiembre. En el mes de octubre se presentan los mayores niveles de precipitación, con un promedio mensual multianual de 250 mm.

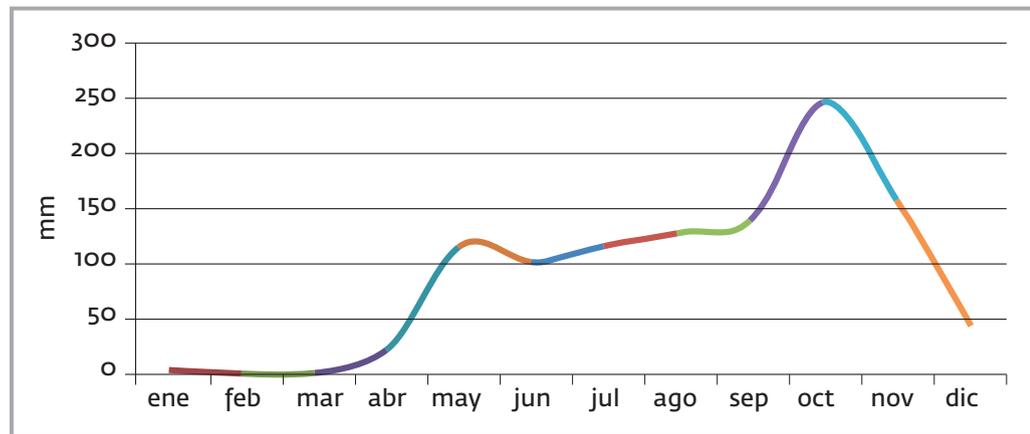


Figura 13. Precipitación promedio mensual multianual en Cartagena de Indias (1971-2011) (Estación meteorológica Rafael Núñez del Ideam).

Los vientos que afectan la zona de estudio son los alisios del noreste, cuyo régimen anual está relacionado con el invierno del hemisferio norte (Mesa *et al.*, 1997). Para el área de estudio se observó la estacionalidad anual típica, que consiste en una época de vientos o seca de diciembre a abril, cuando se presentan los máximos recorridos; un período de transición con vientos que disminuyen de intensidad, seguido de un veranillo a mitad de año con vientos fuertes, nuevamente (julio y agosto), y la estación más lluviosa, con vientos débiles, entre septiembre y noviembre (Andrade, 1993).

Los vientos alisios son los causantes de la escasa lluvia en la faja litoral debido a que soplan en dirección a las colinas, lo que impide la formación de nubes. Así pues, la presencia de colinas de dirección suroeste - noreste en el área de estudio y la poca altitud de las mismas no modifican la dirección de los vientos alisios ni producen circulaciones locales, ya que la poca altura del relieve hace que no haya barreras que puedan detener los vientos y acumular nubes y que, por lo tanto, no se produzcan variaciones ambientales significativas.

La radiación solar está relacionada con la precipitación; Así, por ejemplo, en los meses de menor precipitación se presenta la radiación más alta. En la zona de estudio, debido a las bajas precipitaciones, el brillo solar es intenso en la mayor parte del año. Hay una tendencia general en la zona costera y es el incremento de las lluvias y la disminución de la temperatura promedio (y, por ende, de la humedad y evaporación) de norte a sur, es decir, hacia Barranquilla la precipitación promedio es más baja y la temperatura promedio es más alta que en Cartagena de Indias.

Caracterización de eventos de precipitación extrema en Cartagena de Indias

Para poder caracterizar los eventos extremos de precipitación que causarían inundaciones, es necesario definir el rango superior de la precipitación que, normalmente, se presenta en la ciudad. Para ello se analizó el comportamiento de las precipitaciones en el mes de octubre durante el período 1971-2011 (Figura 14). Las precipitaciones mensuales por encima de dicho rango superior serían catalogadas como eventos extremos que causan inundaciones, independientemente del mes en que se presenten.

El rango normal de la variación de la precipitación en el mes de octubre, determinó adicionando o substrayendo una desviación estándar del promedio.

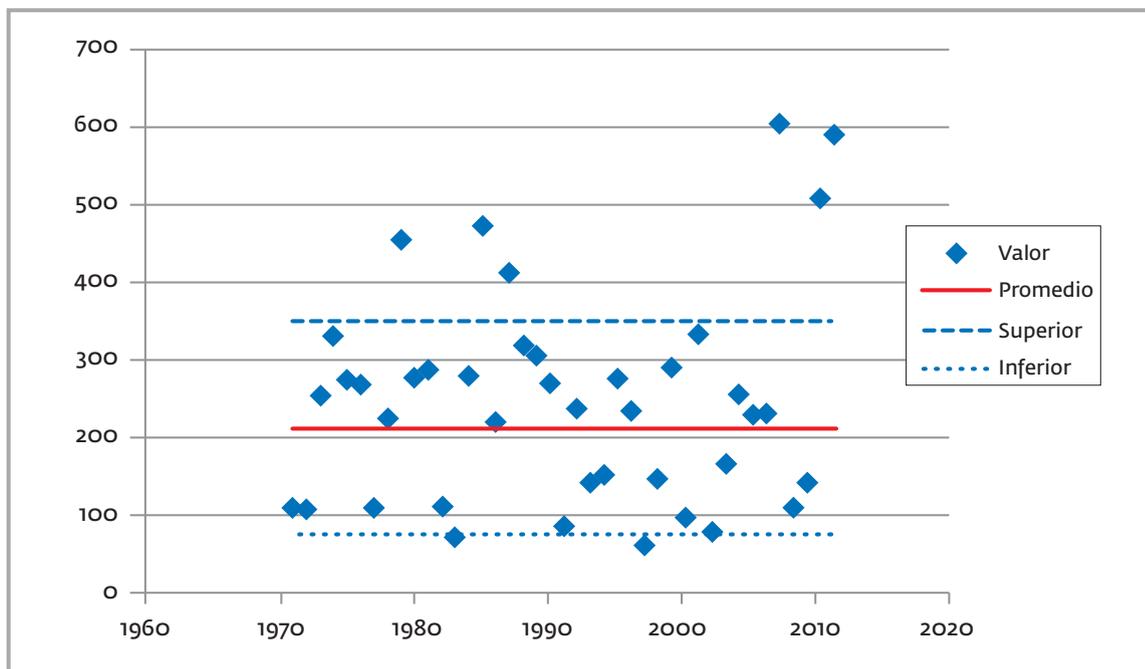


Figura 14. Variación normal de la precipitación en el mes de octubre en Cartagena de Indias (registros de la estación meteorológica Rafael Núñez [1401502] del Ideam en Cartagena de Indias).

El valor superior de la variación normal o típica de la precipitación en Cartagena de Indias se estimó en 350 mm y, por lo tanto, se asume que en los meses que presentan una precipitación mayor a dicho nivel, se evidenciarían inundaciones por lluvias extremas. La Figura 15 muestra los meses y años en los que se presentaron estos eventos extremos en Cartagena de Indias durante los últimos 41 años.

En esta figura se evidencia que durante el período se presentaron diez precipitaciones extremas: seis en el mes de octubre, una en noviembre y otra en agosto, y dos en el mes de julio. En la Tabla 11 se muestran los eventos extremos de precipitación, su magnitud y la fecha en que se presentaron.

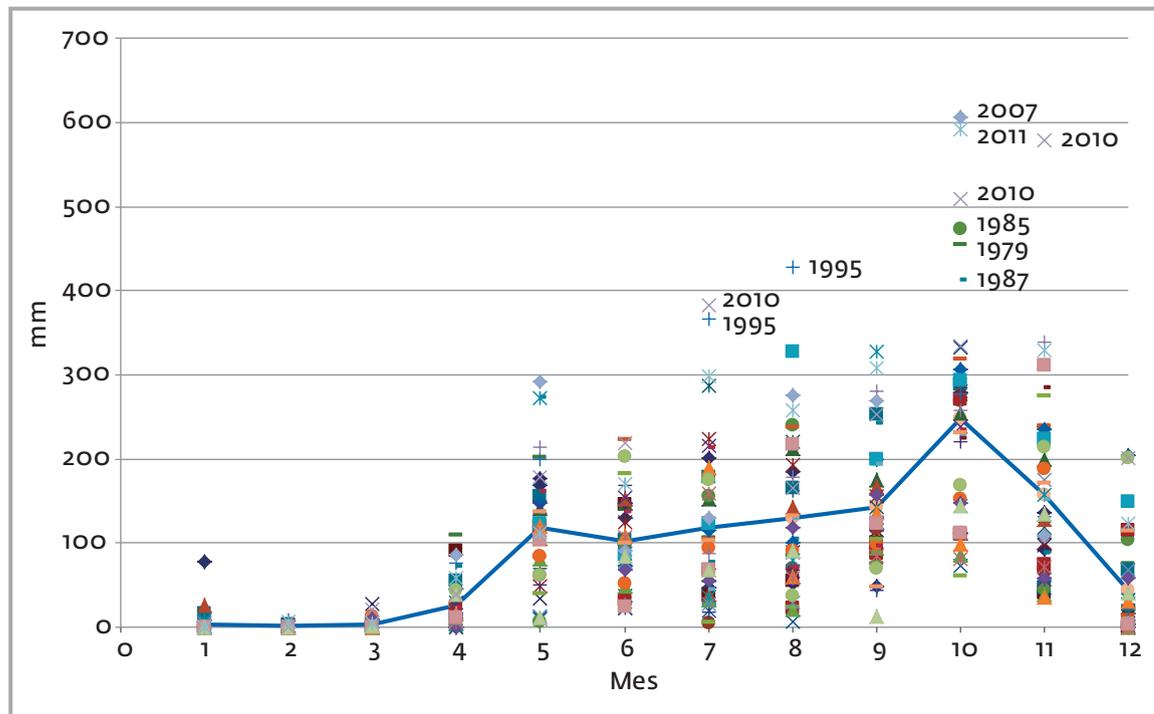


Figura 15. Identificación de eventos extremos de precipitación en Cartagena de Indias (Estación meteorológica Rafael Núñez del Ideam).

Tabla 11. Eventos extremos de precipitación en Cartagena de Indias durante el período 1971-2011

Año	Mes	Precipitación (mm/mes)
1995	julio	366.9
2010	julio	382.5
1995	agosto	428
1979	octubre	455.2
1985	octubre	472.6
1987	octubre	413.4
2007	octubre	605.6
2010	octubre	508.7
2011	octubre	591.9
2010	noviembre	579.5

Con los anteriores datos se realizó el análisis de la frecuencia e intensidad de ocurrencia de estos eventos por décadas (Figura 16). La frecuencia corresponde al número de eventos por década; su probabilidad de ocurrencia corresponde a la relación entre la frecuencia y el número de meses de la década; y, por último, la intensidad se puede medir como el porcentaje de incremento frente al rango superior de la variación normal de la precipitación, es decir 350 mm.

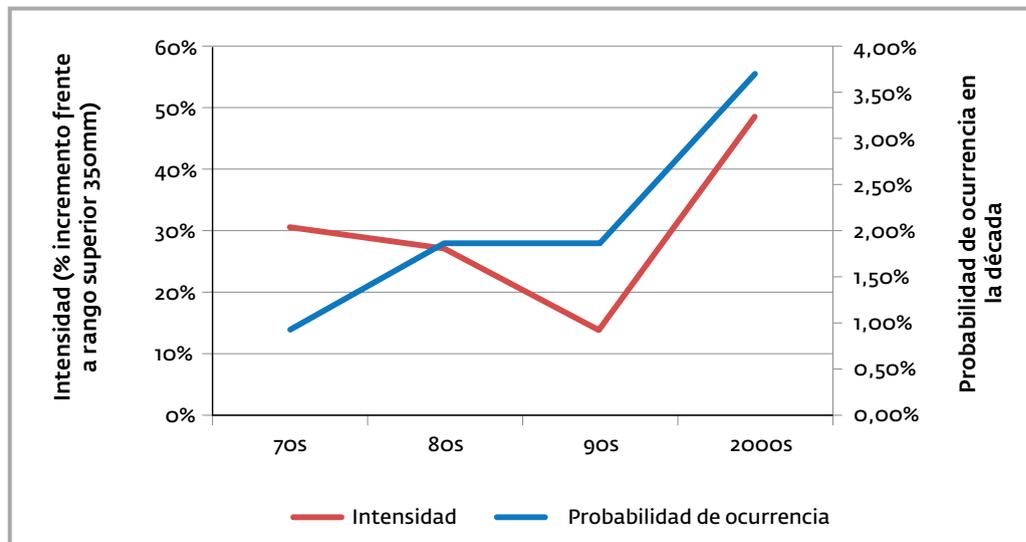


Figura 16. Frecuencia e intensidad de los eventos por décadas.

La anterior confirma que la probabilidad de ocurrencia de los eventos extremos de precipitación mensual ha venido aumentando desde los años setenta, cuando se ubicaba en 1%, llegando a más del 3% en la primera década de este siglo. La intensidad aunque no muestra un incremento continuo, sí muestra un incremento significativo en la última década comparado con los eventos presentados en las décadas de los setenta, ochenta y noventa. Los eventos extremos se han intensificado hasta presentar casi el 50% más de lluvias que el rango superior de la variación normal del mes lluvioso en Cartagena de Indias.

Eventos por cambios anómalos en la temperatura superficial del mar - TSM (El Niño-La Niña).

La temperatura superficial del mar es una de las características más utilizadas en los estudios de variabilidad climática, por la relación y el intercambio de calor y humedad con la atmósfera. Bajo condiciones normales, entre más caliente es la superficie del mar, más calor y humedad se concentra en los niveles inferiores de la atmósfera, lo que crea condiciones inestables —aire frío y seco en niveles medios, aire caliente y húmedo en los niveles bajos— contribuyendo al desarrollo de tormentas tropicales (Kholostyakov, 2010).

Esta relación ha dado origen a la caracterización del fenómeno del Niño-Oscilación Sur (ENOS), que se define como un cambio anómalo en la temperatura superficial del mar (TSM) en la zona ecuatorial del Pacífico central y oriental (El Niño-La Niña), acompañado o precedido por cambios en los patrones de presión del aire sobre el Pacífico (Oscilación Sur).

Cuantitativamente, el fenómeno se traduce en un índice de las anomalías de la temperatura superficial del mar con una magnitud mayor a 0.5 °C, sostenible por un período igual o superior a 5 meses consecutivos. Los eventos son clasificados como El Niño, si la anomalía es positiva, o La Niña, si la anomalía es negativa, como se ve en la Figura 17.

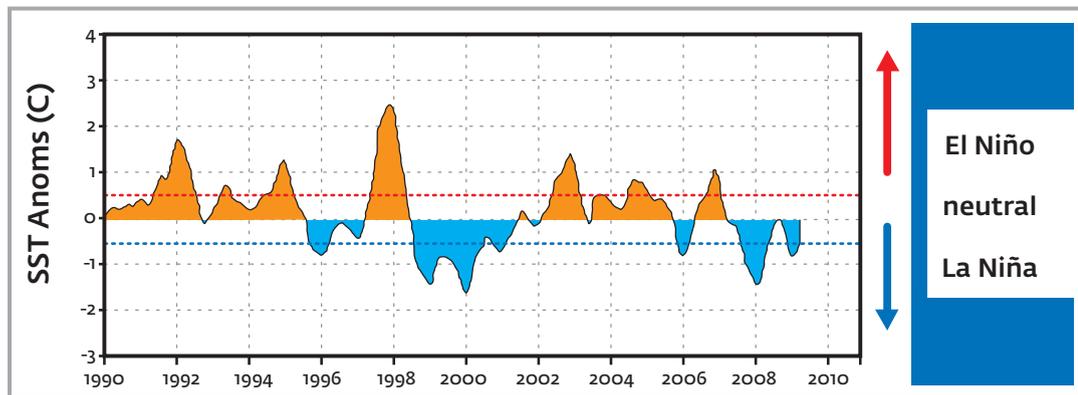


Figura 17. Anomalías de temperatura superficial del mar (Kholostyakov, 2010).

La ocurrencia de este fenómeno es cíclica, con períodos irregulares en un intervalo de 2 a 7 años, y con una duración de 5 meses a 2 años.

A la fecha el país no cuenta con una estimación del aumento de la frecuencia o intensidad de eventos extremos como consecuencia del cambio climático. Sin embargo, en los dos últimos años se ha evidenciado que uno de los mayores impactos del cambio climático se dará por sus efectos en los eventos extremos. Por lo tanto, a pesar de la ausencia de estimaciones oficiales, se considera necesario incorporar el análisis de riesgos socio-económicos por aumento en frecuencia e intensidad de eventos extremos para Cartagena de Indias.

1.4. Nivel del mar

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) cuenta con una red mareográfica encargada de obtener, en tiempo real, información detallada sobre el comportamiento del nivel del mar en las costas colombianas. En la actualidad la red mareográfica del Ideam cuenta con 7 estaciones registradoras en los principales puertos y zonas insulares, a lo largo de las Costas Pacífica y Caribe. En la ciudad de Cartagena de Indias está localizado un mareógrafo en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), con sede en la Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla de la Armada Nacional. La estación consta de una caseta mareográfica, donde se encuentra un limnógrafo de flotador y contrapeso. La estación ha registrado el nivel del mar, diariamente, desde el año 1952 hasta hoy (Ideam, 2010).

Según Malikóv (2010), en el período de registro del nivel del mar en el puerto de Cartagena de Indias (1952-1993) se observan oscilaciones de ascenso y descenso de largo período, con un ciclo de 18-19 años. En los años 1960-61 el nivel del mar general mantuvo mínimos valores; empezó a subir y tuvo máximos niveles en 1978-79, luego descendió. En la actualidad el nivel está ascendiendo, como se observa en la Figura 18.

De acuerdo con dicho análisis, la tendencia general durante los 42 años analizados es ascendente, con una tasa promedio anual de 3.6 mm/año. Durante este período el nivel del mar ha subido en Cartagena de Indias 151.5 mm.

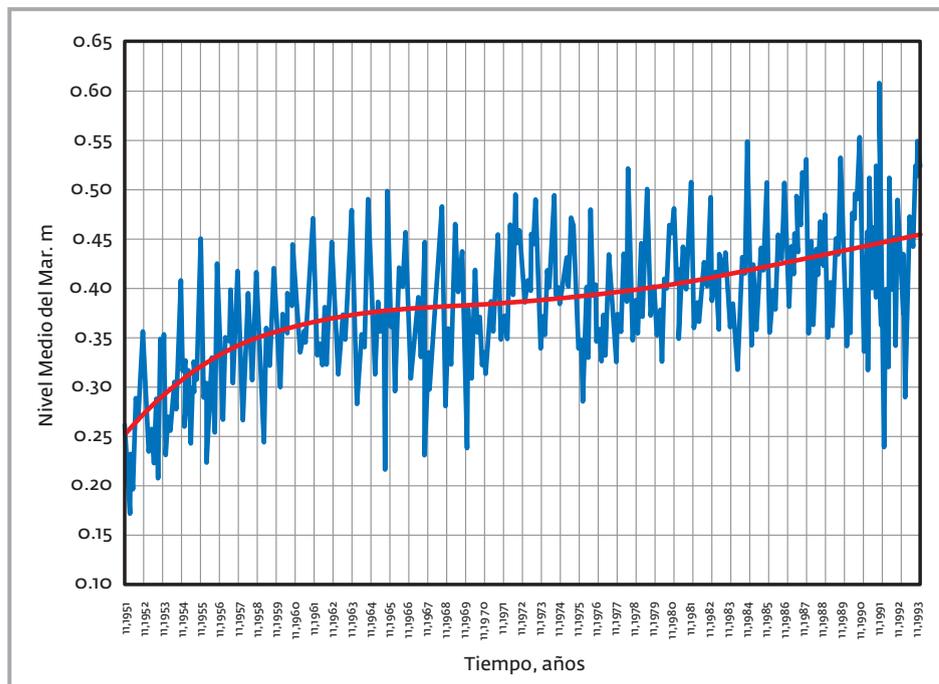


Figura 18. Cambios periódicos en el nivel del mar en Cartagena de Indias.

Este aumento es consistente con el estimado a nivel global por el IPCC en su cuarto informe de evaluación, en el cual el ascenso ha ocurrido en el último siglo, con una tasa de 1,8 mm/año y, recientemente, durante el período 1993-2003, con tasas entre 2,8 y 3,1 mm/año que serían, parcialmente, consecuencia del cambio climático.

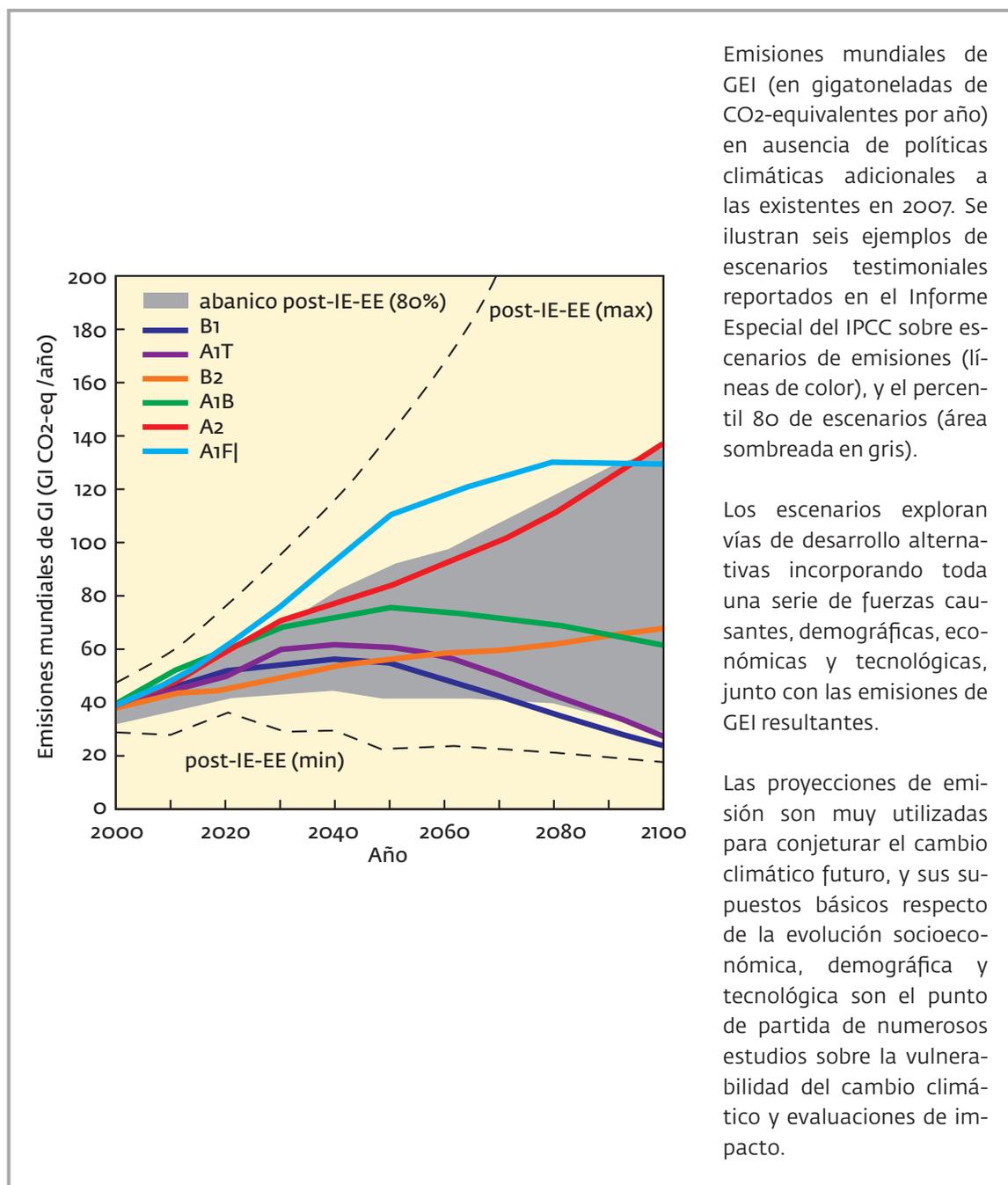
2. El clima del futuro

Con el objeto de proyectar los escenarios de cambio climático y evaluar la vulnerabilidad de la ciudad, se revisaron los estudios existentes sobre las tendencias de los datos históricos de las amenazas climáticas de temperatura, aumento del nivel del mar y eventos extremos, y las proyecciones o tasas de variaciones esperadas en el tiempo.

2.1. Aumento de la temperatura

La proyección del aumento de la temperatura se toma de los resultados obtenidos para el Distrito de Cartagena de Indias de Indias en el marco del estudio nacional desarrollado por Ideam *et al.*, (2008). Dicho estudio generó escenarios de cambio climático para 24 regiones del país utilizando el modelo PRECIS, con resolución espacial de 25x25 km.

Las variables climáticas modeladas fueron la precipitación y la temperatura del aire. Los resultados se presentan como los cambios proyectados con respecto a los promedios multianuales correspondientes al período 1961–1990, para concentraciones de gases efecto invernadero asociados a los escenarios de emisión A2 y B2 del IPCC en el período 2070–2100.



Emisiones mundiales de GEI (en gigatoneladas de CO₂-equivalentes por año) en ausencia de políticas climáticas adicionales a las existentes en 2007. Se ilustran seis ejemplos de escenarios testimoniales reportados en el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (líneas de color), y el percentil 80 de escenarios (área sombreada en gris).

Los escenarios exploran vías de desarrollo alternativas incorporando toda una serie de fuerzas causantes, demográficas, económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de GEI resultantes.

Las proyecciones de emisión son muy utilizadas para conjeturar el cambio climático futuro, y sus supuestos básicos respecto de la evolución socioeconómica, demográfica y tecnológica son el punto de partida de numerosos estudios sobre la vulnerabilidad del cambio climático y evaluaciones de impacto.

Figura 19. Proyección de emisiones de GEI por escenarios (IPCC, 2007).

Para dicho estudio se tomaron los resultados asociados al escenario A2, el cual modela niveles de emisión para un mundo con desarrollo heterogéneo, crecimiento poblacional fuerte, desarrollo económico lento y cambio tecnológico lento. Se escogió este escenario por estar asociado con mayores incrementos de temperatura y, por lo tanto, más idóneo para contribuir a un análisis conservador de riesgos. El siguiente mapa (Figura 20) muestra el resultado del estudio de Ideam *et al.*, (2008) para todo el país.

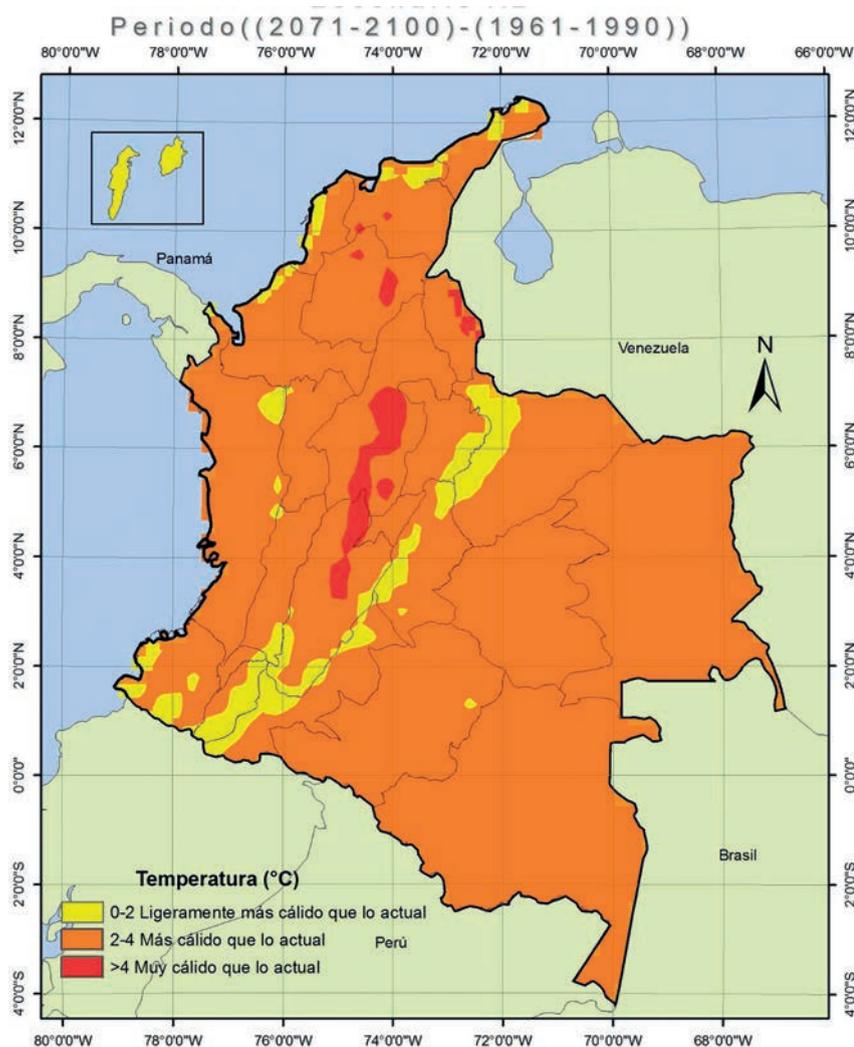


Figura 20. Cambio en la temperatura media anual (°C) modelado para el escenario Az.

Específicamente para la región denominada “Litoral Caribe Central”, que incluye al Distrito de Cartagena de Indias, el estudio proyecta un aumento de la temperatura entre 2 y 4 °C, con un valor medio de 3 °C. Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con los registros de la estación meteorológica del Ideam, Rafael Núñez, la temperatura promedio multianual del período 1995–2005 en Cartagena de Indias es de 27,9 °C. En consecuencia, la temperatura esperada con cambio climático en el período 2070–2100 en Cartagena de Indias es de 30,9 °C.

Para construir los escenarios del año 2019 y el 2040 se asume que el incremento de la temperatura será uniforme, es decir, tendrá un valor de 0,3 °C por década. Lo anterior implica que la temperatura promedio proyectada para 2019 es de 28,5 °C y para el 2040 de 29,1 °C.

Teniendo en cuenta que no existen modelaciones para proyectar la temperatura superficial del mar, en escenarios de cambio climático específicos para Colombia, se tomó el nivel promedio obtenido por (Kholostyakov, 2010), asumiendo que tendrá el mismo comportamiento de incremento que la temperatura terrestre descrita anteriormente.



2.2. Ascenso del nivel del mar

Según Andrade (2002) y Restrepo y López (2008), con base en los datos existentes sobre las variaciones en el nivel del mar en la ciudad de Cartagena de Indias (registran ascensos de 15 a 22 cm en los últimos 100 años), se calcula que pueden esperarse aumentos del orden de 2 a 5 mm por año, que llegarían a alcanzar entre 80 cm y 1 m para el año 2100 (Figura 21).

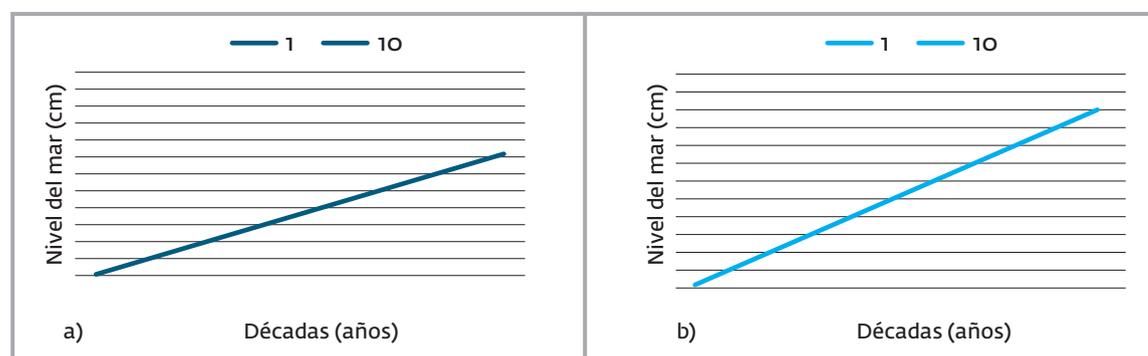


Figura 21. Incremento del nivel del mar por décadas, asumiendo un tasa constante de aumento del orden de 0,36 (Figura a) a 5 cm (Figura b) por año.

Estos valores de aumento en el nivel del mar para una zona plana, como lo es la ciudad de Cartagena de Indias (e, incluso, muchas otras un poco deprimidas cercanas a la línea de costa), significan la pérdida paulatina de grandes áreas de terreno y la extensión de las inundaciones que ocurran durante los períodos invernales.

De igual forma, aumentos anormales de altura de ola ocasionados por sistemas atmosféricos de bajas presiones, denominados “mares de leva”, generan inundaciones y retrocesos significativos en la zona litoral de la ciudad de Cartagena de Indias (especialmente en áreas bajas como los barrios de Bocagrande, El Laguito y La Candelaria). Este fenómeno afecta toda la costa Caribe durante los meses secos, principalmente entre enero y marzo, registrándose hasta cinco veces en un mismo mes.

2.3. Lluvias extremas

Se asume que seguirá la misma tendencia de aumento en probabilidad de ocurrencia e intensidad de la siguiente manera:

- La probabilidad de ocurrencia de los eventos extremos de precipitación mensual en la década de los setenta fue de alrededor del 1%.
- La probabilidad de ocurrencia de los eventos extremos de precipitación mensual en el 2000 llegó a más del 3% y en el 2011, aproximadamente, a un 7%.

Los incrementos por década se presentan en la Tabla 12.



Tabla 12. Probabilidad de ocurrencia de eventos extremos de precipitación en Cartagena de Indias

Período	Frecuencia	Intensidad	Probabilidad de ocurrencia
Años setenta	1	30%	0.93%
Años ochenta	2	27%	1.85%
Años noventa	2	14%	1.85%
Años dos mil	4	49%	3.70%
2011	1	69%	7%
Estimado 2010-19	9	50%	7%
Estimado 2020-29	18	40%	15%
Estimado 2030-39	18	40%	15%
Estimado 2040-49	36	70%	30%



IV. Vulnerabilidad actual

1. Vulnerabilidad actual

En este estudio la vulnerabilidad corresponde a las condiciones actuales del sistema (PNUD, 2005) que son susceptibles de sufrir daños; y se entiende como la línea base de vulnerabilidad definida por las condiciones biofísicas y socioeconómicas.

Los factores tomados en cuenta para el estudio de la vulnerabilidad actual del área, son aquellos de los cuales esta depende como son: La sensibilidad y capacidad del sistema biofísico y socioeconómico; así como el carácter de las amenazas.

1.1. Condiciones biofísicas

Esta sección contiene una descripción del estado actual de los principales componentes del subsistema biofísico, como son: la línea de costa, el recurso hídrico y los ecosistemas en el Distrito de Cartagena de Indias. En el anexo B y C, se presenta información complementaria referente a la caracterización geomorfológica y oceanográfica del área de estudio.

El estado actual de estos componentes explica su sensibilidad y capacidad para afrontar los efectos de amenazas del clima actual y los efectos adversos del cambio climático, en particular la variabilidad del clima futuro y los cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos.



La línea de costa

La zona litoral del departamento de Bolívar se encuentra dentro del denominado cinturón del Sinú-San Jacinto, el cual está formado por dos provincias tectonoestratigráficas denominadas con los mismos nombres (Duque-Caro, 1984). Las variaciones topo-batimétricas se encuentran en un rango que oscila entre los 220 msnm hasta los 2.670 m de profundidad. En la parte emergida las mayores elevaciones alcanzan valores máximos de 220 m en los alrededores del alto de Albornoz, cerca de la ciudad de Cartagena de Indias.

La línea de costa puede ser dividida desde un punto de vista geológico-geomorfológico en seis tipos de costa (Martínez, 1993), según la respuesta de los materiales en la zona litoral a los agentes marinos (Nicholls *et al.*, 1995; European Commission *et al.*, 2004), así:

- Costa de rocas cohesivas.
- Costa de rocas no cohesivas.
- Playas.
- Planicies pantanosas-lodosas.
- Zonas deltaicas.
- Costas urbanizadas.

El inventario realizado por Posada y Henao (2008) en la zona litoral del departamento de Bolívar refleja que de los 366 km de línea de costa, el 16% corresponde a rocas cohesivas, el 24% a rocas no cohesivas, el 16% a playas y otros depósitos arenosos, el 18% a zonas pantanosas y lagunas, el 11% a sistemas deltaicos o estuarinos, y el 15% corresponde a una costa urbanizada o artificial. De estas, por su extensión, son representativas para la ciudad de Cartagena de Indias las costas de rocas no cohesivas, las playas, planicies lodosas y las costas urbanizadas, cuyas características del estado actual se resumen en la Tabla 13.

Tabla 13. Características del estado actual de los tipos de costa del distrito de Cartagena de Indias.

Tipo de costa	Características
La costa con rocas no cohesivas	Rocas poco resistentes al embate de las olas en la base del acantilado (Martínez, 1993). Se caracterizan por ser frágiles, poco consolidadas, altamente deleznable y afectadas por fracturas y erosión. Ejemplo: terrazas coralinas en Tierrabomba.
Las playas	Es la unidad predominante y está asociada a playones, espigas y barras, que son acumulaciones arenosas localizadas a lo largo de la línea de costa actual, detrás de la playa actual o de otra unidad costera baja, como pantanos de manglar o lagunas costeras.
La costa lodosa y lagunar	Comprende los pantanos de manglar y otras zonas cenagosas o propensas a la inundación, así como las lagunas costeras y los salares. Son ejemplos de este tipo de costa la ciénaga de Tesca, Mamonal.
La costa urbanizada o artificial	Se refiere a la línea de costa de la ciudad de Cartagena de Indias y a pequeñas poblaciones que han crecido en la zona costera.



La zona turística de Cartagena de Indias ha crecido, principalmente, a expensas de geoformas costeras de depositación lineal, como espigas y barras, y de rellenos antrópicos de las zonas de manglar aledañas. La ocupación de terrenos de pantanos de manglar y lagunas costeras se hizo más intensa en las últimas décadas, al punto de crear graves problemas para los ecosistemas debido al desequilibrio de los procesos de transporte y sedimentación. Actualmente la ciudad se encuentra completamente protegida por estructuras para defenderse de la erosión que, sin embargo, han demostrado ser ineficientes.

Evaluación del estado actual de la línea de costa

En la actualidad el departamento de Bolívar, y en especial el municipio de Cartagena de Indias, es uno de los destinos turísticos más importantes de Colombia. Este departamento registró la llegada de 171000 turistas extranjeros en el último año (Rangel *et al.*, 2011). Gracias a esto y a las condiciones excepcionales de su entorno, a futuro se prevé el desarrollo de proyectos urbanísticos de alto nivel, los cuales, en la mayoría de los casos, estarán ubicados muy cerca de la línea de costa. No obstante, este desarrollo se está viendo afectado por una notoria erosión costera que, en ocasiones, supera los 3 m/año (Correa, 2005; Posada y Henao, 2008; Rangel *et al.*, 2010).

El estado actual de la línea de costa del Distrito de Cartagena de Indias es resultado de la interacción de varios factores, entre los que se destacan el cambio climático, mares de leva, ascenso del nivel del mar, modificaciones en el transporte de sedimentos e intervenciones antrópicas tales como construcciones de infraestructuras y obras de protección.

La construcción de estructuras sobre la costa generó una ocupación, muchas veces exagerada, que alteró el entorno natural del sistema costero. De igual forma, estas estructuras permitieron la preservación de algunas zonas, pero causaron desequilibrios importantes en el balance sedimentario de otras. En muchos de los casos los procesos de erosión se vieron multiplicados y se generaron nuevas zonas de erosión, consecuentemente, obligando a la instalación de nuevas estructuras según el denominado "efecto dominó" (Cooper *et al.*, 2009)

En el departamento de Bolívar, un total de 289 estructuras con una longitud total de 44 km, fueron observadas en los 370 km que conforman su línea de costa. En la ciudad de Cartagena de Indias las estructuras predominantes fueron los puertos y muelles, cuya longitud total es de 19,5 km y constituyen el 44 % del litoral. Un total de 111 espolones con una longitud de 4 km, fueron mapeados entre los sectores de Castillogrande y Crespo (zona turística de Cartagena de Indias); estos se empezaron a construir desde los años 50 para contrarrestar la erosión a lo largo de las playas más importantes (p. ej. El Laguito, Bocagrande, Las Tenazas y Marbella). Otras estructuras cartografiadas fueron: 40 muros (9,5 km), 22 rompeolas (1,73 km), 1 cerca de dunas (1 km), 1 jetty (763 m), 2 paseos marítimos (698 m), 1 piscina para la extracción de sal (3,6 km) y 1 piscina para el cultivo de camarones (1,8 km).



Figura 22. Playa de Bocagrande, sector turístico Cartagena de Indias. Se aprecian los espolones construidos para contrarrestar el efecto de la erosión.

El análisis de la evolución reciente de la línea de costa realizado a partir de la comparación multitemporal de fotografías aéreas, tomadas entre los años 1994-2011, arroja como resultado el mapa de amenaza por erosión costera (Figura 23). Según el mapa de erosión, el 15.14% de la línea de costa del departamento de Bolívar puede ser catalogada dentro de un rango de amenaza muy baja o baja, el 25.10% dentro de un rango de amenaza moderado y el restante 59.74% dentro de valores de amenaza alta y muy alta.

Las zonas más amenazadas corresponden a las islas de Tierrabomba y Grande, junto con los sectores de Playa Blanca, Playetas, Barú (costado sur), El Laguito, Bocagrande, Centro Histórico de Cartagena de Indias y Punta Canoas. Estas áreas, además de registrar un alto grado de amenaza por erosión costera, presentan un desarrollo urbanístico de intermedio a alto, lo que las convierte en áreas mucho más vulnerables ante este fenómeno.

Los procesos erosivos costeros identificados anteriormente (Cambio climático, ascenso en el nivel del mar, modificaciones en sedimentación, intervenciones antropogénicas) están provocando cambios evidentes y rápidos en la morfología litoral. Tomando en cuenta esto y los resultados obtenidos al determinar la evolución reciente de la línea de costa, se evidencia que un alto porcentaje del litoral del departamento de Bolívar y del Distrito de Cartagena de Indias se encuentra en estado activo de erosión. Las tendencias de cambio en el área de estudio reflejan el predominio de la erosión o acumulación litoral en cuatro sectores, en particular: Playetas, Tierrabomba, Cartagena, La Boquilla, cuyos principales cambios en la línea de costa se detallan a continuación (figuras 23, 24, 25, 26 y 27).

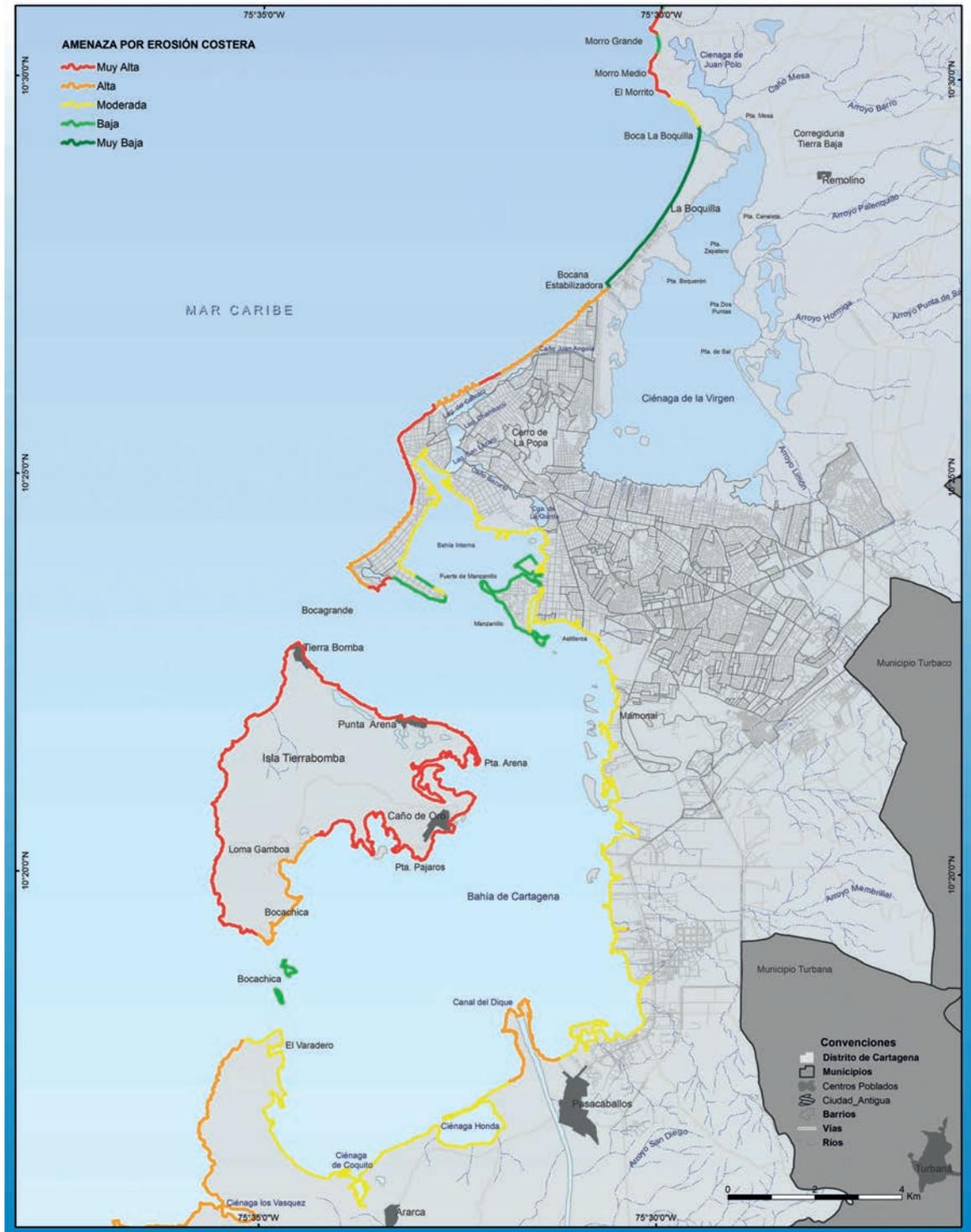


Figura 23. Mapa de amenaza por erosión costera para la línea de costa del departamento de Bolívar y área de estudio.

Sector Playetas

Se encuentra ubicado sobre la vía que de Pasacaballos conduce al corregimiento de Barú al SE de la ciudad de Cartagena. Corresponde a una línea de costa de 4.5 km, orientada en dirección NE, que está formada, principalmente, por pantanos de manglar y se encuentra altamente intervenida en su parte norte. La evolución reciente de la línea de costa de este sector ha estado marcada por una fuerte tendencia erosiva. Es uno de los ejemplos más trágicos de erosión y pérdida de terrenos del litoral Caribe Colombiano.



La evolución reciente de la línea de costa de este sector ha estado marcada por una fuerte tendencia erosiva. Es uno de los ejemplos más trágicos de erosión y pérdida de terrenos del litoral Caribe Colombiano.

Evolución de la línea de costa

Las fotografías aéreas de los años 1994, 2008, 2011 ponen de manifiesto retrocesos costeros que alcanzan magnitudes de -295 metros (en promedio -25 m a lo largo de todo el sector). De manera general, para este sector se registran valores máximos de retroceso en el orden de -12.81 m/año, estando el promedio general en un orden de -1.85 m/año.

Las altas tasas de erosión encontradas podrían ser producto del alto grado de exposición al oleaje y la aparente falta de sedimento de origen calcáreo. En condiciones de oleaje extremo, la parte trasera de la playa se inunda y las olas alcanzan decenas de metros al interior del manglar. Este tipo de oleaje fue el responsable de la pérdida de la carretera que comunica al corregimiento de Pasacaballos con Barú. Como respuesta al retroceso de la línea de costa, los habitantes de la parte norte han construido dos espolones y un enrocado para protegerse de la erosión. Estas obras de reciente elaboración ofrecen una "protección" de manera muy local (solo en la zona frontal) y ocasionan la interrupción del transporte de sedimento con dirección SW, favoreciendo así el retroceso de la línea de costa en la zona central de este sector.

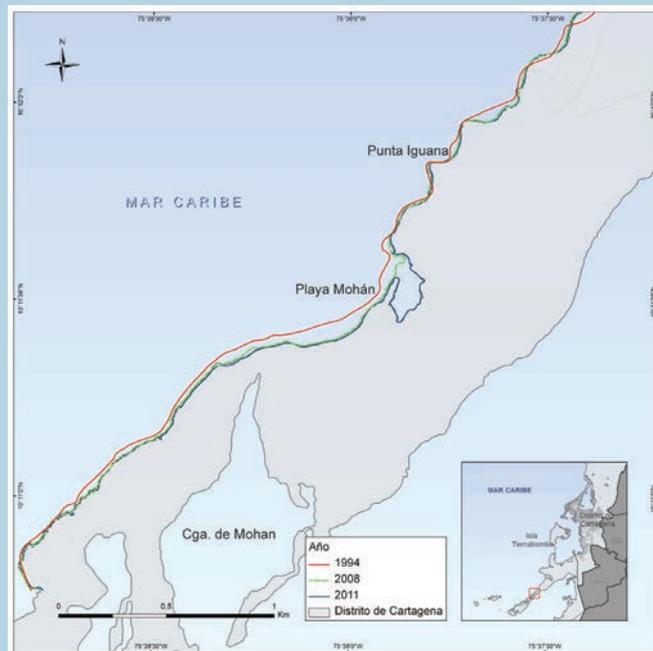


Figura 24. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector Playetas



Sector Tierrabomba

Este sector corresponde a los 7 km de línea de costa septentrional de la isla de Tierrabomba, ubicada al frente de la ciudad de Cartagena. Es una costa, en su mayor parte, rocosa, con orientación WNW y habitada por 7 mil personas, aproximadamente. Su topografía es muy variada, con zonas altas deforestadas que facilitan la erosión, especialmente en los acantilados y zonas de playas naturales e intervenidas.



Evolución de la línea de costa

- Las comparaciones entre fotografías aéreas de los años de 1994-2005-2007-2011 evidencian una condición evolutiva reciente de tipo erosional, principalmente en la zona W que coincide con la zona donde se da el principal asentamiento urbano de esta isla.

- La erosión, medida a partir de las fotografías aéreas, registra cambios de hasta -45.5 m registrados, principalmente, en el período 1994-2005. Los valores de cambio en la línea de costa para los 17 años estudiados son netamente erosivos, encontrándose una tasa promedio de erosión máxima de -3 m/año, con un promedio de 0.63 m/año a lo largo de toda la zona de estudio.

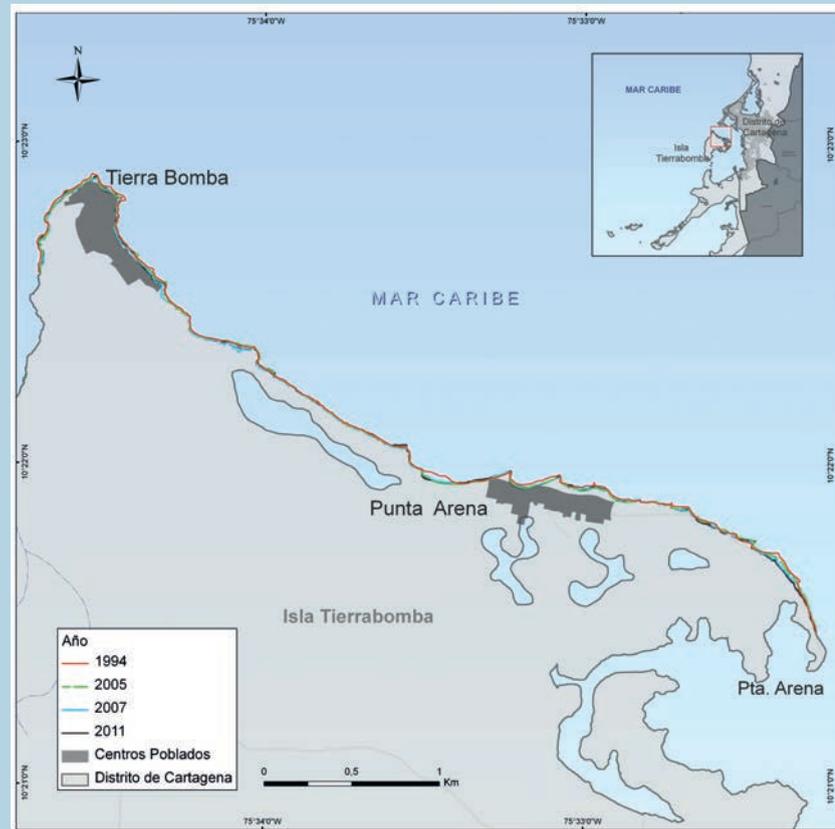


Figura 25. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector de Tierrabomba.

Sector Cartagena

Comprende una línea de costa de 17 km en la ciudad de Cartagena, desde el barrio El Laguito hasta el barrio de Crespo, justo antes del inicio de la Bocana, en las playas de Blas el Teso. Es un sector densamente poblado y desarrollado, donde la evolución costera ha estado estrechamente ligada con la expansión urbana de la ciudad.



Evolución de la línea de costa

- La comparación de las fotografías aéreas de los años 1994-2006-2011 evidencia un predominio general del retroceso de la línea de costa a lo largo de toda el área, con magnitudes máximas de hasta -56 m en sectores como El Laguito, Centro Histórico, Las Tenazas y Crespo (figuras 7 y 8). Para el extremo sur (El Laguito) se calcularon tasas de desplazamiento de hasta -1.58 m/año, equivalentes a un retroceso en la línea de costa de 27 metros.

- En el sector Centro Histórico la erosión ha producido la pérdida total de la playa estando la línea de costa actual asociada al borde de un enrocado que se extiende por 1.6 km y que bordea las murallas de la ciudad. De igual forma, en el área de las Tenazas (área cerrada al público debido a la fuerza del oleaje) se registraron tasas de erosión promedio de -0.25 m/año, encontrándose una tasa máxima de -1.25 m/año.

- De manera general, el sector de Cartagena presenta un valor promedio de erosión de -0.37 m/año, con tasas máximas de retroceso de -6.40 m/año registradas en la zona de Marbella.

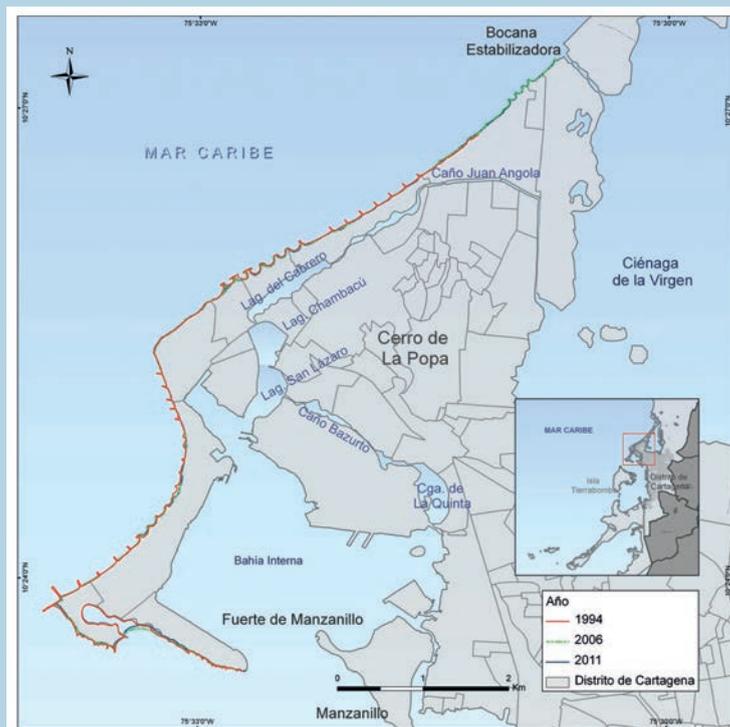


Figura 26. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector de Cartagena.



Sector La Boquilla

Comprende una línea de costa orientada, preferencialmente, en dirección N-S, de 17 km de longitud y que se extiende desde el sector de Blas el Teso, pasando por la Boquilla hasta llegar al corregimiento de Punta Canoas.



Evolución de la línea de costa

- Este sector es el más estable a lo largo de toda la línea de costa del departamento de Bolívar. A lo largo de este se calcularon acumulaciones de hasta 531 m lineales de playa en el sector sur de Punta Canoas, asociados al crecimiento de la espiga litoral del mismo nombre.

- Según Correa (1990), el predominio de la sedimentación litoral en este tramo se inició en algún momento entre 1947 y 1961; esta acumulación trajo consigo la formación de playones arenosos que evolucionaron entre 1974 y 1984 a una espiga litoral con un área de, aproximadamente, 1.5 km², incluida el área correspondiente a una laguna interior somera. Este mismo autor señala avances netos con valores máximos de hasta 800 m en la parte más amplia de la espiga, a los que se asocian tasas de acreción de 15 m/año. Estos datos, más los calculados en este trabajo (para los últimos 17 años), confirman la tendencia acumulativa de este sector.

- Se destaca que, a pesar de encontrarse valores altos de acumulación, la construcción de nuevos proyectos inmobiliarios está trayendo consigo la destrucción de la espiga litoral y la laguna interior, además de procesos locales de erosión que fueron observados en campo, pero no medidos en fotografías aéreas debido a su reciente ocurrencia.

- Las fotografías aéreas de los años 1994, 2000, 2005, 2011 ponen de manifiesto valores máximos de acumulación en el orden de 30 m/año, estando el promedio general en un orden de 6.52 m/año.

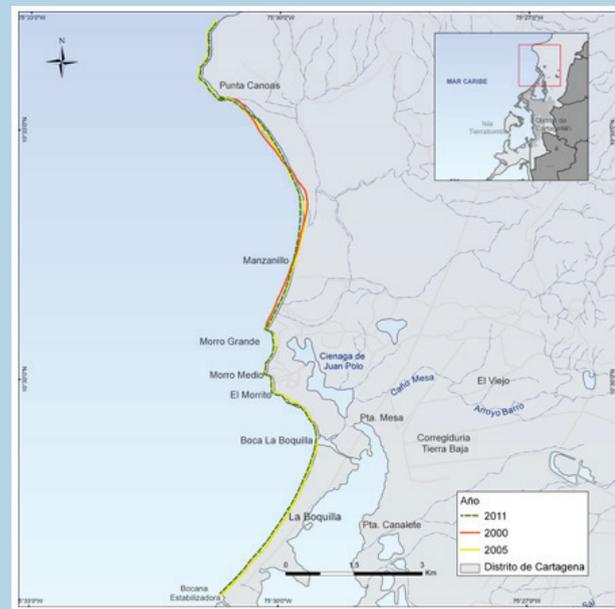


Figura 27. Mapa de cambios en la línea de costa en el sector de la Boquilla.

Ecosistemas en el Distrito de Cartagena de Indias

Los ecosistemas presentes en el Distrito de Cartagena de Indias están representados por playas arenosas, manglares, un complejo de humedales conformado por ciénagas y lagunas costeras, pastos marinos y relictos de bosque seco. Estos ecosistemas ofrecen una serie de bienes y servicios que representan para las comunidades su sustento y, a la vez, posibilidades de protección frente a las amenazas climáticas. Las coberturas que están asociadas a estos ecosistemas se incluyen en la Tabla 14 y Figura 28.

Tabla 14. Extensión de las coberturas asociadas a ecosistemas y su área de distribución por cada una de las localidades del Distrito de Cartagena de Indias. Las unidades de coberturas son tomadas y modificadas de Cardique y PUJ (2007).

Cobertura asociada a ecosistemas	Área (hectáreas)				
	Zona marina	L1	L2	L3	Total general
Arbustales		664,9	1 110,2	692,5	2 467,7
Área verde urbana		1,8	14,0		15,8
Áreas con vegetación escasa y suelo desnudo		2,4	48,5		50,9
Áreas para extracción minera				84,5	84,5
Áreas urbanas concentradas		1 311,4	2073,3	2 184,4	5 569,1
Áreas urbanas discontinuas		209,0		890,5	1 099,5
Bosques heterogéneos		452,7	1 162,1	483,8	2 098,6
Cuerpos de agua			19,3	57,1	76,4
Estanques acuícolas			114,2		114,2
Herbazales		4,1	8,4		12,6
Lagunas costeras		2 285,0	224,8		2 509,8
Manglar		567,0	615,3	100,7	1 283,1
Misceláneo de pastizales y arbustos				192,9	192,9
Misceláneo de pastizales, arbustos y reservorios de agua		2 174,8		567,5	2 742,3
Misceláneo de pastizales abiertos y humedales emergentes				167,4	167,4
Misceláneo pastizales abiertos y parches de arbustales		2,0	660,0	3 108,5	3 770,5
Pastizales abiertos		1 987,5	276,2		2 263,7
Pastizales arbolados			114,4	0,1	114,5
Praderas de pastos marinos	76,3				76,3
Cobertura asociada a las áreas de manglar sin definir (SD)	0,2	268,8	14,6	40,5	324,1
Zona de erosión		0,5	1,2		1,8
Total general	76,5	9 932,1	6 456,4	8 570,5	25 035,5



Los ecosistemas que representan menos del 5% de la zona costera continental son las playas y pastos marinos. Adicionalmente, se encuentran los fondos blandos que dominan la plataforma continental del litoral adyacente al borde costero de Cartagena de Indias (Díaz *et al.*, 2003; Posada y Henao, 2008). Dentro de la bahía de Cartagena de Indias no se registran formaciones de arrecifes de coral. Las áreas coralinas se desarrollan hacia el sistema insular, presentando mayor desarrollo en el archipiélago Corales del Rosario y San Bernardo, y península de Barú, que conforman el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. Dado que el área de estudio no cubre áreas insulares de los archipiélagos del Rosario y San Bernardo, en este trabajo no se contempla el ecosistema coralino.

Playas

Las playas se extienden en forma paralela a la línea de costa. Localmente, constituyen una unidad predominante en la costa del Distrito. Se extienden desde Los Morros hasta Castillo Grande en forma casi continua y con anchos variables, casi siempre mayores de 50 m y con gran contenido de arenas blancas coralinas (Posada y Henao, 2008); En Barú es importante playa Blanca, al igual que las playas de Tierrabomba; No obstante, están altamente expuestas a los procesos hidrodinámicos y a las intervenciones antrópicas. En la Tabla 15, se listan las playas de mayor importancia turística para Cartagena de Indias, junto con su extensión y nivel de erosión.

Tabla 15. Playas de mayor importancia turística en la ciudad de Cartagena de Indias

Localización	Playas	Extensión
Isla Tierrabomba	Tierrabomba	4,29 ha
Cartagena	Playas e Marbella, Crespo, Bocagrande, El Laguito, Castillogrande	4,48 ha
La Boquilla	Desde la bocana de la Ciénaga de la Virgen hasta los Morros	2,70 ha

Pastos marinos

En el Distrito de Cartagena de Indias los pastos marinos tienen una extensión de 3981 ha; Se encuentran distribuidos en las aguas tranquilas y someras, sobre fondos de arena de origen biológico. Conforman una franja de diferentes tamaños, que se pueden encontrar bordeando por completo o en parte y también en la inmediación de las áreas insulares, y en las partes someras de la costa.

Dentro del área de estudio se registran, aproximadamente, 77 ha de pastos marinos, distribuidas a lo largo de la costa norte de la isla de Tierrabomba, en el sector de mar abierto de Bocachica y en un bajo aislado en la bahía interna que circunda el monumento a la Virgen del Carmen. Todos los rodales están dominados por *Thalassia testudinum*, a veces entremezclados con otras especies como *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii* y la presencia de *H. decipiens*, formando rodales mono específicos de poca densidad, al suroccidente de Bocachica, sobre fondo de arena fina (Díaz *et al.*, 2003).

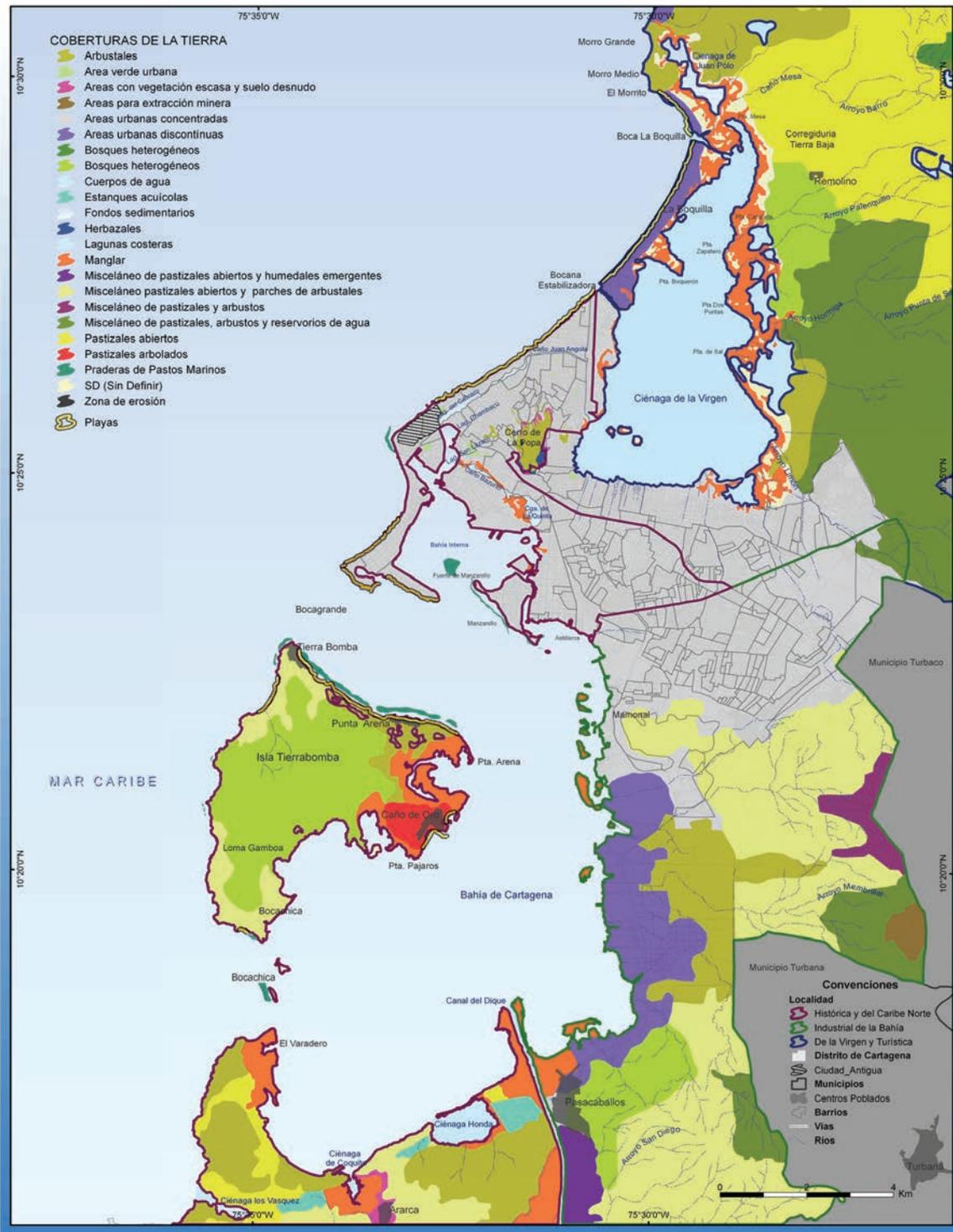


Figura 28. Mapa de cobertura de la tierra asociada a los ecosistemas presentes en el área de estudio del distrito de Cartagena de Indias. Tomado y modificado de Alcaldía de Cartagena (2001), PUJ y Cardique (2007) e Inveimar (2008).



En el interior de la bahía, las praderas de *Thalassia* se desarrollan entre 1,0 y 2,5 m de profundidad, predominantemente sobre fondos de arena gruesa o mixta con fragmento de coral. Pueden estar asociadas con algas marinas, moluscos, cangrejos, esponjas y erizos de mar. Se ven amenazados, principalmente, por la eliminación de aguas residuales sin tratar y descargas de aguas continentales (Díaz *et al.*, 2003).

Según Díaz *et al.*, 2003, este ecosistema es muy susceptible a los cambios de su entorno, lo cual se evidencia por el cambio de cobertura, que fue drástico porque pasó de 1000 a 130 ha entre 1930 y 2001; el problema se originó en el sureste de la bahía a partir de las modificaciones que se realizaron al Canal del Dique. Esto tiene como consecuencia la degradación del hábitat, que se evidencia en la disminución de la cobertura y la alta fragmentación del hábitat con la correspondiente pérdida de fauna asociada (Invemar, 2008).

Humedales y cuerpos de agua

Los recursos hídricos del Distrito de Cartagena de Indias corresponden a los diferentes cuerpos de agua presentes en el área rural (insular) y urbana (cuencas, bahías, quebradas, microcuencas, lagunas y ciénagas). A continuación se presentan los principales cuerpos de agua presentes en la ciudad y en el área rural de influencia del proyecto.

Cuenca hidrográfica de la ciénaga de la Virgen

Tiene una extensión de 516 km². Están incluidas en esta área la zona de manglares, el área inundable y la parte urbana de la ciudad que drena aguas a este receptor (Cardique y CI, 2004). Los canales de mayor importancia, en cuanto a drenajes e inundaciones históricas en la cuenca urbana de la ciénaga de la Virgen, son los arroyos Ricaurte, Chiamaría y Tabú (Alcaldía de Cartagena de Indias y Consorcio Consultores Cartagenero, 2009).

Respecto a la calidad ambiental de la ciénaga, Universidad de Cartagena - AC (2010) exponen el análisis de las variables de calidad físicoquímica de la ciénaga de La Virgen que cataloga el cuerpo de agua con una contaminación de severa a extrema. Este cuerpo de agua recibe gran cantidad de carga orgánica por parte de los vertimientos de aguas residuales provenientes del drenaje pluvial y del alcantarillado de la ciudad, y por los asentamientos humanos que, en forma ilegal, se han instalado en la franja sur y noroccidental de este humedal.

No obstante, actualmente se registra una mejoría en la calidad del agua de este humedal debido al restablecimiento de la conexión artificial entre el mar Caribe y la Ciénaga (Bocana de Estabilización), la cual ha contribuido a disminuir los niveles de contaminación como consecuencia del flujo y reflujo de las corrientes de marea, que permiten el intercambio continuo de las aguas y oxidan la materia orgánica proveniente de las aguas residuales de la ciudad.



Figura 29. Asentamientos ubicados en el borde de la ciénaga de la Virgen.

Ciénaga de Juan Polo

Ubicada sobre el costado norte de la ciudad de Cartagena de Indias y separada del mar por el cordón de arena de la Boquilla. Presenta conexión con la ciénaga de La Virgen y se comunica con el sistema de caños y lagunas internas de la ciudad mediante el caño Juan Angola. En el costado oriental presenta una zona de manglares y pantanos que cubren un área de 7,5 km². Actualmente, su desembocadura está cerrada por una barra de arena, sobre la cual se encuentra asentado el caserío ilegal de Marlinda (Cardique y CI, 2004).

Cuenca hidrográfica del canal del Dique

Se encuentra en el extremo norte del curso del río Magdalena, sobre la zona deltáica de su desembocadura en el Mar Caribe. Su extensión es de 4400 km². Los corregimientos del Distrito de Cartagena de Indias en el área de influencia del canal del Dique son Ararca, El Recreo, Leticia, Pasacaballos y Santa Ana (Cardique *et al.*, 2007). El canal del Dique se deriva del río Magdalena en la población de Calamar, a unos 110 km aguas arriba de la desembocadura del río en Bocas de Ceniza (Cardique *et al.*, 2007).

La Cuenca hidrográfica del Canal del Dique se encuentra dividida en 15 subcuencas. De estas se destaca la ciénaga de Juan Gómez, que recibe aguas de la subcuenca y también directamente del canal, mediante un sistema de estaciones de bombeo instalado por la operadora Cartagena Acuacar (Ibid) con el fin de tomar el agua para alimentar el acueducto de Cartagena de Indias.

Consecuencias ambientales: Las aguas del canal del Dique presentan altas concentraciones de CFS que actualmente no le otorgan las características para ser utilizado con fines recreativos mediante contacto primario, pero sí para fines recreativos mediante contacto secundario. Igualmente, se reporta un alto nivel de sedimentación, reflejo de la influencia que este cuerpo de agua recibe del río Magdalena.

La bahía de Cartagena

Está localizada en la parte central del Caribe colombiano, enmarcada en la flecha de Bocagrande, la isla de Tierrabomba, el continente y la isla de Barú. Es el principal cuerpo de



agua del sistema hídrico de Cartagena de Indias, ocupa un espacio de 82 km² y una profundidad promedio de 16 metros.

Dentro de la bahía se generan corrientes de derivación, tanto como marea entrante como con marea salientes inferiores a 12 m/s. En la época de lluvias el canal del Dique imprime gran influencia sobre el régimen de corrientes superficiales, mientras que en la época de vientos alisios (época seca) las aguas del Dique se orillan sobre la parte sur de la bahía generando una corriente en el fondo de sur a norte (Universidad de Cartagena -AC, 2010).

La bahía de Cartagena recibe aproximadamente el 90 % de los desechos industriales y domésticos que se generan a lo largo de toda la línea costera de Cartagena de Indias. Las principales fuentes de contaminación en la bahía de Cartagena son los sedimentos y contaminantes transportados por el Canal del Dique, los vertimientos de aguas servidas del alcantarillado del Distrito (materia orgánica, coliformes fecales), los vertimientos industriales de la zona de Mamonal y el Bosque, y la actividad marítima y portuaria (residuos oleosos e hidrocarburos (Universidad de Cartagena -AC, 2010).

Cuerpos de agua en la isla de Tierrabomba

Cuenta con dos cuencas hidrográficas bien definidas: la cuenca Oriental y la Occidental. Ambas están divididas en diferentes microcuencas que drenan hacia el mar Caribe (Universidad de Cartagena -AC, 2010).

Humedales interiores

Se refieren a aquellos humedales que están localizados dentro del perímetro urbano de la ciudad de Cartagena de Indias. Son seis cuerpos de agua interconectados entre sí, considerados como zonas estuarinas. En la Tabla 16 se listan las principales características de los humedales.

Tabla 16. Características morfométricas de los humedales interiores de la ciudad de Cartagena de Indias (Beltrán y Suárez, 2010)

Humedal	Longitud aproximada (km)	Espejo de agua (ha)	Profundidad promedio (m)
Caño de Juan Angola	4,12	10	2,76
Laguna del Cabrero	1,38	26	2,30
Laguna de Chambacú	0,49	7	2,20
Laguna de San Lázaro	0,67	15	2,10
Caño de Bazurto	1,20	12	1,73
Ciénaga de la Quinta	1,29	30	2,25

Beltrán y Suárez en el 2010, realizaron el diagnóstico de los cambios en la cobertura de los humedales interiores, reportando una reducción general en el área del espejo de agua,

aproximadamente en 30,3 ha. Entre las causas de esta reducción mencionan la presión urbanística y las alteraciones en el curso de los cuerpos de agua. Al respecto identifica cuatro cuerpos de agua críticos, los cuales son:

- Laguna de Chambacú: El cuerpo de agua fue desviado de su curso original mediante la construcción del puente de la Transformación Nacional.
- Laguna del Cabrero (sector del Cabrero) y caño de Juan Angola (Sector Marbella): Registran modificaciones en un 36 % y 18 %, respectivamente, debido a los rellenos que se realizaron por la expansión urbanística que se dio a partir de la década de 1990; también se apreciaron cambios del cauce original y, por último, se identificó aprovechamiento de la cobertura vegetal para la industria de la construcción.
- Ciénaga de la Quinta y el caño de Bazurto: Modificación aproximada en un 30 % debido a la construcción del peaje, la Concesión Vial y el Complejo de Raquetas.
- Laguna de San Lázaro: Modificada solo en un 4%, posiblemente debido a la existencia del borde de la muralla del Baluarte Santa Bárbara y San José.

El estudio realizado por Beltrán y Suarez (2010) identificó que la calidad de las aguas de los humedales se califica de regular a mala, según los índices ICA. En especial, figura el caño de Juan Angola a causa de los vertimientos de agua residuales de la ciudad y de asentamientos ilegales que se localizan en las inmediaciones. En la ciénaga de Las Quintas la calidad del agua se ve alterada por el vertimiento de aguas negras provenientes del mercado de Bazurto y la gran cantidad de residuos sólidos que son arrojados al cuerpo de agua.



Figura 30. Cuerpos de agua al interior del casco urbano de Cartagena de Indias.



Manglares

Los ecosistemas de manglar son asociaciones vegetales costeras dominadas por árboles de mangle, que tienen tolerancia a la salinidad y crecen en suelos pantanosos y aguas tranquilas de los litorales tropicales. Para la zona costera del Distrito de Cartagena de Indias se han registrado todas las especies de mangle del Caribe colombiano: mangle salado, negro o iguanero (*Avicennia germinans*); Mangle blanco, amarillo o bobo (*Laguncularia racemosa*); Mangle rojo (*Rhizophora mangle*); Mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), y Mangle Zaragoza (*Conocarpus erecta*) (Figura 31). Estas especies se ubican en las unidades geográficas del delta del Canal del Dique (zona deltáica y ciénagas costeras) y el área peninsular (bahía de Barbacoas, bahía de Cartagena, la península de Barú, Tierrabomba y el PNN Corales del Rosario y San Bernardo) (UJTL, 2001; UAESPNN, 1998; Sánchez-Páez *et al*, 1997).

La sectorización de los parches de manglar que están dentro de la zona urbana del Distrito de Cartagena de Indias tomó como base la información presentada por Cardique en la actualización de la zonificación de manglares en la jurisdicción de Cardique (2007), tal como se presenta a continuación.

Sector La Virgen-Juan Polo-Tesca

Los manglares del sector La Virgen-Juan Polo-Tesca se extienden desde la Bocana hasta la Boquilla, la ciénaga de Juan Polo, Tierra Baja, Puerto Rey y las márgenes oriental y sur oriental de la ciénaga de La Virgen.



Figura 31. Manglares del sector de la ciénaga de La Virgen.



Las especies de manglar que se encuentran en este sector son: *Rhizophora mangle* en los frentes de agua; *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* en las zonas intermareales y de interfase, y *Conocarpus erecta* en las zonas de tierra firme.

En los pantanos interiores se encuentra el mangle salado (*Avicennia germinans*) y ecotonos lagunares y terrestres de mangle blanco y Zaragosa (*Conocarpus erecta* y *Laguncularia racemosa*). Su desarrollo está soportado por la mezcla de aguas de cuerpos costeros con características, más o menos, estuarinas, reforzado en algunos puntos por los aportes de cuencas locales (Cardique 2007).

En términos generales, la especie que presenta una mayor dominancia dentro de los manglares de la zona suroriental de la ciénaga de La Virgen es la especie *Rhizophora mangle*, seguida por la *Laguncularia racemosa* (EPA, 2009).

Estos manglares han sido considerablemente presionados por la expansión urbana que se ha dado en el costado suroriental de la ciénaga de La Virgen; este proceso se dio, principalmente, de manera ilegal puesto que se hicieron rellenos y tala del mangle para la construcción de viviendas. Así mismo, estas viviendas, al no tener infraestructura de servicios, vierten sus desechos directamente a la Ciénaga, una situación que afectó, en gran medida, a los manglares (EPA, 2009).

Zona de manglar cuerpos de aguas urbanas

Los manglares que se encuentran en la zona urbana del Distrito están situados, principalmente, en el caño Angola, la laguna de Cabrero, las lagunas de Chambacú y San Lázaro, el caño Bazurto y la ciénaga de Las Quintas. En términos generales, la especie que presenta una mayor dominancia dentro de los manglares del sistema de caños y lagunas internas de la ciudad de Cartagena de Indias es la especie *Avicennia germinans*, seguida por la *Rhizophora mangle* (EPA, 2009). En la tabla 17 se hace una descripción de cada uno de estos sectores.

Zona de manglar Bahía oriente

Se trata de rodales constituidos por una o pocas manchas pequeñas, en un patrón generalmente lineal, conformando cortos cordones costeros en áreas donde la descarga de pequeños arroyos o planos de escorrentía se acumula en pequeñas lagunas costeras, ensenadas o zonas marinas someras favorables a la acreción. Su estructura secundaria es la más simple, dominada por una masa poco diferenciada de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y, en el mejor de los casos, con estrechos ecotonos de mangle zaragosa (*Conocarpus erecta*) o mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) (Cardique, 2007).

En la bahía de Cartagena los escasos relictos de manglar se encuentran amenazados por la contaminación de desechos químicos y por vertimiento de combustibles y lubricantes provenientes de la zona industrial de Cartagena de Indias (Mamonal), así como por las aguas residuales de esta ciudad que desembocan en la bahía (Uninorte, 2001).



Tabla 17. Descripción del estado actual de las zonas de manglar asociadas a humedales internos.

Zona	Composición y estructura	Condiciones ambientales
Ciénaga de Las Quintas	<ul style="list-style-type: none"> Se encuentran, exclusivamente, sobre la rivera del barrio La Manga. Esta área contiene la mayor formación manglárica del casco urbano, reportando especies de <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Avicennia germinans</i> en buen estado de desarrollo. En términos generales, se encuentran franjas de manglar estrechas de entre 10 y 20 metros de ancho, muy intervenidas, con dos o tres individuos, a lo sumo, en la estructura transversal, con rodales fragmentados y, en algunos sitios desprovistos de toda vegetación, en asocio con otras especies vegetales propias de tierra firme y de ornamentales. 	<ul style="list-style-type: none"> En algunas zonas se observan condiciones fitosanitarias poco favorables y árboles muertos (EPA, 2009). La intensa presión antrópica ocasionada especialmente por el mercado de Bazurto ha llevado a la desaparición de los manglares localizados sobre el tramo de la avenida del Lago (EPA, 2009). Los principales problemas son la abundancia de residuos sólidos que son arrastrados por las corrientes desde la rivera del mercado de Bazurto, las invasiones ilegales que se han formado al pie de estos manglares sobre el tradicional barrio La Manga y, especialmente, los altos niveles de contaminación del cuerpo de agua (EPA, 2009).
Laguna de San Lázaro	<ul style="list-style-type: none"> Hacia la zona de El Espinal y el costado del puente Pedro de Heredia se encuentran pequeñas franjas de manglar significativamente degradadas, dominadas por la presencia de <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Avicennia germinans</i>. La altura promedio es de 4 metros y tienen una cobertura de 4 a 5 metros (EPA, 2009). Sin embargo, esta área contiene uno de los ecosistemas de manglar más emblemáticos de la ciudad de Cartagena de Indias: la isla de Los Pájaros, un islote localizado frente al puente de las Palmas, el cual es un punto de refugio de aves, principalmente de la especie <i>Ardea alba</i> (EPA, 2009). 	<ul style="list-style-type: none"> La regeneración es muy pobre y, principalmente, causada por la presencia de residuos sólidos, por las corrientes del área —es un punto de conexión de los canales interiores con la bahía de Cartagena— y por la presencia de embarcaderos informales para botes a motor de pequeño tamaño (EPA, 2009). Vale mencionar la presencia de minúsculos parches de manglar localizados sobre las murallas y a un costado del puente Román. Estas formaciones corresponden a parches aislados de mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>) que surgieron espontáneamente en estos sitios. En ellos se observa abundante presencia de residuos sólidos y, en algunos casos, un muy mal estado fisiológico. Estos manglares presentan alturas variadas, alcanzando un máximo de 3,5 metros (EPA, 2009).
Laguna de Chambacú	<ul style="list-style-type: none"> Sobre la franja frontal de la laguna de Chambacú se mantiene un área importante de <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Avicennia germinans</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Se da la presencia de abundantes residuos sólidos que afectan el proceso de regeneración natural (EPA, 2009).
Laguna del Cabrero	<ul style="list-style-type: none"> Formación de mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), mangle prieto (<i>Avicennia germinans</i>), bobo (<i>Laguncularia racemosa</i>) y mangle Zaragoza (<i>Conocarpus erecta</i>). Se observa una amplia cobertura boscosa que abarca una amplitud entre los 4 y los 8 metros, con una altura promedio de 4,5 metros, en la cual predomina el <i>Rhizophora mangle</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Las formaciones de manglar se encuentran en un muy buen estado fitosanitario y fisiológico, lo que permite la abundante presencia de aves. La regeneración de esta área es baja, pero es posible que un aprovechamiento forestal realizado por la Empresa de Desarrollo Urbano de Bolívar (Edurbe) en el año 2007 para la construcción de la 3.ª avenida del Cabrero afectara significativamente el ecosistema (EPA, 2009).

Zona	Composición y estructura	Condiciones ambientales
Caño Juan Angola	<ul style="list-style-type: none"> Las especies predominantes son el mangle prieto (<i>Avicennia germinans</i>), seguido por el mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>). Conforman una franja continua que no supera los 10 m en su parte más ancha y está constituida, principalmente en su sección transversal, por uno o dos individuos y en muy pocos casos, tres. No obstante, presentan una formación arbustiva medianamente desarrollada, que permite la presencia de aves y reptiles. La altura observada de los manglares localizados en esta área, varía, aproximadamente, entre 3 y 12 metros, manteniendo una cobertura promedio de 4,5 metros (EPA, 2009). 	<ul style="list-style-type: none"> Presentan un mal aspecto y condiciones fitosanitarias poco favorables, observándose la presencia de árboles muertos. La regeneración de los manglares es muy baja y, en algunos tramos, prácticamente inexistente. Lo anterior obedece a que el poco espacio con que este ecosistema cuenta no favorece este proceso. La presión antrópica, caracterizada por la abundante presencia de basuras y escombros, la pobre calidad ambiental de los cuerpos de agua de soporte e, incluso, la misma dinámica del caño, que genera arrastre de semillas, dificultan la existencia de un proceso continuo de regeneración (EPA, 2009). Los manglares localizados a la altura de los barrios San Pedro y Torices presentan mayores condiciones de degradación y una menor altura, lo cual les confiere una condición de "achaparrados". Se observan espacios donde se presume la anterior existencia de manglares y que ahora se encuentran convertidos en basureros satélites y embarcaderos de canoas, utilizados por los habitantes del sector (EPA, 2009).
Caño Bazurto	<ul style="list-style-type: none"> Predominancia de asociaciones de <i>Avicennia germinans</i> y de <i>Laguncularia racemosa</i>, las cuales presentan alturas que varían, aproximadamente, entre 3 y 7 metros, conformando una franja continua que no supera los 10 metros y está constituida, principalmente en su sección transversal, por uno o dos individuos y en muy pocos casos, tres. Se destaca la presencia de un tramo continuo hasta el Coliseo de Raquetas, que alcanza un área considerable. Con respecto a los manglares localizados sobre el barrio Manga, se observa abundante presencia de <i>Rhizophora mangle</i>, con una menor participación de <i>Avicennia germinans</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Las condiciones fisiológicas y fitosanitarias de los manglares no son buenas (EPA, 2009). La franja de manglar de la avenida del Lago se encuentra conformada por un conjunto interconectado de parches con diferentes condiciones y estados de conservación; presentan un relativo buen estado fitosanitario y fisiológico, alcanzando una altura promedio de 3,5 metros y topes máximos de hasta 7 metros, a pesar de la gran cantidad de residuos sólidos y de la baja calidad ambiental de este cuerpo de agua. Asimismo, en algunas áreas las plántulas se ven afectadas por hongos, ácaros y piojos blancos, los cuales conviven como parte del ecosistema (EPA, 2009). Los manglares del área de Manga presentan mejores características fitosanitarias y fisiológicas que los parches localizados sobre el pie de La Popa (EPA, 2009).



Los bosques de manglar del Canal del Dique se hallan entre los más extensos del litoral Caribe colombiano, ya que aquí se encuentran las condiciones adecuadas de salinidad y nivel freático para que estos bosques se desarrollen favorablemente, a pesar de que la carga de sedimentos del Canal del Dique es cada vez mayor y lo que antes era un aporte favorable para el desarrollo de estos manglares, en la actualidad es en una de las causas de su deterioro (Uninorte, 2001).

Se observan bosques mixtos que no muestran un patrón de distribución definido, en donde la *Avicennia germinans* es, generalmente, la especie dominante, aunque, algunas veces, se encuentra la *Laguncularia racemosa*, mientras que la *Rhizophora mangle* predomina en los sectores marginales, limitando con los cuerpos de agua y a lo largo de los canales internos, frecuentemente mezclada con la *Pelliceria rhizophorae*.

Zona de manglar Tierrabomba

Este ecosistema se presenta a todo lo largo de la mayor parte de la costa oriental: se inicia en tierra firme con la especie *Conocarpus erecta* y va hasta zonas, permanentemente, sumergidas con *Rhizophora mangle* (Universidad de Cartagena, 2010).

La porción de bosque de manglar que se halla dentro del parque histórico y cultural de Tierrabomba presenta alturas promedio de los árboles de *Rhizophora mangle* entre 7,7 y 10,5 m. A continuación, árboles de *Laguncularia racemosa* y *Pelliceria rhizophorae*, con alturas de entre 3,4 y 6,8 m. Posterior a esta franja del borde, y a unos 50 u 80 m de distancia y en tierra firme, se presenta un rodal de *Laguncularia racemosa* (en mayor porcentaje) y de *Avicennia germinans*. La especie dominante corresponde a *Rhizophora mangle*, siguiendo en orden decreciente la *Laguncularia racemosa* y la *Pelliceria rhizophorae*. En contraste, otros estudios reportan “valores altos de representatividad para *Avicennia germinans* en sectores cercanos a Bocachica, como la Ciénaga de Tesca y el Canal del Dique”, siendo escasa y poco desarrollada debido a las condiciones moderadas de salinidad, como resultado del intercambio de aguas del canal con el mar (Terra Ltda., 1996).

La especie *Pelliceria rhizophorae* se encuentra en la isla de Tierrabomba de forma aislada. Se ha constatado la presencia significativa de manglar *Conocarpus erecta* en la franja mas interna situada en tierra firme. Esta población ha sido objeto de una significativa tala en la margen nororiental del poblado de Bocachica (Terra Ltda., 1996).

Los manglares de la costa oriental de la isla presentan características similares, pero están menos intervenidos dentro del área de la Armada Nacional. En general, el bosque presenta una cantidad notable de plántulas, especialmente de mangle rojo, que están siendo afectadas por la gran cantidad de materiales sólidos. La presencia de troncos cortados da evidencia de la interrupción ocasionada al desarrollo de los árboles (Universidad de Cartagena, 2010). La gran cantidad de residuos sólidos provenientes del Canal del Dique ejerce una alta tensión en este ecosistema. Igualmente, en la parte interna de este bosque, así como en la zona más alejada de la población, se depositan o se vierten elementos de desecho que las están convirtiendo en basurero (Universidad de Cartagena, 2010).

En las Figuras 32 y 33 se presentan los mapas de clasificación del nivel de resiliencia de los rodales de manglar y de la alteración antrópica, respectivamente.

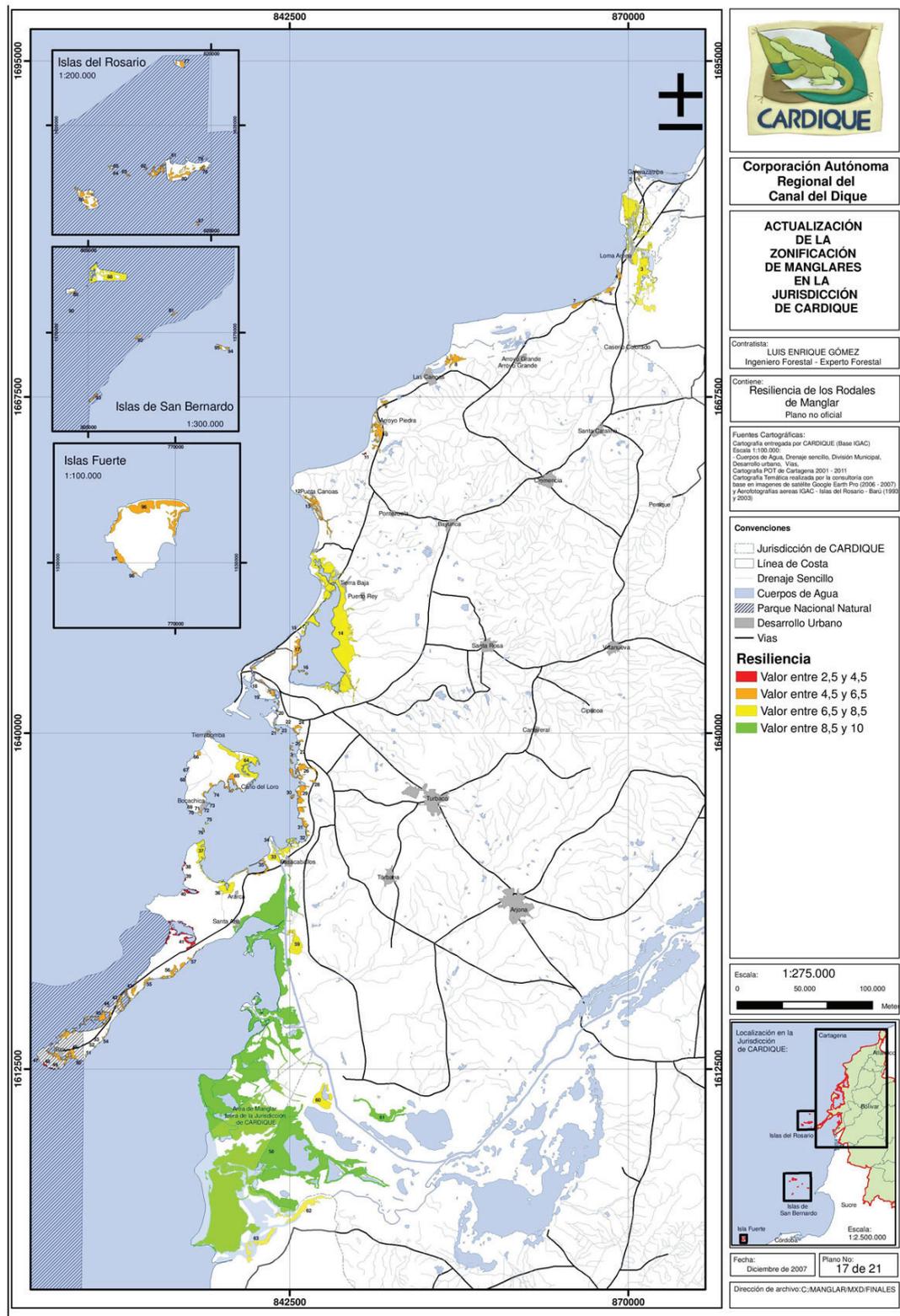


Figura 32. Mapa de resiliencia de los rodales de manglar del departamento de Bolívar. Tomado y modificado de Cardique (2007).

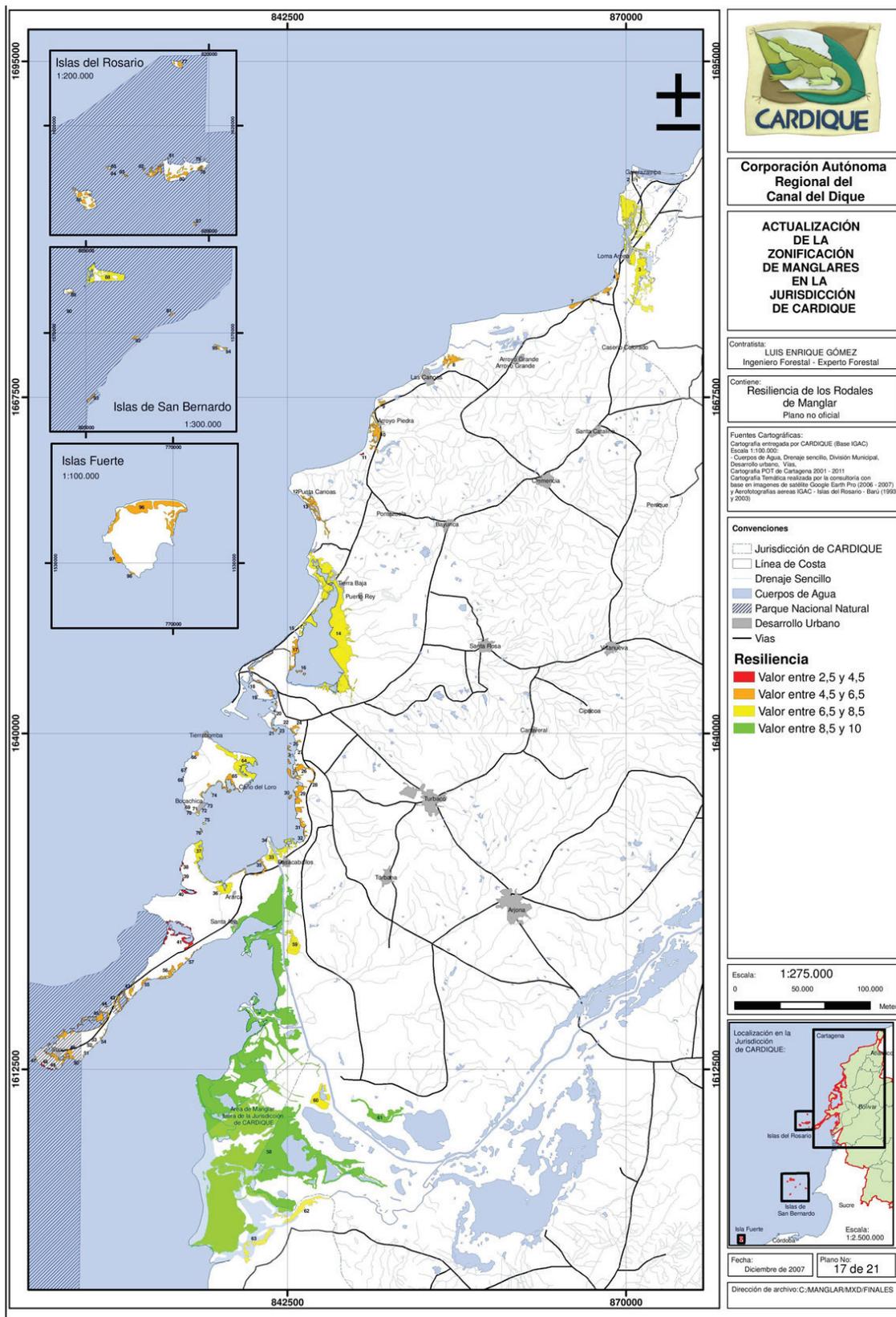


Figura 33. Mapa de clasificación de la alteración antrópica sobre las áreas de manglar del departamento de Bolívar. Tomado y modificado de Cardique (2007).

Mapa de resiliencia: Los colores indican el rango de resiliencia que es asignado por el estudio, y a partir del cual se asumió la clasificación de alta a muy baja resiliencia en los manglares. Los niveles de resiliencia se especifican en el siguiente orden: El color verde indica las áreas de manglar cuya resiliencia se clasifica entre 8,5 y 10 (alta resiliencia para este estudio); El amarillo indica niveles de resiliencia entre 6,5 y 8,5 (media resiliencia para este estudio); El amarillo oscuro, entre 4,5 y 6,5 (baja resiliencia para este estudio); y el rojo, entre 2,5 y 4,5 (muy baja resiliencia). Se destacan las áreas de manglar del Canal del Dique y las del sector este de la ciénaga de La Virgen por presentar una resiliencia media.

Mapa de alteración antrópica: La calificación de los rangos es un reflejo del grado de intervención. Sectores en rojo representan áreas de manglar que soportan alta presión de alteración. Este nivel de alteración más alto es el que muestran la mayor parte de las áreas de manglar del área estudiada.

Bosque seco

El bosque seco tropical (Bs-T) se define como la formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre 0 y 1000 m de altitud; Presenta temperaturas superiores a los 24°C (piso térmico cálido) y precipitaciones entre los 700 y los 2000 mm anuales, con uno o dos períodos marcados de sequía al año (Espinal, 1985; Murphy y Lugo 1986, IAVH 1997). De acuerdo con Hernández (1990), esta formación corresponde a los llamados bosques higrotropofíticos, al bosque tropical caducifolio de diversos autores, al bosque seco Tropical de Holdridge y al bosque tropical de baja altitud decíduo por sequía de la clasificación propuesta por la Unesco.



Figura 34. Formaciones vegetales en Isla Tierrabomba-Caño de Oro

Mendoza (1998) reportó relictos de este bosque en la península de Tierrabomba, altamente degradados, con vegetación secundaria, baja riqueza en todos los grupos y una estructura de la vegetación simplificada. Estos bosques, comparados con los BsT distribuidos en Colombia, son los más pobres en clases diamétricas mayores a 30 cm DAP (Diámetro a la altura del pecho), con 4 ind/ha, un área basal promedio de 2,77 (m²/0,1 ha) y alturas entre 7-9 metros.



Esto es debido, principalmente, a que este ecosistema ha sido objeto de fuerte extracción y tala desde épocas coloniales.

Las especies vegetales dominantes con mayores valores de IVI (Índice de Valor de Importancia) son: *Astronium graveolens*, *Capparis baducca*, *C. odoratissima* y *Machaerium sp.* Estos ecosistemas, posiblemente, contribuyen al control de plagas y vectores de enfermedades propias de las zonas agropecuarias, en las que el BsT está inmerso, debido a la cantidad de insectos que habitan estos bosques (IAHV, 1998).

Bosques del Cerro de La Popa

El Cerro de La Popa hace parte de los paisajes estratégicos del entorno natural del Distrito de Cartagena de Indias (Figura 35); Por su importancia aparece delimitado como un área de protección dentro del Plan de Ordenamiento Ambiental (POT) del Distrito de Cartagena de Indias; esta área deberá ser recuperada ecológica y paisajísticamente y destinarla al sostenimiento de la biodiversidad, a la captación de dióxido de carbono, a la recreación, la educación y al mantenimiento de su valor paisajístico (Alcaldía de Cartagena de Indias, 2000).



Figura 35. Panorámica del cerro de La Popa, su cobertura vegetal y humedales interiores en la parte baja en las inmediaciones del castillo San Felipe.

En el macroproyecto de recuperación integral del Cerro de La Popa se propone el área estratégica Parque Jardín Botánico Cerro de La Popa como un proyecto que necesita un marco institucional, mayor control, y actividades y mecanismos de captación de recursos que se destinen al Área Protegida de La Popa. El parque tiene un área de 51,5 ha. La creación del Jardín Botánico permitirá, así mismo, la coordinación de acciones de recuperación y protección del Cerro en cuanto ecosistema de Bosque Seco Tropical, entre las cuales se destacan las de restauración de la cobertura vegetal, de geomorfología, regulación de escorrentías y control de la erosión (Grupo de Estudios Urbanos, 2010).

1.2. Condiciones socioeconómicas

Esta sección contiene una descripción del estado actual de las principales unidades de análisis del subsistema socioeconómico, como son:

- La población susceptible a los impactos de inundación actual, de ascenso del nivel del mar y aumento de eventos extremos.
- La infraestructura de vivienda, vial y patrimonial susceptible a los impactos de inundación actual, de ascenso del nivel del mar y aumento de eventos extremos.
- Las actividades económicas, como el turismo y el desarrollo industrial, susceptibles a los impactos de inundación actual, de ascenso del nivel del mar y aumento de eventos extremos.

El estado actual de estas unidades explica los factores que determinan su sensibilidad y capacidad para afrontar los efectos de amenazas del clima actual, y los efectos adversos del cambio climático; en particular, la variabilidad del clima futuro y los cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos.

La población actual

El Distrito de Cartagena de Indias cuenta con una población total estimada para el año 2011 de 956,181 habitantes y 195,802 viviendas. Las localidades más habitadas son la Localidad Histórica y del Caribe, seguida por la Industrial y de la Bahía como se muestra en la Figura 36.

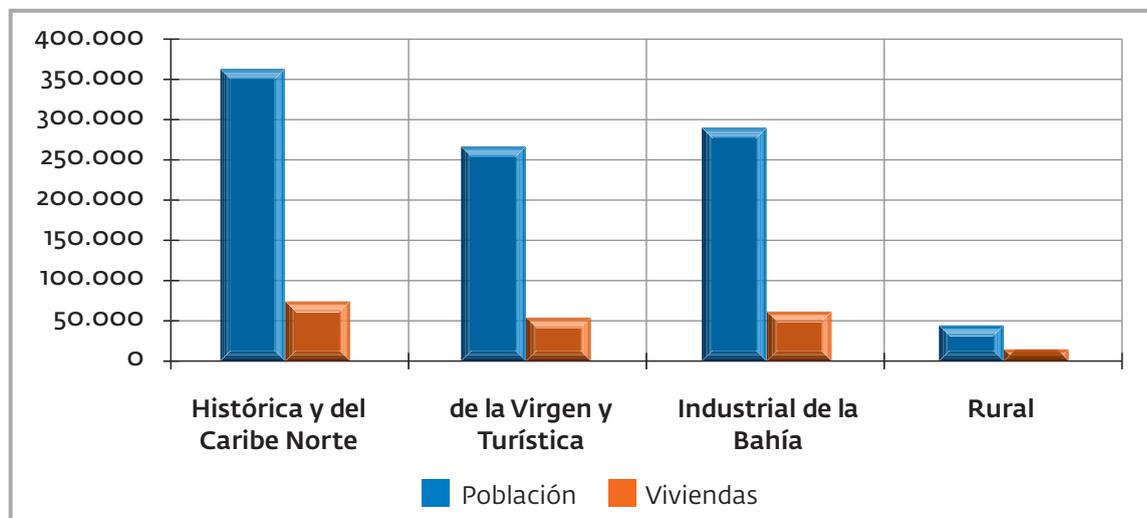


Figura 36. Población estimada en Cartagena de Indias por localidad para el año 2011. Fuente: Información analizada con base en proyecciones del censo general 2005 del DANE (SPC, 2011).

Sin embargo, las localidades con mayor densidad de habitantes son La Virgen y Turística (199 hab./ha) seguidas por las localidades Histórica y del Caribe (163 hab./ha) (Tabla 18).



Tabla 18. Densidad poblacional de Cartagena de Indias por Localidades

Localidad	Total hectáreas	Total habitantes	Densidad (hab/ha)
Localidad Histórica y Caribe Norte	2.167,39	353.553	163,12
Localidad de La Virgen y Turística	1.276,96	254.522	199,32
Localidad Industrial de la Bahía	4.124,18	279.937	67,88
Total	7.568,53	888.012	430,32

El Distrito subdivide administrativamente las localidades en Unidades Comuneras de Gobierno (UCG) que agrupan varios barrios de la ciudad. En la Figura 37 se muestra el número de habitantes por UCG y para el área rural del Distrito.

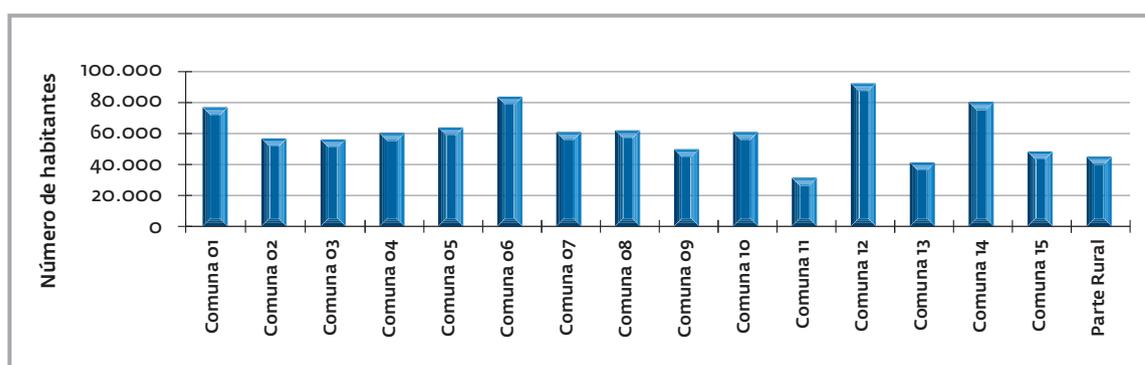


Figura 37. Población estimada en Cartagena de Indias por UCG para el año 2011 (SPC, 2011).

Las Unidades Comuneras más habitadas corresponden a las 6, 12, 14 y 1. La información disponible sobre población y número de viviendas se puede discriminar por barrio. A manera de ejemplo, la Figura 38 muestra la población estimada para el año 2011 de los barrios que conforman la Unidad Comunera de Gobierno 1.

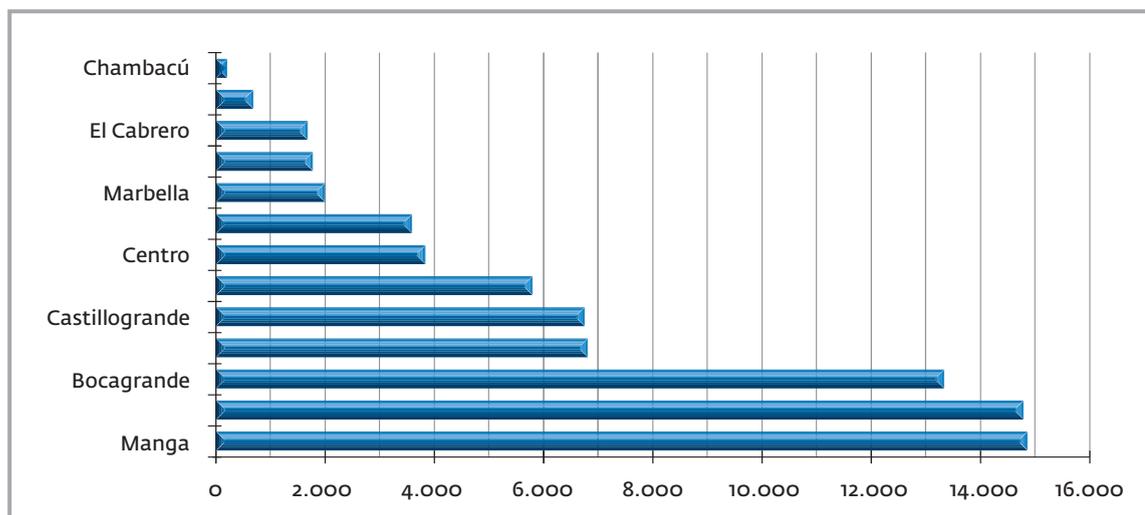


Figura 38. Población estimada en los barrios de la UCG 1 de Cartagena de Indias para el año 2011 (SPC, 2011).

Como se aprecia en la figura anterior, los barrios más poblados de esta Unidad son Manga, Crespo y Bocagrande, con población entre los 13,000 y los 15,000 habitantes. Así mismo, la Figura 39 muestra el número estimado de viviendas en los barrios que componen la Unidad Comunera de Gobierno 2.

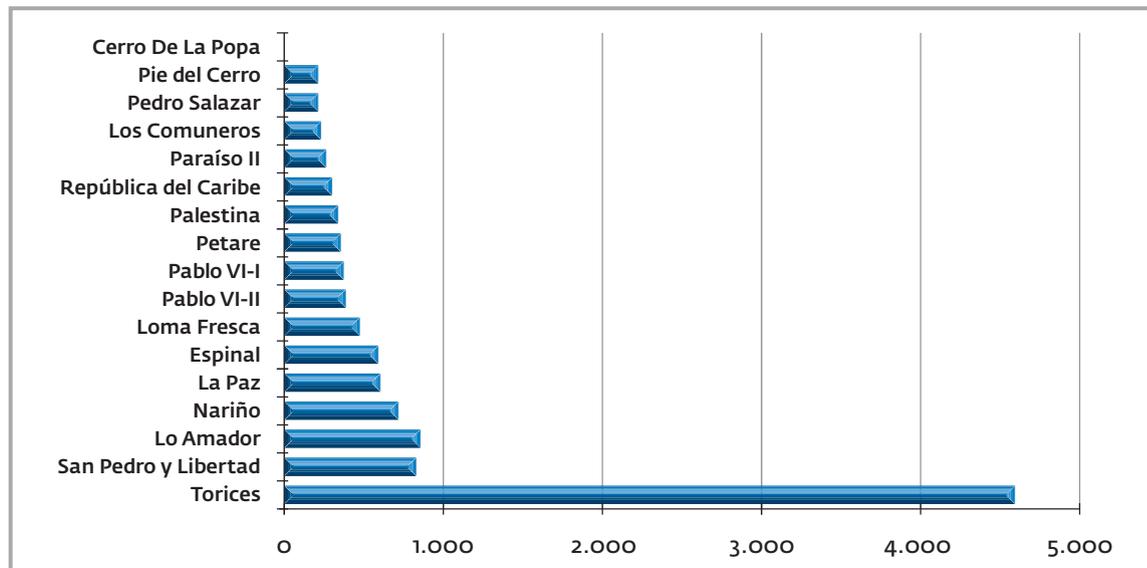


Figura 39. Número de viviendas en los barrios de la UCG 2 de Cartagena de Indias para el año 2011 (SPC, 2011).

En esta Unidad de Gobierno el barrio con mayor número de viviendas es Torices, con aproximadamente 4.600 y, en menor medida, San Pedro y Libertad, y Lo Amador con aproximadamente 840 viviendas.

Crecimiento de la población

En el año 2009, de acuerdo con la Secretaría de Planeación Distrital, los barrios en donde hubo un mayor crecimiento de población en la ciudad de Cartagena de Indias fueron Olaya Herrera y El Pozón, con una oscilación entre 26.757 y 40.663 habitantes.

Otros barrios que han presentado incrementos significativos de población corresponden a Torices, Daniel Lemaitre, San Francisco, La María, Blas de Lezo, San José de los Campanos, Nelson Mandela y San Fernando, cuya población oscila entre 15.390 y 26.756 residentes (Universidad de Cartagena, 2010). Estos asentamientos de población se han ubicado, generalmente, alrededor de la ciénaga de La Virgen y, en muchos casos, los pobladores son personas en situación de desplazamiento forzado.

Esta situación se refleja en el incremento del número de personas registradas en el nivel básico (Nivel 1) del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (SISBEN), que pasó de 515.961 (2007) a 578.864 (2008). Este incremento indica que existe un mayor número de personas (y sus familias) que requieren asistencia por parte del Estado y que el crecimiento de la ciudad se ha concentrado, principalmente, en la Localidad de La Virgen y Turística.



A pesar de esto, en los últimos años la ciudad ha avanzado significativamente en la reducción de la pobreza. De acuerdo con el DANE, el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (total) de Cartagena de Indias asciende a 26%, inferior en casi dos dígitos respecto del valor nacional (27,8). En cuanto al número de personas que se encuentran incluidas bajo las categorías de pobreza y pobreza extrema, de acuerdo con la información publicada por Departamento Nacional de Planeación (2011), citada por CCC (2012), los niveles porcentuales de pobreza en Cartagena de Indias decrecieron en un poco menos de cuatro dígitos entre los años 2009 y 2010 (38,4% a 34,2%, respectivamente). Por su parte, la pobreza extrema presentó una disminución menor a un dígito para el mismo período, pasando de 6,80% (2009) a 6,08% (2010).

La desigualdad en ingresos también se encuentra en descenso, ya que el Índice de GINI¹ entre los años 2009 y 2010 pasó de 0,493 a 0,488, niveles que se encuentran por debajo de los valores registrados para el departamento (0,534 en el 2010-0,514 en 2009).

De acuerdo con la Cámara de Comercio de Cartagena, en el 2011 algunos de los principales indicadores laborales también mostraron resultados positivos: por ejemplo, la tasa global de ocupación ha venido incrementándose desde el año 2008, presentándose una disminución en la tasa de desempleo. En el último trimestre del 2011 el número de personas ocupadas ascendió a 394 mil, 39 mil más que en el mismo período de 2010; de igual manera, los desempleados pasaron de 34 mil a 41 mil, es decir que más personas se encontraban laborando durante el período de análisis². Pese al mejoramiento en las cifras de empleo, es importante indicar que entre el 58 y el 63% del total de las personas que se encuentran ocupadas, lo hacen de manera informal.

Infraestructura

Características de las viviendas

Los principales aspectos de la información disponible para evaluar las capacidades/susceptibilidades de las viviendas frente a los impactos de inundación actual, de ascenso del nivel del mar y aumento de eventos extremos (futuro) son: la cobertura de servicios públicos, particularmente de acueducto y alcantarillado, y el número de pisos por vivienda.

Cobertura de servicios públicos

Cartagena de Indias tiene una cobertura completa de los servicios de energía y gas, pero presenta aún retos en el servicio de acueducto y alcantarillado.

A nivel agregado, el Distrito cuenta con una cobertura del 85,9% en servicio de acueducto y de 74,6% de cobertura de alcantarillado. La siguiente figura muestra la cobertura de estos servicios por localidad.

1 Es una medida de la desigualdad y se utiliza para medir la en los ingresos y en cualquier forma de distribución desigual. Su valor oscila entre 0 y 1, en donde 0 equivale a la perfecta igualdad (todos tienen los mismos ingresos) y 1 corresponde a la perfecta desigualdad (una persona tiene todos los ingresos y los demás ninguno).

2 Cámara de Comercio de Cartagena. 2012. Informe Económico de los Municipios de la Jurisdicción de la Cámara de Comercio de Cartagena, 2011. Centro de Estudios para el Desarrollo y la Competitividad (Cedec).

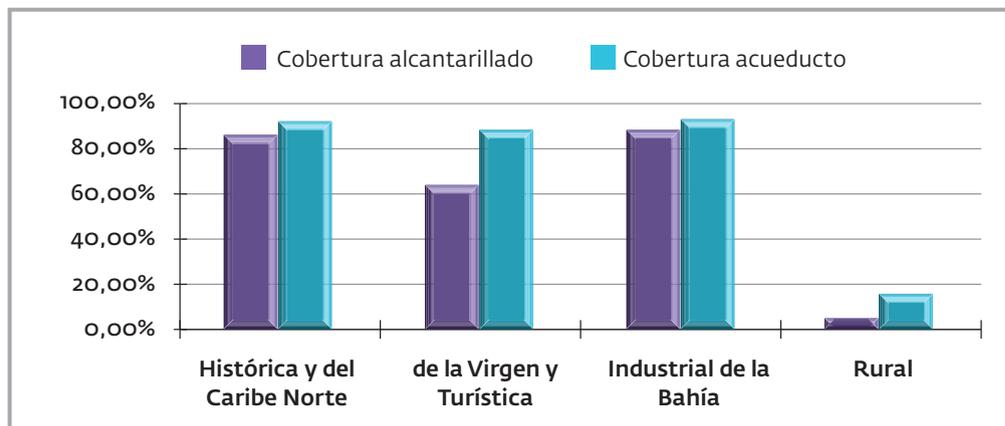


Figura 40. Cobertura de acueducto y alcantarillado en Cartagena de Indias para el año 2011 por localidad (SPC, 2011).

Las coberturas de acueducto son relativamente similares por localidad; alrededor del 90% en la parte urbana, mientras que en la parte rural es del 15%. Como se aprecia en la figura anterior, la localidad con menor cobertura de alcantarillado, después de la parte rural, es la Localidad de La Virgen y Turística con cobertura de aproximadamente 60%, contrastando con las otras dos localidades, que superan el 80%. La siguiente figura muestra la cobertura por Unidad Comunera de Gobierno (UCG).

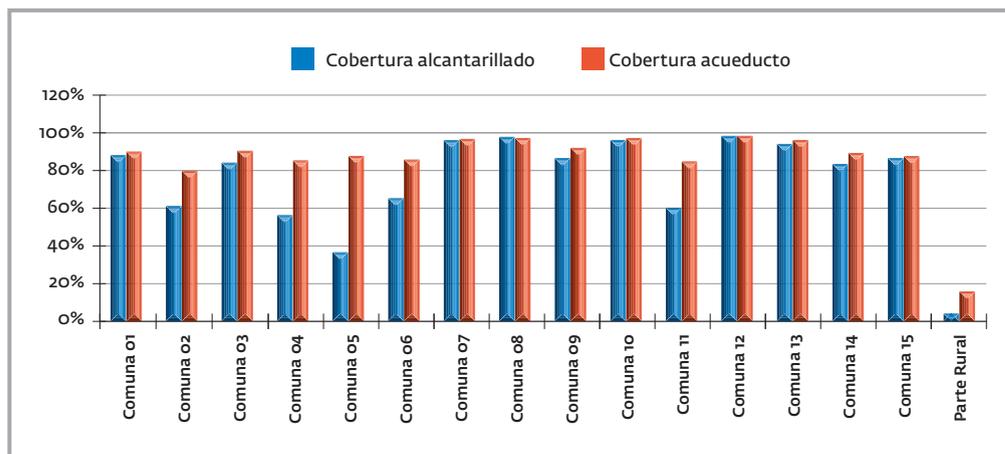


Figura 41. Cobertura de acueducto y alcantarillado en Cartagena de Indias para el año 2011 por UCG (SPC, 2011).

Las coberturas de alcantarillado más bajas se encuentran en las UCG 5, 4 y 11, llegando a tan sólo el 40%, aproximadamente. Esta información se encuentra discriminada por barrios. En la Figura 42 se muestra la cobertura de servicios para los barrios que componen la Unidad Comunera de Gobierno 5.

Los barrios con el mayor número de viviendas sin cobertura de alcantarillado para la Unidad de Gobierno 5 corresponden a República del Líbano, Olaya St. Rafael Núñez y St. Ricaurte, con alrededor de 1.800 viviendas sin este servicio.

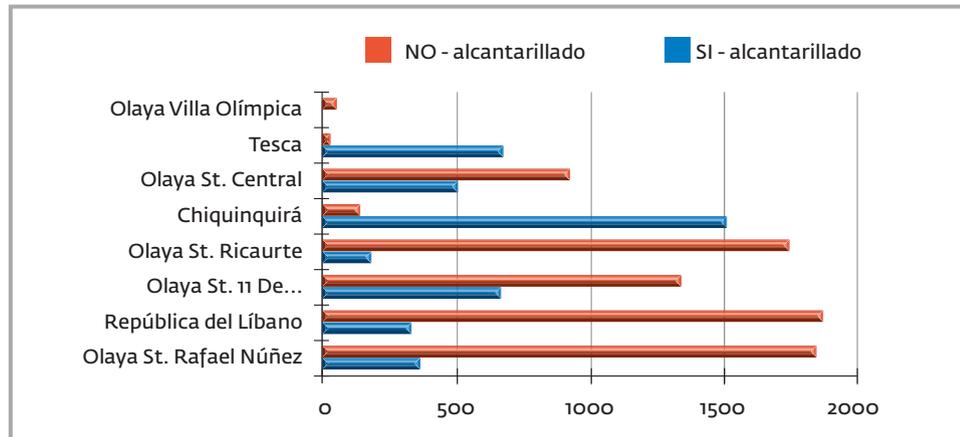


Figura 42. Cobertura de alcantarillado en los barrios de la UCG 5 de Cartagena de Indias para el año 2011 (SPD, 2011).

La menor cobertura de alcantarillado indica la capacidad de medidas de respuesta en el evento de inundación, así como una mayor incidencia en enfermedades gastrointestinales en los eventos de inundación.

Número de pisos por vivienda

Así mismo, otra característica de vulnerabilidad ante el impacto de inundaciones, tanto por ascenso del nivel del mar como por aumento de eventos extremos, es el del número de pisos por vivienda. Esta variable permite evaluar la vulnerabilidad, ya que las viviendas con sólo un piso son las que tendrían mayores daños en sus muebles y enseres ante un evento de inundación, mientras que las viviendas con más de un piso o las ubicadas en edificaciones, serían parcialmente afectadas por el mismo. En la Figura 43 se muestra el número de viviendas con una sola planta por Unidad Comunera de Gobierno estimado para el año 2011.

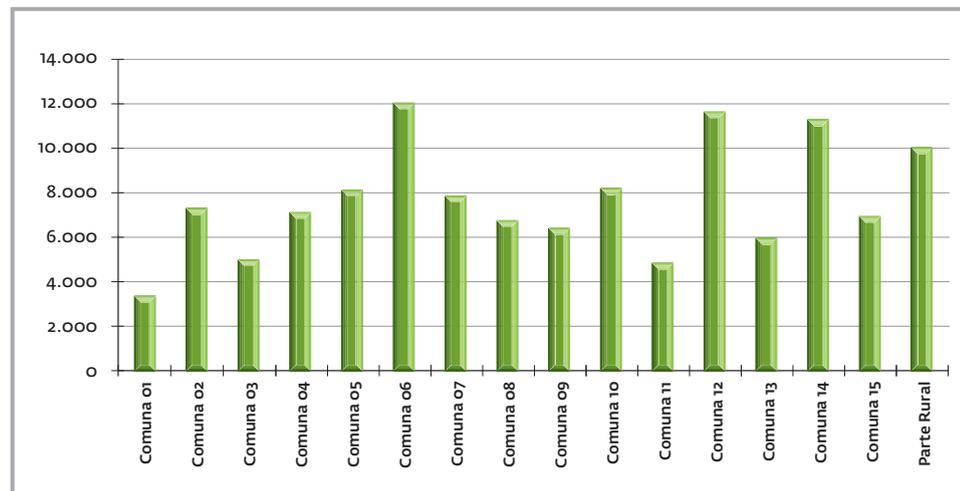


Figura 43. Número de viviendas con una sola planta por Unidad Comunal de Gobierno estimado para el año 2011 (SPD, 2011).

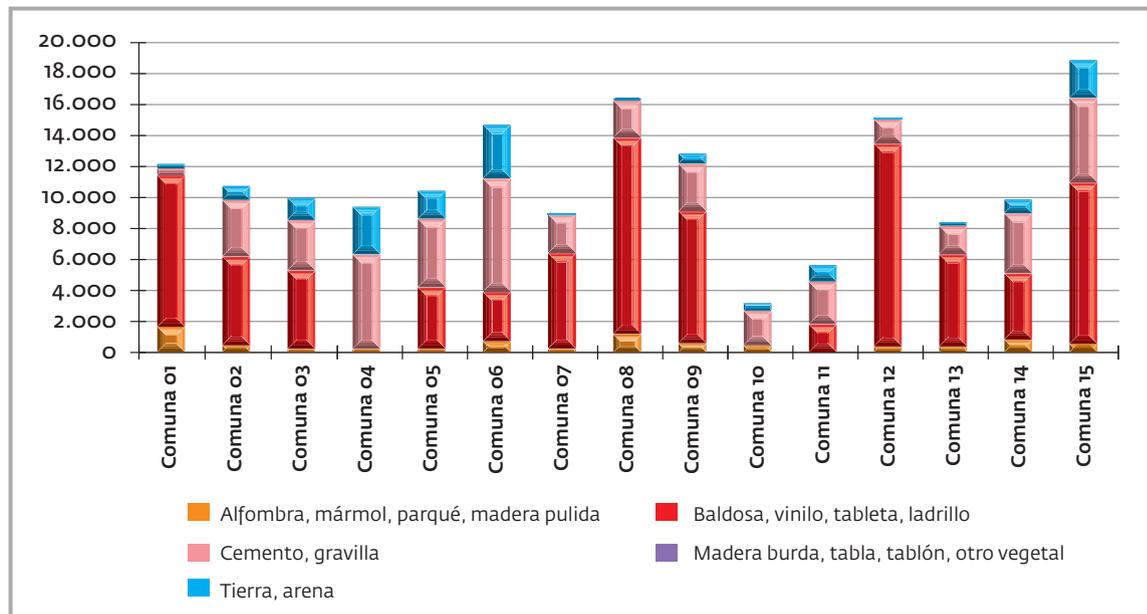


Figura 44. Viviendas con materiales de piso sensibles a inundación (SPD, 2011).

Las Unidades Comuneras de Gobierno con mayor cantidad de viviendas con una sola planta son la 6, 12 y 14, con cerca de 12.000 viviendas cada una. Esta información también está disponible a nivel de barrios.

Los materiales de pisos que indican capacidad/sensibilidad son los de tierra, arena y madera burda (tabla o tablón), ya que pueden verse afectados, estructuralmente, por un evento de inundación. En contraste, los pisos que poseen cimientos en materiales como cemento, gravilla, baldosas, ladrillo, mármol etc., presentan una mayor resistencia ante eventos de inundación.

La figura muestra que las comunas 6, 4 y 15 tienen el mayor número de viviendas con materiales vulnerables a eventos de inundación. Esta información sólo se encuentra desagregada a nivel de comunas y no de barrios.

Infraestructura vial

De acuerdo con un estudio realizado por la Secretaría de Infraestructura del Distrito de Cartagena de Indias (2010) y publicado por la Universidad de Cartagena (2010), la ciudad cuenta con 510,09 km de vías con concreto rígido, 78,51 km con concreto asfáltico y 32,34 pavimentadas, equivalentes a un total de 619,94 km vías disponibles en el año 2007. Al relacionar el total de vías (en km) con el total del área del Distrito de Cartagena (km²), este asciende a 8,19.

De acuerdo con el Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte, el parque automotor de Cartagena ha presentado un incremento importante en los últimos años, registrándose en el año 2009 un total de 42.900 vehículos, con un crecimiento del 14,93% en relación con el 2008 como se muestra en la Tabla 19.



Tabla 19. Evolución del parque automotor de la ciudad de Cartagena durante el período 2001-2009.

Año	Parque automotor	Crecimiento (%)
2001	25,52	0,0
2002	25,84	1,24
2003	26,01	0,67
2004	27451	5,52
2005	29,10	6,04
2006	29,71	2,08
2007	34,09	14,75
2008	37,32	9,48
2009	42,90	14,93

En cuanto al estado de las vías, la mayor parte de la malla vial en todas las localidades se encuentra en mal estado, tal como lo ilustra la Figura 45. El calificativo de buen estado, según la Secretaría de Infraestructura, se otorga a vías que poseen pavimento y que no presentan fallas ni deterioro que afecte el tráfico normal de vehículos.

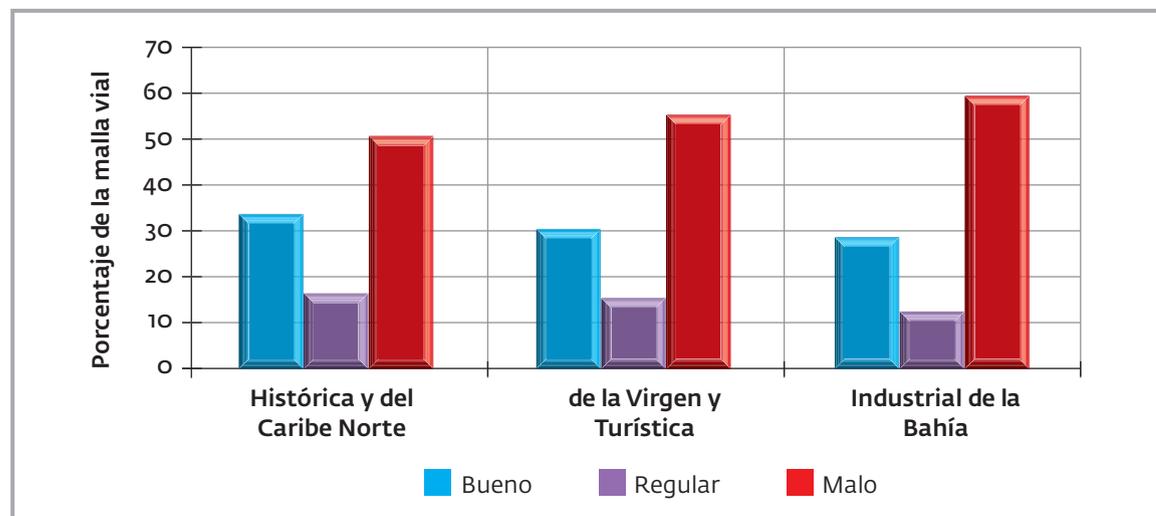


Figura 45. Estado de la malla vial en 2008 por localidad (Cartagena Cómo Vamos, 2010).

La Localidad Histórica y del Caribe Norte es la que tiene mayor porcentaje de vías en buen estado, con un 33%. Sin embargo, el diagnóstico general es desalentador, ya que las participaciones de la fracción en mal estado oscilan entre el 50 y el 59%.

El uso de las vías se caracteriza mediante la estadística “volumen de tránsito promedio diario”, generada por el Instituto Nacional de Vías, la cual representa el número total de vehículos que pasan durante una semana completa dividido entre 7 (días de la semana). En el siguiente cuadro se presenta el tránsito promedio diario semanal (TPDS) para las vías de nivel 1 que sirven de acceso a la ciudad de Cartagena de Indias.



Tabla 20. Tránsito promedio diario semanal en la principales vías de acceso al distrito (Invias, 2009).

Vía	TPDS	% Automóviles	% Buses	% Camiones
Variante Gambote-Ctg	4,679	27	2	71
Ctg-Lomita Arena	2,306	80	3	17
Ctg-Vte Santa Rosa	4,167	31	27	42
Turbaco-Ctg	8,532	66	20	15

De acuerdo con las cifras del anterior cuadro, la mitad de la carga ingresa al Distrito por la vía variante Gambote-Cartagena, mientras que el 56% de los pasajeros (buses) entra por la vía Turbaco-Cartagena. En general, estas son las dos vías de mayor importancia, dado que soportan el 67% del tránsito desde y hacia el Distrito.

Patrimonio histórico

El Distrito tiene la distinción otorgada por la Unesco de “Puerto, fortalezas y conjunto monumental de Cartagena” por poseer el conjunto de fortificaciones más completo de toda Suramérica. Sus murallas, en un ochenta por ciento completas, conforman un sistema fortificado en la bahía. Adicionalmente, el “Plan Maestro para la revitalización del Patrimonio Cultural constituido por el Conjunto de Murallas de Cartagena de Indias” define Zonas de Conservación Histórica y Arquitectónica, que incluyen las zonas de influencia de las fortificaciones en el interior de las mismas, en los barrios del Centro, San Diego y Getsemaní. En la Tabla 21 se presentan los principales elementos del Patrimonio, exceptuando construcciones dispersas en donde hoy funcionan oficinas, locales comerciales o viviendas.

La mayor parte de los elementos del patrimonio se ubican en la localidad Histórica y del Caribe Norte, y se concentran en las Unidades Comuneras de Gobierno 1 y 2. Una vez se cuente con la cartografía de la ciudad, se desarrollará un mapa en el que se ilustre la ubicación y distribución del Patrimonio Material de Cartagena.

Actividades económicas

El mayor nivel de desagregación del Producto Interno Bruto (PIB), oficialmente calculado por el DANE, corresponde al nivel departamental. En consecuencia, el PIB del departamento de Bolívar fue, en el año 2010, de 22.014 miles de millones de pesos y corresponde al 4% del PIB nacional. En la Figura 46 se muestra la participación de las principales actividades económicas en el PIB departamental.

La principal actividad económica en el departamento son los servicios a las empresas, seguido por el comercio, la construcción, las actividades relacionadas con el turismo y, en menor medida, las agrícolas.



Tabla 21. Inventario de plazas y fortificaciones en Cartagena de Indias (Sociedad de Mejoras Públicas de Cartagena, 2009).

Barrio o sector	Plazas	Fortificaciones
Centro	P. de los Cochinos, P. de la Aduana, P. de San Pedro Claver, P. de Bolívar, Plazuela de la Proclamación, P. de Santa Teresa, P. Santo Domingo, P. del Tejadillo, Plazuela de la Merced, Plazuela del Estudiante	Museo de las Fortificaciones, Baluarte San Pedro Mártir, Cortina San Lucas/San Pedro, Baluarte San Lucas, Cortina Santa Catalina/San Lucas, Baluarte Santa Catalina, Espigón B. Santa Catalina, Bóvedas de Santa Clara, Baluarte Santa Clara, Cortina de la Merced/Santa Clara, Baluarte La Merced, Cortina de la Cruz/y la Merced, Plataforma de Ballestas, Baluarte Santa Cruz, Cortina Santo Domingo/Santa Cruz, Baluarte Santo Domingo, Cortina Santiago/Santo Domingo, Baluarte Santiago, Cortina San Francisco/Santiago, Baluarte San Francisco Javier, Cortina San Ignacio/ San Francisco, Baluarte San Ignacio de Loyola, Cortina San Juan/San Ignacio, Baluarte San Juan Evangelista, Boca del Puente, Escollera de la Marina
San Diego	P. Fernández de Madrid, P. de San Diego, P. de las Bóvedas	
Getsemaní	Paseo de los Mártires, Parque del Centenario, P. de la Independencia, P. de la Trinidad	Baluarte San Miguel de Chambacú, Cortina Santa Teresa/San Miguel, Baluarte de Santa Teresa, Baluarte de Santa Bárbara, Cortina Santa Bárbara/San José, Baluarte de San José, Cortina San José/Reducto/ Baluarte Reducto
Periferia zona histórica		Castillo San Felipe de Barajas (barrio Espinal UCG2), Batería Nuestra Señora de La Popa (barrio Cerro de La Popa UCG2), Batería San Juan (barrio Cerro de La Popa UCG2), Batería San Carlos (barrio Cerro de La Popa UCG2)
Bahía interior		Castillogrande de Santa Cruz, Batería San Juan de Manzanillo, Fuerte San Sebastián del Pastelillo
Bahía exterior		Castillo San Luis de Bocachica, Fuerte San José de Bocachica, Batería de San Felipe, Batería de Santiago o Reducto, Batería de Santa Bárbara, Castillo San Fernando de Bocachica, Batería del Ángel San Rafael, Escollera de Bocagrande

De acuerdo con el registro mercantil, por el año 2010 Cartagena de Indias contaba con 18.903 empresas con activos reportados de 15.403 billones de pesos (Figura 47). A pesar de que el Registro Mercantil de la Cámara de Comercio de Cartagena cubre también 4 municipios del departamento de Bolívar, las principales actividades económicas están en Cartagena de Indias, la cual participa con el 87.7% y el 96.6% de las empresas y activos registrados, respectivamente (Figura 48).

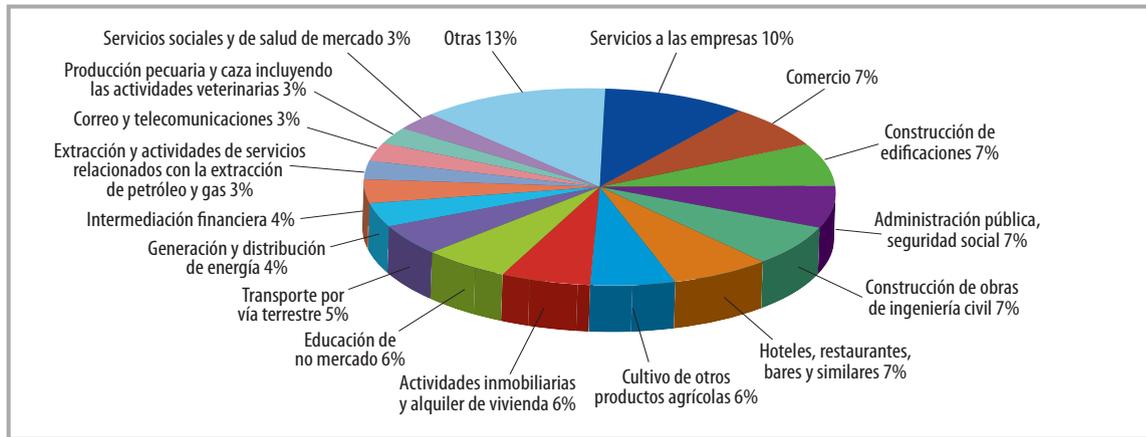


Figura 46. Participación de actividades económicas en el PIB del departamento de Bolívar. Fuente: DANE.

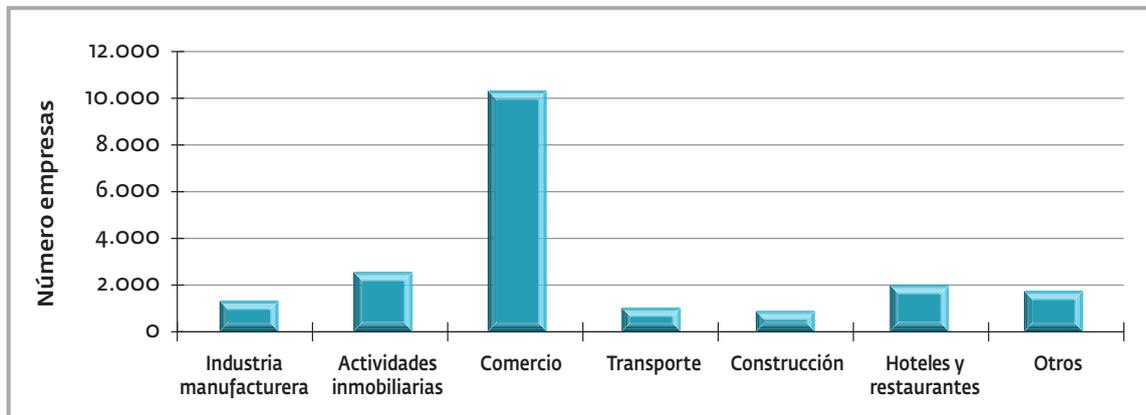


Figura 47. Empresas registradas en la Cámara de Comercio de Cartagena (Cedec, 2011).

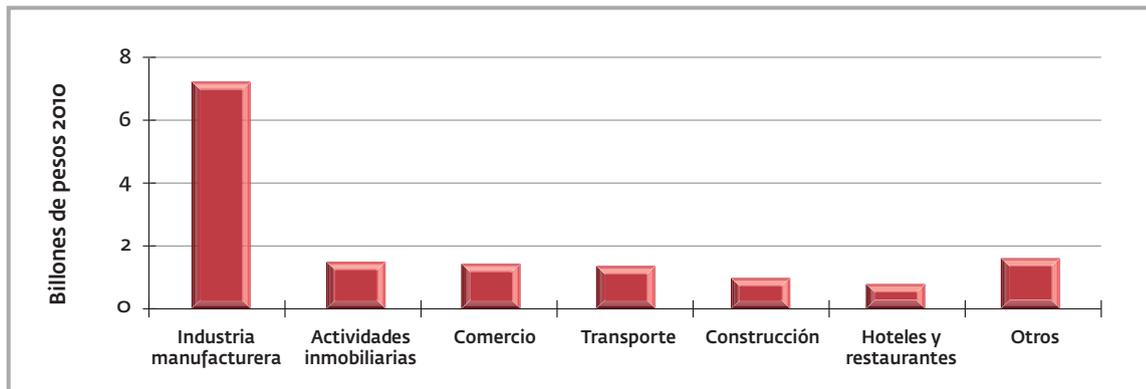


Figura 48. Activos de las empresas registradas en la Cámara de Comercio de Cartagena (Cedec, 2011).

Como muestran los anteriores gráficos, la actividad económica con mayor número de empresas registradas es el comercio, seguido, en menor medida, por las actividades inmobiliarias y los hoteles y restaurantes. En contraste, la actividad económica con mayores activos es la industria manufacturera y, en menor medida, las actividades inmobiliarias, el comercio y el transporte. Por otra parte, la inversión empresarial (medida como la inversión neta de capitales, que



resulta de contabilizar el ingreso por concepto de constitución de sociedades, las reformas efectuadas al capital de empresas constituidas y el capital que sale por liquidaciones) para el año 2010 en Cartagena de Indias ascendió a 96.63 mil millones de pesos, cifra que ha tenido una ligera recuperación en comparación con el año 2009 (Cedec, 2011).

La inversión empresarial en Cartagena de Indias y los municipios del norte de Bolívar que atiende la Cámara de Comercio se concentró en el sector empresarial (23%), seguido por el sector comercial (17%), las actividades inmobiliarias (15.2%), la construcción (12.4%) y los hoteles y restaurantes (10.3%). En comparación con el año 2009, los sectores que experimentaron más dinamismo en el crecimiento de las inversiones fueron los hoteles y restaurantes, la construcción, el comercio, y los servicios de energía, gas y agua, que sumados aportaron el 86% del crecimiento.

El turismo

En Cartagena de Indias se concentran las actividades económicas pertenecientes al sector secundario y terciario (incluyendo las actividades turísticas), que son las que generan la mayor producción del departamento, aportando más del 70% del Producto Interno Bruto del departamento de Bolívar³.

Los atractivos naturales y culturales, sumados a la infraestructura y a las facilidades turísticas existentes, han posicionado a Cartagena de Indias como uno de los principales destinos turísticos del litoral Caribe⁴. En los últimos años la tasa de ocupación hotelera se ha ido incrementando de manera importante, alcanzado en el año 2011 un valor cercano al 62%, como se muestra en la Figura 49.

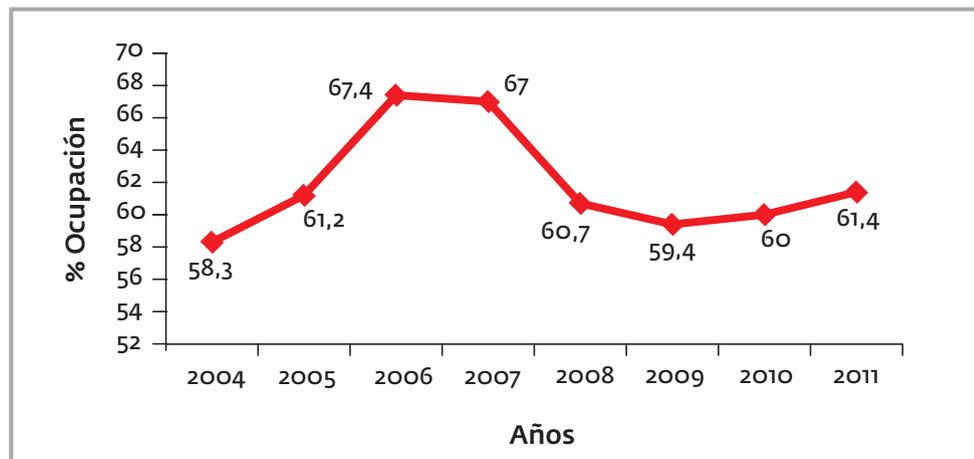


Figura 49. Porcentaje de ocupación de Cartagena de Indias 2004-2011 (Cotelco 2011).

3 Plan Sectorial de Turismo de Cartagena. 2004. Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, Corporación Turismo Cartagena de Indias, Instituto de Patrimonio y Cultura.

4 Idem.

Según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, a la Ciudad de Cartagena de Indias llegaron durante el año 2008 141.337 viajeros extranjeros por vía aérea y 206.691 en cruceros. En el 2010 los viajeros extranjeros que llegaron por vía aérea fueron 162.234 y por cruceros 286.165, registrándose un incremento del 46% y 76%, respectivamente.

Con relación a la procedencia de los turistas que arriban a Cartagena de Indias mediante cruceros, su número ha aumentado de manera significativa desde el año 2006. En la Figura 50 se observa el número de turistas que han llegado a Cartagena de Indias por este medio de transporte.

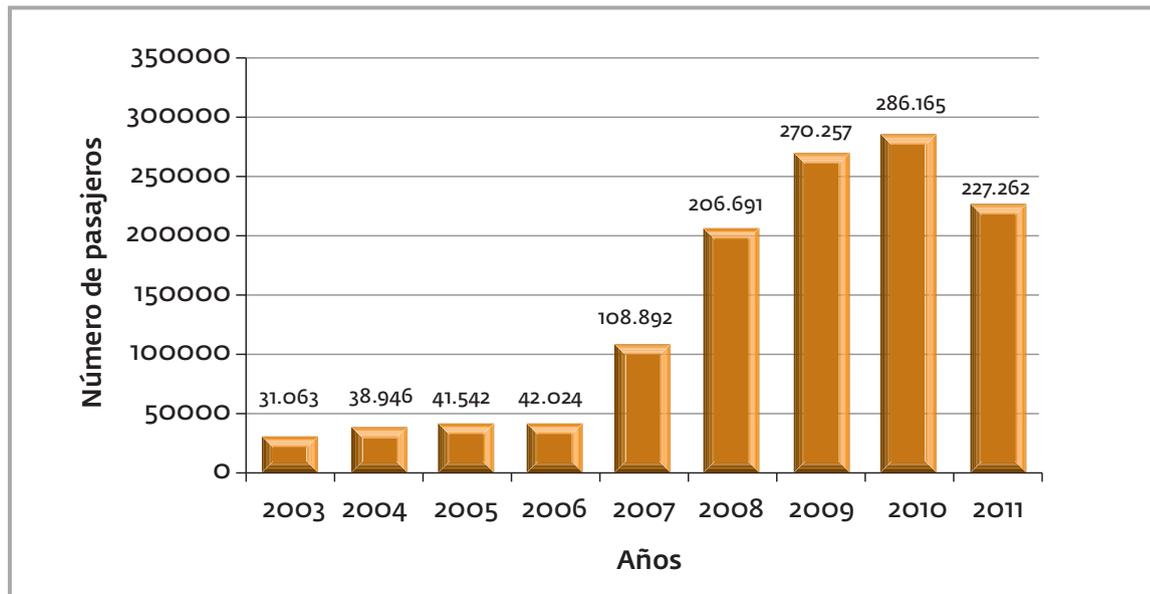


Figura 50. Número de turistas que han llegado a Cartagena de Indias mediante cruceros.

De igual forma, el comportamiento de turistas nacionales y extranjeros que han llegado a Cartagena de Indias por vía aérea se ha incrementado en los últimos años, alcanzando para el período de enero a septiembre un total de 631.473 visitantes nacionales y 111.521 de turistas extranjeros, como se muestra en la Figura 51.

De acuerdo con la Universidad de Cartagena - AC (2010), los atractivos turísticos de la ciudad se pueden agrupar en 5 categorías: Bienes culturales, Etnografía, acontecimientos programados, sitios naturales y realizaciones contemporáneas, las cuales, para el año 2001, se distribuían porcentualmente en 35.8%, 25.2%, 18.9%, 16.5% y 3.6%, respectivamente.

La categoría de bienes culturales involucra lugares o áreas entre los que se cuentan cerca de dos mil construcciones civiles y religiosas en pie; Más de 4.5 Km lineales de murallas, con cerca de 50.000 metros cuadrados de plataforma o área transitable y cerca de 15 hectáreas de áreas perimetrales a las murallas; 1600 metros lineales de escollera de la marina; 3200 metros lineales de la escollera de Bocagrande; y un sinnúmero de bienes muebles que reposan en distintas colecciones privadas y museos.

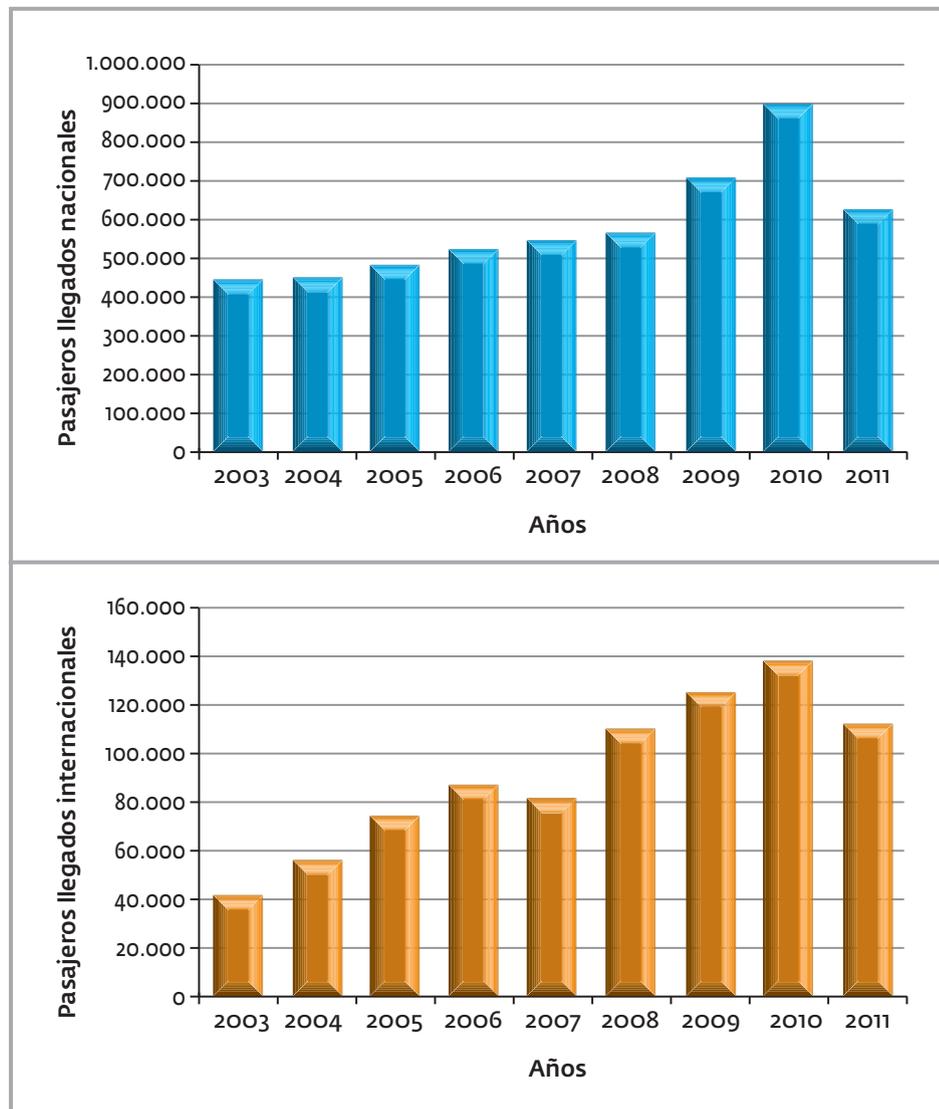


Figura 51. Turistas nacionales e internacionales que arribaron a Cartagena de Indias (2003-2011).

En cuanto a las actividades y acontecimientos programados, la ciudad tiene la siguiente distribución porcentual:

- El 14% de estos son de carácter artístico,
- el 10.5%, de carácter deportivo, y
- el 75.5% comprende espectáculos, congresos, fiestas religiosas y convenciones, entre otros.

De acuerdo con la Cámara de Comercio de Cartagena (2003), en esa fecha la ciudad contaba con un total de 202 establecimientos de hospedaje y acomodación, y 656 restaurantes. Los demás establecimientos comerciales que Cartagena de Indias ofrece para soportar su oferta turística se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Oferta del sector turístico de Cartagena de Indias (2003).

Actividades económicas	No. de empresas	Part. %	No. de empleados	Part. %	Ventas (Millones de \$)	Part. %	Activos (Millones de \$)	Part. %
Establecimiento de alojamiento y hospedaje	202	16 %	2.456	48 %	106.713	65,2 %	291.410	79,6 %
Restaurantes	656	53 %	1.599	31 %	25.410	15,5 %	34.362	9,4 %
Bares	17	1 %	30	1 %	107	0,1 %	162	0 %
Discotecas	27	2 %	64	1 %	785	0,5 %	997	0,3 %
Transporte turístico	31	3 %	124	2 %	7.669	4,7 %	4.331	1,2 %
Agencia de Viajes	65	5 %	382	7 %	11.085	6,8 %	18.037	4,9 %
Casinos	21	2 %	133	3 %	4.522	2,8 %	6.972	1,9 %
Joyerías	70	6 %	158	3 %	5.781	3,5 %	7.169	2 %
Artesanías	100	8 %	123	2 %	936	0,6 %	906	0,2 %
Casas de cambio	44	4 %	65	1 %	635	0,4 %	1.618	0,4 %
Total empresas del sector turístico	1.233	8 %	5.134	10 %	163.643	2,1 %	365.965	7,2 %
Total de empresas registradas en la Cámara	14.740	100 %	49.353	100 %	7.738.111	100 %	5.062.156	100 %

Fuente: Cámara de Comercio de Cartagena 2003.

Industria

Cartagena de Indias tiene en la industria una de las principales actividades económicas, la cual aporta cerca del 38% de la producción total de la ciudad y genera un 10% del total de puestos de trabajo. Los principales subsectores industriales que se encuentran en la ciudad se relacionan con la fabricación de sustancias químicas, productos derivados de la refinación del petróleo y la industria manufacturera (Arenas, 2009).

Según la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) (2008), la ciudad generó el 46.07% de la producción industrial, el 40.54% del valor agregado y el 23.35% del empleo del sector industrial en el Caribe Colombiano, situándose como la cuarta ciudad del país con mayor producción industrial, con un aporte del 6.5% del total de la producción Nacional.

La industria de Cartagena de Indias se caracteriza por una alta concentración de bienes intermedios (49.2% del producto bruto industrial), lo cual le otorga una vocación exportadora importante (Arenas, 2009).



La gran industria de la ciudad reúne a más de 109 empresas. El 42% de valor agregado de la industria corresponde a productos derivados de la refinación del petróleo, el 31% corresponde a sustancias químicas, el 10% a alimentos y bebidas, el 8% a la fabricación de productos plásticos y el 4% a productos minerales no metálicos.

Cartagena de Indias es reconocida como un emporio especializado en los sectores petroquímico, químico y plástico; Por tanto, grandes multinacionales tienen su centro de producción y distribución en la Ciudad. Tanto es así que constituye el principal fabricante de sustancias químicas del país y, además, es sede de la segunda refinería de petróleo más importante del país, después del Complejo Petrolero de Barrancabermeja.

Para ello la ciudad alberga la zona de desarrollo industrial y manufacturero más importante de la costa Caribe colombiana, el Parque Industrial de Mamonal, localizado a 12 km al sureste del casco urbano. Este parque industrial tiene el producto por trabajador más alto del país y la más alta tasa de incremento de la producción (7.3%) y de ventas brutas (8.3%).

Presenta, igualmente, tres zonas francas:

- Zona Franca de la Candelaria: se encuentra localizada en el interior del Parque Industrial de Mamonal.
- Zona Franca Industrial de Bienes y Servicios Cartagena-Zofranca S.A.: está ubicada al final del sector industrial de Mamonal y tiene dársena con muelle privado.
- Zona Franca Comercial: se encuentra ubicada a solo 300 m del puerto principal de la ciudad, en el barrio Manga. La Zona Franca Comercial de Zofranca cuenta con nueve bodegas cubiertas de 1.486 m² y 8.130 m² de patios para almacenamiento.

Por otra parte, la ciudad cuenta con una Zona Franca Turística, ubicada en la isla de Barú, dentro de la ciénaga de Portanaito; esta corresponde a la única zona franca turística que ofrece lotes sobre el agua en canales navegables y un desarrollo urbano turístico con villas y todas las especificaciones de una urbanización del Caribe.

Proyectos

Para el corto y mediano plazo se encuentran planificados varios mega-proyectos que incrementarán el PIB departamental; principalmente, en los sectores industriales, hotelero y transporte, como lo muestra la Figura 52. Los principales mega-proyectos corresponden al sector industrial y, en particular, a las actividades relacionadas con la refinación y la fabricación de productos derivados del petróleo (proyectos de Propilco, Abocol, planta de olefinas y ampliación de refinería de Cartagena). Estos proyectos aumentarán el PIB departamental entre el 11 y el 10%. Las expectativas son menores para los mega-proyectos turísticos y hoteleros (Proyectos Plaza La Serrezuela y Aumento en Cruceros), así como los del sector transporte (Zona Internacional de Logística de Carga del Caribe ZILCA).

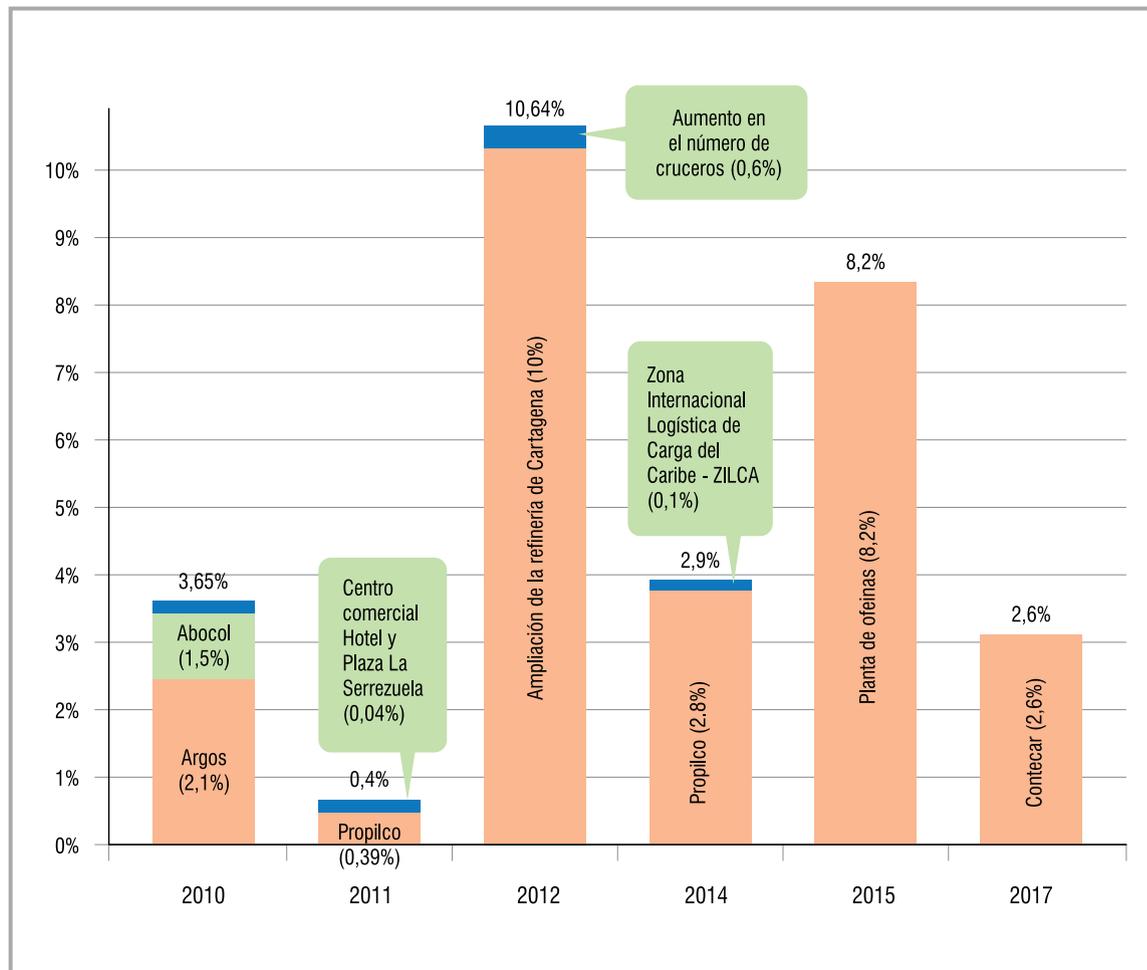


Figura 52. Estimación del impacto de los proyectos empresariales en Cartagena de Indias en el PIB del departamento. Tomado de www.cccartagena.org.co

Actividades políticas

La ejecución del presupuesto del Distrito lo documenta la Secretaría de Hacienda de forma desagregada, según unidades ejecutoras, es decir, las dependencias que realizan los gastos e inversiones requeridas para su funcionamiento.

La forma como se distribuye la totalidad del presupuesto en las veinticinco dependencias que se presentan (Figura 53) refleja cuáles son los temas prioritarios para el Gobierno local, y cabría suponer que son los que cuentan con mayor capacidad técnica y administrativa.

El 54% del presupuesto con vigencia de 2011 lo ejecutan tres de las veinticinco entidades: la Secretaría de Educación (22%), el Departamento Administrativo de Salud (18%) y la Secretaría de Infraestructura (13%). El monto asignado en 2011 al Sistema Local de Prevención y Atención de Desastres y Emergencias fue de \$5.578.550.724, que equivale al 0.37% del presupuesto total del Distrito para dicho período.

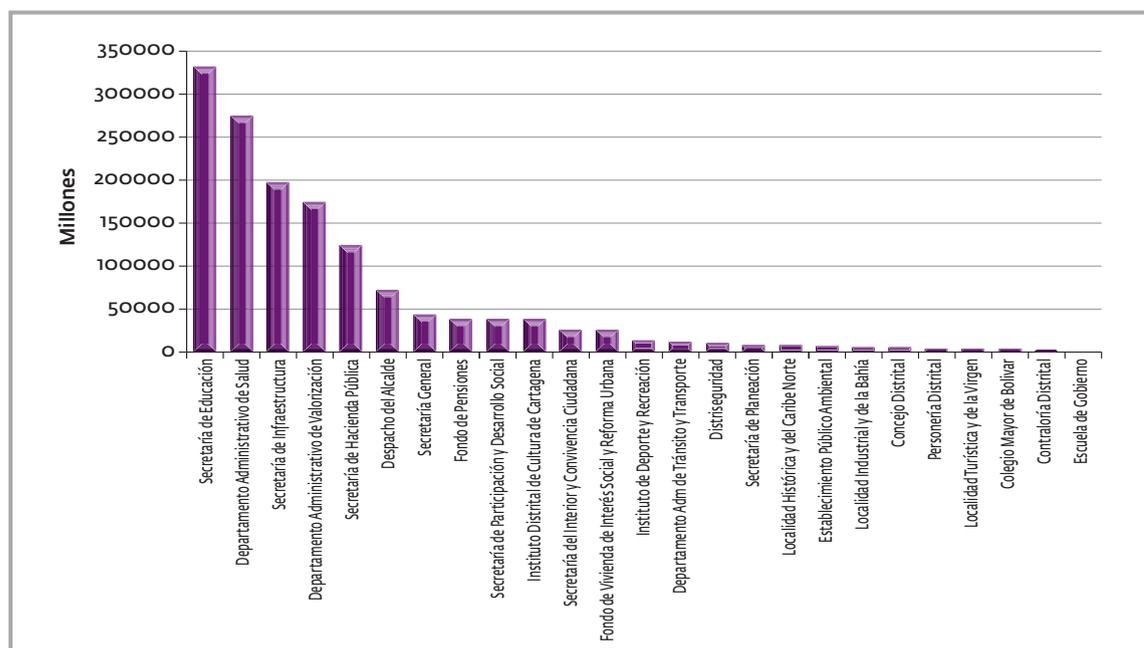


Figura 53. Presupuesto de gastos e inversiones del distrito para la vigencia fiscal 2011. Fuente: Elaboración a partir de informes de ejecución del presupuesto de gastos e inversiones de septiembre de 2011 (Secretaría de Hacienda Pública, Dirección de Presupuesto).

2. Impactos climáticos actuales

2.1. Amenazas históricas de Cartagena de Indias

Para este estudio se toman en cuenta las amenazas naturales más frecuentes y que, históricamente, han ocasionado eventos de desastre para la ciudad, y cuyo impacto se ha acrecentado por la presencia de amenazas antrópicas.

Para el Distrito de Cartagena de Indias las amenazas naturales están relacionadas, principalmente, con la dinámica propia del litoral, con fenómenos hidrometeorológicos y fenómenos atmosféricos; tales eventos están causando graves consecuencias a las poblaciones humanas, la infraestructura y las actividades productivas. En la Figura 54 se presenta la distribución de las amenazas identificadas para el Distrito de Cartagena de Indias.

De acuerdo con la base de datos de desastres consolidada para este proyecto, a partir de los registros de Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo entre 1932 y 2011 para Cartagena de Indias, se registra un total de 181 eventos de amenazas. Como se puede apreciar en la Figura 54, a pesar de ser las inundaciones el evento más frecuentemente reportado, otros eventos, como deslizamientos, vendavales, marea alta, también afectan la ciudad. Esta información coincide con lo reportado por Lacambra *et al.*, (2003), que, al hacer el análisis histórico del total de eventos registrados para las zonas costeras colombianas, identifica a Cartagena de Indias como la ciudad costera que es afectada por la mayor cantidad de fenómenos naturales y antrópicos.

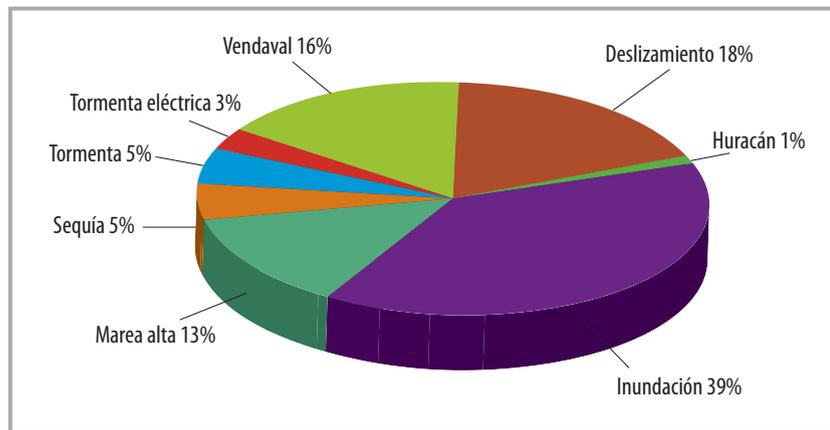


Figura 54. Distribución del porcentaje de frecuencia histórica de eventos registrados para el distrito Cartagena de Indias. Fuente: Base de datos consolidada Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo (1932-2011)

Las inundaciones representan el 43,3% de los eventos reportados en Cartagena de Indias. La gran mayoría de estas son consecuencia de las lluvias intensas, que generan a nivel urbano el desbordamiento de caños, canales y demás cuerpos de agua interiores, manifestándose en la acumulación de aguas en calles principales y sobre áreas verdes, inundación de sectores y barrios de manera temporal. En el área rural la inundación se da por el desbordamiento del Canal del Dique, la ciénaga de La Virgen, ríos y quebradas.

En los años 2010 y 2011 se registraron inundaciones graves durante la época invernal asociada a la ocurrencia del fenómeno de La Niña, que afectaron a un gran número de habitantes y una parte de la infraestructura urbana y domiciliara, causando muertes, destrucción de viviendas, alteraciones de la red de servicios públicos y daños en la red vial de comunicación entre la ciudad y los municipios vecinos, y el resto de país.

Remoción en masa

El Distrito de Cartagena de Indias se encuentra localizado sobre rocas y suelos muy susceptibles a los procesos erosivos relacionados con la escorrentía superficial, el mar y el viento. Tal situación se hace especialmente evidente en las zonas de los cerros y lomas que circundan el municipio, donde el fuerte cárcavamiento de las laderas ha generado la formación de cañones profundos de paredes localmente verticales.

Adicionalmente, la colonización de las laderas, colinas y lomas ha agudizado el problema por la alteración del drenaje natural y la deforestación. Esto hace que se presente, actualmente, un incremento significativo en las amenazas potenciales por fenómenos de remoción en masa asociados a las colinas.

Según el estudio Valoración de los Niveles de Riesgos Ambientales en el Distrito de Cartagena de Indias (Universidad de Cartagena - AC, 2010), la susceptibilidad a este fenómeno puede ser alta, moderada o baja.



Áreas de alta susceptibilidad a los procesos de remoción en masa

Tales procesos se asocian con localidades de laderas con pendientes mayores de 30°, afectadas por fenómenos de remoción en masa recientes o antiguos con susceptibilidad de ser reactivados. Adicionalmente, la erosión en estos sectores es intensa y con fuerte cárcavamiento; además, la actividad antrópica es acentuada y no favorable para la estabilidad de la ladera.

En la zona rural costera del Distrito de Cartagena de Indias, los fenómenos están asociados a los procesos erosivos de los cauces de los arroyos que circundan las unidades geomorfológicas de lomas y cerros, y que vierten sus aguas en el mar Caribe o en la bahía de Cartagena. Otras zonas donde se presentan movimientos en masa son aquellas que tienen material rocoso aledaño a la línea de costa, originando procesos de caídas de bloques por acción del oleaje. Las localidades más susceptibles son: isla Tierrabomba, cerros del casco urbano y algunas barrios, como se expone a continuación.

Por las características litológicas de los cerros que conforman la isla de Tierrabomba, la unidad calcárea de la Formación Popa (calizas arrecifales muy susceptibles a procesos de meteorización físico y químico) evidencia procesos erosivos concentrados tipo surcos y cárcavas; en las laderas con pendientes mayores de 30 grados se detectaron procesos de inestabilidad tipo caídas de bloques y se identificaron escarpes recientes y antiguos de proceso de inestabilidad de laderas.

En el casco urbano de la ciudad, los procesos erosivos relacionados con la escorrentía superficial, el mar y el viento se aprecian en el Cerro de La Popa, Marión y Albornoz, principalmente. Los sectores más afectados corresponden al costado suroriental, suroccidental y sur del Cerro de La Popa, Lomas del Marión (sector Las Colinas, Manzanares, Nueva Granada, Nueve de Abril) y el Cerro Albornoz, sector sur.

Los sitios más representativos se presentan en el barrio Nuevo Bosque, sector Manzanares-Las Colinas y en Nueva Granada y Nueve de Abril, donde se ha presentado un deslizamiento tipo rotacional, que inició su movimiento en noviembre/93 y se reactivó en noviembre/94, agosto/95, noviembre/2004, noviembre 2008 y agosto/2010.

Susceptibilidad moderada a los procesos de remoción en masa

La susceptibilidad moderada a los procesos de remoción en masa se presenta en las laderas con pendientes entre 10° y 20°, afectadas o no por fenómenos de remoción en masa en general, caídas de bloques o de detritos. La erosión es intensa en surcos y cárcavas y la actividad antrópica es de alta a moderada. En esta categoría se encuentran el sector nororiental, oeste y suroeste del Cerro de La Popa, en los barrios San Francisco, La Esperanza, La Paz, Nariño, Kennedy y, localmente, el barrio Papayal.

En el Cerro Marión se encuentran los barrios Andalucía, Nueve de Abril y Las Brisas. Igualmente, se encuentran en este rango el sector norte y noroeste del basurero de Henequén y el sector occidental del Cerro Albornoz.

Inundaciones

Los fenómenos de inundación que se presentan en el Distrito de Cartagena de Indias y que causan niveles de susceptibilidad sobre el territorio del Distrito y los asentamientos humanos son (Universidad de Cartagena - AC, 2010):

- Fenómenos de inundación por mareas.
- Fenómenos de inundación por drenajes pluviales.

En general, las zonas inundables se relacionan con áreas llanas de muy poca elevación que por estar a orillas del mar abierto, a orillas de los cuerpos de agua internos (bahía de Cartagena, ciénaga de La Virgen, caños y lagos), canales o cauces de drenaje, están sometidos a cambios en el nivel de las aguas por efectos del oleaje, vientos, mares de leva, mareas, y por el desborde de canales de drenaje pluvial y cauces naturales como consecuencia de las precipitaciones.

Inundación por mareas

De acuerdo con la base de datos de eventos de desastres desarrollada para este estudio, los registros más frecuentes de eventos de desastres por mareas se presentan desde 1970 hasta la fecha. Durante este período se registraron un total 20 desastres con impactos importantes, como los siguientes (Figura 55):

- Inundaciones de vías: Principalmente, la carrera primera y Avenida Chile de los barrios Bocagrande y Castillogrande, la avenida Santander y el anillo vial (Cartagena-La Boquilla).
- Inundación de viviendas: En los barrios Bocagrande, Marbella, Bocachica, la Boquilla, el corregimiento Manzanillo del Mar, y la isla de Tierra Bomba.
- Daño de infraestructura: malecón de Bocagrande, tuberías del acueducto y conexiones de gas natural en el sector El Laguito.

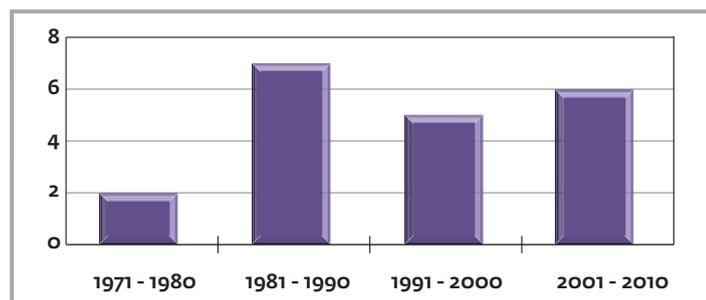


Figura 55. Frecuencia de eventos de desastres por marea alta en Cartagena de Indias. Fuente: Base de datos consolidada Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo (1932-2011).

Inundación por lluvias extremas (drenajes pluviales)

De acuerdo con esta base de datos consolidada (Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo 1932-2011), desde 1990 hasta 2010 se reportaron 22 eventos de desastre relacionados con inundaciones, tormentas y tormentas eléctricas.

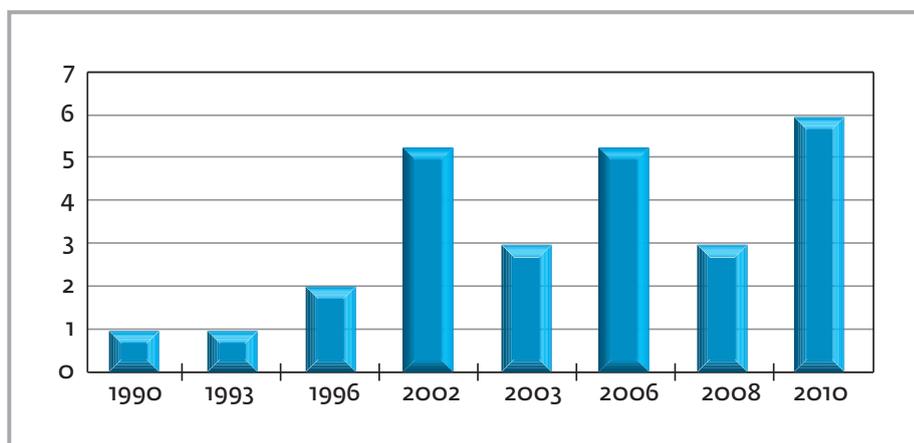


Figura 56. Frecuencia de desastres por lluvias extremas. Fuente: Base de datos consolidada Desinventar y Dirección de Gestión del Riesgo (1932-2011).

En la Figura se aprecia la frecuencia de desastres con tendencia al aumento, medida solo hasta el 2010, pero la vulnerabilidad actual de Cartagena de Indias frente a los eventos extremos lluviosos debido a la reciente ola invernal que enfrentó el país como consecuencia del fenómeno de La Niña a finales del 2010 y durante todo el 2011 puede ser posteriormente documentada.

Cuando coinciden los dos fenómenos de mareas altas y fuertes lluvias se presentan las mayores inundaciones en el Distrito, especialmente sobre la parte sur de la ciénaga de La Virgen, la Bahía y los caños y lagos, ya que, al estar con mayor nivel estos cuerpos de agua, los canales de drenaje no pueden descargar libremente los mayores volúmenes de agua que transportan por efecto de las precipitaciones, lo que origina un fenómeno de desaceleración del flujo y, por consiguiente, su desborde. Estos problemas se incrementan cuando los canales de drenaje no tienen suficiente capacidad para transportar los caudales que generan los grandes aguaceros.

2.2. Impactos biofísicos

Según la Tabla 23, en cada localidad los ambientes naturales se ven expuestos, en diferente medida, a las actuales amenazas. Estas impactan de manera focalizada como resultado de los patrones de circulación del agua, los drenajes y la pendiente; por lo tanto, los impactos en el sistema natural y socioeconómico varían por localidad.

En la parte continental del Distrito de Cartagena de Indias las geoamenazas presentan el mayor porcentaje de áreas actualmente en riesgo en la ciudad (21.8%). En orden de magnitud según el porcentaje de afectación, en general se observa cómo las áreas que presentan baja cobertura vegetal y las consideradas como zonas de erosión reciben el mayor impacto en las localidades 1 y 2. Igualmente, se puede considerar como muy alta la amenaza para las áreas cubiertas por herbazales en la localidad 1 y 2, así como los bosques heterogéneos en la localidad 3.

Tabla 23. Cobertura asociada a ecosistemas en cada localidad del distrito de Cartagena de Indias bajo riesgo actual por amenazas asociadas con el cambio climático.

Localidad	Cobertura	Área ha	% Inundación moderada pluvial	% Deslizamiento	Erosión
L1. Localidad de La Virgen y Turística	Playa				Moderada a Alta
	Arbustales	664,9	0,1	23,0	
	Área verde urbana	1,8	0,0	-	
	Áreas con vegetación escasa y suelo desnudo	2,4	3,1	54,4	
	Áreas urbanas concentradas	1311,4	9,2	2,1	
	Áreas urbanas discontinuas	209,0	0,0	25,1	
	Bosques heterogéneos	452,7	0,0	6,2	
	Herbazales	4,1	24,8	75,2	
	Lagunas costeras	2285,0	13,4	-	
	Manglar	567,0	0,2	0,1	
	Misceláneo de pastizales, arbustos y reservorios de agua	2174,8	0,0	0,1	
	Misceláneo pastizales abiertos y parches de arbustales	1,9	0,0	37,2	
	Pastizales abiertos	1987,5	0,0	4,4	
	Vegetación asociada a áreas de manglar –Sin definir (SD)	268,7	0,0	0,7	
Zona de erosión	0,5	75,2	100,0		
Subtotal L1.		9932,1	4,3	3,6	
L2. Localidad Histórica y del Caribe norte	Playas				Muy alta
	Arbustales	1110,2	0,7	32,61	
	Área verde urbana	13,9	2,7	0,06	
	Áreas con vegetación escasa y suelo desnudo	48,4	1,7	13,27	
	Áreas urbanas concentradas	2073,3	6,9	15,28	
	Bosques heterogéneos	1162,0	0,0	23,03	
	Cuerpos de agua	19,3	0,0	-	
	Estanques acuícolas	114,1	0,0	38,69	
	Herbazales	8,4	2,5	83,33	
	Lagunas costeras	224,8	0,0	-	
	Manglar	615,3	0,4	5,01	
	Misceláneo pastizales abiertos y parches de arbustales	660,0	0,0	44,45	
	Pastizales abiertos	276,1	0,0	0,27	
	Pastizales arbolados	114,3	0,0	17,15	
Vegetación-asociada a áreas de manglar –Sin definir (SD)	14,5	0,0	-		
Zona de erosión	1,2	50,1	100,00		
Subtotal L2.		6456,4	2,4	20,91	



Localidad	Cobertura	Área ha	% Inundación moderada pluvial	% Deslizamiento	Erosión
L3. Localidad Industrial de la Bahía	Playas				Moderada
	Arbustales	692,5	0,0	45,56	
	Áreas para extracción minera	84,5	0,0	-	
	Áreas urbanas concentradas	2184,3	6,7	26,83	
	Áreas urbanas discontinúas	890,5	0,0	18,75	
	Bosques heterogéneos	483,7	0,0	92,09	
	Cuerpos de agua	57,1	0,0	-	
	Manglar	100,7	0,0	-	
	Misceláneo de pastizales y arbustos	192,9	0,0	50,64	
	Misceláneo de pastizales, arbustos y reservorios de agua	567,4	0,0	14,70	
	Misceláneo de pastizales abiertos y humedales emergentes	167,4	0,0	1,81	
	Misceláneo pastizales abiertos y parches de arbustales	3108,5	0,0	65,96	
	Pastizales arbolados	0,1	0,0	-	
	Vegetación-asociada a áreas de manglar –Sin definir (SD)	40,5	0,0	-	
Subtotal L3.		8570,5	1,7	43,74	
Zonas marinas	Praderas de pastos marinos	76,3	2,9	21,80	
	Vegetación-asociada a áreas de manglar –Sin definir (SD)	-	732,10	5458,75	

En cuanto a las afectaciones por eventos relacionados con fenómenos atmosféricos de la zona costera, aproximadamente un 5% del Distrito se ve afectado por inundaciones moderadas debido a lluvias y encharcamientos por aumento de la marea. Se aprecia cómo estas inundaciones son sectorizadas y se incrementan en áreas que actúan, naturalmente, como captadoras de agua, por ejemplo, los ecosistemas de manglar, las lagunas costeras y la vegetación de humedales asociada a estos hábitats.

Otra de las amenazas que tiene alto impacto en el Distrito es la erosión de la línea de costa. Se estima que, aproximadamente, el 70,8% de las playas de interés turístico para Cartagena de Indias están en riesgo de alto a muy alto por esta amenaza (Tabla 24).

El mapa de amenaza por erosión costera realizado en este trabajo revela las zonas más amenazadas del Distrito de Cartagena de Indias; estas son: isla de Tierrabomba, junto con los sectores de Playa Blanca, Playetas, Barú (costado sur), El Laguito, Bocagrande y Centro

Histórico de Cartagena de Indias. Estas áreas, además de registrar un alto grado de amenaza por erosión costera, presentan un desarrollo urbanístico de intermedio a alto, lo que confiere mayor riesgo de pérdidas de bienes e infraestructura local. Estas áreas corresponden, aproximadamente, al 60% de la totalidad de la línea de costa del departamento de Bolívar. Entre los bienes en riesgo se destacan la infraestructura vial, de servicios y el patrimonio cultural (centro histórico), que se encuentran sobre la línea de costa o en las primeras cuadras junto a la playa.

Tabla 24. Playas en riesgo por erosión costera

Playas	Área	%	Erosión
Tierrabomba	0,52	4,5	Muy Alta
Tierrabomba	2,84	24,7	Muy Alta
Caño del Oro	0,58	5,1	Muy Alta
Bocachica	0,36	3,1	Muy Alta
La Boquilla	0,69	6,0	Moderada
La Boquilla	2,01	17,5	Moderada
Marbella	2,40	20,8	Alta
Bocagrande	0,70	6,1	Alta
Castillo Grande	0,76	6,6	Alta
El Laguito	0,63	5,4	Moderada

Además de las playas, las unidades de cobertura que exhiben riesgo por esta amenaza son:

- Las áreas urbanas discontinuas de la localidad 1, que hace referencia a los asentamientos rurales presentes en el borde costero, como La Boquilla, Marilinda, Villa Gloria.
- En la localidad 2 se encuentran en riesgo por alta amenaza de erosión las playas de interés turístico de Marbella, Bocagrande, las playas y gran parte de la línea de costa de la isla Tierrabomba. Asociados a estas localidades se encuentran relictos de formaciones vegetales de ecosistemas secos y de manglar, los cuales también presentan riesgos debido a la alta o moderada amenaza por erosión.

2.3. Áreas expuestas

Como describe el capítulo Metodología, el riesgo actual del sistema biofísico y socioeconómico depende, en sus características, de las amenazas históricas y la vulnerabilidad actual (capacidad/sensibilidad).

El área bajo riesgo actualmente fue delimitada teniendo en cuenta los siguientes factores: porciones de línea de costa identificadas con influencia de erosión, sectores susceptibles a fenómenos de remoción en masa, e inundación (Figura 57). En la Tabla 25, se presentan las

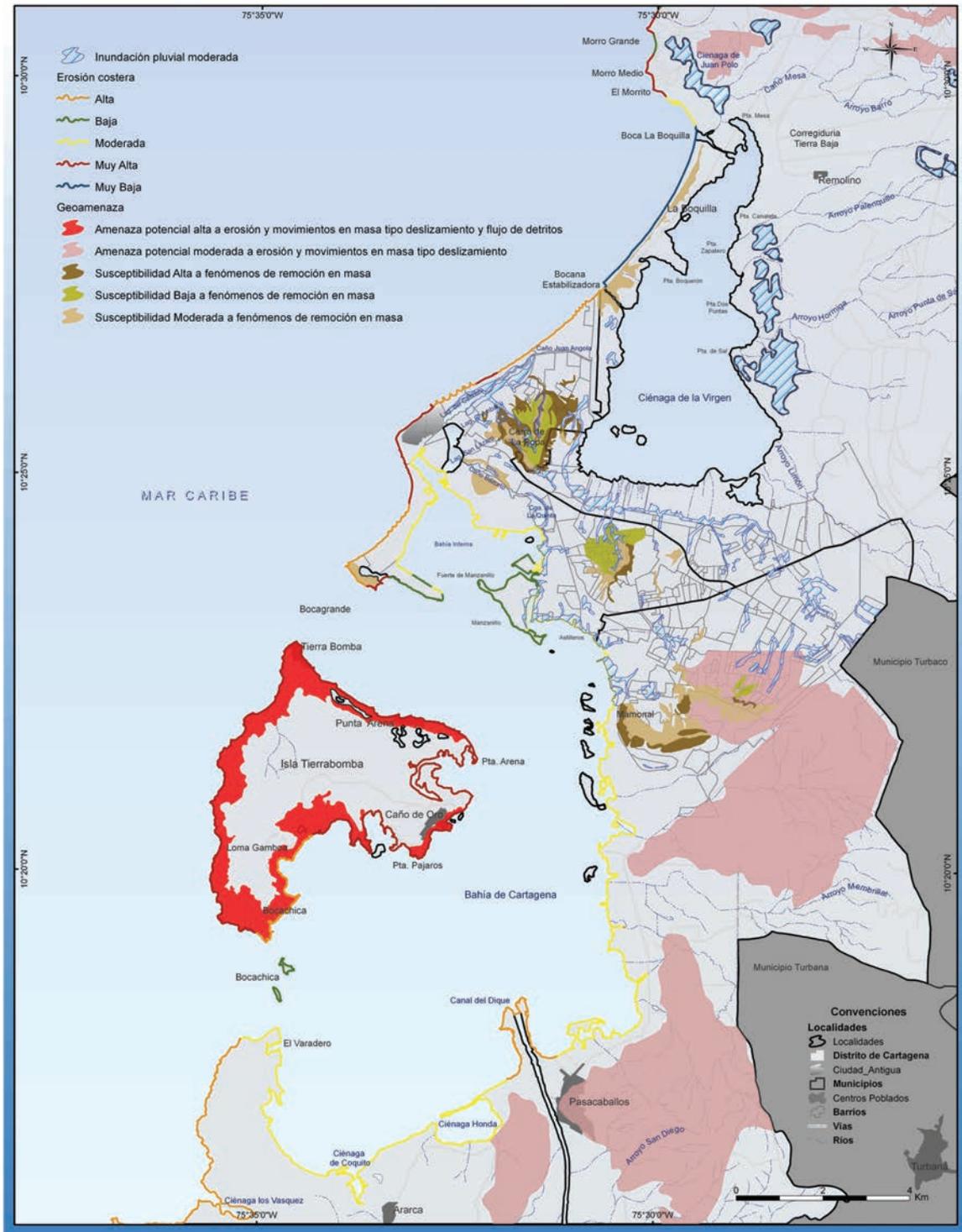


Figura 57. Mapa de riesgo actual del distrito de Cartagena de Indias por amenazas naturales. Fuentes: Mapa de geoamenazas y mapa de inundación pluvial moderada (Universidad de Cartagena y AC, 2010).

Tabla 25. Características de los fenómenos de inundación moderada y de las áreas en riesgo (Universidad Cartagena y AC, 2010).

Características	Zonas susceptibles de fenómenos de inundación por drenajes pluviales	Zonas susceptibles de inundación por marea
Causas de inundación	<ul style="list-style-type: none"> • El evento se asocia con la época de lluvias, especialmente en los meses de octubre y noviembre. • Las inundaciones se presentan como consecuencia de la obstrucción de los canales y cauces naturales con desechos, escombros y crecimiento de vegetación natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • La marea astronómica promedio en Cartagena de Indias es de 0,35 m y el rango máximo de marea es de 0,60 m. • El aumento en el nivel medio del mar por efectos globales y la marea astronómica se afectan también por la marea meteorológica debida a la presencia de huracanes en el área del Caribe y frentes fríos, que pueden producir un ascenso relativo del nivel del mar en hasta en 0,15 a 0,20 m (Parra y Lozano).
Zonas susceptibles	<ul style="list-style-type: none"> • Terrenos bajos que bordean la ciénaga de La Virgen, los caños y lagunas internas y la bahía de Cartagena. • Lugares cercanos a las desembocaduras de canales pluviales. • Zonas de desembocaduras y drenajes de las cuencas y subcuencas de las partes altas del territorio urbano. • Se destacan la zona sur y nororiental de la ciénaga de La Virgen, el Centro, laguna del Cabrero, caño Bazurto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ubican a lo largo de la franja de playas del Distrito, sobre el Mar Caribe, la ciénaga de La Virgen, las bahías, y sobre los caños y lagos. • Las zonas más afectadas serán aquellas que se encuentren a niveles (cotas) muy cercanos a la altura de la marea en ese momento. • Los sectores más comúnmente atacados por ese tipo de inundación son Manga, el Centro, Mar Bella, Bocagrande, y Castillogrande, El Laguito y la zona de La Boquilla, ciénaga de La Virgen y Manzanillo del Mar.
Sectores afectados	<p>Cuenca del arroyo Tomatal, barrio El Pozón; arroyo Matute, barrios Olaya Herrera y San José de Los Campanos; cuenca arroyo Fredonia, barrios Fredonia y Las Palmeras; Canal Playa Blanca barrio Olaya sector Playa Blanca; canal Maravilla, Olaya sector Central; canal Ricaurte, barrios Trece de Junio, La Florida y Los Alpes; canal Las Flores, Olaya sector Ricaurte, Olaya sector 11 de Noviembre y Olaya Villa Olímpica; canal La Arrocera, barrios Olaya sector Once de Noviembre y Olaya Villa Olímpica; canal Once de Noviembre, parcialmente los barrios Olaya sector Once de Noviembre y Olaya Villa Olímpica; canal La Villa, parte de los barrios Olaya Herrera sector Rafael Núñez, Olaya sector Once de Noviembre y Olaya Villa Olímpica; canal Tabú, barrio Olaya sector Rafael Núñez; canal Salim Bechara, parte del barrio Olaya sector Rafael Núñez; canal Primero de Mayo, barrio República del Líbano; canal San Martín, barrio Boston; canal Santa Clara, barrios Ceballos, La Campiña y Nuevo Bosque; calle Transversal 52, El Bosque. También se ven afectados los barrios La Candelaria, El Prado, Amberes, Nuevo Paraíso; La Esperanza; La María; San Francisco; Pie de la Popa; El Bosque transversal 44 y 48, diagonal 22 23; barrio el Campestre; Crespito; San Pedro y Libertad; barrios Torices y Cerro de La Popa. (Plan de Drenajes Pluviales Cartagena de Indias, 2009).</p>	<p>Camellón de los Mártires (carrera 8B con calle 30); muelle de La Bodeguita con el monumento de los Pegasos (barrio Centro carrera 2a con avenida Blas de Lezo), la plazoleta frente al Hotel Santa Teresa (barrio Centro carrera 3.^a con calle 31); Pie de la Popa calle 29B, entre las carreras 20 y 21, intersección de las carreras 20; 20A; 21, 21A y 21B con la calle 29B; sector del Pie de la Popa (caño Bazurto) que está comprendido entre el Puente Jiménez (barrio Pie de la Popa carrera 22 intersectando la con avenida El Lago o calle 29B) barrio Martínez Martelo, calle con intersección de la avenida El Lago, el sector del barrio Manga en una de las boca-calles que drenan a la ciénaga de Las Quintas; Barrio Bocagrande y barrio Castillogrande sobre la avenida Chile, la carrera primera del Barrio Bocagrande, vía Marginal a la ciénaga de La Virgen y zonas perimetrales a la ciénaga, entre otras. (Plan de Drenajes Pluviales Cartagena de Indias, 2009).</p>



características de los fenómenos de inundación moderada y de las áreas en riesgo (Universidad Cartagena- AC, 2010).

Áreas de riesgo por inundación: Hacen referencia a aquellas áreas que son anegadas por una precipitación pluvial moderada y comprenden:

- Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial.
- Desbordamiento de corrientes naturales (se incluyen las áreas inundables de los cauces mayores o rondas de los ríos) y de ciénagas.

Áreas en riesgo por erosión: Abarcan los sectores de la línea de costa que presentan riesgos por amenaza de erosión.

Áreas en riesgo por remoción en masa (geoamenazas): Abarcan las áreas de alta y moderada susceptibilidad a la remoción en masa.

2.4. Impactos socioeconómicos

Según la base de datos histórica consolidada, que incluye registros desde 1932 hasta 2011, las principales consecuencias de los eventos históricos registrados para el Distrito de Cartagena de Indias son: los damnificados (número de personas muertas y afectadas), los daños en viviendas, las pérdidas económicas que reflejan los daños en infraestructura vial y los impactos en actividades económicas y, por último, los gastos de atención que conlleva el desastre (Figura 58).

En todos los aspectos mencionados, las inundaciones presentan la mayor cantidad de consecuencias para la ciudad. Del total de damnificados, el 30%, aproximadamente, corresponden a muertes, el 80 % a viviendas afectadas y el 50% a las pérdidas económicas.

Los efectos como consecuencia de las lluvias suelen ser las inundaciones de las infraestructuras urbanas y domiciliarias y los damnificados por la inundación pasajera; también se ha presentado aumento de enfermedades en la época de lluvia (Lamcabra *et al.*, 2003).

Los deslizamientos son otra más de las amenazas que registran efectos considerables en la ciudad, sobre todo respecto a las pérdidas económicas y al número de muertes. En orden de magnitud, por el número de muertos, siguen la marea alta y tormentas; pero en lo relativo a los efectos en viviendas, los vendavales tienen mayor incidencia que los deslizamientos, inclusive.

Los deslizamientos, en algunos casos, son consecuencias de las lluvias e inundaciones; en otros, de movimientos sistémicos (Lacabra *et al.*, 2003). En Cartagena de Indias los eventos reportados como deslizamiento han sido graves y la mayor parte de los daños correspondió a las viviendas, aunque en el desastre del barrio San Francisco (2010) se reportaron, además de los daños materiales, heridos y deterioro de los suelos.

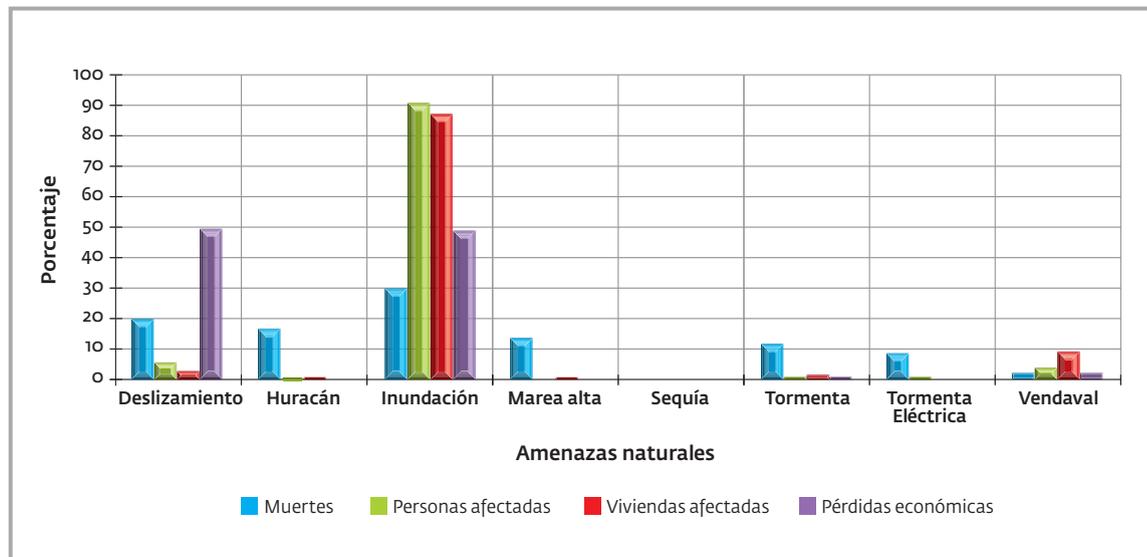


Figura 58. Afectaciones producidas por cada uno de los eventos de desastre reportados para el distrito de Cartagena de Indias entre 1932 y 2011.

A nivel nacional los eventos relacionados con el clima, como deslizamientos e inundaciones, alcanzaron daños estimados en US\$2.227 millones para los años 1970 y 2000. En el mismo período tales eventos registraron pérdidas económicas de alrededor de \$652.249.776 (pesos colombianos) en el Distrito de Cartagena de Indias. La cifra se incrementó en la última década (2001-2011) a \$5.690.481.711 (pesos colombianos).

El último censo de damnificados realizado en el departamento de Bolívar tras la ola invernal del 2010 y todo el año 2011 (Gobernación de Bolívar, 2011) indica que 43.500 familias resultaron damnificadas por la emergencia.

El Programa Colombia Humanitaria, creado específicamente para atender esta emergencia, suscribió convenios con entidades operadoras para la compra y entrega de alimentos y elementos de aseo, para la reconstrucción de viviendas, construcción de albergues o asignación de cuotas temporales de arriendo o costos de alojamiento. Para el Departamento de Bolívar, las entidades operadoras fueron la Caja de Compensación Familiar-Comfenalco y la Caja de Compensación Familiar de Cartagena –Comfamiliar-. Para la ciudad de Cartagena de Indias se estableció una meta de atención en cuotas de arriendo hasta para 3.000 familias damnificadas, pero a agosto de 2011 se habían atendido solo a 886 familias, con recursos girados por valor de \$2.207 millones. De forma complementaria, la Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior y Justicia, con recursos del Fondo Nacional de Calamidades, destinó para Cartagena de Indias \$148.9 millones para atender a 150 familias durante cuatro meses.

Adicionalmente, fue necesario destinar recursos para la construcción de obras de infraestructura mayores y menores. Para Cartagena de Indias se aprobaron 7 obras menores por un valor agregado de 1.000 millones de pesos, como se presenta en la Tabla 26.



Tabla 26. Inversión en obras menores por ola invernal de 2010 y 2011 en Cartagena de Indias (Gobernación de Bolívar, 2011).

Municipio	Objeto de la obra	Total
Cartagena	Construcción de box couvert en concreto reforzado sección 1,2 x 1,5 x 5,0 Calle 7 de Diciembre	\$ 22.013.547
Cartagena	Construcción de box couvert en concreto reforzado sección 1,2 x 4 x 5 y tramo de canal de acceso sobre canal 20 de Julio y Cra 58C	\$ 48.000.000
Cartagena	La Gaitana (Localidad 3 Industrial y de la Bahía) Muro en concreto reforzado La Gaitana	\$ 45.000.000
Cartagena	Nueve de Abril (Localidad 1 Histórica y del Caribe Norte) Construcción de muros en diferentes sectores del barrio Nueve de Abril (Cra 49F, Calle Santa Fe, Calle La Unión, Calle 20 y Calle 20A)	\$ 150.000.000
Cartagena	Petare (Localidad 1 Histórica y del Caribe Norte) Construcción muro contención del barrio Petare (entre las mzs 34B entre la cra 20 de Petare y la mz 34B del Barrio Pablo Sexto II y la mz 579 del barrio República del Caribe)	\$ 245.000.000
Cartagena	San Francisco (Localidad 1 Histórica y del Caribe Norte) Construcción muro de contención en el sector Loma en el Barrio San Francisco	\$ 250.000.000
Cartagena	Torices (Localidad 1 Histórica y del Caribe Norte) Obras de protección de la Loma del Diamante en el barrio Torices	\$ 240.000.000
Total		\$ 1.000.013.547

Como se puede apreciar, las obras se concentraron en los barrios La Gaitana, Nueve de Abril, Petare, San Francisco y Torices, y corresponden a obras de protección, muros de contención y *box couvert*. También se aprobaron recursos para el programa de limpieza de canales pluviales en las localidades de La Virgen y Turística (248,3 millones) e Histórica y del Caribe Norte (132,9 millones).

La emergencia también afectó 7 colegios públicos en Cartagena de Indias, localizados en los sectores de Bayunca, Tierra Bomba, San Francisco de Asís, San Juan de Damasco y Ciudadela 2000, que requirieron una inversión, por parte del Ministerio de Educación Nacional, del orden de 1.606 millones de pesos. Igualmente, el Ministerio de Defensa tuvo que destinar recursos por aprox. 264 millones para reparaciones en la Base Naval de Cartagena (Figura 59).

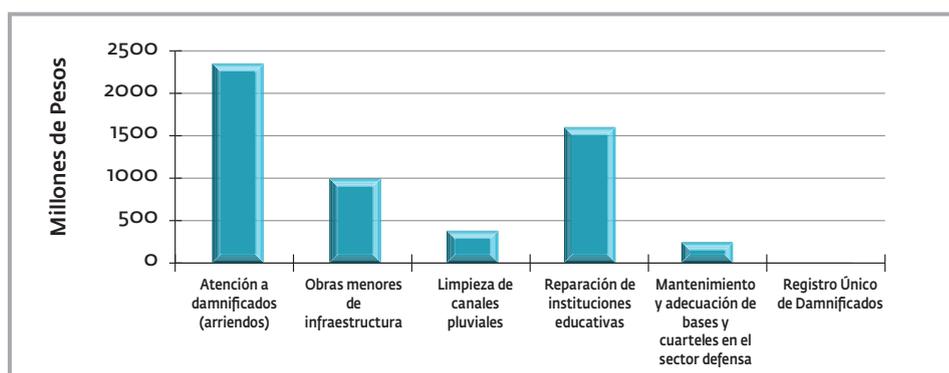


Figura 59. Recursos destinados por el Gobierno Nacional para atender emergencia invernal 2010-2011 en Cartagena de Indias (Gobernación de Bolívar, 2011).

En total el Gobierno Nacional destinó 5.622 millones de pesos para la atención de la emergencia invernal en Cartagena de Indias, principalmente en la atención a familias damnificadas, reparación de colegios públicos y obras menores de infraestructura.

2.5. Vulnerabilidad socioeconómica actual

En esta sección se presentan los valores del índice agregado de vulnerabilidad en el escenario actual, evaluados de acuerdo con las variables presentadas en la sección de metodología (Tabla 6).

En la actualidad, la población ciudad de Cartagena de Indias se ve afectada por inundación por mareas altas y/o precipitación extrema, erosión, e incidencia de dengue. Para cada uno de estos impactos se presenta una tabla, en la cual aparecen los barrios junto con los correspondientes valores de las variables de sensibilidad (cobertura de acueducto, cobertura de alcantarillado, % de hogares de estratos 1 y 2, y % de viviendas con una sola planta) y usos del suelo.

Tabla 27. Índice de vulnerabilidad actual por barrio de los sectores económico-turístico y social impactados por eventos de inundación.

Barrios afectados por la ola invernal 2010-2011	Usos del suelo	Variables de sensibilidad						Índice agregado de vulnerabilidad
		Estratificación económica	% de viviendas con una planta	% de viviendas con alcantarillado	% de viviendas con acueducto	Tipo de construcción del patrimonio histórico	Existencia de espolones	
Nueve de Abril	Zonas verdes	100% Alta	71% Alta	84% Media	90% Media	○	NA	Alta
Petare	Residencial	0% Baja	67% Media	59% Baja	87% Media	○	NA	Media
San Francisco	Residencial	100% Alta	63% Media	65% Baja	80% Media	○	NA	Media
Torices *	Residencial	36% Media	51% Media	88% Media	91% Media	○	NA	Media
San Juan de Damasco ⁺	Residencial	100% Alta	52% Media	92% Media	93% Media	○	NA	Alta
Ciudadela 2000	Industrial	NA	NA	90% Media	NA	○	NA	Media
Boca-grande **	Institucional – Comercial Residencial	NA	NA	89% Media	NA	○	E Moderada	Media

* Allí tiene lugar también incidencia de dengue.

** Allí tiene lugar también erosión de playas.

⁺ Constituido recientemente como barrio independiente. Su información está integrada a la del barrio Armenia.



En cuanto al sector económico-turístico, los criterios de sensibilidad son el porcentaje de cobertura de alcantarillado, la existencia o inexistencia de elementos del patrimonio arquitectónico y la existencia de espolones en playas turísticas aledañas a barrios comerciales.

En las siguientes tres tablas se presentan las variables de sensibilidad de los sistemas económico-turístico y social; las variables pertinentes al sistema correspondiente se evalúan teniendo en cuenta el uso del suelo.

Los barrios identificados como afectados por inundación son aquellos en donde se han ejecutado obras de protección y reparaciones a bienes públicos debido a daños causados por la ola invernal 2010-2011. Los siete barrios afectados y los correspondientes valores de las variables de sensibilidad se relacionan en la siguiente tabla.

Los índices evaluados en la Tabla 27 atribuyen niveles de vulnerabilidad media y alta a los barrios afectados por inundaciones. En los residenciales la variable de sensibilidad que más aporta a una mayor vulnerabilidad es el porcentaje de viviendas con una sola planta y, en segunda instancia, el porcentaje de viviendas con conexión al acueducto, que tiene un nivel medio en todos los barrios. En los barrios con vocación comercial, institucional e industrial, la vulnerabilidad media se relaciona con coberturas medias del servicio de acueducto.

En la siguiente tabla se relacionan los cuatro barrios afectados por eventos de erosión, en la medida en que, actualmente, presentan categorías de erosión alta y muy alta.

Tabla 28. Índice de vulnerabilidad actual por barrio de los sectores económico-turístico y social impactados por eventos de erosión

Barrios con playas en proceso de erosión	Usos del suelo	Variables de sensibilidad						Índice agregado de vulnerabilidad
		Estratificación económica	% de viviendas con una planta	% de viviendas con alcantarillado	% de viviendas con acueducto	Tipo de construcción del patrimonio histórico	Existencia de espolones	
Castillo-grande	Residencial	0% Baja	17% Baja	100% Baja	100% Baja	1 Baja	E Moderada	Media
Marbella	Mixto	NA	NA	96% Baja	NA	0	E Moderada	Baja
Crespo	Residencial - Comercial	0% Baja	37% Media	97% Baja	97% Baja	0	E Moderada	Media
El Cabrero	Residencial	1% Baja	15% Baja	89% Media	90% Media	0	E Moderada	Media

En la Tabla 28, los tres barrios residenciales tienen vulnerabilidad media. Las variables de sensibilidad que aportan a esta calificación son las coberturas de acueducto y alcantarillado, mientras que la menos crítica es la estratificación económica, pues el porcentaje de viviendas de estratos bajos es mínimo. En el único barrio no residencial afectado por erosión, las variables de sensibilidad adoptan valores bajos, por lo que su vulnerabilidad se califica del mismo modo.

En la siguiente tabla se presentan los veintinueve barrios identificados en estado de amenaza actual por dengue, por tratarse de aquellos donde en 2010 se reportaron más de diez casos.

Todos los barrios de la Tabla 29 presentan vulnerabilidades media y alta, pero en el grupo no se pueden diferenciar las variables de sensibilidad que por su alto valor aporten de forma consistente a dicha calificación.

Del conjunto de cuarenta barrios expuestos a algún tipo de impacto, diez presentan índices altos de vulnerabilidad, los cuales son: Nueve de Abril, San Juan de Damasco, Boston, El Pozón, La Candelaria, La Esperanza, La María, Olaya, Piedra de Bolívar y San José de los Campanos. Esto se traduce en que cerca de la cuarta parte de los barrios expuestos, actualmente, a amenazas del clima exhiben una alta vulnerabilidad.

Tabla 29. Índice de vulnerabilidad actual por barrio del sector socioeconómico impactado por endemismo de dengue

Barrios	Usos del suelo	Variables de sensibilidad						Índice agregado de vulnerabilidad
		Estratificación económica	% de viviendas con una planta	% de viviendas con alcantarillado	% de viviendas con acueducto	Tipo de construcción del patrimonio histórico	Existencia de espolones	
Amberes	Residencial	4% Baja	55 Media	97% Baja	96% Baja			Media
Blas de Lezo	Residencial	7% Baja	64 Media	99% Baja	99% Baja			Media
Boston	Residencial	99 Alta	59 Media	33% Alta	85 Media		NE Alta	Alta
Calamares	Residencial	0% Baja	67% Media	98% Baja	98% Baja			Media
Daniel Lemaitre	Residencial	0% Baja	56% Media	91% Media	94% Media			Media
El Campestre	Residencial	21% Baja	75% Alta	98% Baja	98% Baja			Media



Barrios	Usos del suelo	Variables de sensibilidad						Índice agregado de vulnerabilidad
		Estratificación económica	% de viviendas con una planta	% de viviendas con alcantarillado	% de viviendas con acueducto	Tipo de construcción del patrimonio histórico	Existencia de espolones	
El Pozón	Residencial	100% Alta	71% Alta	59% Alta	87% Media			Alta
El Recreo	Residencial	0% Baja	68% Media	96% Baja	96% Baja			Media
El Socorro	Residencial - Institucional	3% Baja	65% Media	98% Baja	98% Baja			Media
Escallón Villa	Residencial - Institucional	60% Media	49% Media	96% Baja	96% Baja			Media
España	Residencial	33% Media	55% Media	94% Media	96% Baja			Media
La Candelaria	Residencial	100% Alta	63% Media	11% Alta	79% Media		NE Alta	Alta
La Esperanza	Residencial	100% Alta	58% Media	59% Alta	90% Media		NE Alta	Alta
La María	Residencial	100% Alta	64% Media	63% Alta	81% Media		NE Alta	Alta
Las Gaviotas	Residencial	0% Baja	64% Media	98% Baja	99% Baja			Media
Las Palmeras	Residencial	100% Alta	78% Alta	98% Baja	98% Baja			Media
Los Alpes	Residencial - Institucional	31% Media	58% Media	96% Baja	96% Baja			Media
Los Caracoles	Residencial - Institucional - Comercial	5% Baja	68% Media	99% Baja	99% Baja	0		Media
Manga	Residencial - Institucional - Comercial	1% Baja	32% Media	95% Baja	97% Baja	1 Baja	NE Alta	Media
Nuevo Bosque	Residencial	61% Media	72% Alta	98% Baja	98% Baja			Media
Olaya sector Central	Residencial	100% Alta	67% Media	35% Alta	83% Media		NE Alta	Alta

Barrios	Usos del suelo	Variables de sensibilidad						Índice agregado de vulnerabilidad
		Estratificación económica	% de viviendas con una planta	% de viviendas con alcantarillado	% de viviendas con acueducto	Tipo de construcción del patrimonio histórico	Existencia de espolones	
Pie de la Popa	Residencial	0% Baja	37% Media	96% Baja	97% Baja			Media
Piedra de Bolívar	Residencial	100% Alta	62% Media	87% Media	92% Media			Alta
San Fernando	Residencial	88% Alta	61% Media	96% Baja	96% Baja			Media
San José de los Campanos	Residencial - Comercial	99% Alta	74% Alta	79% Media	94% Media	o		Alta
San Pedro Mártir	Residencial - Institucional - Comercial	0% Baja	73% Alta	81% Media	91% Media	o		Media
Torices	Residencial - Institucional - Comercial	36% Media	51% Media	88% Media	91% Media	o		Media
Trece de Junio	Residencial	84% Alta	65% Media	97% Baja	97% Baja			Media
Zaragocilla	Residencial - Institucional - Comercial	80% Alta	51% Media	97% Baja	96% Baja	o		Media

En el siguiente mapa se ilustra el valor del índice agregado de vulnerabilidad actual para los tres tipos de impacto.

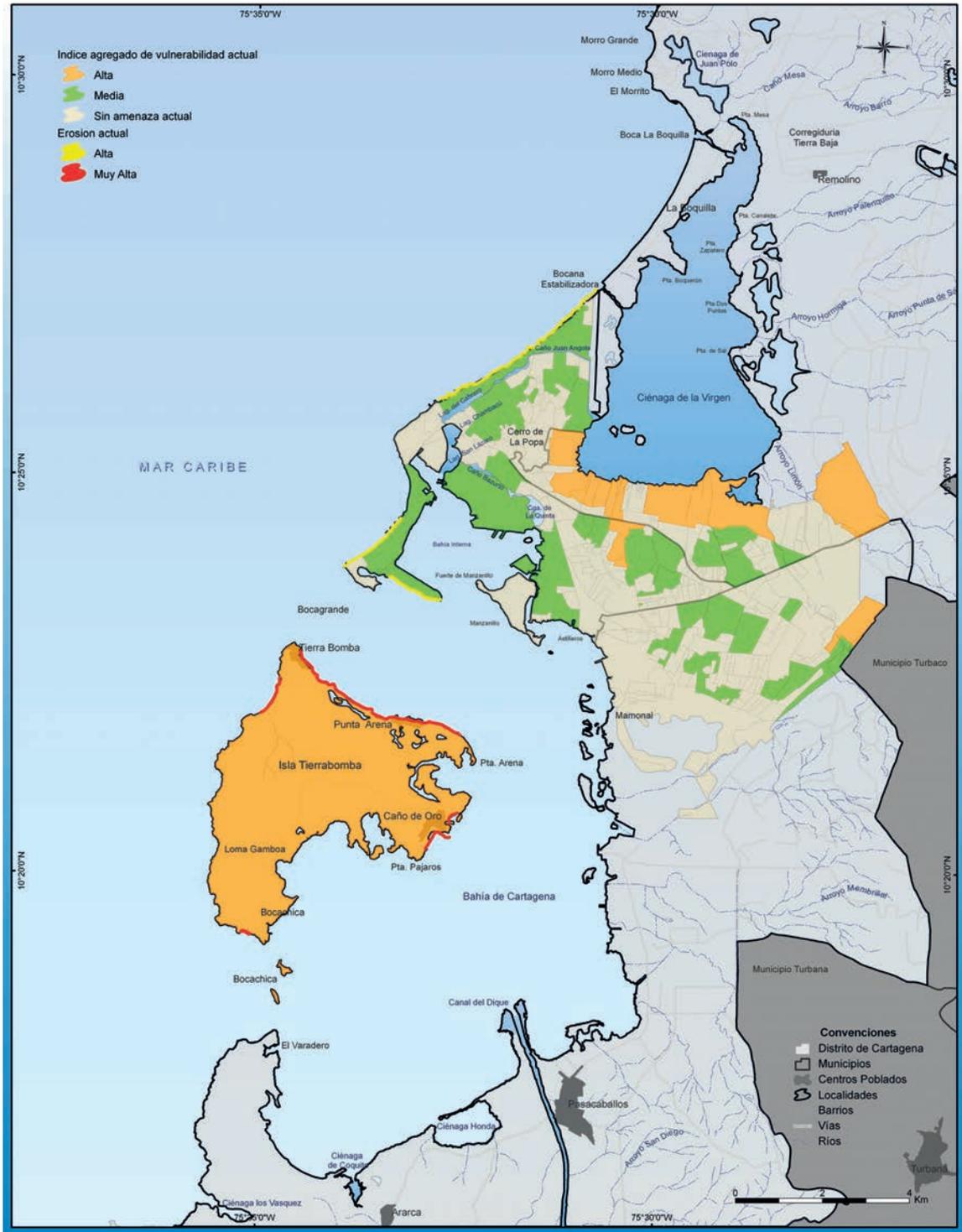


Figura 6o. Valor del índice agregado de vulnerabilidad actual de los tres tipos de impacto, para el área urbana y Tierra Bomba.



V. Escenarios de cambio climático

1. Diseño de escenarios

Tomando los escenarios de emisiones como referencia y la información disponible, se procedió a diseñar los escenarios de inundación por medio de herramientas cartográficas y sistemas de información geográfica. Para esto se utilizó el denominado enfoque basado en amenazas, que comienza incorporando posibles cambios en el clima futuro y luego se proyectan condiciones biofísicas y socioeconómicas a partir de esos cambios.

Posteriormente a los riesgos climáticos obtenidos, fueron analizados dos escenarios:

E1. Escenario pesimista: Donde no se realizan cambios en las políticas y la situación es igual a la actual.

E2. Escenario optimista: En el cual los riesgos climáticos son manejados, hasta cierto punto, mediante cambios en las políticas (o implementación de medidas de adaptación) con el fin de reducir la exposición de una población o de sus ecosistemas, bienes y servicios ambientales a las amenazas climáticas actuales y futuras.

1.1. Escenarios de inundación

De acuerdo con la definición de Inveemar (2003), se conocen como áreas de afectación por inundación, aquellas que son anegadas durante eventos extraordinarios, como fenómenos de invierno en los que se incluyen lluvias, cambios estacionales (aguaceros intensos, crecientes



poco frecuentes, avalanchas) y algunos otros fenómenos que causan aumentos anómalos del nivel medio del mar.

Los fenómenos de mal tiempo que causan aumentos súbitos del nivel del mar y, por ende, inundación en la zona costera son: marejadas, mares de leva, oleajes peligrosos, tormentas (vendavales, tornados, entre otros), cuyos efectos son más fuertes en aquellas áreas de playa susceptibles de procesos erosivos.

Por tanto, el modelo de áreas afectadas por inundación incluye todas las posibles causas que generan las inundaciones, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

- Encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas.
- Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial.
- Desbordamiento de corrientes naturales (se incluyen las áreas inundables de los cauces mayores o rondas de los ríos) y de ciénagas.
- Inundaciones en la zona costera por fenómenos de mal tiempo.

De acuerdo con la información disponible, el modelo de inundación futuro incluyó eventos de inundación, tanto por lluvias como por ascenso del nivel del mar (ANM) (Invemar, 2003).

Con tal fin se tomó como inundación moderada la establecida por Invemar (2008) para el año 2019, asumiendo que con una tasa de aumento de 0,36 a 0,5 cm/año estaría en el orden de 7 a 10 cm por ANM, más el área de inundación por efectos de precipitaciones.

Por otra parte, dados los objetivos de planificación de este proyecto, se trabajó en el marco de un escenario pesimista para el año 2040, en cual se asume que, utilizando la misma tasa, el aumento sería entre 15 y 20 cm de ANM. No obstante, en el escenario del IPCC (2007), un evento de máxima inundación por ANM llegará a ser de 60 cm al 2100, el cual se asume que podría darse en el año 2040, tomando en cuenta el incremento de los efectos por eventos extremos (lluvias fuertes).

Las figuras 61 y 62 muestran los escenarios de inundación (ANM + lluvias) para las dos épocas.

1.2. Impactos biofísicos por inundación (2019-2040)

El ANM es visto como una de las consecuencias del cambio climático que incrementa las secuelas de los agentes hidrodinámicos involucrados en los procesos de erosión costera (vientos, tormentas, olas, mareas, corrientes litorales). De esta forma, es un actor que, de manera lenta y progresiva, ha ido cambiando la configuración de las zonas costeras, afectando, principalmente, las costas bajas y los ecosistemas asociados a ellas, como es el caso de las playas, pantanos de manglar y los sistemas lagunares (Posada y Henao, 2008).

Los escenarios de inundación se evaluaron tomando diferentes condiciones de desarrollo. Las condiciones tenidas en cuenta para el escenario optimista se presentan en la Tabla 30. Bajo la

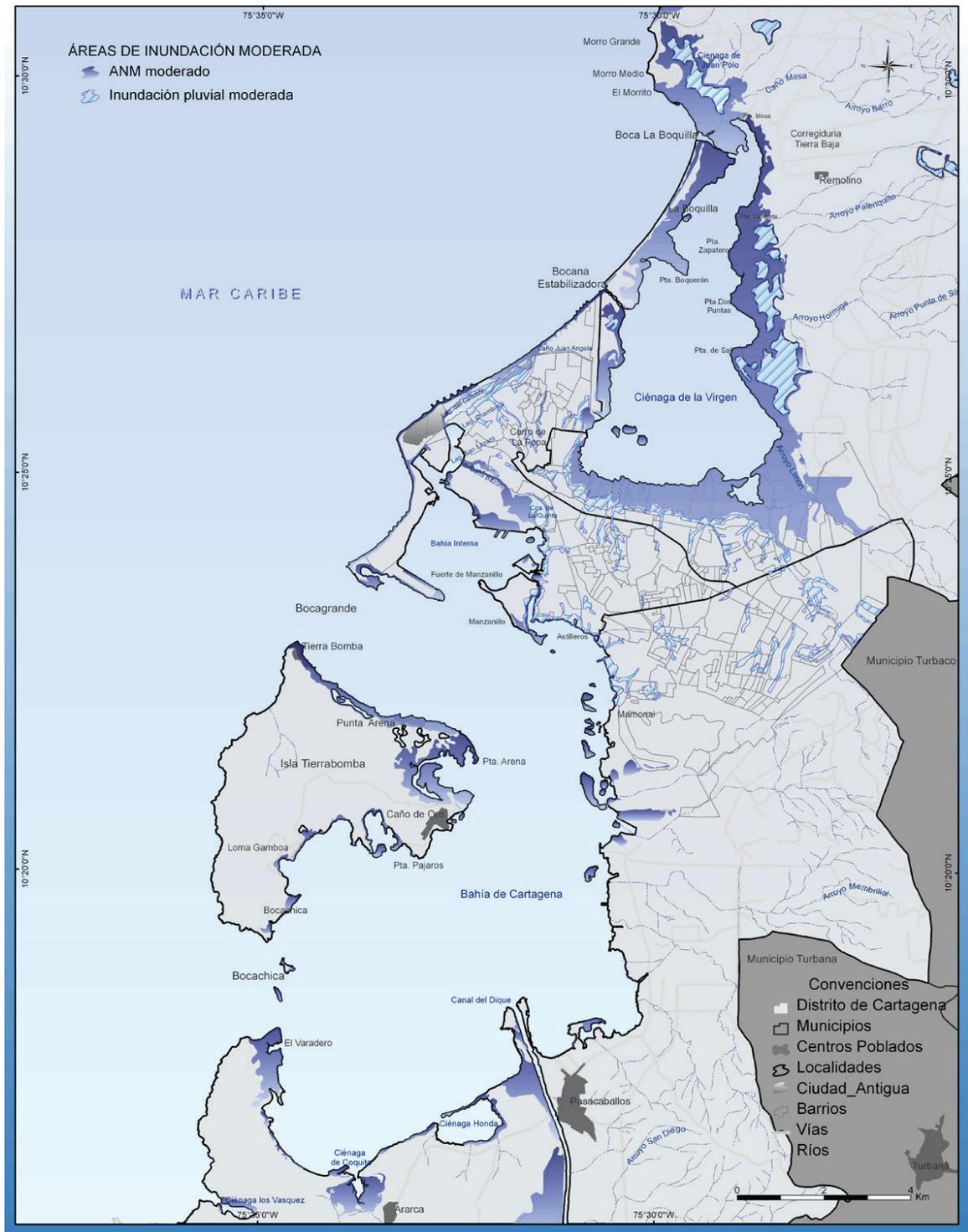


Figura 61. Escenario de inundación moderada (ANM + lluvias moderadas) proyectado al año 2019.

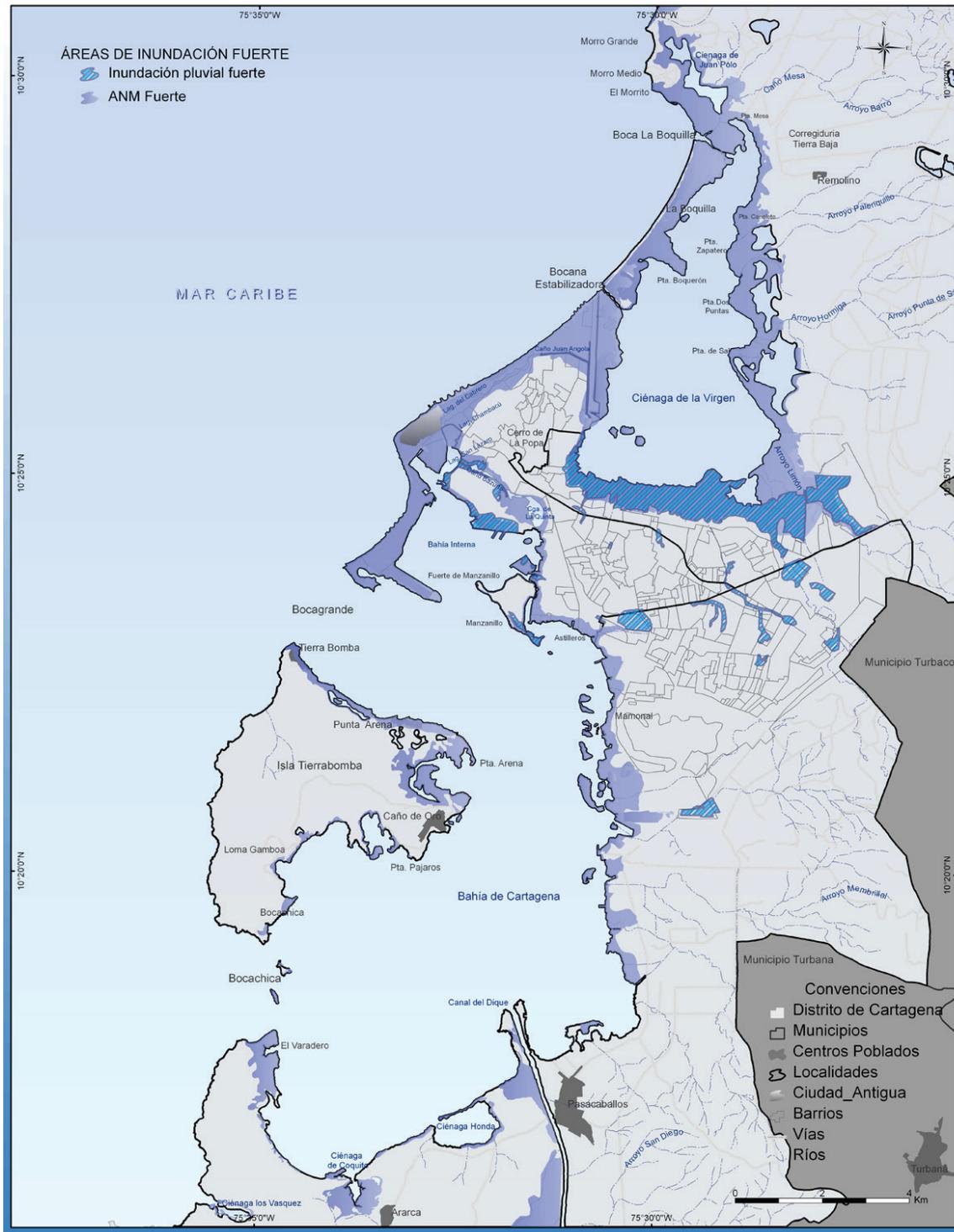


Figura 62. Escenario de inundación fuerte (ANM + lluvias fuertes) proyectado al año 2040.



condición pesimista se asume que la ciudad no adquiere capacidades de prevención y/o atención de impactos, no se da el desarrollo de los proyectos y obras que contribuyen a la adaptación de la Ciudad, y su grado de exposición permanece igual que en el presente.

Tabla 30. Condiciones del escenario optimista para la evaluación de vulnerabilidad biofísica del Distrito de Cartagena de Indias.

Proyectos y obras desarrolladas	Grado de avance en el tiempo	
	Año 2019	Año 2040
Alternativas para la estabilización de la Boca del Laguito y un sector de la línea de costa de la isla de Tierrabomba. Protegerá 700 metros de la línea de costa frente al caserío de Tierrabomba.	80%	100%
Proyecto Avenida Bicentenario: El objetivo es controlar la erosión en la franja de playa comprendida entre el puente Romero Aguirre (barrio Crespo) y el espolón Iribarren (barrio El Laguito), con una longitud de 7,5 kilómetros	50%	100%
Mejorar drenajes pluviales para la prevención de inundaciones en eventos de precipitación fuerte (Plan de Manejo de Drenajes Pluviales)	50%	100%
Proyecto Mareas - Obras de Saneamiento Básico y Paisajismo – incluye obras para captar, conducir y bombear las aguas lluvias generadas en el sector turístico de la ciudad de Cartagena de Indias	70%	100%

Se asume que el cambio climático tiene el potencial de alertar sobre muchos de los ecosistemas naturales de la tierra en los próximos 100 años. Sin embargo, es un evento paulatino en el tiempo, por lo cual se esperaría que todos los sistemas tuvieran una capacidad de adaptación sin efectos significativos en su forma y productividad. No obstante, en la realidad dicha adaptación no ocurre debido a factores, como los siguientes (WRI, 2002):

- La tasa de cambio climático global y, como consecuencia, la tasa de ascenso en el 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 inadecuada utilización de los recursos naturales, se ha incrementado desde los inicios de la revolución industrial.



En consecuencia, posiblemente los ecosistemas no se logren adaptar al estrés adicional que causa el cambio climático, y de lograrlo probablemente se perderán muchas de las especies que albergan o muchos de los servicios que ofrecen (Invemar, 2003).

En la zona costera del Distrito de Cartagena de Indias, como consecuencia del incremento en el uso de los recursos naturales y ambientales, la biodiversidad está disminuida y tales recursos han sido transformados o presentan estados avanzados de degradación.

Abordar la dinámica de los ecosistemas marinos y costeros implica hacer referencia a los cambios naturales de las comunidades en el tiempo. Ante la poca información disponible y actualizada sobre las comunidades de los ecosistemas del área de estudio, es posible evaluar el impacto por ANM con base en indicadores verificables y con las herramientas de análisis disponibles, como la cobertura de los ecosistemas y el porcentaje de afectación por un probable evento de inundación.

A continuación se analizan los impactos en cada uno de los ecosistemas presentes en el área de estudio, considerando el riesgo por inundación, tanto por ANM como por eventos de lluvias, considerando dos intensidades: inundación moderada y fuerte (Tabla 31; figuras 64 y 65).

Análisis de unidades de cobertura de la tierra bajo amenaza de inundación

En el modelo de inundación moderada y fuerte, las principales unidades de cobertura afectadas del sistema natural con porcentajes superiores al 70% son: El ecosistema de manglar, las formaciones de playas y de agrupaciones vegetales asociadas a las áreas de manglar. Bajos porcentajes de afectación (< 10%) presentan algunos parches de herbazales en áreas urbanas y la vegetación secundaria, identificada como arbustos y parches de bosques seco heterogéneos, en el área rural (isla Tierrabomba, sector de los Morros y sector este de la cuenca de la ciénaga de La Virgen).

Las unidades de cobertura de desarrollo urbano continuo y áreas verdes urbanas exhiben porcentajes de afectación de 14 y 19% en el escenario de inundación moderada, y de 24 y 50% en el de inundación fuerte respectivamente.

En la Figura 63, se hace un análisis comparativo de las principales coberturas de los ecosistemas y áreas vegetales que exhiben mayor área de afectación por inundación, como son: las playas, las áreas de manglar, la vegetación asociada a las áreas de manglar, la vegetación herbácea, los bosques heterogéneos y las áreas verdes urbanas. Igualmente, se incluyen los datos de riesgo de inundación de las áreas urbanas continuas y discontinuas, ya que en el sector urbano es donde se presenta la mayor diferencia en los porcentajes de inundación.

Los resultados indican que los modelos de inundación moderada y fuerte son similares para las áreas rurales, y presentan mayor diferencia entre ellos en el área urbana. Tomando en cuenta la fuente de la información, se infiere que existen más datos en el modelo de inundación de las áreas urbanas que en el de las rurales.



Tabla 31. Estimación del porcentaje de cobertura asociada a los ecosistemas del distrito, que es susceptible de inundación al considerar los escenarios de inundación moderada y fuerte al 2019 y 2040, respectivamente.

Localidad	Cobertura asociada a ecosistemas	Riesgo de inundación			Afectación	
		Área ha	Año 2019	Año 2040	Año 2019	Año 2040
L1. Localidad de La Virgen y Turística	Arbustales	664,94	9,46	11,23		
	Área verde urbana	1,8	100	100		
	Áreas con vegetación escasa y suelo desnudo	2,45	3,08	0		
	Áreas urbanas concentradas	1311,42	45,34	44,61		
	Áreas urbanas discontinuas	209,01	60,41	83,14		
	Bosques heterogéneos	452,75	0,34	0,34		
	Herbazales	4,15	24,85	48,23		
	Lagunas costeras	2285,02	-	-	X	X
	Manglar	567	97,09	97,13		
	Misceláneo de pastizales, arbustos y reservorios de agua	2174,83	0,58	0,85		
	Misceláneo pastizales abiertos y parches de arbustales	1,95	-	-		
	Pastizales abiertos	1987,53	-	-		
	Vegetación asociada a las áreas de manglar sin definir – SD	268,76	74,64	74,7		
	Zona de erosión	0,54	75,23	75,23		
Subtotal L1	9932,15	38,62	36,1			
L2. Localidad Histórica y del Caribe Norte	Arbustales	1110,22	7,24	7,24		
	Área verde urbana	13,95	8,1	43,6		
	Áreas con vegetación escasa y suelo desnudo	48,47	3,79	2,06		
	Áreas urbanas concentradas	2073,33	15,88	37,02		
	Bosques heterogéneos	1162,06	1,52	1,52		
	Cuerpos de agua	19,3			X	X
	Estanques acuícolas	114,16	0,75	0,75		
	Herbazales	8,42	2,46	2,46		
	Lagunas costeras	224,82			X	X
	Manglar	615,34	76,61	76,62		
	Misceláneo pastizales abiertos y parches de arbustales	660,02	7,15	7,15		
	Pastizales abiertos	276,17	2,34	6,1		
	Pastizales arbolados	114,37	0,61	0,61		
	Vegetación asociada a las áreas de manglar sin definir-SD	14,57	73,26	81,06		
Zona de erosión	1,22	50,09	50,09			
Subtotal L2	6456,44	17,83	25,38			

Localidad	Cobertura asociada a ecosistemas	Riesgo de inundación			Afectación	
		Área ha	Año 2019	Año 2040	Año 2019	Año 2040
L3. Localidad Industrial de la Bahía	Arbustales	692,51	0,04	0,04		
	Áreas para extracción minera	84,52	0	0		
	Áreas urbanas concentradas	2184,39	7,35	10,28		
	Áreas urbanas discontinuas	890,52	4	20,56		
	Bosques heterogéneos	483,76	0	0		
	Cuerpos de agua	57,14	0	-		X
	Manglar	100,72	7,63	7,63		
	Misceláneo de pastizales y arbustos	192,94	0	0		
	Misceláneo de pastizales, arbustos y reservorios de agua	567,46	0	0		
	Misceláneo de pastizales abiertos y humedales emergentes	167,43	0	0		
	Misceláneo pastizales abiertos y parches de arbustales	3108,48	0	0,08		
	Pastizales arbolados	0,09	0	0		
	Vegetación asociada a las áreas de manglar sin definir – SD	40,53	99,66	99,66		
	Subtotal L3	8570,48	2,85	6,02		
Zona marina	Fondos sedimentarios	22608,1	-	-	X	X
	Praderas de pastos marinos	76,27	-	-	X	X
	Vegetación asociada a las áreas de manglar sin definir – SD	-				
Total general	25035,53	21,2	23,23			

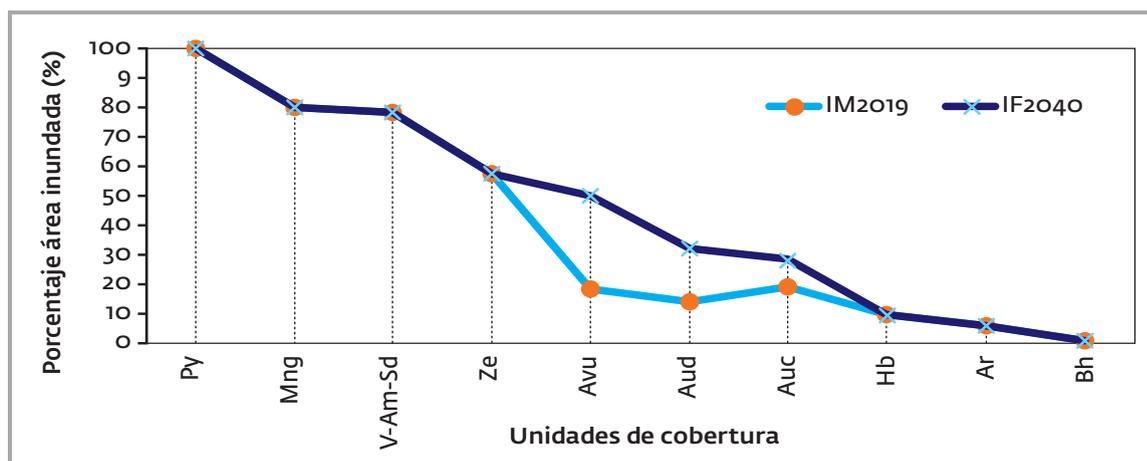


Figura 63. Comparación de los porcentajes de cobertura de la tierra que se afectarían por la inundación en los escenarios moderado y fuerte para los años 2019 y 2040, respectivamente. (Py) playas; (Mng) manglar; (V-Am-Sd) agrupaciones vegetales asociadas a las áreas de manglar-sin definir; (Ze) Zonas erosionadas; (Avu) áreas verdes urbanas; (Aud) áreas urbanas discontinuas; (Auc) áreas urbanas continuas, (Hb) herbazales; (Ar) arbustales; (Bh) bosque heterogéneo.

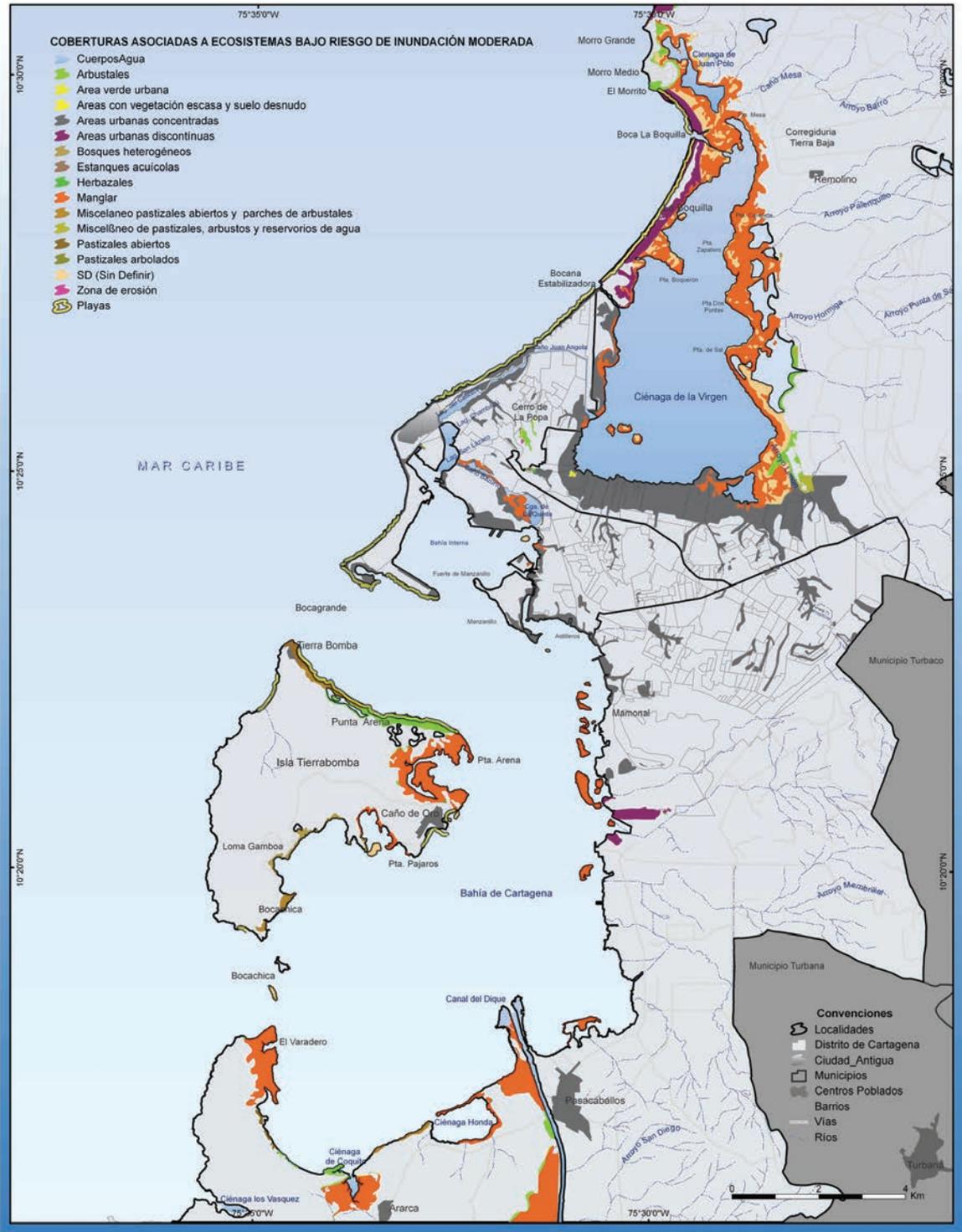


Figura 64. Cobertura de ecosistemas y formaciones vegetales bajo afectación por inundación (lluvias + ANM año 2019).

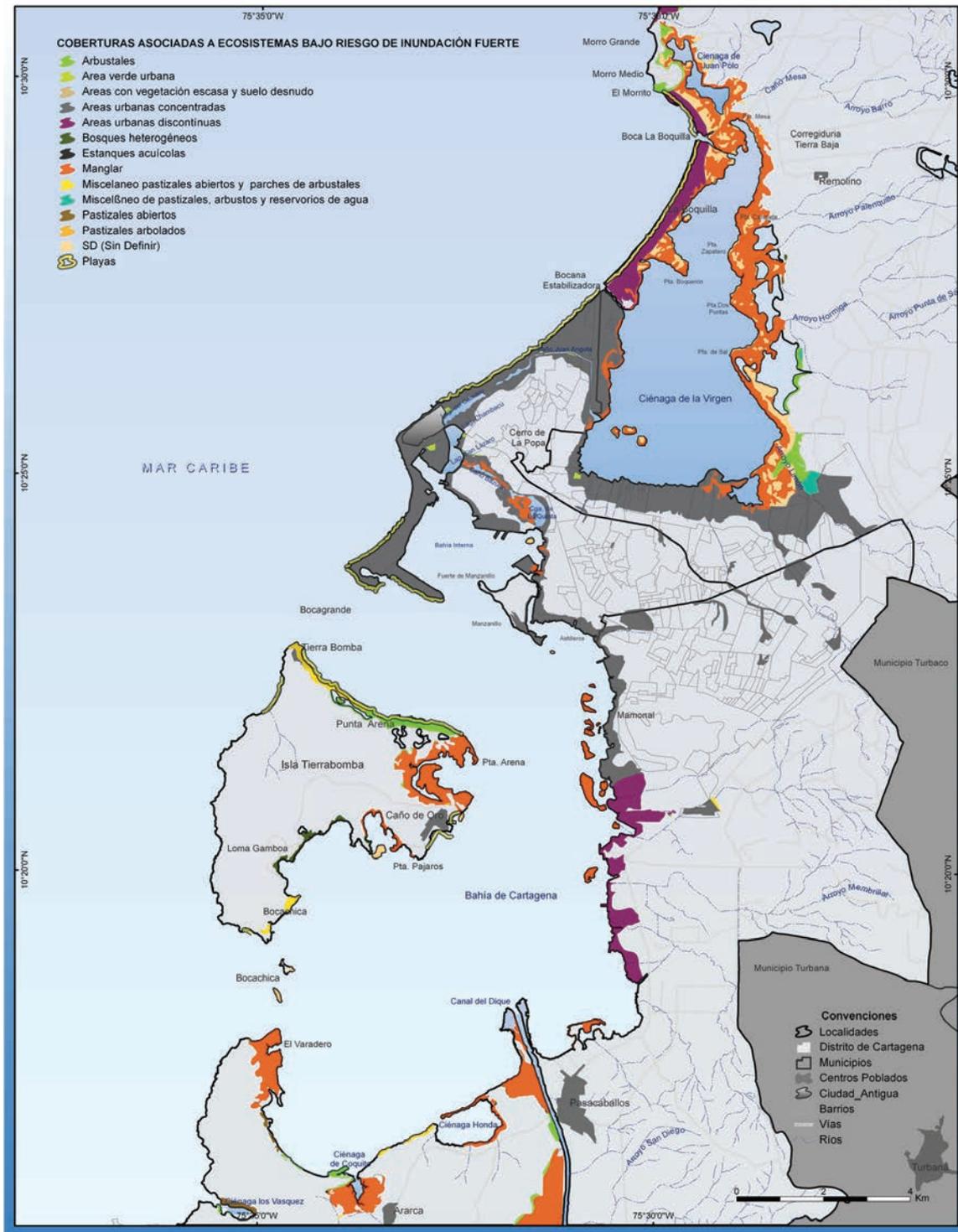


Figura 65. Cobertura de ecosistemas y formaciones vegetales bajo afectación por inundación (lluvias + ANM año 2040).



La cota de inundación de 1m de ANM que fue publicada por la Universidad de Cartagena – AC en el año 2010 se basa en levantamientos topográficos efectuados en el área urbana y en datos de pendiente, y no abarca todas las áreas rurales del Distrito. Los resultados son los esperados, si se tiene en cuenta que el modelo de inundación máxima es la suma del escenario moderado (generado por Invemar, 2008) y el de la cota de 1 m. Tomando en cuenta la amplitud de variación de los modelos de inundación moderado y fuerte para el área urbana, es probable que las áreas de inundación para el sector rural puedan variar en un rango de $\pm 25\%$.

Vulnerabilidad biofísica al cambio climático

En la Tabla 32 se presentan los resultados de la calificación de los índices de vulnerabilidad en cada escenario de cambio climático y considerando las dos condiciones de desarrollo: Pesimista y optimista.

Tabla 32. Calificación de los índices de área afectada (%Af), sensibilidad ambiental (ISA) y determinación de la vulnerabilidad biofísica (V), en términos de la susceptibilidad del ecosistema al cambio climático para cada escenario de inundación considerado.

L	Coberturas	Inundación moderada 2019						Inundación fuerte 2040					
		Área afectada		E1 Pesimista		E2 Optimista		Área afectada		E3 Pesimista		E4 Optimista	
		Área (ha)	%Af	ISA	V	ISA	V	Área (ha)	%Af	ISA	V	ISA	V
L1	Arbustales	9,46	1	2	0,5	2	0,5	11,23	2,0	1	2	2	1
	Playa	100,00	3	1,5	2	2	1,5	100,00	3,0	1	3	2	1,5
	Área verde urbana	100,00	3	1,5	2	2	1,5	100,00	3,0	1	3	2	1,5
	Bosques heterogéneos	0,34	1	2	0,5	2	0,5	0,34	1,0	1,5	1	2	0,5
	Herbazales	24,85	2	1	2	1,3	1,5	48,23	2,0	1	2	2	1
	Lagunas costeras	99,93	3	1	3	1,5	2	86,59	3,0	1	3	2	1,5
	Manglar	97,09	3	1	3	1,5	2	97,13	3,0	1	3	2	1,5
	Manglar		3	1,5	2	2	1,5	97,13	3,0	1	3	2	1,5
	V-Am-SD	74,64	3	1	3	1,5	2	74,70	3,0	1	3	2	1,5
Zona de erosión	75,23	3	1	3	1,5	2	75,23	3,0	1	3	2	1,5	



L	Coberturas	Inundación moderada 2019						Inundación fuerte 2040					
		Área afectada		E1 Pesimista		E2 Opti-mista		Área afectada		E3 Pesimista		E4 Opti-mista	
		Área (ha)	%Af	ISA	V	ISA	V	Área (ha)	%Af	ISA	V	ISA	V
L2	Arbustales	7,24	1,00	2	0,5	2	0,5	7,2	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
	Playa	100,00	3,00	1,00	3,0	1,50	2,0	100,0	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
	Área verde urbana	8,10	1,00	1,00	1,0	1,50	0,7	43,6	2,0	1,0	2,0	2,0	1
	Bosques heterogéneos	1,52	1,00	2,00	0,5	2,00	0,5	1,5	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
	Cuerpos de agua	66,49	3,00	1,00	3,0	1,50	2,0	100,0	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
	Herbazales	2,46	1,00	1,00	1,0	1,50	0,7	2,5	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
	Lagunas costeras	75,54	3,00	1,00	3,0	1,50	2,0	90,6	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
	Manglar	76,61	3,00	1,00	3,0	1,50	2,0	76,6	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
	V-Am-SD	73,26	3,00	1,00	3,0	1,50	2,0	81,1	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
Zona de erosión	50,09	3,00	1,00	3,0	1,50	2,0	50,1	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5	
L3	Arbustales	0,04	1,00	2,00	0,5	2,00	0,5	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
	Playas	100,00	3,00	2,00	1,5	2,00	1,5	100,0	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
	Bosques heterogéneos							0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
	Cuerpos de agua							100,0	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
	Manglar	7,63	1,00	1,00	1,0	1,50	0,7	7,6	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
	V-Am-SD	99,66	3	1	3,0	1,5	2,0	99,7	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
ZM	Praderas de pastos marinos	100,00	3	1	3,0	1,5	2,0	100,0	3,0	1,0	3,0	2,0	1,5
	V-Am-SD	-	3	1	3,0	1,5	2,0	19,8	2,0	1,0	2,0	2,0	1

(L): localidades político-administrativas. L1: Ciénaga de La Virgen; L2: Histórica y del Caribe Norte; L3: Industrial de la Bahía; ZM: Zona marina; V-Am-SD: agrupaciones vegetales asociadas a las áreas de manglar-sin definir.



El análisis de vulnerabilidad arrojó que las playas, las lagunas costeras y los manglares son los ecosistemas más críticos en el Distrito de Cartagena de Indias, conforme a su cobertura afectada y su estado de sensibilidad a los cambios en el ambiente (Tabla 33). En las figuras 66 y 67 se presentan los mapas con la representación espacial de la vulnerabilidad de los ecosistemas en los escenarios de inundación proyectados al año 2019 y 2040.

Tabla 33. Ecosistemas y formaciones naturales vulnerables al cambio climático en los escenarios de inundación 2019 y 2040.

L	Escenario	2019	2040
Localidad 1	Escenario pesimista	Vulnerabilidad crítica (VC) en áreas rurales Playas (Tierrabomba, Playetas), Manglares, vegetación arbustales. VC: Áreas urbanas Playas, cuerpos de agua, zonas de erosión herbazales. Lagunas costeras (Ciénaga de la Virgen, cuerpos de agua de la Isla Barú, entre otros)	Aumento de erosión en playas (Tierrabomba, Playetas). Aumento de riesgo de inundación en áreas verdes urbanas (alta vulnerabilidad) y herbazales. Mayor impacto por intrusión salina en los cuerpos de agua y cuenca Canal del Dique.
	Escenario optimista	Alta vulnerabilidad en áreas rurales Playas (Tierrabomba, Playetas), Manglares, vegetación arbustales. Áreas urbanas Playas, cuerpos de agua, zonas de erosión herbazales.	Media vulnerabilidad Playas (Tierrabomba, Playetas), manglares, vegetación arbustales. Áreas urbanas Playas (Litoral entre Bocagrande y El Laguito), cuerpos de agua, zonas de erosión herbazales.
Localidad 2	Escenario pesimista	Playas del norte de La Boquilla que exhiben riesgo por erosión y ANM Lagunas costeras Manglares sector este de la Ciénaga de La Virgen	A las áreas críticas del 2019 se adicionan, por la alta vulnerabilidad, las áreas verdes urbanas, las playas de La Boquilla y las demás áreas de manglar de la ciénaga de La Virgen.
	Escenario optimista	No hay elementos críticos; los altos son: Playas del norte de La Boquilla que exhiben alto riesgo por erosión y ANM Manglares sector este de la ciénaga de La Virgen	No hay ecosistemas bajo niveles altos y críticos de vulnerabilidad. De mantenerse el modelo de inundación y el aumento de resiliencia por parte de los ecosistemas y una disminución de la sensibilidad ambiental, solo presentarían media vulnerabilidad las áreas verdes urbanas, las playas, las áreas de manglar de la ciénaga de La Virgen y las lagunas costeras.
Localidad 3	Escenario pesimista	VC: en áreas rurales. Manglares, vegetación asociada	VC en áreas rurales. Manglares, vegetación asociada
	Escenario optimista	Alta vulnerabilidad: vegetación, cuerpos de agua Media vulnerabilidad: playas	Media vulnerabilidad Playas, vegetación, cuerpos de agua

L	Escenario	2019	2040
Zona marina	Escenario pesimista	VC: pastos marinos	VC: pastos marinos
	Escenario optimista	Vulnerabilidad alta: pastos marinos	Vulnerabilidad media: pastos marinos

Erosión y retroceso de playas

La erosión es el principal efecto sobre las playas que se podría esperar como respuesta a un eventual cambio del nivel del mar, seguido de la migración o desaparición de las mismas, así como de los servicios ambientales que sustentan (Tabla 34).

Como se mencionó anteriormente, las playas del Distrito han sufrido un deterioro constante debido a la presión que ejercen sobre ella las actividades económicas humanas, principalmente el turismo y la expansión urbana. El nivel de desarrollo de infraestructuras asociadas al turismo ha sido identificado como uno de los mayores responsables de la degradación de la calidad ambiental en las playas de Cartagena de Indias. Estos procesos e intervenciones antrópicas afectan el equilibrio entre erosión y sedimentación natural en este tipo de ecosistemas. La mayor parte de las playas no conserva su zona más alta o su cordón dunar asociado debido, en muchos casos, a la construcción de infraestructuras tales como construcciones residenciales u hoteleras, o carreteras; de manera que su recuperación es cada vez más difícil.

Tabla 34. Impactos del ANM sobre los servicios ambientales de las playas.

Servicios ambientales		Impactos		
		Leve	Moderado	Alto
Regulación	Estabilización de la línea de costa			X
	Reservorio de sedimentos			X
	Minería		X	
	Artesanías y joyería		X	
Culturales	Turismo y recreación			X
	Apreciación espiritual			X
	Riqueza paisajística			X
Sustento biológico	Reciclaje de nutrientes			X
	Fuente de alimento para especies infra-inter-supra-mareales			X
	Hábitat de especies migratorias (aves)			X
	Mantenimiento de la biodiversidad		X	

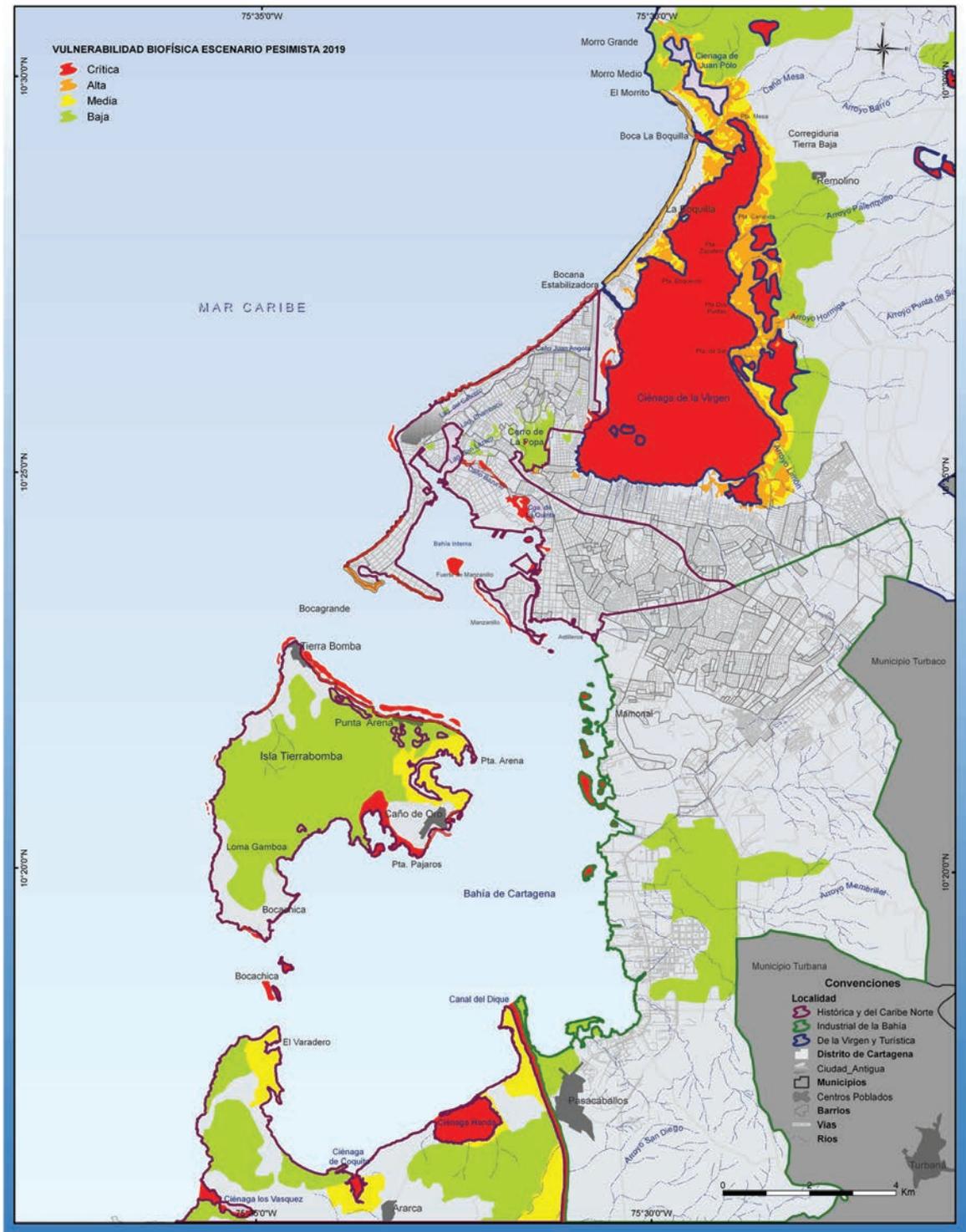


Figura 66. Ecosistemas susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático pesimista (E2) año 2019

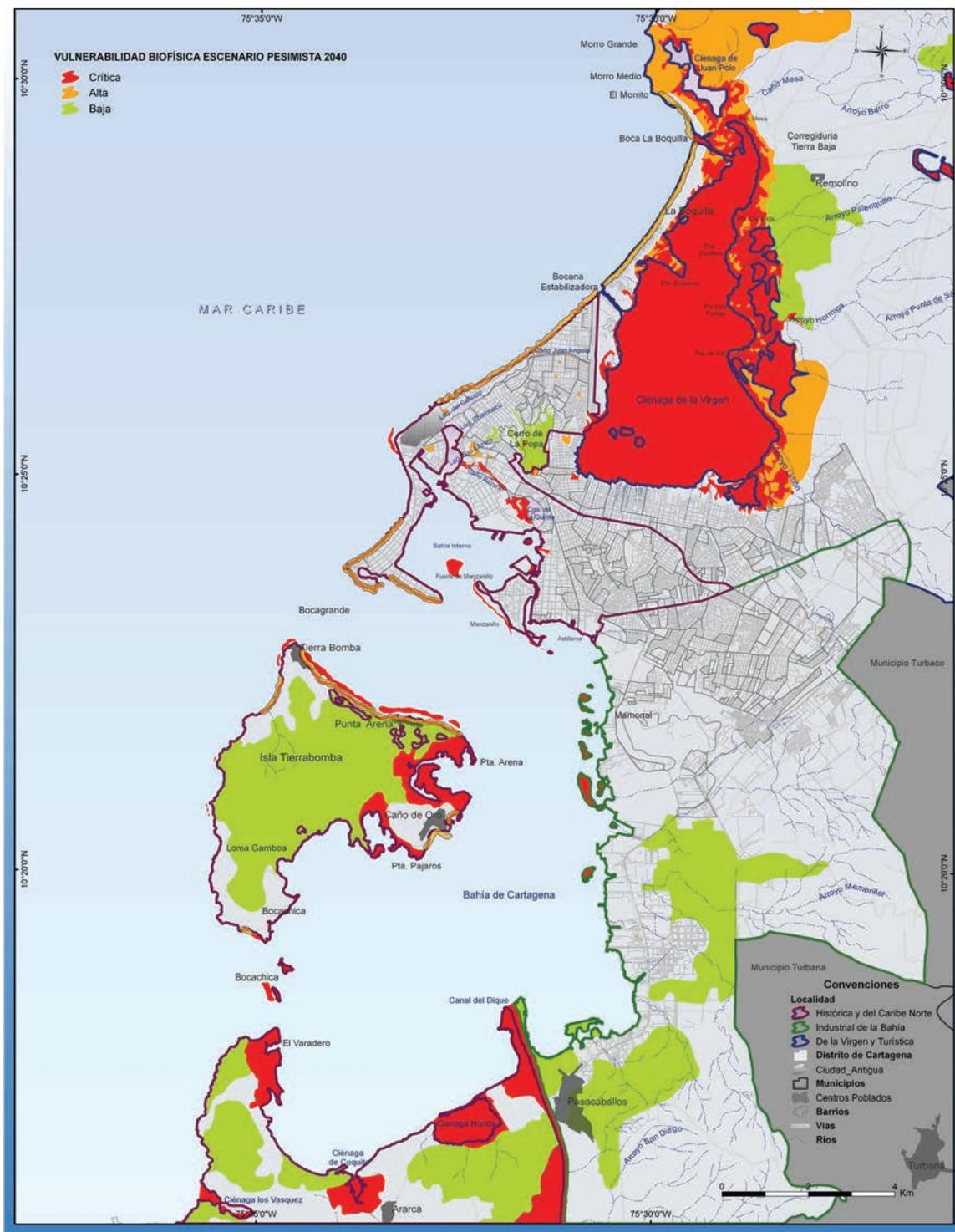


Figura 67. Ecosistemas susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático pesimista (E4) año 2040.



Tomando en cuenta el estado actual de erosión de las playas, se calificó el impacto del ANM sobre los servicios ambientales del ecosistema. En general, se esperaría un incremento de la erosión de la línea de costa, paulatinamente: los niveles de erosión baja, pasarían a moderada y los de ésta a alta, y así sucesivamente hasta su retroceso total. Un supuesto retroceso de la línea de costa tendría connotaciones importantes en términos de inversión y competitividad de los sectores de construcción y turístico. Se prevé aumento de áreas de desarrollo turístico, recreacional y hotelero en riesgo.

Adicionalmente, como el cambio climático global incluye el aumento de frecuencia de eventos extremos (condiciones de lluvias y sequías), posiblemente habrá un desgaste de las capas geológicas frágiles causado por las aguas de escorrentía y de infiltración (Invemar, 2003). Asociados a los fenómenos de mal tiempo, los impactos del oleaje se harán cada vez mayores cuando haya tormentas tropicales o coletazos de huracanes del Caribe, comunes en el segundo semestre del año y cada vez que se presenta el fenómeno de mar de leva (Posada y Henao, 2008).

Afectación de lagunas costeras

Las lagunas costeras son ecotonos con una alta dinámica y características ambientales particulares, en razón de que conectan el límite continental con la zona costera. Estos ecosistemas, altamente productivos, son relevantes para la conservación de la biodiversidad, puesto que son refugio de aves migratorias y de la biota acuática. Sin embargo, son muy sensibles a las actividades antrópicas por estar ubicados al final de las cuencas de drenaje. Se caracterizan por ser sitio de conjunción entre dos flujos hidrológicos: la descarga de agua continental proveniente de los tributarios y las intrusiones marinas (Kjerfve, 1994).

La pérdida de humedales, entre ellos las lagunas costeras, es una de las consecuencias esperadas por el aumento del nivel del mar, incrementándose el nivel de inundación en algunas áreas y decreciendo en otras (Titus, 1987). La pérdida de humedales, entre otros efectos, podría aumentar el nivel de exposición de las áreas urbanas a la inundación debido a que sería removida una importante barrera natural contra tormentas y se perderían otros servicios ambientales (Barbier *et al.*, 1997). Los servicios ambientales que pueden resultar afectados por una eventual inundación en el área de estudio se relacionan en la Tabla 35, calificando el impacto de leve, moderado y alto, teniendo en cuenta el indicador del estado de intervención actual de los cuerpos de agua.

En Cartagena de Indias las lagunas costeras se encuentran cerca del desarrollo urbano, por lo cual han sido altamente modificadas y, probablemente, serán afectadas dada la alta sensibilidad a los cambios físicoquímicos. Además de lo anterior, estos ecosistemas, al igual que las playas, están sometidos a una gran presión por parte del desarrollo del sector turístico. Un ANM afectaría a más del 90% de las lagunas costeras de la parte urbana de Cartagena de Indias, razón por la cual se considera este ecosistema como crítico ante un evento de inundación por ANM.

Tabla 35. Servicios ambientales de lagunas costeras y cuerpos de agua, en general, que pueden ser afectados por un evento de inundación en Cartagena de Indias.

Servicios ambientales		Impactos		
		Leve	Moderado	Alto
Regulación	Mantenimiento de la calidad del agua			X
	Regulación del clima			X
	Control de crecidas e inundaciones			X
	Retención de sedimentos y agentes contaminantes		X	
	Retención de nutrientes		X	
Recursos	Pesca de subsistencia y comercial	X		
	Transporte por agua	X		
	Recarga de acuíferos			X
	Abastecimiento de agua (acueductos municipales, bocatomas, distritos de riesgo)			X
	Turismo y recreación		X	
	Riqueza paisajística			X
Sustento biológico	Reciclaje de nutrientes		X	
	Tratamiento de residuos		X	
	Formación de suelos	X		
	Mantenimiento de la biodiversidad	X		

Retroceso y pérdida de áreas de manglar

Los manglares constituyen uno de los ecosistemas más amenazados por el fenómeno del cambio climático global y sus diversas consecuencias, que incluyen cambios en el nivel del mar, inundaciones, tormentas, precipitaciones, temperatura, concentración de CO₂ en la atmósfera y patrones de circulación oceánica, de las cuales el ascenso relativo en el nivel del mar es la que produce mayor impacto. (Gilman *et al.*, 2008).

En la medida en que el nivel del mar aumente, se espera como respuesta por parte de los ecosistemas de manglar un retroceso hacia tierra o, lateralmente, en función de las características geomorfológicas e hídricas de los nuevos sitios a colonizar, así como afectaciones de infraestructuras antrópicas que se puedan encontrar en su camino. Los manglares invadirían, gradualmente, los terrenos bajos colonizados actualmente por especies no halófitas, a medida que la salinización y la intrusión de la cuña salina a lo largo de canales fluviales y esteros se desplacen progresivamente hacia tierra. (Krauss *et al.*, 2008; Invemar, 2003).

Por lo anterior, se prevé que el impacto que el ascenso del nivel del mar puede tener sobre este ecosistema dependerá de la interacción de los procesos erosivos desde el mar con los procesos sedimentarios desde la tierra, entre muchos otros factores. Sin embargo, dada la generalizada erosión del sector, se esperaría que la porción de estos ecosistemas localizados en la línea de costa no respondieran favorablemente ante un ANM, puesto que, además, el desarrollo urbanístico del sector se constituye en un factor limitante (por ejemplo: en la localidad 2 y 3).



Es de suponer que en aquellas áreas bajas donde la carga sedimentaria es alta y los procesos erosivos son bajos, este sistema podría adaptarse mejor ante el ANM, una situación que se puede encontrar en el costado este de la ciénaga de La Virgen y en las áreas de manglar del Canal del Dique. No obstante, la presión por el desarrollo de asentamientos humanos ilegales, además de producir contaminación ambiental, representan un factor de tensión que, posiblemente, puede incidir negativamente en la respuesta de adaptación autónoma de este ecosistema.

Por otra parte, el ANM junto con las tormentas y vendavales podrían incrementar la inundación costera y la erosión causando volcamientos de árboles por debilitamiento de las estructuras que sostienen las raíces (Invemar, 2003), además de una mayor cantidad de material particulado y materia orgánica disuelta que, al entrar en los diferentes sistemas de lagunas, canales y caños, aumentaría los problemas de drenaje y elevaría el nivel de la sedimentación en la bahía de Cartagena.

Para la calificación de los impactos en términos de afectación leve, moderada o alta se tomó en cuenta la capacidad de resiliencia del ecosistema y el nivel de alteridad, según los resultados de Cardique (2007) (Tabla 36).

Tabla 36. Impactos del ANM sobre los servicios ambientales del manglar.

Servicios ambientales		Impactos		
		Leve	Moderado	Alto
Regulación	Protección de playas y línea de costa de tormentas, mares de leva y oleaje, en general			X
	Reducción de erosión de playas y suelos			X
	Estabilización de suelos a través de fijación de sedimentos			X
	Mantenimiento de la calidad del agua		X	
	Regulación del clima			X
Recursos	Pesca de subsistencia y comercial		X	
	Acuicultura		X	
	Recolección de invertebrados de interés comercial			X
	Leña y madera para uso doméstico y comercialización		X	
Culturales	Turismo y recreación		X	
Sustento biológico	Reciclaje de nutrientes			X
	Áreas de crianza		X	
	Mantenimiento de la biodiversidad		X	



Al analizar los escenarios de inundación bajo las condiciones optimistas se aprecia cómo los ecosistemas más frágiles, difícilmente, alcanzan niveles bajos de riesgo. Aunque las áreas de vegetación de bosque secundario, las asociaciones de bosque seco y herbazales e, incluso, los pastizales arbolados registran una menor vulnerabilidad a los eventos de inundación, por su ubicación y los servicios ambientales que prestan forman parte de la estructura ecológica del Distrito, lo cual podría ser utilizado como una estrategia de adaptación ecosistémica para la ciudad y sus áreas en riesgo (figuras 68 y 69).

1.3. Impactos socioeconómicos por inundación (2019-2040)

Los escenarios de inundación se evaluaron considerando las mismas condiciones de desarrollo optimista y pesimista estimadas en la evaluación de los impactos biofísicos.

La condición socioeconómica optimista se expresa como el porcentaje de los elementos (e.g. población, unidades económicas) que se prevé proteger mediante la ejecución de los proyectos y obras planificados a la fecha por la Alcaldía de Cartagena de Indias, como son: I. Fase de emergencia para alternativas para la estabilización de la Boca del Laguito y un sector de la línea de costa de la isla de Tierrabomba; II. Plan para la estabilización de la Boca del Laguito y un sector de la línea de costa de la isla de Tierrabomba III. Proyecto Avenida del Bicentenario; IV. Macroproyecto "Parque Distrital Ciénaga de La Virgen"; V. Proyecto Mareas - Obras de Saneamiento Básico y Paisajismo en el sector turístico de Cartagena de Indias.

Para el impacto "Intensificación de la erosión", la condición optimista se expresa como el porcentaje de playas protegidas gracias a la ejecución de los proyectos destinados a este fin (proyectos I, II y III). Se asume que estos mismos proyectos proveerán protección para contrarrestar el impacto por "inundación de las zonas litorales".

La condición optimista ante los impactos asociados al aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos considera la protección que se brinde a la población y a las actividades económicas mediante los proyectos III y IV.

La condición socioeconómica pesimista se configura bajo el supuesto de que la Ciudad no adquiere capacidades de prevención y/o atención de impactos, sino que su grado de exposición permanece igual que en el presente. En otras palabras, suponiendo esta condición los elementos (e.g. población, unidades económicas) reciben los impactos del cambio climático en su totalidad.

La evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica por aumento del nivel del mar comprende los impactos de aumento de erosión costera y las inundaciones. En la Tabla 37 se presentan los indicadores de los impactos del ANM en las condiciones socioeconómicas actuales de la ciudad de Cartagena de Indias.

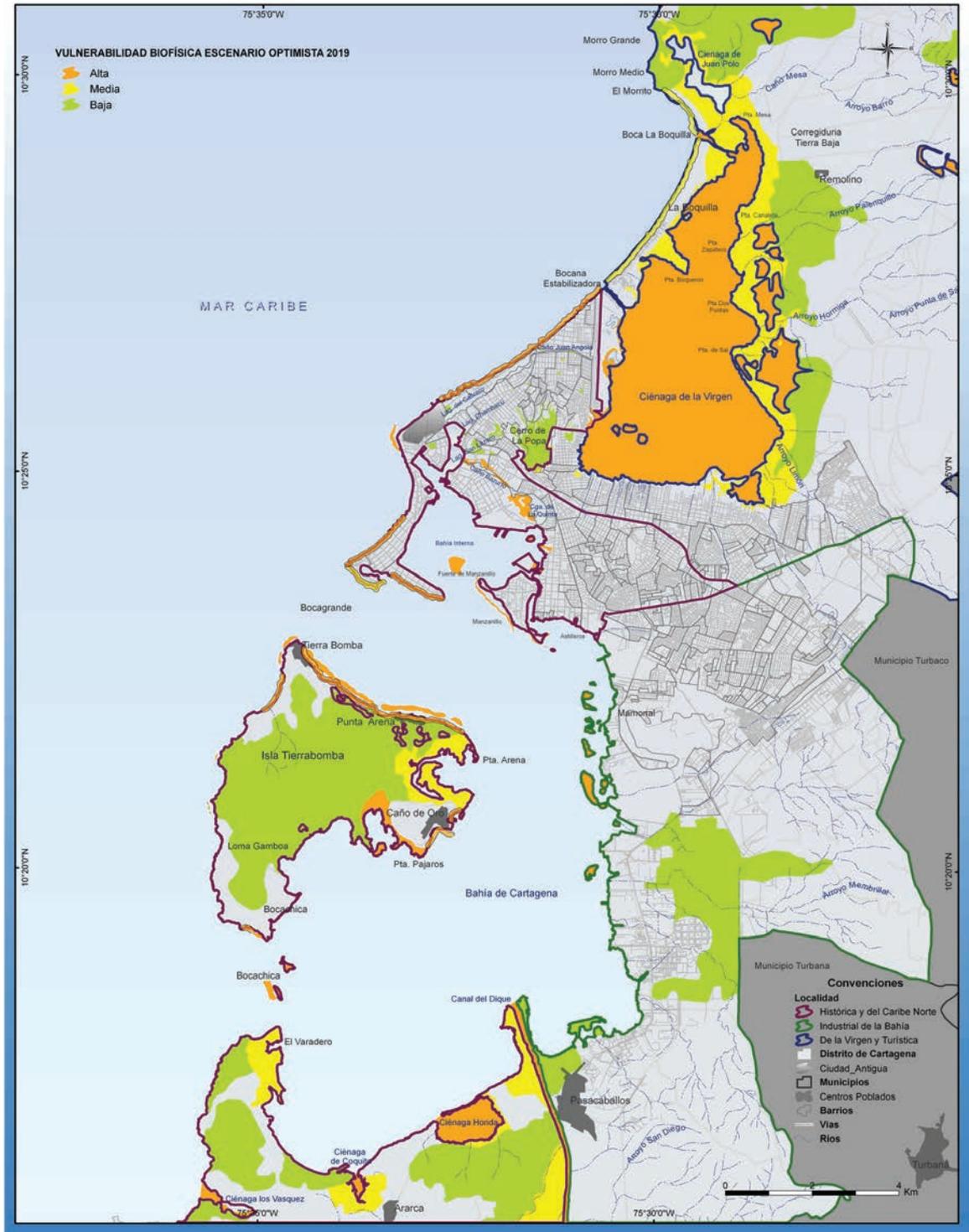


Figura 68. Ecosistemas susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático optimista (E1) año 2019.

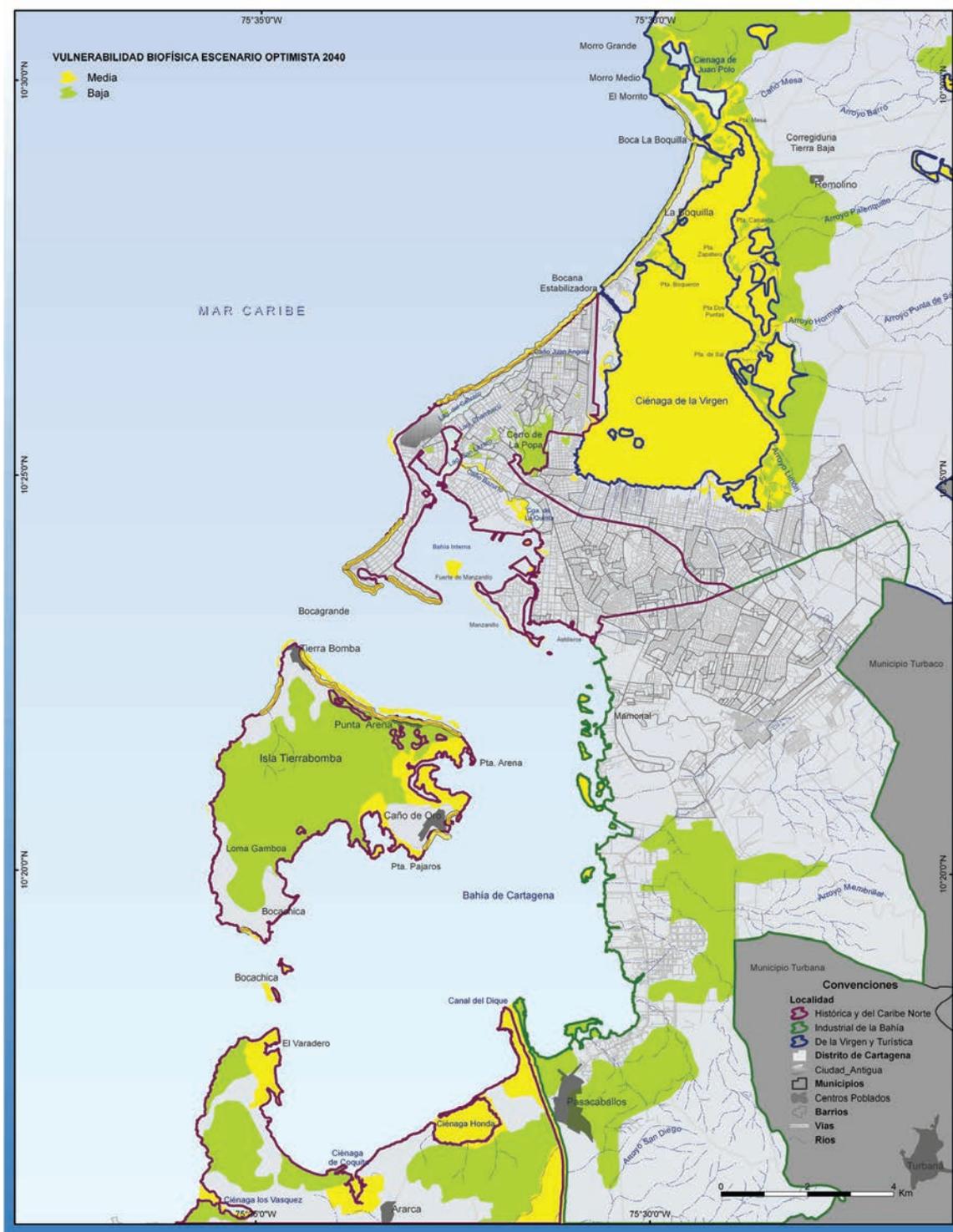


Figura 69. Ecosistemas susceptibles de inundación -Escenario de cambio climático optimista (E3) año 2040.



Tabla 37. Indicadores de los impactos del cambio climático por efecto del ANM en las condiciones socioeconómicas actuales.

Indicador	2019		2040	
	Opt. E1	Pes. E2	Opt. E3	Pes. E4
Porcentaje de playas turísticas afectadas [EPI]	47%	100%	47%	100%
Cantidad de viviendas en terrenos erosionables [EV]	0,9%	0,96%	0,9%	0,96%
Porcentaje de población en áreas inundables [IPob]	6,7%	36,1%	20%	48%
Porcentaje de viviendas en áreas inundables [IV]	6,9%	35,9%	19%	47,1%
Cantidad y porcentaje de edificaciones del patrimonio arquitectónico en áreas inundables [IPA]	13%	16%	27%	86%
Infraestructura ubicada en área bajo amenaza de inundación [IInf]	6%	18%	22%	35%

Incremento de la erosión costera y reducción de playas turísticas

Retomando los impactos biofísicos, el ascenso del nivel del mar considerado en un escenario pesimista puede desaparecer la mayor parte de las playas de importancia turística del Distrito de Cartagena de Indias. Actualmente, esta erosión se presenta en el 92% de las playas. En el marco de un escenario optimista en el que los proyectos Bicentenario, Plan de Emergencia y Estabilización de Boca del Laguito y Tierrabomba se implementen con un 100% de efectividad, el porcentaje de playa expuesta a procesos de erosión se reduciría a casi la mitad y, por tanto, el riesgo de reducción sería menor. En el siguiente mapa (Figura 70) se muestra la ubicación de las playas susceptibles de incremento de erosión bajo los distintos escenarios.

Incremento del riesgo de inundación sobre la población urbana

El total de la población ubicada en las áreas de inundación prevista es de 117.624 (36%) personas y 196.968 personas (48%) para los escenarios pesimistas de 2019 y 2040, respectivamente.

Tabla 38. Población susceptible de inundación por ANM bajo los escenarios de cambio climático.

Año	Optimista	Pesimista
2019	6,7%	36,1%
2040	y 20%	48%

Los barrios más expuestos en el escenario pesimista de 2019 son Olaya Herrera (39.649 personas), El Pozón (2.122 personas) y Manga (6.052 personas); para el 2040, adicionalmente a los anteriores, se destacan: Bocagrande (13.296 personas), Crespo (14.710 personas) y Castillogrande (6.759), con la totalidad de su población expuesta.

Si el Distrito implementa los proyectos que protegen la línea de costa de la erosión, así como el macroproyecto del Parque Distrital Ciénaga de La Virgen con un 100% de efectividad, la población afectada se reduciría al 6,7% en el 2019 y al 20% en el 2040.

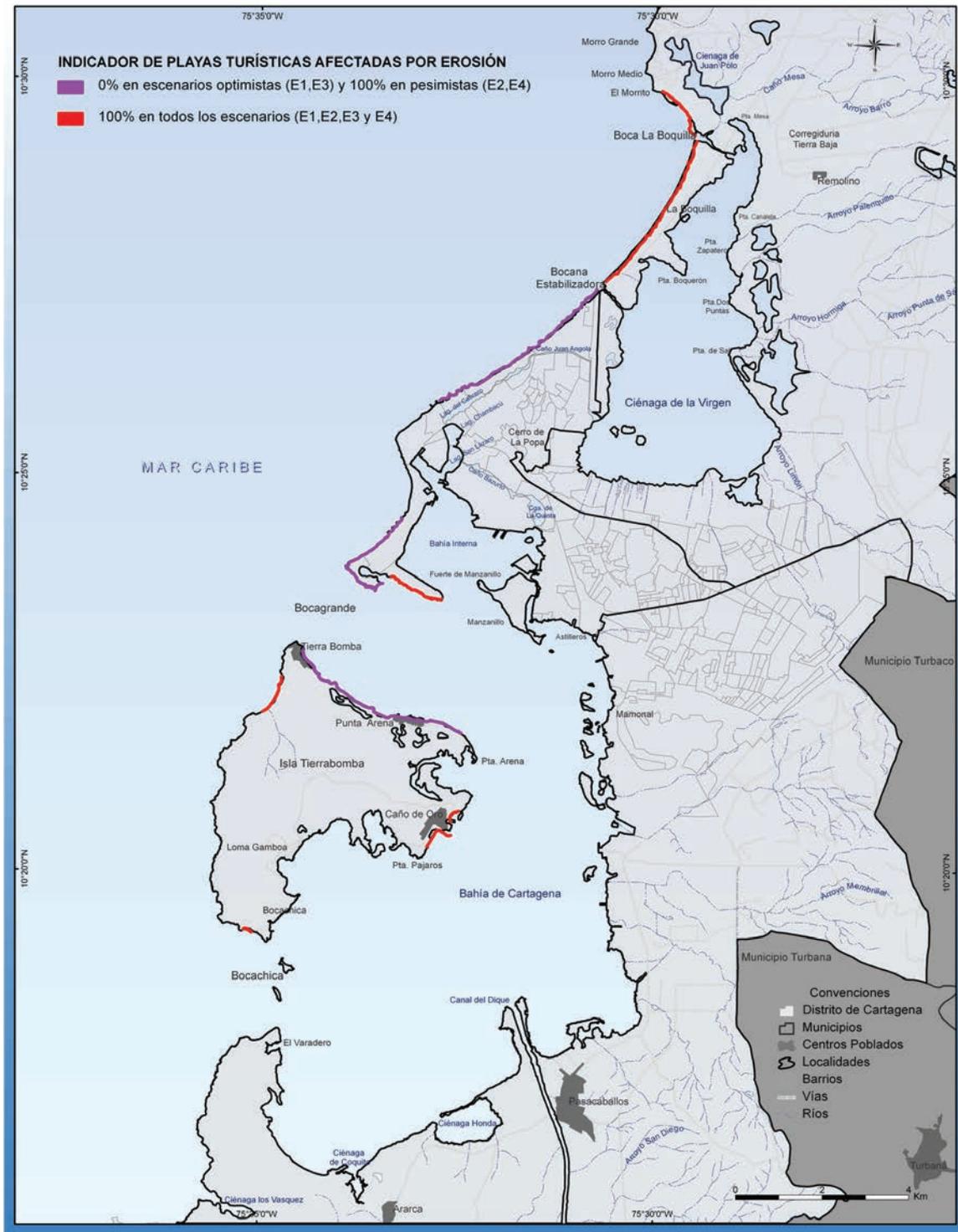
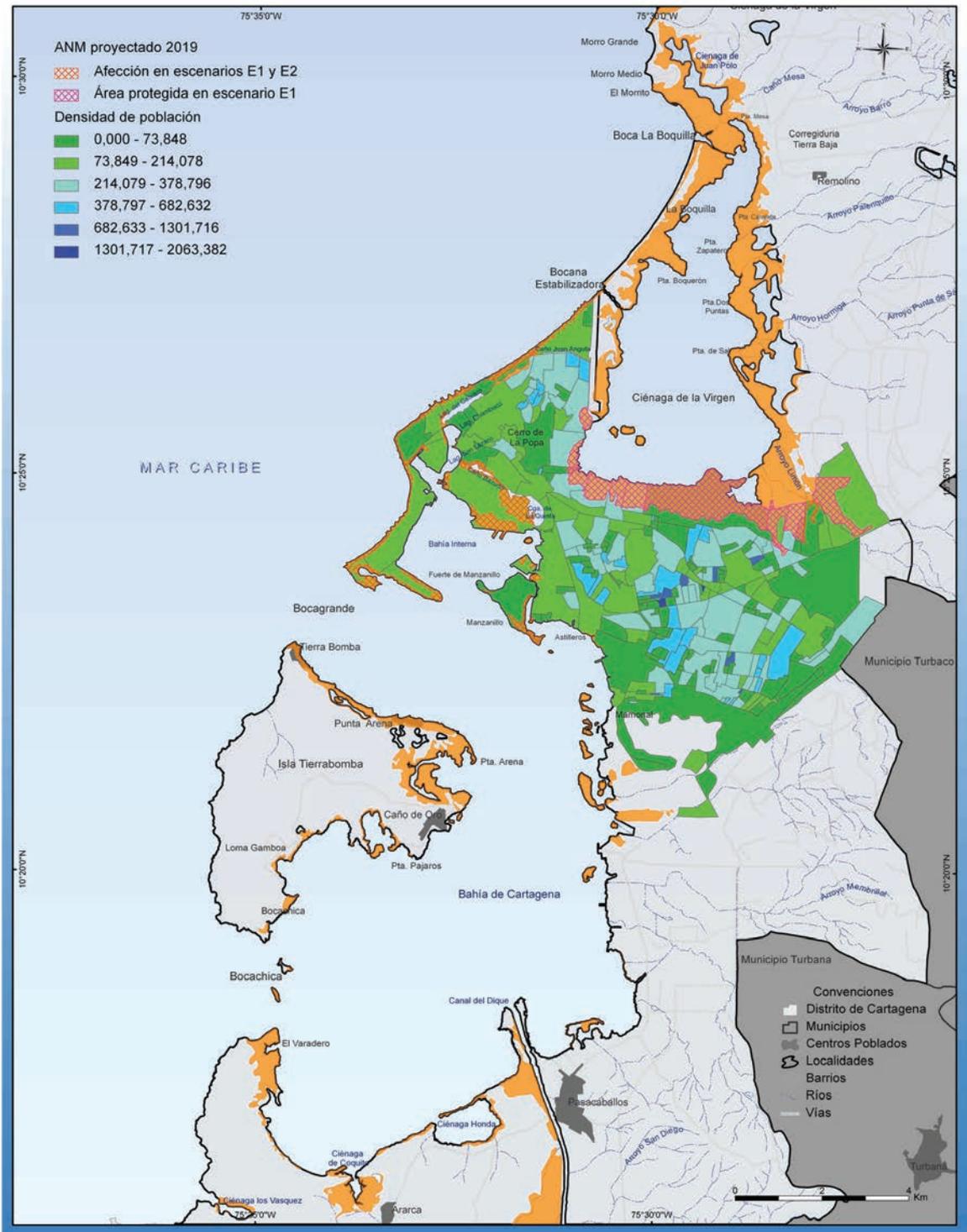


Figura 70. Playas turísticas afectadas en los cuatro escenarios proyectados.



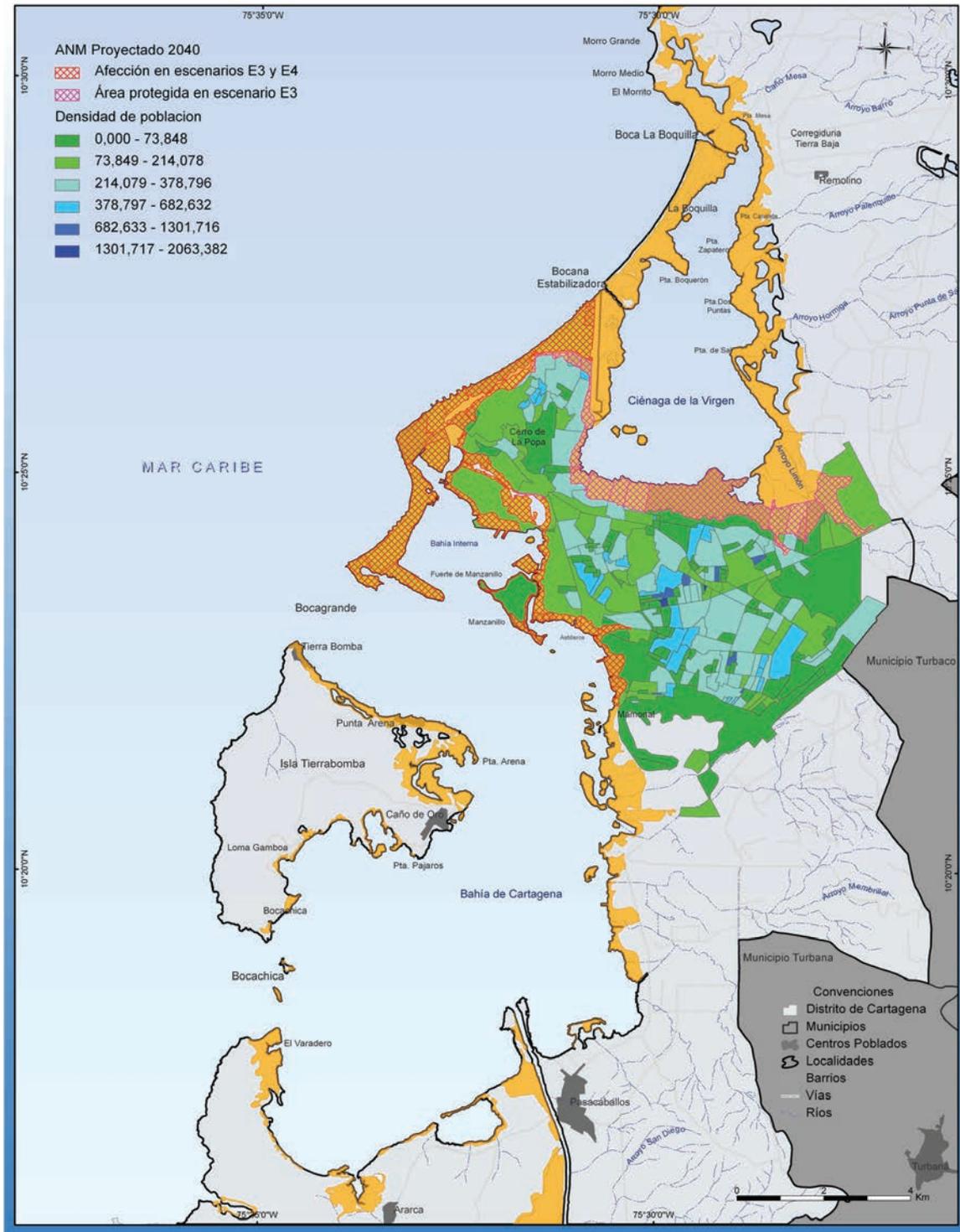


Figura 72. Población susceptible de inundación ANM. Escenario de cambio climático 2040.



Afectación y potencial pérdida de viviendas por inundación

En un escenario pesimista previsto para 2019, los barrios con mayor número de viviendas expuestas son: Nuevo Paraíso (7.800 viviendas), El Pozón (2.564 viviendas) y República del Líbano (1.907 viviendas); mientras que para el escenario pesimista de 2040 se destacan, adicionalmente, Olaya Herrera (8.030 viviendas), Crespo (2.313 viviendas) y Bocagrande (2.308).

Afectación del patrimonio histórico y potencial pérdida de infraestructura urbana

Otros de los sistemas sociales que se resultarían afectados por las inundaciones relacionadas con el ascenso del nivel del mar serían el patrimonio histórico y la infraestructura de la ciudad.

En un escenario de ausencia de adaptación, el 16% del patrimonio histórico se vería afectado por el cambio climático en el 2019, ya que se encuentra ubicado en zonas inundables; y este porcentaje aumentaría hasta el 86% en el 2040. Si se implementaran los macroproyectos del Distrito y estos brindaran una completa protección frente a inundaciones por mareas, los porcentajes disminuirían al 13% y 27%, respectivamente. Los mapas de las figuras 73 y 74 muestran la ubicación del patrimonio histórico y las zonas inundables en los distintos escenarios.

Los mapas muestran que la afectación del patrimonio se localiza en 8 barrios y una Unidad Comunera de Gobierno Rural (Bocachica). De estos, el barrio Centro, por ser el que alberga la mayoría de elementos (34 de 63 en Cartagena de Indias, el 54%), es el que más daños podría recibir en el escenario E4, que es el más radical.

En cuanto a la infraestructura urbana correspondiente a equipamientos (colegios oficiales y privados, universidades, hospitales [niveles 1, 2 y 3], centros comunitarios, estaciones de servicios, canchas e iglesias), al año 2019 (E2) resultaría afectada en un 18% y al 2040 (E4) en un 35%. Si se implementan medidas de protección, estos porcentajes se reducen a 6% y 22% para los escenarios E1 y E3, respectivamente. Las UCGU con mayores porcentajes de afectación son la 1 en localidad Histórica y del Caribe Norte, y las 4, 5 y 6 en la localidad de La Virgen y Turística (figuras 75 y 76).

De manera similar se afectará la infraestructura vial de la ciudad. El 18% de la infraestructura vial actualmente existente se afectaría por el ascenso del nivel del mar en el 2019, llegando al 35% en el 2040. Si se implementaran las obras de protección de la costa, la afectación disminuiría a 6% y 22%, respectivamente.

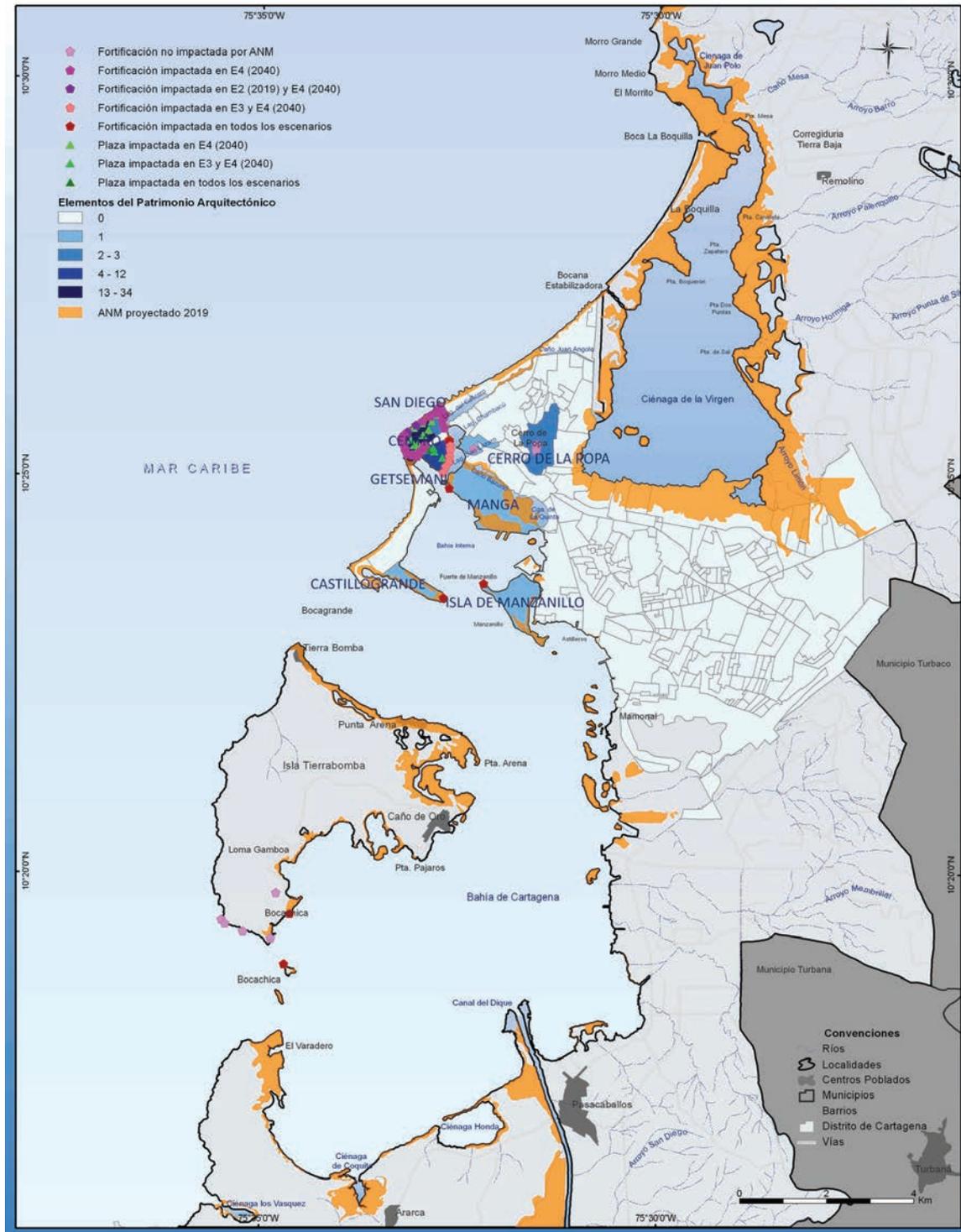


Figura 73. Patrimonio arquitectónico susceptible de inundación por ANM. Escenario de cambio climático 2019.

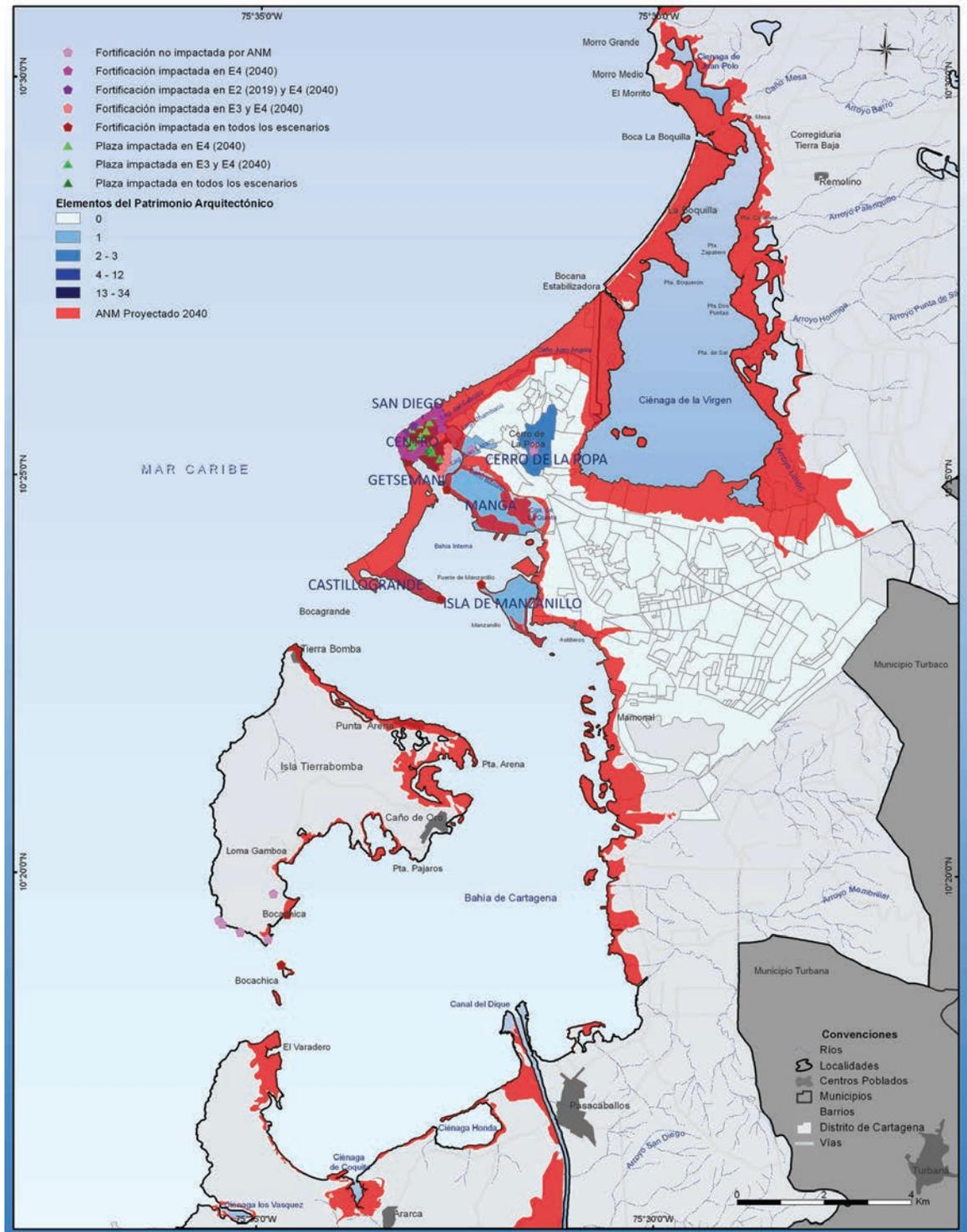


Figura 74. Patrimonio arquitectónico susceptible de inundación por ANM. Escenario de cambio climático 2040.

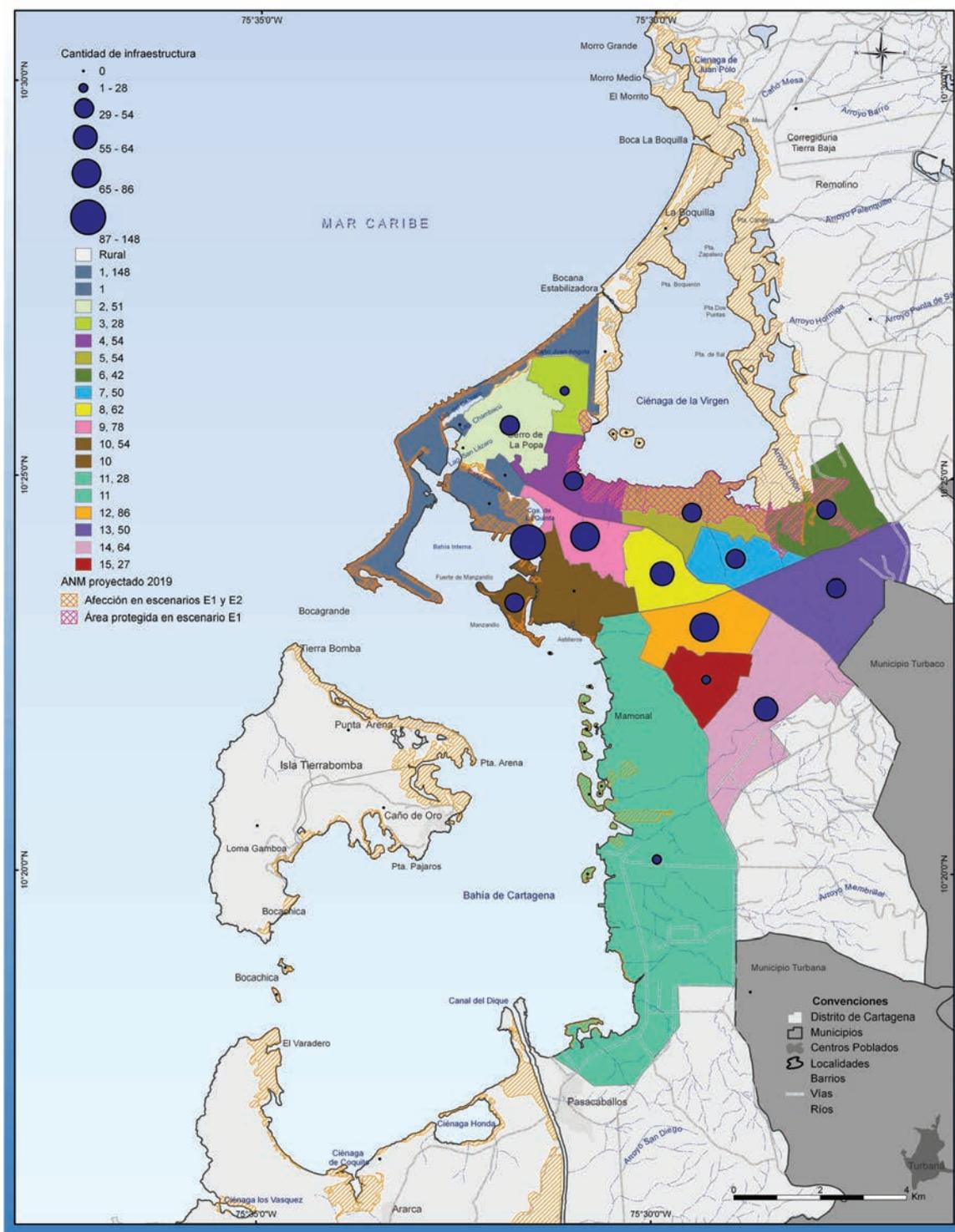


Figura 75. Infraestructura (equipamientos) susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático 2019.

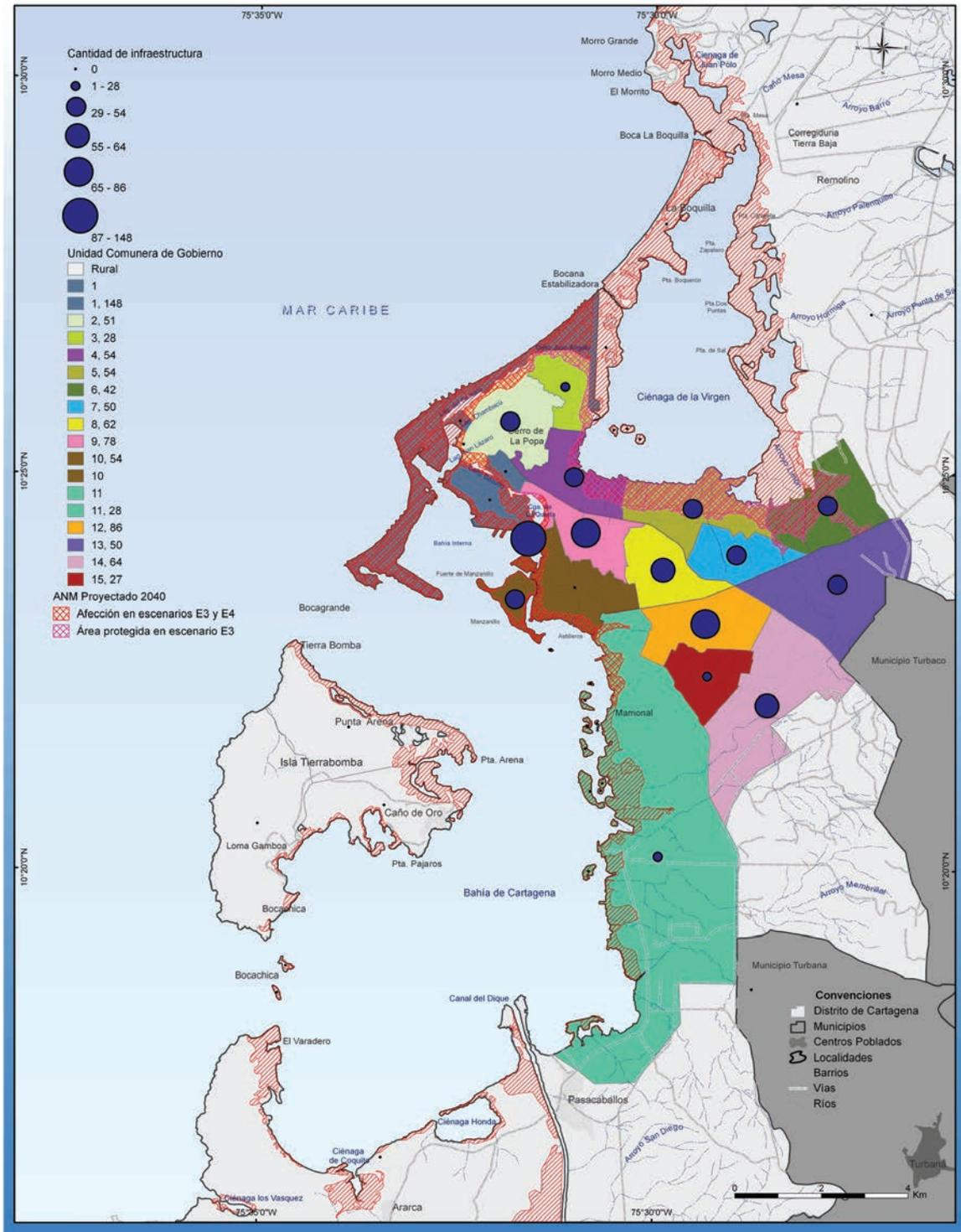


Figura 76. Infraestructura (equipamientos) susceptibles de inundación. Escenario de cambio climático 2040.



1.4. Impactos por aumento de la temperatura terrestre (2019-2040)

La evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica por aumento de la temperatura comprende los impactos asociados al blanqueamiento del arrecife coralino y al aumento de la incidencia en enfermedades transmitidas por vectores.

Aumento de la incidencia en enfermedades transmitidas por vectores

Las dos principales enfermedades transmitidas por vectores que tienen una relación con el cambio climático son la malaria y el dengue. Estas son enfermedades transmitidas por vectores (mosquitos) que se encuentran en latitudes tropicales y su incidencia en la región se debe a diferentes factores climáticos, demográficos y sociales. En lo relativo al clima, la malaria y el dengue requieren una temperatura entre 16 y 33 °C y una precipitación mínima de 300 mm, condiciones que se cumplen en ciertas zonas del país y, por lo tanto, se observa en ellas una alta incidencia de estas enfermedades. En cuanto a la malaria, aproximadamente la mitad de los municipios del país han reportado casos, de acuerdo con las estadísticas oficiales registradas por el Instituto Nacional de Salud.

De acuerdo con Ideam (2011), las principales características socio-económicas que determinan la variación geográfica en el impacto del cambio climático sobre el dengue son:

- Aumento de los cortes y costos del agua.
- Densidad de personas y desplazamientos.
- Tamaño de vivienda y precipitación (Frecuencia e intensidad).

Tabla 39. Casos de malaria y dengue en el país (Instituto Nacional de Salud).

Año	Municipios con casos reportados de malaria		Municipios con muertes por malaria	Municipios con casos reportados de dengue	Municipios con muertes por dengue
	P. falciparum	P. vivax			
2000	177	295	0	324	0
2001	211	359	0	387	0
2002	225	349	0	432	0
2003	238	354	7	433	5
2004	229	364	21	400	14
2005	228	367	12	420	26
2000 - 2005	394	562	29	573	38

Fuente: estadísticas del Instituto Nacional de Salud (INS).

La evaluación de enfermedades transmitidas por vectores se realizó sólo para morbilidad por dengue, pues de acuerdo con las estadísticas y los testimonios del Departamento Administrativo Distrital de Salud de Cartagena (Dadis), la ciudad es endémica para dengue y



no para malaria. Los casos reportados de malaria en centros de salud de Cartagena de Indias, generalmente, son casos importados, es decir que los pacientes hacen la consulta allí pero proceden de áreas endémicas, tales como Chocó, la región de Urabá, Córdoba y Antioquia. Lo anterior es consistente con la caracterización que se tiene del dengue como una patología frecuente en áreas urbanas, y de la malaria en áreas rurales.

De acuerdo con las estadísticas del Instituto Nacional de Salud, el promedio de casos de dengue en la ciudad de Cartagena de Indias en el período de 2000 a 2007 se ubicaba en 180 casos anuales. Sin embargo, en 2008 y, más recientemente, en el año 2010 se presentaron incidencias de 576 y 1766 casos, respectivamente (Figura 77).

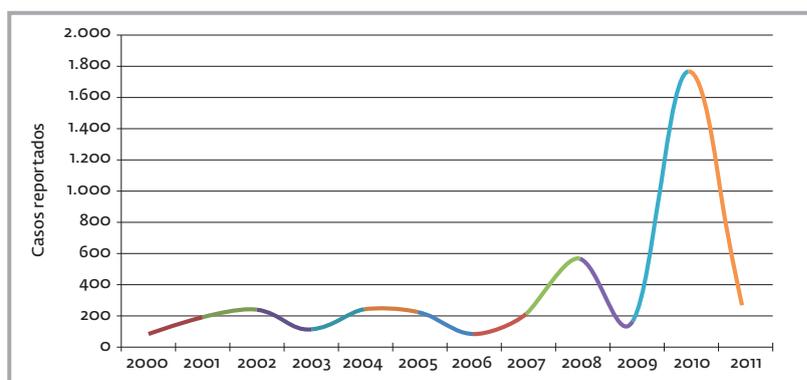


Figura 77. Evolución de casos reportados de dengue clásico en Cartagena de Indias. Fuente: Basado en boletines epidemiológicos Sivigila (Instituto Nacional de Salud). Disponibles en www.ins.gov.co.

En el escenario actual, la incidencia de dengue en Cartagena de Indias es de 1.144 casos reportados en el año 2010, según datos suministrados por el Dadis; es decir, en ese año la tasa de morbilidad en el municipio alcanzó los 1,2 casos por mil habitantes (1.144 casos/911.927 habitantes). Geográficamente, el dengue se presentó en 231 barrios, aunque la mayoría (197 barrios) presentaron menos de 10 casos en el año. Los principales barrios donde se presenta esta enfermedad se muestran en la Figura 78.

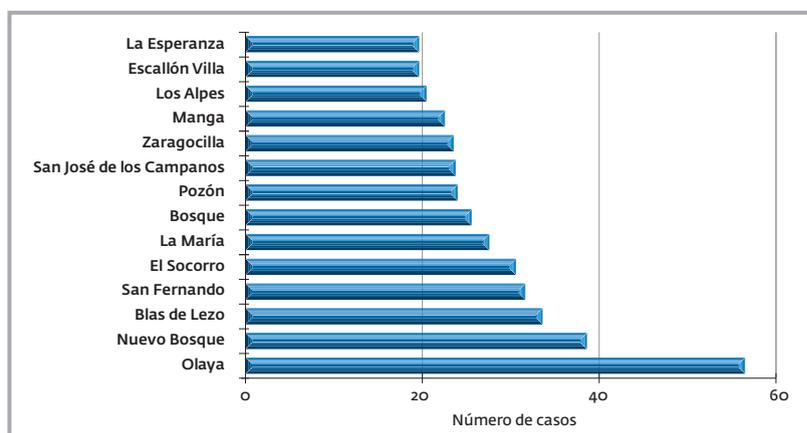


Figura 78. Barrios con mayor número de casos de dengue hemorrágico en 2010 en Cartagena de Indias.

Para estimar el aumento de incidencias de dengue, causado por la elevación esperada de la temperatura en 2019 y 2020 se retoma el estudio realizado por Blanco y Hernández (2009). Este estudio lleva a cabo un análisis transversal de incidencias municipales promedio durante el período 2000-2005 y una correlación entre precipitación y malaria, y temperatura y dengue. El modelo predictivo de morbilidad por dengue encuentra que la temperatura promedio mensual es significativa, con un coeficiente de 7,34 E-04; es decir que un incremento de un grado de temperatura aumentará la tasa de morbilidad del dengue (relación entre casos anuales y población) en 0,734 casos por mil habitantes. En la Tabla 40 se muestra la estimación de incremento de casos de morbilidad por dengue en Cartagena de Indias para los años 2019 y 2040.

Tabla 40. Estimación de incremento de casos de morbilidad por dengue en Cartagena de Indias.

Año (Escenario)	Tasa morbilidad (casos por mil habitantes)	Número de casos por año	Temperatura estimada (°C)	Incremento en temperatura (°C)
2010 (E0)	1,2545	1.144	27,9	0
2019 (E1 y E2)	1,6949	1.546	28,5	0,6
2040 (E3 y E4)	2,5757	2.349	29,1	1,2

El aumento de temperatura esperado para 2019 incrementaría a 1.556 el número de casos, y para el 2040 llegaría a 2.349 casos. Es importante destacar que el análisis y, por tanto, las cifras expuestas en el anterior cuadro no incluyen el aumento de la morbilidad por el crecimiento poblacional, de manera que el indicador ofrece una medición conservadora de la susceptibilidad.

En las figuras 79 y 80 se muestra la ubicación de los barrios susceptibles al aumento del dengue para los escenarios actual (2010), 2019 y 2040, asumiendo que el incremento es proporcional al número de casos registrados en el 2010 en el respectivo barrio. La susceptibilidad no varía entre escenarios optimista y pesimista debido a que no hay proyectos o medidas dirigidas a la disminución de la incidencia.

Como se puede apreciar en los mapas, el barrio con mayor incidencia (en el rango superior a 40 casos) en el 2010 fue el barrio Olaya. Con el incremento de temperatura esperada en el 2019 por el cambio climático se estima que, además del alto número de casos del barrio Olaya, se presentarían niveles similares de morbilidad en los barrios El Pozón, Nuevo Bosque, Blas de Lezo y San Fernando; y para el 2040, en los barrios El Socorro y San José de los Campanos.

Disminución de capturas de recursos pesqueros por afectación en corales

Esta sección presenta una primera aproximación a la evaluación del impacto del blanqueamiento de corales causado por el aumento esperado de la temperatura, sobre la pesca. Para evaluar tales efectos, en primer lugar se presenta la caracterización de la pesca en Cartagena de Indias.

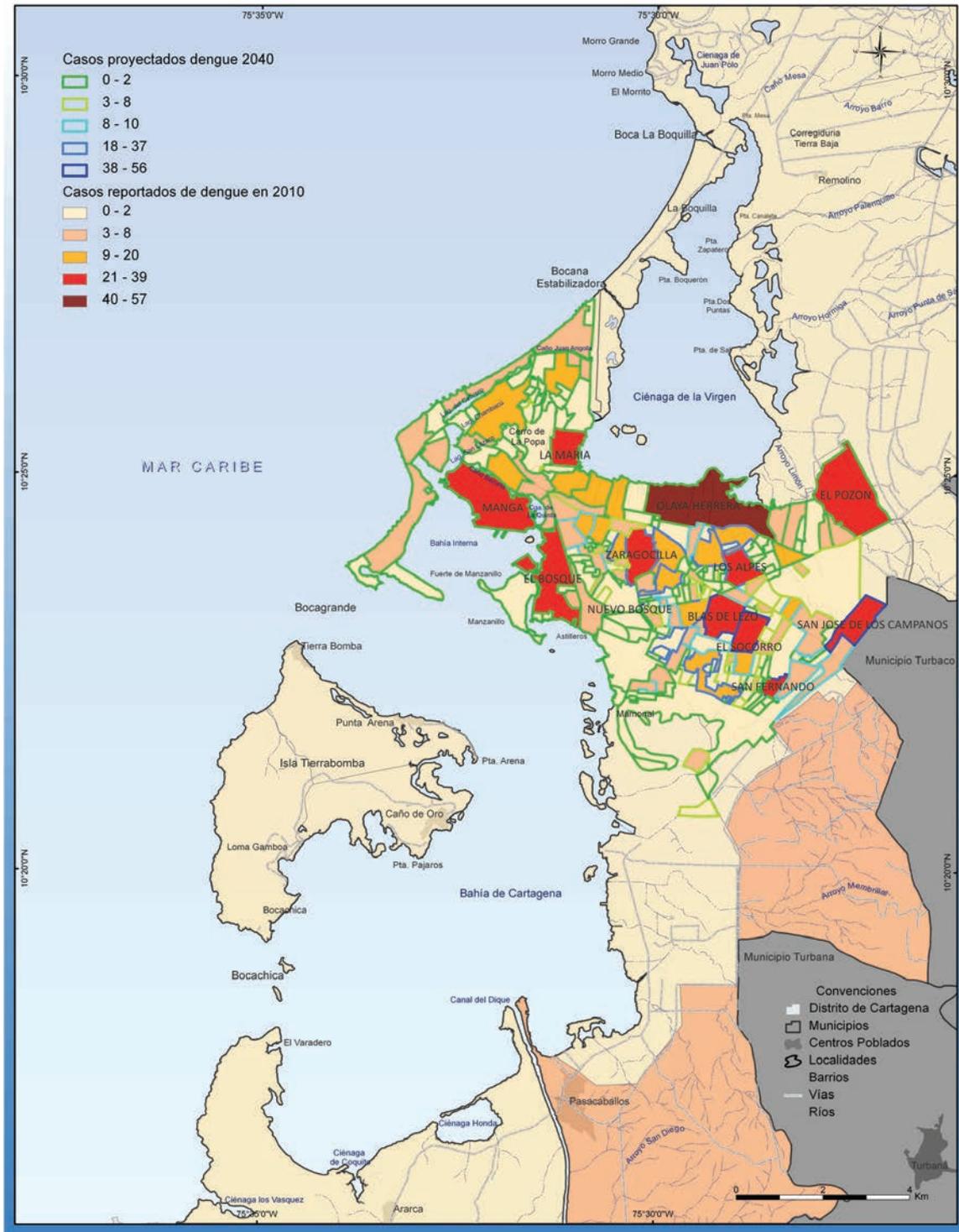


Figura 8o. Barrios y UCG rurales susceptibles de morbilidad por dengue (2010). Escenario climático 2040.



De acuerdo con la Corporación Colombia Internacional y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la cuantía de capturas desembarcadas por pesca artesanal e industrial en los puertos del litoral Caribe (incluye Ciénaga Grande de Santa Marta y no incluye San Andrés) en el año 2010 se fijó en 3.979 toneladas. La Tabla 41 muestra las principales especies capturadas durante el período 2005-2010 y las divide entre las asociadas al coral y las no asociadas.

Tabla 41. Especies capturadas en faenas industriales y artesanales durante el período 2005-2010.

Especie	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Especies asociadas al coral						
Cojinúa, Jurel	48,63	104,59	174,34	178,05	258,40	230,47
Mero, Cabrillas y Chernas	194,90	2,00	19,88	30,43	15,11	10,34
Pargos	27,51	128,83	100,44	187,74	145,78	73,60
Ronco, Margarita, Corvina	128,54	16,42	39,10	36,53	32,18	49,49
Sierra	62,74	82,78	49,35	93,04	99,04	90,29
Tiburón	28,16	2,57	78,13	134,25	117,40	267,92
Crustáceos	552,36	494,16	622,47	547,07	460,24	375,53
Caracol	5,00	0,34	1,31	1,84	6,22	9,03
Pulpo	0,48	1,05	0,08	0,13	0,24	0,21
Subtotal	1.048,32	832,74	1.085,10	1.209,08	1.134,61	1.106,88
Especies no asociadas al coral						
Otros peces	3.192,13	592,22	586,69	2.189,61	1.793,92	2.833,63
Otros moluscos	61,29	0,32	22,18	39,25	34,22	38,71
Equinodermos	0,03	52,20	0,81		2,63	0,32
Subtotal	3.253,45	644,74	609,68	2.228,86	1.830,77	2.872,66
Total	4.301,77	1.477,48	1.694,78	3.437,94	2.965,38	3.979,54

Del total de capturas desembarcadas, aproximadamente el 28% tienen una relación con los ecosistemas de coral y, por lo tanto, se verían afectados si se presentara un blanqueamiento por el cambio climático (Figura 81).

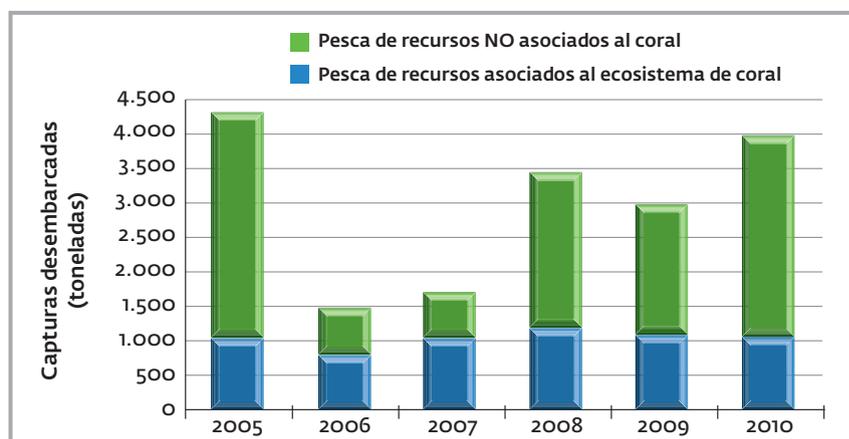


Figura 81. Composición histórica de las capturas de pesca artesanal (CCI y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012).

Así mismo, el tipo de pesca con mayor sensibilidad es la pesca artesanal, principalmente por su limitada capacidad de movilización. De acuerdo con CCI y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2012), en la pesca artesanal se obtiene una mayor captura de recursos pesqueros asociados a sistemas de coral (Figura 82).

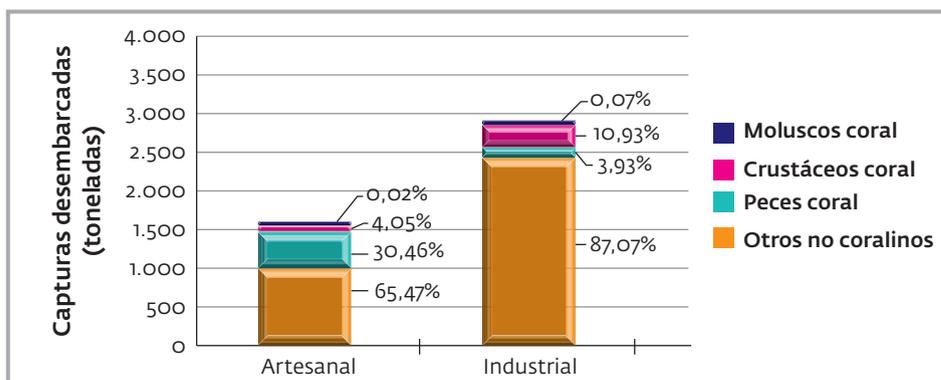


Figura 82. Composición de captura por tipo de pesca (CCI y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012).

Como se aprecia en la anterior gráfica, el 34,53% de las capturas de pesca artesanal están asociadas al ecosistema de coral, frente al 14,93% de las capturas de pesca industrial asociadas al coral. Del total de 1.551 toneladas capturadas por pesca artesanal en el litoral Caribe, 153,6 ton provenían del Distrito de Cartagena de Indias (CCI y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012).

Los principales caladeros del Distrito de Cartagena de Indias y el número de pescadores potenciales asociados a los mismos se presentan en la Tabla 42.

Tabla 42. Número estimado de pescadores por caladero (Rueda *et al.*, 2010).

Caladero	Número de pescadores muestreados	Número de pescadores potenciales	% Muestreado
Ararca	12	100	12%
Barú	15	200	7,5%
Bocachica	16	200	8%
Cartagena de Indias	63	438	14,4%
Isla Fuerte	9	98	9,2%
La Boquilla	23	300	7,7%
Manzanillo	5	10	50%
Pasacaballo	2	280	0,7%
Punta Canoa	10	62	16,1%
Santa Ana	62	200	31%
Tierra Bomba	16	300	5,3%
Total Cartagena	233	2.188	10,6%



De acuerdo con la anterior tabla, los principales caladeros se ubican en la parte urbana de Cartagena de Indias y, además, en los sectores de Tierra Bomba, La Boquilla, Pasacaballo, Bocachica, Santa Ana y Barú. Asimismo, se estima un total de 2.188 pescadores artesanales en el Distrito de Cartagena de Indias.

En lo referente al proceso de blanqueamiento como respuesta fisiológica de los corales ante condiciones ambientales desfavorables, Navas *et al.*, (2009) identifica dos picos de mayor ocurrencia que coinciden en escala espacial y temporal. El primero de ellos se presentó en los años 1998-1999 en las áreas monitoreadas por el SIMAC en el Tayrona, Islas del Rosario, San Andrés y Santa Marta; y el segundo, entre los años 2005-2006 para todas las áreas en las que se realiza el monitoreo (Figura 83).

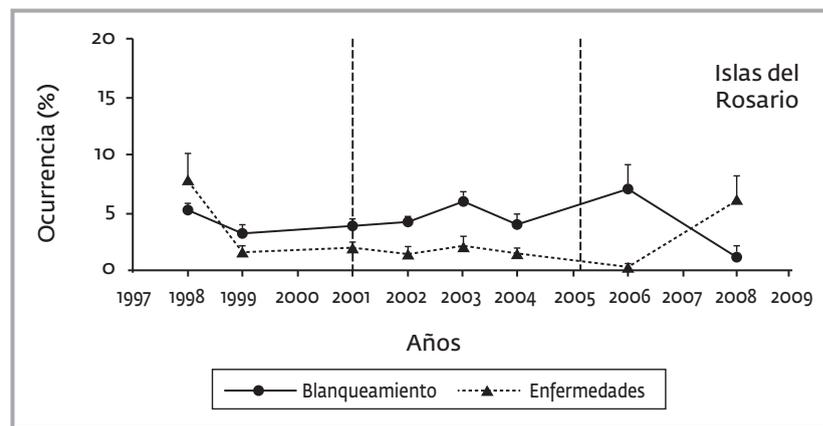


Figura 83. Ocurrencia de blanqueamientos de coral en estación de Corales del Rosario (Navas *et al.*, 2009).

Como se observa en la anterior gráfica, los picos de blanqueamiento de Corales en las Islas del Rosario se registraron en los años 2003 y 2007, con ocurrencias superiores al 5%.

La Figura 84 muestra la cobertura de algas y corales para las áreas sujetas a monitoreo del SIMAC. Como puede observarse, hay una ligera tendencia de pérdida de cobertura de los corales en las Islas del Rosario, con un nivel del 20% registrado en el 2009,

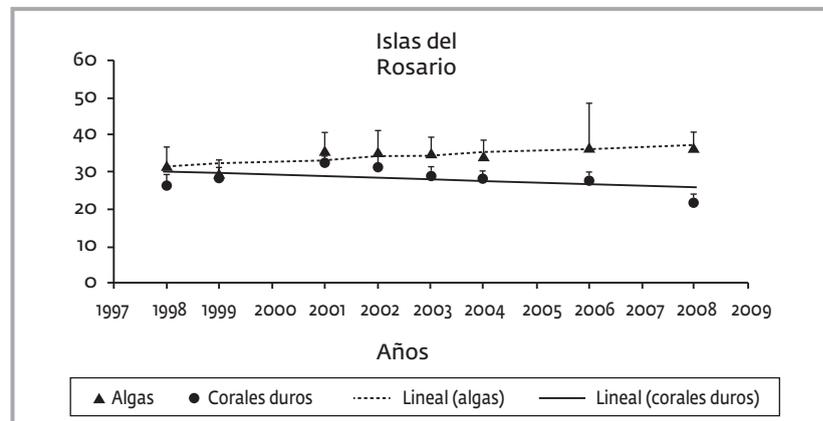


Figura 84. Cobertura de corales en estación de Corales del Rosario-Simac (Navas *et al.*, 2009).

Evaluación del impacto

Teniendo en cuenta que el incremento esperado de la temperatura terrestre debido al cambio climático es de 0.3 °C por década, el umbral de aumento de 1 °C se alcanzaría en tres décadas y, por lo tanto, en el 2040 se tendrá una afectación generalizada en los corales. Para ilustrar este potencial impacto se asumió una afectación de la captura pesquera relacionada con el coral del 50% para el año 2019 y una afectación del 100% para el 2040 (Tabla 43). Según esto, los pescadores artesanales experimentarán una disminución del 9% de su pesca para el 2019 y del 18% de su pesca en el 2040.

Tabla 43. Estimación del impacto sobre la captura total.

Captura	2010 (E0)	2019 (E1 y E2)	2040 (E3 y E4)
Captura industrial en Cartagena de Indias (ton)	1.576,00	1.576,00	1.576,00
Captura artesanal en Cartagena de Indias (ton)	153,68	153,68	153,68
Total captura pesquera en Cartagena de Indias (ton)	1.729,68	1.729,68	1.729,68
% de especies capturadas en pesca industrial que dependen del coral (ton)	14,93%	15%	15%
% de especies capturadas en pesca artesanal que dependen del coral (ton)	34,53%	35%	35%
Afectación por cambio climático	0%	50%	100%
Total captura pesquera que se afectaría por blanqueamiento de coral (ton)	0,00	144,18	288,37
% de captura afectada	0%	9%	18%

Tomando en cuenta que los pescadores artesanales son más sensibles a dicha afectación debido a la dependencia de sus ingresos familiares de las actividades de pesca y a su baja capacidad de movilidad, se estimó un indicador de sensibilidad de este impacto con el fin de determinar la medida en que se pueden afectar los pescadores y su actividad económica. Según Rueda *et al.*, (2010), el 79% de los pescadores encuestados del departamento de Bolívar no realizan ninguna actividad económica complementaria a la pesca y, en promedio, cada pescador tiene 4 personas a cargo. En la Tabla 44 se estima el indicador de sensibilidad del impacto.

Tabla 44. Indicador de sensibilidad del impacto.

Variable de la actividad de pesca	Sensibilidad en todos los escenarios
Total de pescadores artesanales	2.188
% de pescadores sin actividades complementarias	79%
Número de pescadores sensibles al impacto del CC	1.729
Personas a cargo por pescador	4
Población con alta sensibilidad al impacto de CC	6.914
Población total afectada por el cambio climático	8.752



El 80% de los pescadores artesanales son muy sensibles al impacto de disminución de las capturas por no contar con actividades que complementen su ingreso. Los pescadores con alta sensibilidad suman 1.729 cifra que ascendería a un total de 6.914 si se cuentan las personas a cargo de cada pescador.

1.5. Impactos por eventos extremos 2019-2040

La susceptibilidad asociada al impacto causado por el aumento en la frecuencia de eventos extremos se pudo mapear y evaluar, cuantitativamente, para la población, tal como se presenta en la Tabla 45.

Tabla 45. Valores globales para Cartagena de Indias de los indicadores asociados a amenaza por eventos extremos.

Indicador	Eo	2019 Opt. E1	2019 Pes. E2	2040 Opt. E3	2040 Pes. E4
Porcentaje de población en áreas afectadas por precipitación [PPob]	1,8%	1,4%	2%	6,1%	8,5%
Porcentaje de infraestructura pública y privada en áreas afectadas por precipitación [PInf]	0,7%	1,1%	1,7%	5,3%	6,8%
Porcentaje de establecimientos de industria y comercio en áreas afectadas por precipitación [PEIC]	1,4%	1,5%	2%	6,2%	8,4%

Este ejercicio se desarrolló adoptando las áreas altamente y moderadamente expuestas a inundación pluvial (Universidad de Cartagena - AC, 2010), como aquellas que, potencialmente, se inundarían en casos de precipitación extrema en los años 2019 y 2040.

Para el año 2019 se proyecta que el porcentaje de la población cartagenera que se vería afectada por inundaciones derivadas de eventos extremos de precipitación sería del 27% y que en caso de adoptarse medidas preventivas, contempladas en el Macroproyecto Parque Distrital Ciénaga de La Virgen, este porcentaje se reduciría al 18%.

Para el año 2040 la inundación abarcaría un área tal que el porcentaje de población llegaría al 29%, y en el caso optimista, sería del 21%.

En los casos optimistas, serían ocho los barrios que resultarían beneficiados por la implementación de soluciones para la prevención de inundaciones por fallas en el sistema de drenaje pluvial y la ejecución de los planes de renovación urbana contemplados en el "Macroproyecto del Parque Distrital de la Ciénaga de la Virgen": La María, Once de Noviembre, San Francisco, Boston, Fredonia, El Pozón, La Candelaria y República del Líbano. Este grupo agrupa el 9% de la población afectada en 2019 y el 8% en 2040. En los siguientes mapas se ilustra el porcentaje de afectación por barrio en caso de un evento de precipitación extrema, y la extensión de las áreas inundables para los escenarios 2019 y 2040 (figuras 85 y 86).

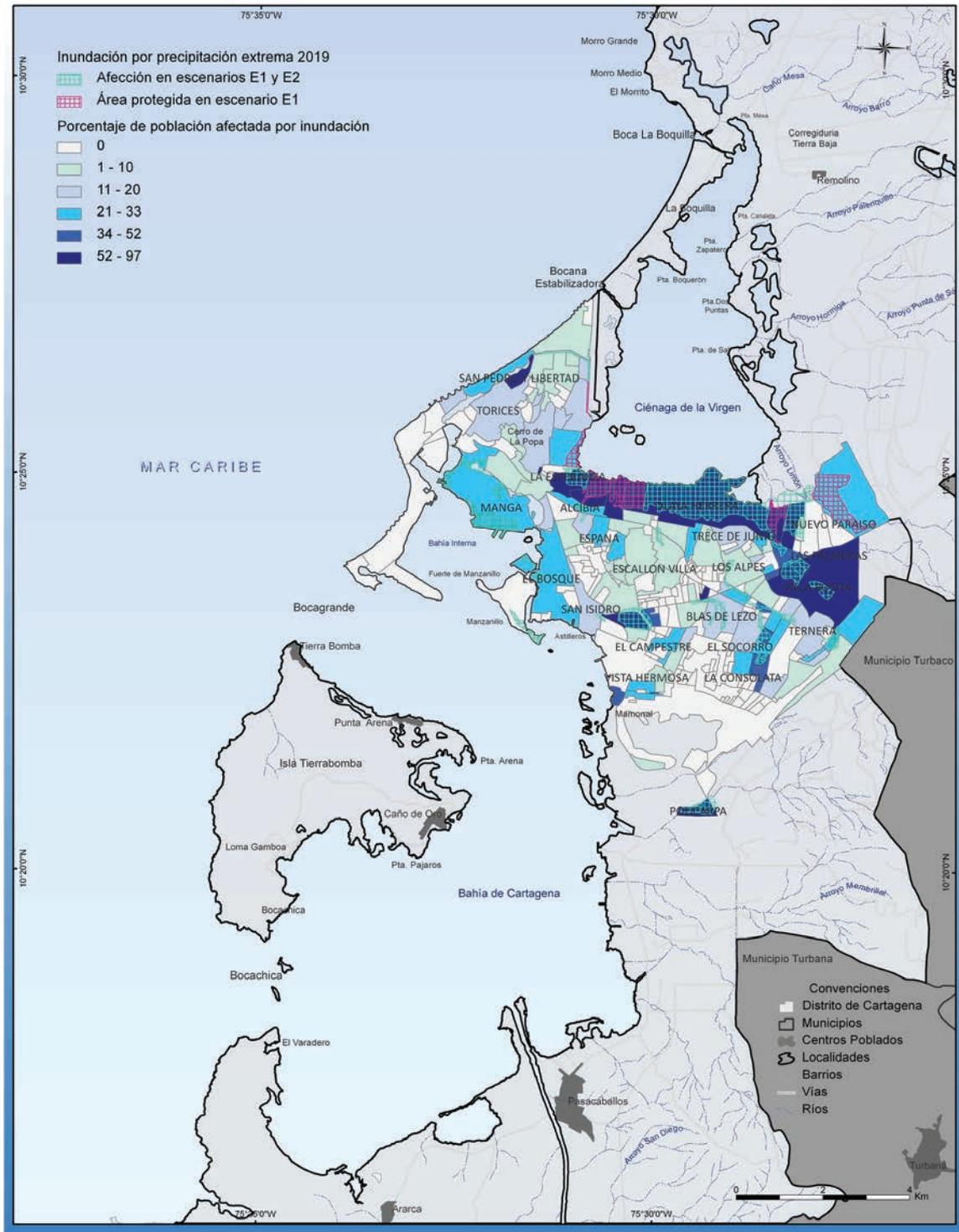


Figura 85. Población susceptible de inundación por eventos extremos de precipitación. Escenario climático 2019.

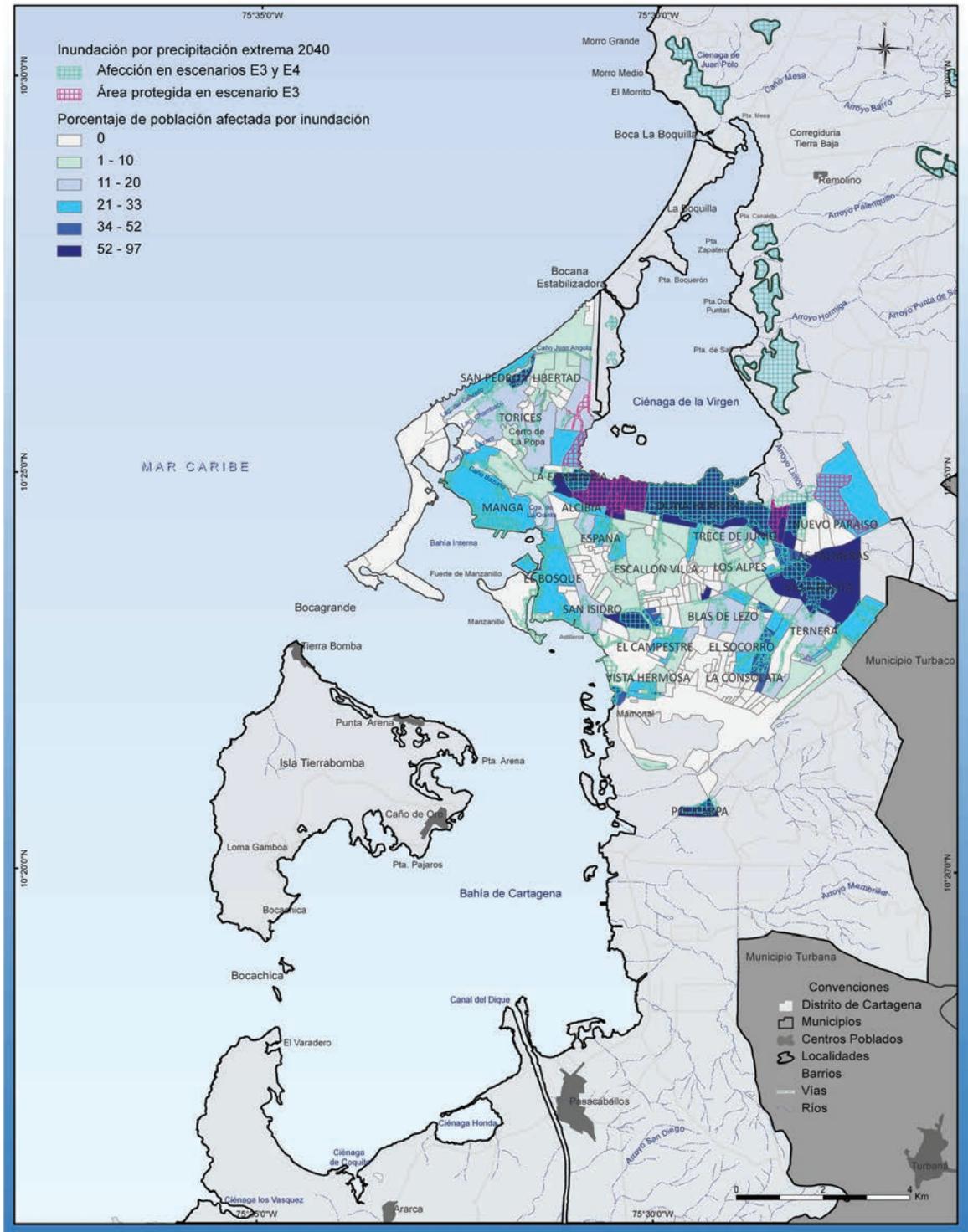


Figura 86. Población susceptible de inundación por eventos extremos de precipitación. Escenario climático 2040.



Los barrios con mayor porcentaje de población afectada se encuentran ubicados en los alrededores de la ciénaga de La Virgen. Asimismo, las figuras 85 y 86, muestran que aunque los proyectos evaluados de adaptación en los escenarios optimistas son importantes, no cubren la mayor parte de área susceptible y, por lo tanto, son insuficientes. Los barrios de mayor susceptibilidad y sin ninguna protección contra los eventos extremos de precipitación son Olaya, Blas de Lezo, Villa Rosita y San Pedro.

En cuanto a la afectación de infraestructura, 72 barrios superpuestos a las áreas inundables en 2019 contienen 15 edificaciones que serían potencialmente afectadas. Para 2040 el número de barrios superpuestos a áreas inundables por precipitación extrema es de 143, y el número de estructuras en ellos es de 60. En los escenarios optimistas, asociados con la ejecución del “Macroyecto del Parque Distrital de la Ciénaga de la Virgen”, el número de estructuras afectadas se reduciría a 10 en el año 2019 (disminución del 33%) y a 46 en 2040 (disminución del 67%).

1.6. Vulnerabilidad socioeconómica al cambio climático

En esta sección se presenta el análisis integrado de los indicadores (susceptibilidad) de los impactos de cambio climático y la evaluación de vulnerabilidad socioeconómica futura de la población (expresada en hogares) y los sectores de turismo, industria e infraestructura.

Para ello, en primer lugar se discriminaron los impactos por sectores mediante un análisis del uso del suelo según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Distrito de Cartagena de Indias.

Usos del suelo según el (POT): La ciudad está ocupada en su mayor parte (79%) por usos del suelo cuya vocación es, predominantemente, residencial. El segundo plano lo tienen las áreas donde se ubican actividades industriales, con una participación del 7,5%, si bien de este porcentaje sólo el 2% es exclusivamente industrial y el otro 5,5% tiene uso mixto industrial-comercial. En tercer lugar se encuentran las áreas ocupadas por instituciones y en un porcentaje menor al 1%, los espacios donde la actividad comercial es dominante. Esto último no implica que el comercio ocupe un renglón poco significativo en la economía de la ciudad, sino que este sector se encuentra disperso por toda su área, de manera que no es un uso del suelo dominante en los espacios del Distrito. Estas participaciones y la forma como el comercio se combina con otros usos se ilustran en Tabla 46.

En las figuras 87 y 88 se pueden apreciar los usos del suelo ante los escenarios pesimistas de cambio climático en el 2019 y 2040.

Los mapas de susceptibilidad de los usos del suelo permiten concluir que los sectores más susceptibles en el año 2019 son: el residencial en los barrios aledaños a la ciénaga de La Virgen por ascenso del nivel del mar y precipitaciones, y Tierrabomba por erosión costera; y en menor medida, los barrios del sector de Bocagrande y Manga. El sector turismo también es altamente susceptible debido a la erosión de las playas de la Boquilla, Crespo, Bocagrande y El Laguito.



Tabla 46. Participación de los usos del suelo en Cartagena de Indias.

Usos suelo dominante	Sub-categorías de usos del suelo	Barrios	Área (ha)	% Área
Industrial	Industrial	1	88,65	7,5%
	Comercial - Industrial	6	308,5	
Comercial	Comercial - Institucional	1	7,55	0,1%
Institucional	Institucional	1	82,2	6,4%
	Institucional - Comercial	9	238,2	
	Institucional - Comercial - Residencial	1	7,5	
	Institucional - Residencial - Comercial	1	11	
Residencial	Residencial	116	2.596	79,3%
	Residencial - Comercial	3	212,1	
	Residencial - Comercial - Industrial	1	0,9	
	Residencial - Institucional	6	206	
	Residencial - Institucional - Comercial	81	1125,6	
	Residencial - Institucional - Zonas verdes	1	47,4	
	Residencial - Zonas verdes	1	6,98	
Zonas verdes	Zonas verdes	4	23,98	6,7%
	Zonas verdes de protección	1	329,4	

Para el año 2040, a los anteriores sectores se les suma el sector industrial con impactos relacionados con ascenso del nivel del mar, tanto en el sector de Manga como en el sector de Mamonal y Pasacaballos.

Como se explicó en la Metodología, el análisis de sensibilidad integra las variables de capacidad de ingresos según la estratificación de los barrios, el tipo de vivienda, la cobertura de alcantarillado y la cobertura de acueducto. Estas son las variables que hacen más sensibles a los hogares ante los impactos de inundación (por mareas o por lluvias) y también por incidencia del dengue. Igualmente, sensibilizan el turismo, ya que si en los sectores no existe buena cobertura de servicios públicos, los establecimientos relacionados con el turismo se verán afectados ante un impacto de inundación. En la Tabla 47 se muestran, para cada categoría de uso del suelo, los niveles de las variables seleccionadas para cuantificarlo.

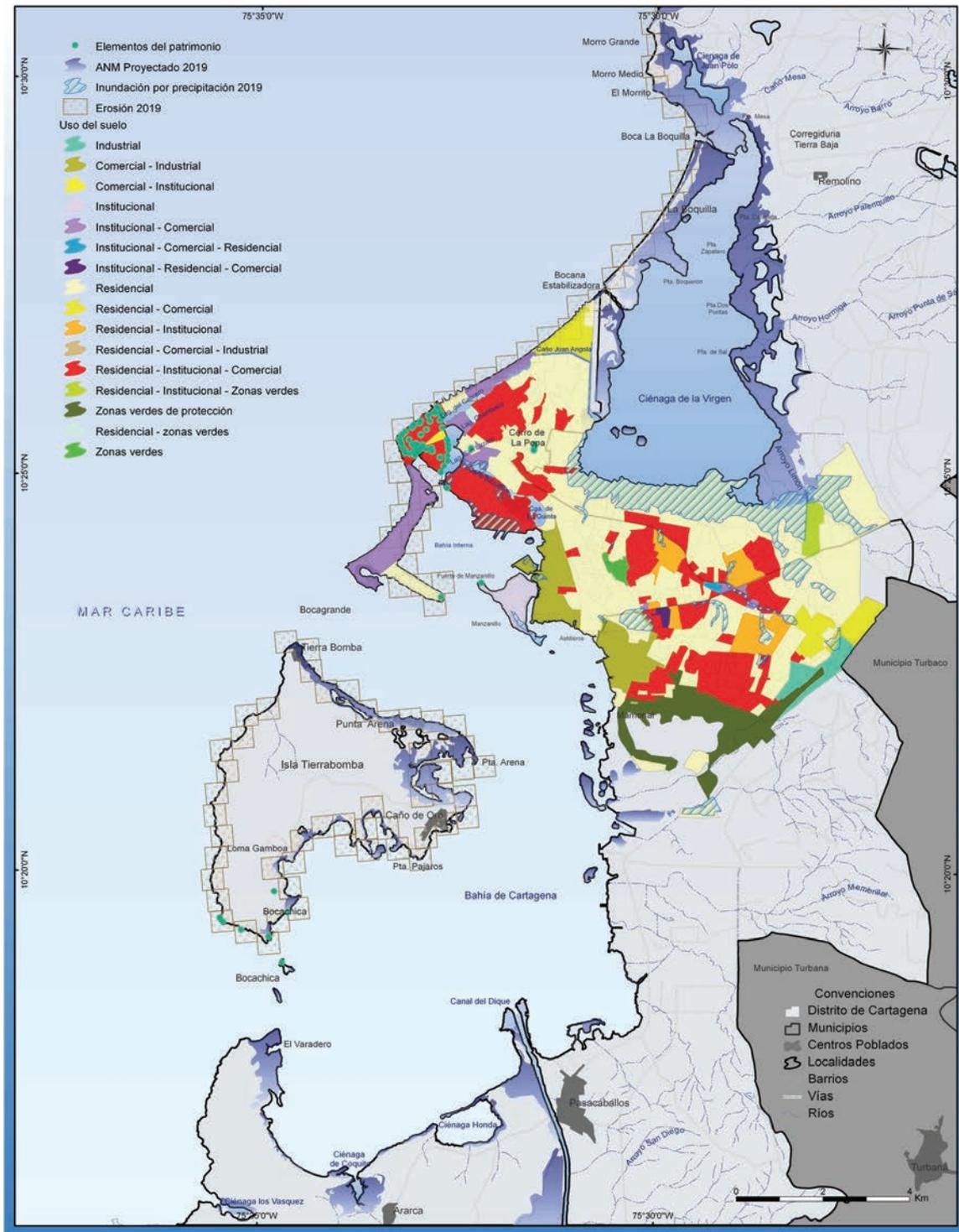


Figura 87. Análisis integrado de susceptibilidad ante el cambio climático para el 2019.

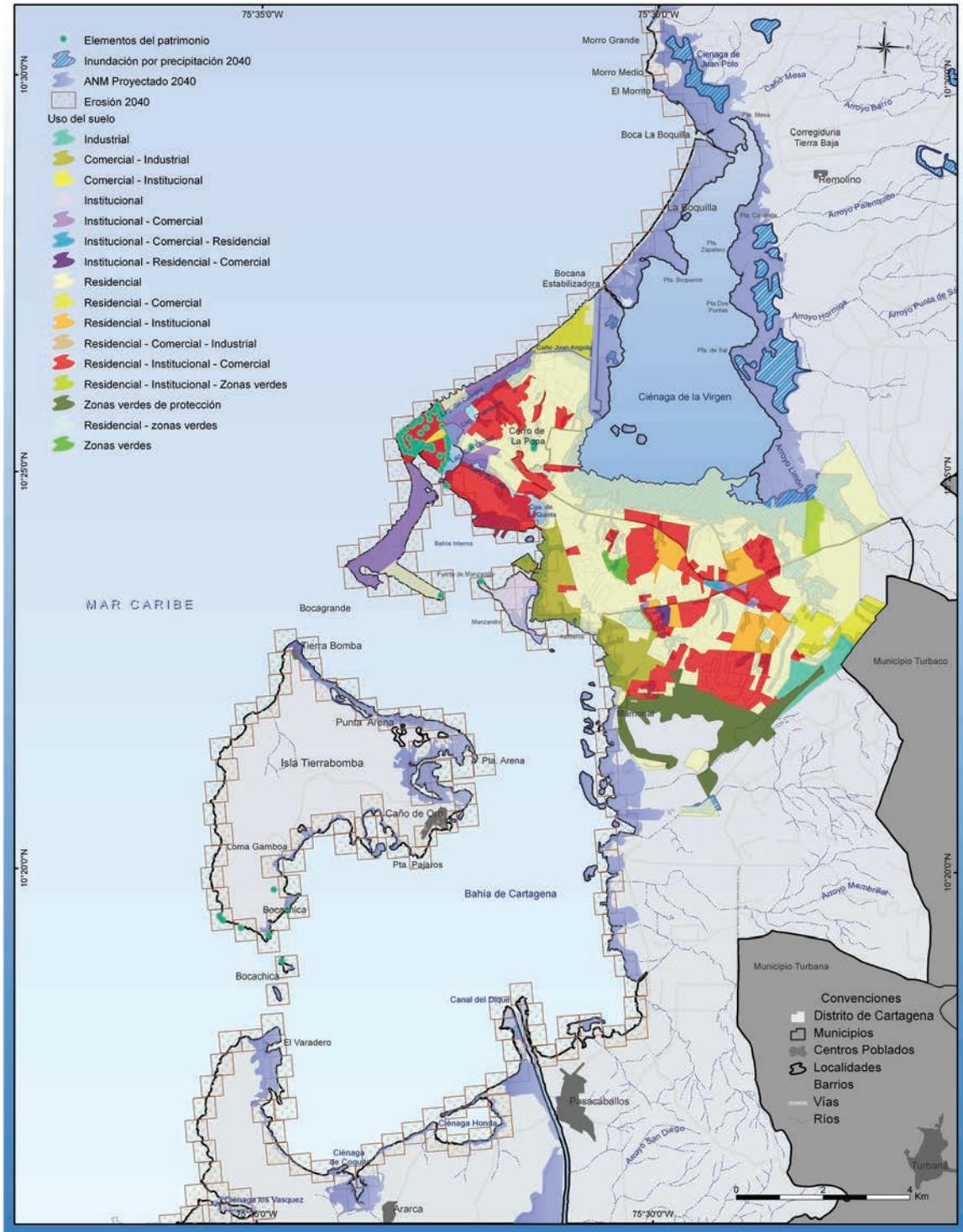


Figura 88. Análisis integrado de susceptibilidad ante el cambio climático para el 2040.

Tabla 47. Indicadores de sensibilidad de los barrios por uso del suelo.

Usos suelo dominante	Sub-categorías de usos del suelo	Barrios	Personas	Vivienda	% Población	% cobertura alcantarillado	% cobertura acueducto	% viviendas una planta	% Estratos 1 y 2
Industrial	Industrial	1	3.157	735	1,9%	92%	94%	58%	37%
	Comercial - Industrial	1	11.966	2.608					
Comercial	Comercial - Institucional	1	723	166	0,1%	90%	90%	5%	0%
Institucional	Institucional - Comercial	6	18.843	3.572	2,4%	86%	88%	13%	9%
	Institucional - Comercial - Residencial	1	687	171					
Residencial	Residencial	89	494.858	98.814	94,7%	84%	92%	61%	67%
	Residencial - Comercial	3	42.050	8.270					
	Residencial - Comercial - Industrial	1	354	77					
	Residencial - Institucional	5	43.942	9.291					
	Residencial - Institucional - Comercial	51	192.028	39.874					
Zonas verdes	Zonas verdes	4	8.085	1.710	1%	77%	85%	71%	100%
	Zonas verdes de protección	1	0	0					

Las sub-categorías de uso del suelo: Institucional, Institucional-Residencial-Comercial, Residencial-Institucional, Residencial -Institucional-Zonas verdes, Residencial-Zonas verdes. Zonas verdes de protección se excluyen del análisis debido a que carecen de información.

La vulnerabilidad es la resultante de cruzar las áreas de susceptibilidad del impacto con las de sensibilidad. En los mapas de las figuras 89 y 90 se muestra la vulnerabilidad para los sectores ante lo diferentes impactos del cambio climático.

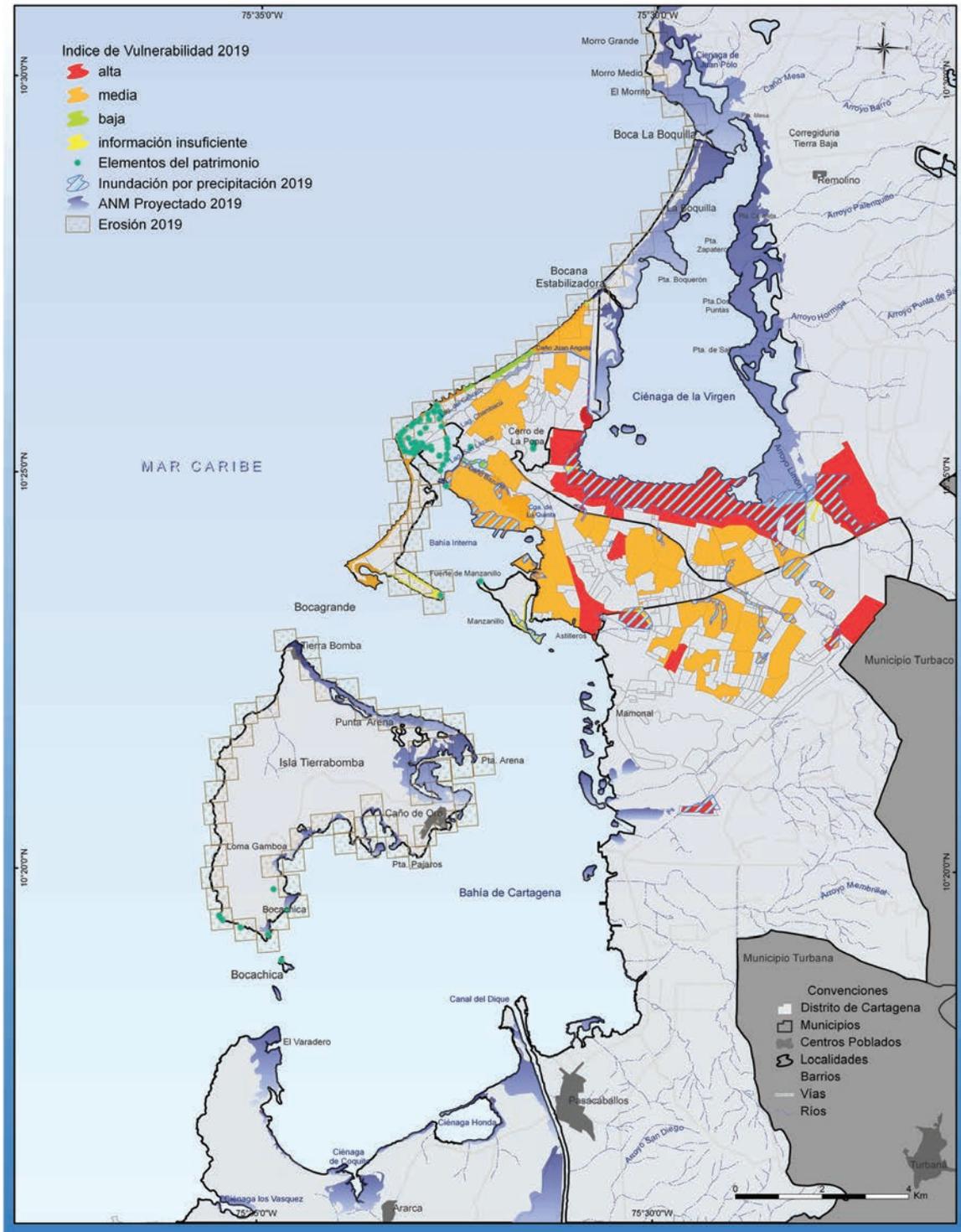


Figura 89. Vulnerabilidad socioeconómica de Cartagena de Indias ante escenarios de cambio climático en el 2019.

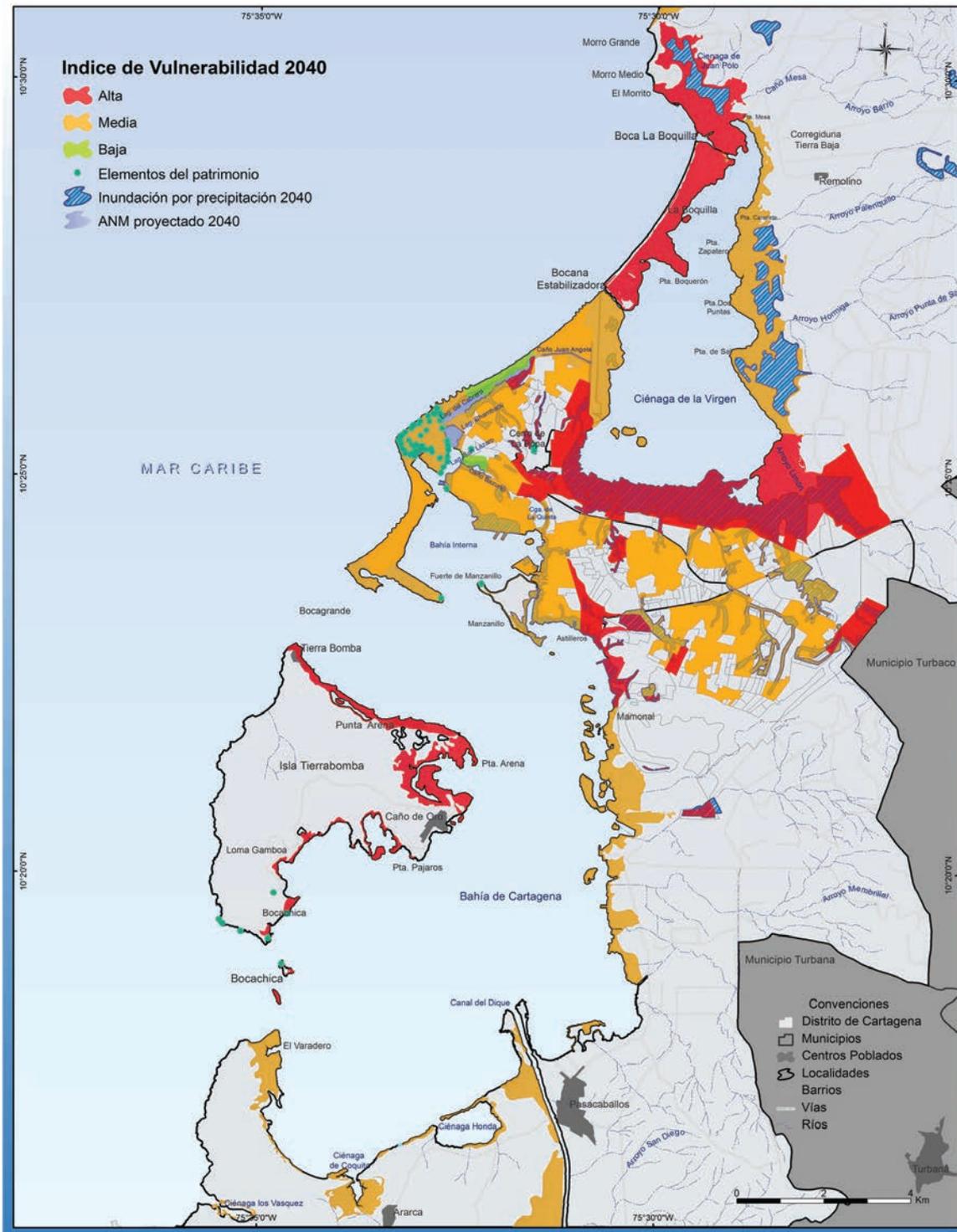


Figura 90. Vulnerabilidad socioeconómica de Cartagena de Indias ante escenarios de cambio climático en el 2040.



Los anteriores mapas permiten concluir que la mayor vulnerabilidad ante los impactos evaluados del cambio climático se encuentra en los barrios de Tierrabomba y La Boquilla, tanto por sus condiciones socio-económicas como por la escasa cobertura de servicios públicos con que cuentan y por el tipo de viviendas. Estos barrios resultarían afectados por erosión costera, pérdida de playas, disminución de pesca, e inundaciones por ascenso del nivel del mar. En ellos predomina el uso del suelo residencial, aunque La Boquilla muestra una tendencia a la expansión turística.

Les siguen en vulnerabilidad los barrios aledaños a la ciénaga de la Virgen, que serían impactados tanto por inundaciones por precipitación y ascenso del nivel del mar como por incremento en los casos de dengue. Estos barrios son sensibles debido a sus condiciones de pobreza y escasa cobertura de alcantarillado. En ellos predomina el uso del suelo residencial y coinciden con la zona de mayor expansión poblacional de la ciudad.

Por último, la vulnerabilidad baja se presenta en sectores como Bocagrande, Manga, Centro Histórico y la Zona Industrial. Estos barrios cuentan con buena cobertura de servicios públicos, nivel de ingresos medios y altos y edificaciones de más de una planta. Los usos del suelo son: residencial, comercial e industrial.



VI. Lineamientos para la adaptación al cambio climático

1. Lineamientos para la adaptación al cambio climático

1.1. Contexto general

Una vez evaluada la vulnerabilidad, el siguiente paso es tomar decisiones respecto a las opciones de adaptación (medidas) y considerar el efecto que cada una de ellas tendría respecto a la vulnerabilidad establecida.

Para este análisis se deben utilizar los escenarios de cambio climático basados en un rango de posibles trayectorias del fenómeno, incluyendo desde estimaciones de cambio conservadoras hasta las más extremas.

Como resultado, el proceso de planeación de la ciudad deberá tener en cuenta el rango de probabilidades de ocurrencia y efectos a futuro en una escala temporal definida, y asegurar que las decisiones que se tomen sean consistentes con los escenarios climáticos analizados con miras a su incorporación en los instrumentos de planificación e inversión correspondientes (incluyendo los sectoriales).

De acuerdo con esto, las medidas de adaptación deberán ajustarse a los siguientes requerimientos:

- Advertir, tanto los riesgos conocidos como los asociados con la incertidumbre de los futuros cambios climáticos. En tal sentido, es necesario contar con el soporte de los análisis jurídicos correspondientes en el ejercicio de priorización de las medidas.



- Establecer un sistema de evaluación de los cambios en la vulnerabilidad respecto al cambio climático, en diferentes escenarios de desarrollo socioeconómico.
- Identificar y utilizar las herramientas de toma de decisiones que permitan la priorización de las intervenciones.
- Teniendo en cuenta la necesidad de realizar análisis normativos en el proceso de priorización, es muy importante efectuar consultas y facilitar los medios para que los grupos de interés participen en la toma de decisiones.
- Puesto que en muchos casos las alternativas de adaptación requieren de una visión a largo plazo respecto a cómo se configurará y comportará la ciudad frente a los efectos e impactos en los diferentes escenarios, el proceso de consulta debería ampliarse a la población cartagenera en general.

Dada la alta vulnerabilidad de la población local y del sistema natural, se ha determinado que el cambio climático está afectando a la ciudad y que puede verse afectada la calidad de vida de su población. La estrategia de adaptación que se desarrolle deberá enfocarse en contribuir a proteger y mejorar la calidad de vida de las comunidades de bajos recursos y, por otra parte, favorecer la preparación de los sectores económicos y de la sociedad civil para contrarrestar los impactos del cambio climático y la variabilidad del clima.

Además, se propone que dé cumplimiento a los siguientes objetivos específicos:

- Ayudar al gobierno local a incluir elementos de resistencia al cambio climático dentro de los procesos de presupuesto y planes de desarrollo.
- Sensibilizar e informar a la comunidad sobre posibles impactos de cambio climático y así mejorar su capacidad de respuesta ante las amenazas climáticas.
- Aumentar la adaptabilidad de los ecosistemas vulnerables mediante la gestión de tensiones no climáticas como estrategia de reducción de riesgos de poblaciones, sectores o infraestructuras en riesgo.
- Posicionar a Cartagena de Indias como una ciudad costera competitiva y líder en la región en materia de adaptación al cambio climático.
- Invertir las tendencias de ocupación ilegal, y acciones de mitigación cortoplacistas que continúan aumentando la vulnerabilidad, mediante la prevención de riesgos y la delimitación de zonas de amortiguamiento para las áreas vulnerables.

En este orden de ideas, los lineamientos se refieren a los requerimientos y directrices para iniciar un proceso de adaptación planificado. Una hoja de ruta para desarrollar acciones concretas en adaptación en torno a la población, sectores económicos y sus zonas de protección natural,



para incrementar la resiliencia a los impactos, y asegurar el desarrollo de la ciudad en el corto mediano y largo plazo.

Con este fin, se proponen lineamientos para crear mecanismos que faciliten la coordinación del proceso de adaptación, y otros a manera de directrices para reducir los efectos adversos del cambio climático, promover el desarrollo sostenible y fortalecer los procesos comunitarios locales.

La adaptación al cambio climático es una actividad de mediano y largo plazo teniendo en cuenta que sus efectos se prevén sobre la base de proyecciones a 2019-2040. Su planificación deberá responder a esta temporalidad y características, de manera que trascienda los períodos de las administraciones distritales.

También incluye objetivos a corto plazo que ayuden a intervenir sobre los efectos del cambio climático de manera temprana e inmediata, especialmente sobre aquellos impactos (erosión costera, inundaciones, salud pública, blanqueamiento de los arrecifes coralinos), que hoy son evidentes en la ciudad y que tienen consecuencias sobre su población, economía y recursos naturales.

Las medidas que se incorporen en el Plan deberán contribuir complementariamente a la atención de los efectos climáticos con el mejoramiento de la competitividad de la ciudad, la consolidación del espacio público y áreas para la recreación, la conservación de los servicios ecosistémicos y el patrimonio ecológico de la ciudad, la creación de nuevas fuentes de empleo y el desarrollo tecnológico.

Otros criterios para su identificación son los recursos y capacidades disponibles, las prioridades de atención de la población, las dinámicas socioeconómicas locales y regionales y considerando los roles y capacidades institucionales.

La planificación del proceso de adaptación de la Ciudad al clima futuro se basa en una serie de lineamientos estratégicos relacionados con las principales acciones que se requieren emprender a nivel local, para hacerle frente a los impactos actuales y proyectados del cambio climático. A continuación se describen los lineamientos para la adaptación, así como las recomendaciones que se sugiere tener en cuenta al momento de construir el plan de adaptación al cambio climático para la Ciudad.



1.2. Lineamientos de adaptación

Lineamiento 1. La adaptación al cambio climático en el desarrollo urbano y rural

Acciones prioritarias

- Dentro de los procesos de ordenamiento, se deberán incluir los lineamientos de adaptación en el marco de la gestión integrada de la zona costera (Plan de Manejo de la UAC).
- Incorporar las medidas de adaptación en la planificación pública, a través de tres instrumentos fundamentales: I. Los Planes de Desarrollo en sus diferentes escalas (Departamental y local), II. La revisión ordinaria del POT y usos del suelo, y III. Los Planes de Manejo y Ordenación de Cuencas –Pomca.
- Recuperar y ordenar los suelos de protección de las playas del Distrito
- Definir acciones para la densificación del suelo urbano para generar propiedad horizontal
- Proponer los lineamientos ambientales de uso del suelo (permitidos/prohibidos y restringidos/compatibles y complementarios)
- Establecer políticas de vivienda planificada y ajustada con las limitaciones del cambio climático
- Crear parques y zonas verdes como iniciativas que en conjunto intervengan en la planeación urbana y rural y disminuyan los impactos de las inundaciones y deslizamientos.
- Trabajar en las zonas periféricas a los cuerpos de agua y sectores marginales para crear futuros barrios, adaptados mediante opciones como la reubicación de asentamientos, el establecimiento de zonas verdes protectoras, un fácil acceso y servicios básicos etc.
- Proyectar la expansión urbana de la ciudad con criterios de adaptación a las nuevas condiciones climáticas como un reto en donde las Alianzas Público Privadas – APP serán necesaria.
- Integrar la adaptación de las normas de urbanismo, del sector de la construcción, inmobiliario y de desarrollo de obras de infraestructura (p. ej., en la construcción de nuevas calles, edificios, o posibilidades de transporte) para aumentar la solidez de los diseños y garantizar las inversiones a largo plazo, frente a las amenazas climáticas.

Aspectos claves

- Incorporar el clima y específicamente las estrategias y medidas de adaptación en los instrumentos de planificación existentes a nivel local.
- Integrar el tema en los procesos de ajuste y en la formulación de nuevos modelos de planificación que se adopten en el corto, mediano y largo plazo, tanto para el desarrollo urbano como rural.
- Promover este lineamiento en los Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del Distrito y contribuir con su implementación tanto en los sectores urbano y rural.



Lineamiento 2. Infraestructura y competitividad: La adaptación integrada al desarrollo sectorial

Enfoques de desarrollo

En primer lugar, se trata de replantear la manera tradicional de proyectar las inversiones en el Distrito que hace necesario entender que si bien la infraestructura no representa en sí misma una garantía de desarrollo y competitividad, constituye un elemento básico para promoverlo y sostenerlo en la medida en que se articule con políticas y proyectos sociales, de desarrollo económico y ambientales de la ciudad y la región Caribe. Esta es una forma de incorporar las medidas de adaptación en los presupuestos de la ciudad.

En segundo lugar, es necesario analizar las propuestas sectoriales de expansión y sus necesidades de infraestructura –el transporte, la energía, el agua potable, las telecomunicaciones, etc.– que han atendido históricamente a demandas coyunturales o que se han planificado sin considerar su efecto recíproco. Esta práctica debe ser reemplazada por una interpretación integral de sus efectos, enmarcada en la planificación del territorio y teniendo en cuenta las medidas de adaptación al cambio climático recomendadas en cada caso para su beneficio recíproco.

Para alcanzar la meta de ser una ciudad competitiva y líder en adaptación al cambio climático, también es necesario desarrollar un sistema integrado de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (hídricos, energéticos, suelos) e infraestructura (vías, conexiones, telecomunicaciones), que incluya los principales sectores económicos.

El sector comercial y de servicios, el turístico y el industrial están en capacidad de aprovechar los recursos bajo condiciones óptimas, pero será necesario diseñar y poner en funcionamiento sistemas de almacenamiento y/o uso eficiente de los principales recursos estratégicos para su funcionamiento (energía, agua potable, red de vías alternas para garantizar la movilidad, redes de drenajes pluviales, obras civiles, restauración ecológica, entre otros), con capacidad de funcionamiento independiente a las condiciones climáticas.

Acciones prioritarias

- Desarrollar nuevas obras de drenaje y revisar las existentes en zonas bajas.
- Incrementar el turismo en las áreas de manglar como estrategia para su protección natural, mantenimiento, vigilancia, y planificación, con énfasis en las zonas bajas del área industrial.
- Manejar integralmente los residuos sólidos y vertimientos, a través de un mejor servicio de recolección y adecuación de infraestructura.
- Reglamentar el uso de las playas con base en su capacidad de carga para evitar el deterioro.
- Elaborar un plan de protección y uso sostenible de las playas turísticas, en el cual se podrá incorporar acciones como la certificación de playas, entre otras.



- Valorizar técnica social, económica y ambientalmente las diferentes medidas de adaptación.
- Procurar un consumo sostenible y un plan de estímulos para proyectos productivos y sostenibles.
- Modelar los efectos de la expansión portuaria y el cambio climático sobre el sistema hidrológico.

Aspectos claves

- Mejor planificación para el desarrollo sectorial de Cartagena de Indias; hacer inversiones para afrontar la variabilidad y los impactos del cambio climático.
- Construir infraestructura y avanzar en el equipamiento para garantizar un desarrollo integrado, justo y socialmente sostenible, fortalecido desde las fases de estudio, diseño y construcción ante el cambio climático.
- Ejecutar medidas de control de la erosión costera en Tierrabomba (7 Km).
- Prever estos aspectos con el fin de evitar un impacto negativo en la competitividad de la ciudad en la medida que se incrementarán las probabilidades de pérdidas económicas y sociales por los efectos de las condiciones climáticas proyectadas.
- Gestionar las medidas de adaptación necesarias para la protección y optimización del sector industrial para el desarrollo sectorial, su competitividad y el beneficio para los sectores aledaños.



Lineamiento 3. Los ciudadanos y la adaptación al clima

Sobre los riesgos en la salud

Los brotes de dengue se producen cuando ciertas condiciones climáticas como la temperatura y las lluvias brindan las condiciones ideales para reproducción de los mosquitos transmisores de la enfermedad. En estas situaciones un simple sistema de alerta temprana ciudadana para monitorear estas variables puede alertar a la Secretaría de Salud del Distrito sobre la necesidad de fumigaciones preventivas en ciertos barrios de la ciudad.

Los beneficios de actuar preventivamente es la atención de anticipada en acciones de salud pública.

Acciones prioritarias

Paralelamente, es necesario implementar algunos mecanismos para el desarrollo del lineamiento, como son:

- Incrementar presupuestos para prevención y atenciones en las zonas más vulnerables de la Ciudad.
- Capacitar la población para prevenir la expansión de enfermedades
- Flexibilizar y controlar los trámites para la utilización de los recursos de ayuda para la población en caso de eventos de desastre.
- Fortalecer la capacidad de respuesta de las comunidades a través del establecimiento de cooperaciones asociativas, organizaciones de redes de colaboración a nivel comunitario y empresarial, que se encarguen de interrelacionar el desarrollo cotidiano, económico con el clima y su variabilidad.
- Crear un centro de conocimiento sobre el clima, de manera que Cartagena de Indias sea una de las primeras ciudades en impartir educación sobre el clima a niños y jóvenes.
- Desarrollar a través de la participación ciudadana sistemas de respuesta, especialmente para los eventos extremos.
- Implementar sistemas de alerta temprana y monitoreo.
- El éxito de estas medidas depende de buenos sistemas de comunicación.

Aspectos claves

- Tomar mayor conciencia sobre los riesgos del clima y fortalecer la capacidad de respuesta de los ciudadanos a través de la difusión de información a la sociedad en general; ajustar los procedimientos institucionales y políticos para contribuir a la gestión integral del riesgo en la población y para prevenir los desastres.
- Incorporar en la planificación de la adaptación al cambio climático acciones para fortalecer la capacidad regional y local en la atención a la población en riesgo mediante la sensibilización y participación ciudadana en sistemas de alerta temprana.
- Capacitar a la ciudadanía a través de programas y proyectos de educación ambiental.



Lineamiento 4. La conservación y restauración del patrimonio ecológico: Herramientas para un manejo adaptativo de la ciudad

Acciones prioritarias

Adaptación basada en ecosistemas

- Una función importante de los programas de conservación, rehabilitación y/o restauración de los ecosistemas es restringir futuras pérdidas ecológicas, mantener la estructura de soporte ambiental existente y paralelamente rehabilitar y/o restaurar aquellas funciones y atributos que sean de interés y que sean técnica y económicamente factibles.
- La conservación, rehabilitación y/o restauración son herramientas útiles para cumplir estos objetivos que de manera complementaria contribuirán con el embellecimiento paisajístico de la ciudad y la competitividad del sector turístico y de prestación de servicios.
- El Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena de Indias, define que el total de área de suelos de protección en el perímetro urbano es de 2.059 hectáreas, distribuidos en: Cerro Albornoz (263,4 ha.), Cerro de La Popa (115,8 ha.), Espigas (172,6 ha.), Llanura de inundación (1069,3 ha.), Plano Aluvial (75,5 ha.), rondas y arroyos (135,1 ha.), Zona Manejo Especial (43,1 ha.), Zona Manglar (147,7 ha.).
- La consolidación de estas zonas como áreas de conservación es prioritaria en la medida en que éstos son sistemas naturales vitales por la prestación de servicios ambientales que favorecen el control de los efectos del cambio climático y facilitarán la adaptación de la ciudad en la medida en que su estado ambiental sea el adecuado.
- La Ciénaga de La Virgen, la Bahía de Cartagena y el Canal del Dique, sean reconocidos como parte estratégica de la estructura ecológica por los bienes y servicios ambientales que prestan a de la ciudad.

Recuperación de servicios ambientales

La restauración ecológica de los ecosistemas, permitirá en relación con la adaptación al cambio climático, entre otros los siguientes beneficios:

- Garantizar la disponibilidad del agua, la recuperación de la calidad ambiental, y evaluar alternativas para su almacenamiento para el abastecimiento de la población ante la variabilidad climática (sequías).
- Mejorar las funciones de regulación del sistema hidrológico en la parte inferior de la cuenca contigua a la ciudad y como zona de amortiguamiento de inundaciones.
- Aumentar desde el punto de vista socioeconómico las actividades de pesca artesanal compensando los efectos negativos que pudiera acarrear el blanqueamiento de los corales sobre esta actividad y la seguridad alimentaria de los pescadores.
- Crear zonas verdes y parques ecológicos como espacio público, con el fin de dinamizar actividades turísticas sostenibles, nuevas fuentes de empleo e ingresos y paralelamente evitar nuevos asentamientos en estas zonas recuperadas.



- Mejorar el entorno ambiental a través del establecimiento de los espacios verdes urbanos aptos para el esparcimiento y disfrute del espacio público de sus ciudadanos o visitantes, que además contribuyen a evitar el depósito de agua lluvia y la proliferación de vectores que afectan la salud pública.
- Promover la creación y mantenimiento de coberturas vegetales en las zonas vulnerables por los impactos del cambio climático y controlar las densidades de ocupación y construcción.

Aspectos claves

- Este lineamiento se enfoca en identificar como medidas de adaptación al cambio climático aquellas acciones de conservación, rehabilitación y/o restauración del patrimonio ecológico distrital que son necesarias para asegurar la sostenibilidad de sus servicios ambientales.
- El reconocimiento de la ciudad como Patrimonio Histórico-Cultural de la Humanidad por parte de la Unesco implica la necesidad de conservar, proteger y salvaguardar los ecosistemas naturales de la ciudad (Lagunas, Ciénagas, Manglares, Playas, bosques, fondos marinos).
- Estos ecosistemas están amenazados por las alteraciones de la estructura ecológica distrital (humedales, manglares, rondas hídricas, entre otros), que pone en riesgo las funciones “gratuitas” (servicios ambientales) que estos ecosistemas le prestan a la ciudad, como el control de las inundaciones y la erosión costera, el amortiguamiento de los efectos de mares de leva y tormentas tropicales, y la oferta de recursos pesqueros.



Lineamiento 5. Plan maestro de drenajes pluviales y alcantarillado público

Acciones prioritarias

- Diagnóstico de las condiciones técnicas, legales, ambientales e institucionales que caracterizan la red de drenaje pluvial que actualmente sirve a la ciudad y diseño de las obras requeridas para mejorar la operación de esta red existente.
- Formulación del Plan Maestro de Drenajes Pluviales, incluyendo criterios y recomendaciones de manejo institucional, técnico, económico, legal y ambiental tanto en el suelo urbano como en la zona de expansión urbana.
- Diseño de las obras requeridas para mejorar y ampliar la cobertura de la red de drenaje existente a toda el área de suelo urbano. Considerar los mapas de inundación elaborados para los distintos escenarios de cambio climático para atender prioritariamente las localidades más vulnerables y mejorar la eficiencia en la evacuación de excedentes de lluvias en eventos extremos.
- Reglamentar la protección las rondas hídricas y sus zonas de amortiguación.
- Considerar la interacción de la red de drenajes pluviales y alcantarillado con la red de drenaje natural (sistema de caños y lagunas del Distrito: Ciénaga de La Virgen, Juan de Angola, Marbella, Laguna del Cabrero, Laguna de Chambacú, Laguna de San Lázaro, Caño de Bazurto y Ciénaga de las Quintas, Caño de Zapatero) para el manejo de la aguas lluvias.
- Atender las localidades del Distrito en donde se prevé una intensificación de afectaciones de la población por dengue, dotándolas con la infraestructura necesaria y disminuir su vulnerabilidad (barrios Olaya, El Pozón, Nuevo Bosque, Blas de Lezo y San Fernando; y para el 2040 los barrios El Socorro y San José de los Campanos).

Aspectos claves

- Los efectos de las inundaciones obligan al Distrito de Cartagena de Indias a diseñar una intervención idónea para atender estos fenómenos que se espera puedan incrementarse en el mediano y largo plazo como consecuencia del cambio climático.
- Es necesaria una política para el manejo técnico, institucional, legal y ambiental de las estructuras que integran la red de drenaje pluvial existente, y de las que se deberán proyectar para mejorarlo en el área del suelo urbano y para ampliar su cobertura a la zona de expansión urbana.



Lineamiento 6. Organización institucional para el proceso de adaptación

Ejes de trabajo

- i. Fortalecer institucionalmente la organización a través de la creación de un comité o comisión de cambio climático para prevenir los desastres, mediante acto administrativo, integrado por el sector público, el privado y la sociedad civil.
- ii. Fortalecer la respuesta a los eventos de riesgo y la comunicación de los organismos de base.

Acciones prioritarias

- En la caso de las medidas de adaptación para la ciudad de Cartagena de Indias, las autoridades públicas regionales o locales como la Gobernación del Departamento de Bolívar, Cardique y el D.T.C. y C. de Cartagena de Indias, juegan un papel clave con la incorporación de las consideraciones y medidas de adaptación al cambio climático en sus instrumentos de gestión y planificación.
- Esto permitirá dar viabilidad en el corto, mediano y largo plazo a las inversiones requeridas para su diseño y ejecución y afrontar de manera oportuna los efectos e impactos del fenómeno climático.
- La responsabilidad del proceso de adaptación del Distrito desde la Ciudad de Cartagena de Indias y la respectiva organización institucional debe estar liderada y coordinada por la Alcaldía de Cartagena de Indias, quien también debe definir las instancias de coordinación con las demás entidades públicas como privadas.
- La Alcaldía deberá incluir en el proceso funcionarios de las dependencias de Hacienda, Infraestructura, Planeación, Salud y Ambiente (EPA) y Corvivienda.
- Adicionalmente las siguientes entidades también se recomienda incorporar en el proceso como apoyo técnico científico: Invemar, CIOH, el Ideam y las Universidades de Cartagena, Javeriana y Jorge Tadeo Lozano.
- Otras entidades del sector privado y organismos internacionales que podrían ser incluidas en este proceso para articular las iniciativas públicas con las privadas: Cámara de Comercio de Cartagena, Aguas de Cartagena, Proyecto Cartagena Cómo Vamos, Fundación Mamonal –ANDI, Observatorio del Caribe Colombiano, Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar, Cartagena Ingeniería S.A. Carinsa, ANDI, Sociedad Portuaria de Cartagena, Fenalco y PNUD.
- Una forma de organización que podría ser utilizada por el Distrito es la de conformar los siguientes grupos con sus respectivos roles:
- Grupo de Alto Nivel conformado por los directivos de las entidades públicas estratégicas en el proceso. Su rol es de dirección del proceso y de incorporación e implementación de las medidas de adaptación en su planificación. Se pueden invitar a Directivos del sector privado.



- Grupo Coordinador conformado tanto por personal dedicado exclusivamente al proceso, como por responsables delegados de las entidades públicas para apoyar operativamente las actividades. Este grupo se encargará de conducir el proceso, coordinar los grupos técnicos, estudios y presentar los resultados encargados por el grupo de alto nivel. Una de las primeras tareas de este grupo será la de elaborar un documento de diseño del proceso donde se defina su alcance, organización, resultados, actividades, presupuesto y cronograma; con base en estos lineamientos.
- Dentro de este grupo, se constituirán equipos técnicos y de investigación que trabajarán en las medidas de adaptación que se prioricen y lo conformarán expertos de las entidades públicas, privadas y de investigación. Su principal rol será el de coordinar las investigaciones necesarias para validar supuestos, metodologías, parámetros y asegurar que el diseño y evaluación sea lo más realista posible.

Aspectos claves

- El éxito en la implementación de políticas de adaptación para afrontar los efectos del cambio climático requiere del involucramiento y participación de todas las entidades e instancias que juegan un rol preponderante en el proceso de toma de decisiones tanto en el nivel público como en el privado, las organizaciones comunitarias y las organizaciones no gubernamentales.
- El objetivo de este lineamiento es coordinar el proceso de adaptación a través de la definición de una organización institucional donde se involucren y participen todas las entidades e instancia que juegan un papel preponderante en la toma de decisiones.
- Reglamentar el Comité de Manejo Integrado de las Zonas Costeras.



Lineamiento 7. Identificar los instrumentos e instancias de planificación en donde se incorporará la adaptación al cambio climático

Acciones prioritarias

Desde la óptica del desarrollo territorial, y para la incorporación de las medidas de adaptación al cambio climático en la planificación pública, se recomienda tener en cuenta tres instrumentos fundamentales: i. los Planes de Desarrollo en sus diferentes escalas (Departamental y local), ii. El ordenamiento territorial y de los usos del suelo, y iii. Los Planes de Manejo y Ordenación de Cuencas –Pomca.

Plan Distrital y Departamental de Desarrollo

En relación con la Planeación del Desarrollo y sus instrumentos, tanto nacional como regional y local el marco legislativo aplicable es la Ley 152 de 1994, en la cual se establece que:

- El Plan Nacional de Desarrollo estará conformado por una parte general y un plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional.
- La parte general del plan contendrá lo siguiente:
 - a) Los objetivos nacionales y sectoriales de la acción estatal a mediano y largo plazo según resulte del diagnóstico general de la economía y de sus principales sectores y grupos sociales;
 - b) Las metas nacionales y sectoriales de la acción estatal a mediano y largo plazo y los procedimientos y mecanismos generales para lograrlos;
 - c) Las estrategias y políticas en materia económica, social y ambiental que guiarán la acción del Gobierno para alcanzar los objetivos y metas que se hayan definido;
 - d) El señalamiento de las formas, medios e instrumentos de vinculación y armonización de la planeación nacional con la planeación sectorial, regional, departamental, municipal, distrital y de las entidades territoriales indígenas; y de aquellas otras entidades territoriales que se constituyan en aplicación de las normas constitucionales vigentes.
- El plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional incluirá principalmente:
 - a) La proyección de los recursos financieros disponibles para su ejecución y su armonización con los planes de gasto público;
 - b) La descripción de los principales programas y subprogramas, con indicación de sus objetivos y metas nacionales, regionales y sectoriales y los proyectos prioritarios de inversión;
 - c) Los presupuestos plurianuales mediante los cuales se proyectarán en los costos de los programas más importantes de inversión pública contemplados en la parte general; y
 - d) La especificación de los mecanismos idóneos para su ejecución.



Igualmente, se establece que los planes de desarrollo de las entidades territoriales estarán conformados por una parte estratégica y un plan de inversiones a mediano y corto plazo, en los términos y condiciones que de manera general reglamenten, en el caso particular de la ciudad de Cartagena de Indias, la Asamblea Departamental de Bolívar y el Concejo Distrital de la ciudad. De la misma forma, las entidades territoriales tienen autonomía en materia de planeación del desarrollo económico, social y de la gestión ambiental, en el marco de las competencias, recursos y responsabilidades que les ha atribuido la Constitución y la Ley; y se menciona que sus planes de desarrollo, sin perjuicio de su autonomía, deberán tener en cuenta para su elaboración las políticas y estrategias del Plan Nacional de Desarrollo para garantizar la coherencia.

Teniendo en cuenta lo anterior, y el marco regulatorio establecido para el desarrollo territorial, se requiere que los entes territoriales (Gobernación de Bolívar y Distrito de Cartagena de Indias), desde las distintas esferas territoriales de su gestión incorporen los ecosistemas estratégicos, sus servicios ambientales, así como los riesgos y amenazas asociadas a las condiciones de su realidad territorial y las medidas de adaptación al cambio climático que se seleccionen, como mecanismo para mejorar su desempeño ambiental, social y económico, que les permitirá garantizar el desarrollo de sus comunidades.

En este sentido la norma que orienta este proceso es la Ley 1450 de 2011, por medio de la cual se adoptó el Plan Nacional de Desarrollo, en donde se establecen las directrices generales a considerar respecto a la gestión del riesgo y los asuntos ambientales (artículos 217 al 221).

Para la implementación de medidas de adaptación relacionadas con obras de infraestructura se requiere de su incorporación en los planes de desarrollo del Departamento y del Distrito y por lo tanto el proceso de adaptación deberá estar coordinado con estos planes.

Planes de Ordenamiento Territorial

Para la incorporación de las medidas de adaptación en el Ordenamiento Territorial, hay que mencionar que éste está reglamentado básicamente en la Ley 388 de 1997 de Desarrollo Territorial, que establece las directrices, normas y orientaciones para que las entidades territoriales, en ejercicio de su autonomía establezcan los usos del suelo del territorio de su jurisdicción. La Ley tiene por objetivos, entre otros:

- El establecimiento de los mecanismos que le permitan al Distrito de Cartagena de Indias, en ejercicio de su autonomía, proveer el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
- Velar por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.
- Promover la armoniosa concurrencia de la Nación, el Departamento de Bolívar, el Distrito de Cartagena de Indias, Cardique, EPA Cartagena y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales



y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes en consideración, en este caso, de las medidas de adaptación al cambio climático.

- Facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales, en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, la organización y la gestión distrital con la política urbana nacional, así como con los esfuerzos y recursos de las entidades encargadas del desarrollo de dicha política.

El ordenamiento del territorio, constituye en su conjunto una función pública que tiene como fines, entre otros, atender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad a la cual le es inherente una función ecológica y mejorar la seguridad de los asentamientos humanos ante los riesgos naturales.

El ordenamiento territorial tiene igualmente como objetivo complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo mediante:

- La definición de estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales
- El diseño y adopción de instrumentos y procedimientos de gestión y actuación para ejecutar actuaciones urbanas integrales y articular las actuaciones sectoriales que afectan la estructura del territorio municipal o distrital.
- La definición de los programas y proyectos que concretan estos propósitos.

Para el cumplimiento de estos objetivos, la Ley plantea las competencias de La Nación, el departamento y el Distrito, responsables directos de la formulación y adopción de los planes territoriales incluidos en la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, reglamentar de manera específica los usos del suelo de su jurisdicción y coordinar los planes sectoriales en armonía con las políticas nacionales y los planes departamental y distrital. Todas estas entidades, deberán ejercer sus funciones bajo los principios de coordinación, concurrencia y subsidiariedad.

En el caso específico del Distrito de Cartagena de Indias, es importante tener en cuenta que le corresponde en desarrollo de la acción urbanística:

- Clasificar el territorio en suelo urbano, rural y de expansión urbana
- Establecer la zonificación y localización de los centros de producción, actividades terciarias y residenciales, definir usos específicos e intensidades de uso así como los porcentajes de ocupación.
- Determinar las zonas no urbanizables que presenten riesgos para la localización de asentamientos humanos, por amenazas naturales o que de otra forma presenten condiciones insalubres para la vivienda.
- Localizar las áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres, así como las áreas con fines de conservación y recuperación paisajística.



Por lo tanto, para la implementación de medidas relacionadas con restricciones a la urbanización, expansión y relocalización de asentamientos, es necesario que el proceso de adaptación se coordine con el proceso de actualización del POT.

En la elaboración del POT así mismo, deben tener en cuenta las determinantes ambientales entre las que se encuentran las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos, tales como:

- Las regulaciones sobre conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y los recursos naturales renovables, en las zonas marinas y costeras, y las expedidas por las autoridades ambientales en cuanto áreas de manejo especial, cuencas hidrográficas y conservación de áreas de especial importancia ecológica.
- Las políticas, directrices y regulaciones sobre amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales.

Por lo tanto, algunas regulaciones sobre protección de ecosistemas de manglar para la adaptación al cambio climático también deben ser incorporadas en el POT.

Las determinantes ambientales las establecen las autoridades ambientales en distintos instrumentos, pero principalmente en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas que se describen en la siguiente sección.

Planes de ordenación y manejo de cuencas

La ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos.

La ordenación constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica.

La ordenación de cuencas se hará teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes principios y directrices:

- El carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser considerados áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables.
- Las áreas a que se refiere el literal anterior, son de utilidad pública e interés social y por lo tanto deben ser objeto de programas y proyectos de conservación, preservación y/o restauración de las mismas.



- En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso y deberá ser tenido en cuenta en la ordenación de la respectiva cuenca hidrográfica.
- Prevención y control de la degradación de la cuenca, cuando existan desequilibrios físicos o químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad de la misma o cualquiera de sus recursos, especialmente el hídrico.
- Prever la oferta y demanda actual y futura de los recursos naturales renovables de la misma, incluidas las acciones de conservación y recuperación del medio natural para asegurar su desarrollo sostenible.
- Promover medidas de ahorro y uso eficiente del agua.
- Considerar las condiciones de amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar el ordenamiento de la cuenca.
- Los regímenes hidroclimáticos de la cuenca en ordenación.

Una vez aprobado un plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, la respectiva autoridad ambiental competente o la comisión conjunta de que trata el parágrafo 3° del artículo 33 de la Ley 99 de 1993, según el caso, deberá adoptar en la cuenca las medidas de conservación y protección de los recursos naturales renovables, previstas en dicho plan, en desarrollo de lo cual podrá restringir o modificar las prácticas de su aprovechamiento y establecer controles o límites a las actividades que se realicen en la cuenca.

La realización de actividades asociadas con el aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables de la cuenca hidrográfica, se sujetará a lo dispuesto en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica.

La respectiva autoridad ambiental competente o la comisión conjunta, según el caso, tienen la competencia para declarar en ordenación una cuenca hidrográfica. Los planes de ordenación y manejo de una cuenca hidrográfica común serán aprobados mediante acto administrativo por la respectiva comisión conjunta, en los demás casos, por la respectiva autoridad ambiental competente.

Todo plan de ordenación y manejo deberá comprender las siguientes fases: diagnóstico, prospectiva, formulación, ejecución, seguimiento y evaluación.

- El diagnóstico tiene por objetivo identificar la situación ambiental de la cuenca, con el fin de establecer las potencialidades, conflictos y restricciones de los recursos naturales renovables.
- En la fase prospectiva y con base en los resultados del diagnóstico, se diseñarán los escenarios futuros de uso coordinado y sostenible del suelo, de las aguas, de la flora y de la fauna presentes en la cuenca.



- Finalmente y con base en los resultados de las fases de diagnóstico y prospectiva se definirán los objetivos, metas, programas, proyectos y estrategias para el Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica.

Por lo tanto, las medidas de adaptación relacionadas con establecimiento de áreas de protección, conservación o restauración de ecosistemas deben ser incorporadas tanto en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas y los Planes de Acción Cuatrienal.



Lineamiento 8. Seleccionar una metodología para la identificación, evaluación y revisión de medidas de adaptación dentro de cada instancia de planificación

Metodologías para la identificación de opciones de adaptación

El primer paso en este proceso es la compilación de una lista de todas las opciones de adaptación posibles sin tener en cuenta su eficiencia. La adaptación al cambio climático es un nuevo reto para lo que se requieren estrategias nuevas e innovadoras para su gestión. Existen dos mecanismos principales para desarrollar esta tarea: evaluaciones de expertos y el análisis analógico espacial.

Evaluaciones de expertos

Con este tipo de evaluaciones la identificación de las opciones de adaptación se lleva a cabo en conjunto y con la participación de los representantes de los sectores. Adicionalmente, es necesario identificar estrategias de adaptación genéricas e integrales que no estén necesariamente relacionadas con un sector en particular pero que sean relevantes para varios de ellos (por ejemplo, el mejoramiento de la información y comunicación respecto al cambio climático y la optimización de los sistemas de observación meteorológica). De la misma forma, es necesario identificar opciones de medidas “blandas” y “duras” y en algunos casos proponer acciones que combinan ambos tipos de intervenciones. Además, se deben considerar cambios en las regulaciones, en la financiación e institucionales. Todas las propuestas se realizan sobre la base de la mejor evidencia científica y tecnológica disponible y el conocimiento y experiencias de expertos temáticos.

Análisis espaciales analógicos

Este tipo de análisis es útil de desarrollar en aquellas regiones en donde aparecen nuevos riesgos y en donde las lecciones aprendidas en otras regiones en donde ya se presentan fenómenos de similares características pueden replicarse. Por ejemplo, ciudades con temperaturas ambiente templadas pueden aprender sobre cómo ciudades con altas temperaturas ambientales manejan los fenómenos de olas de calor, y en este sentido, tomar de esta experiencia, por ejemplo, los diseños respecto a las medidas de arquitectura y urbanismo, sistemas de transporte y la forma en que institucionalmente se han manejado los riesgos.

Es importante resaltar que este paso no sólo se refiere a la identificación de nuevas medidas o proyectos, también abarca el análisis de modificaciones de proyectos existentes con el fin de incorporar criterios de adaptación.

Durante el desarrollo de este proyecto (fase 1 del proceso de adaptación), se realizó un Seminario taller público-privado en donde se identificaron algunas opciones de adaptación, incluyendo proyectos existentes que podrían modificarse para mejorar la adaptación de la ciudad de Cartagena de Indias al cambio climático.

A continuación se resumen dichos proyectos para cada uno de los impactos establecidos en el paso anterior:



Inundación por ascenso del nivel del mar

- Incorporar las directrices de adaptabilidad del cambio en el POT: Densificación del suelo urbano - para generar propiedad horizontal.
- Políticas de vivienda planificada.
- Plan Maestro de Vivienda.
- Desarrollo de Estudios detallados sobre la elevación del nivel medio del mar y de actualización de los estudios de riesgos geológicos para determinar la capacidad de carga urbanística.

Adicionalmente para este impacto el (Invemar, 2008) identificó las siguientes medidas:

- Diques de protección costera entre Castillo Grande y El Laguito.

Inundación por lluvias extremas

- Construcción de embalses para amortiguar caudales pico.
- Un sistema de alerta temprana contra inundación.
- Ajustar la reglamentación de las rondas.
- Implementación del Plan Maestro de Drenajes Pluviales.

Erosión costera

- Reubicación de asentamientos en Tierrabomba.
- Revegetalización con manglares en Tierrabomba.

Pérdida de playas

- Incorporar las directrices de adaptabilidad del cambio en el POT : La recuperación y ordenamiento de los suelos de protección de las playas del Distrito.

Adicionalmente para este impacto el (Invemar, 2008) identificó las siguientes medidas:

- Llenado de playas en Castillo Grande, Bocagrande, Marbella y Crespo
- Espolones

Aumento de incidencia de enfermedades

- Reforestación - ecología urbana- puntos calientes de la ciudad que se vuelven críticos- refrescar la ciudad- paisaje

Todas las medidas deberán tener un nivel de detalle suficiente que permita evaluarlas con respecto al beneficio esperado tanto en la adaptación como en el desarrollo económico y social de la Ciudad. Como se mencionó anteriormente, se recomienda que los Grupos Técnicos



sean los responsables de identificar las medidas de adaptación, mientras que las Unidades de Investigación/Evaluación, las que las diseñen y evalúen.

Metodologías de evaluación de opciones de adaptación

Una vez elaborada la lista completa de opciones de adaptación el paso siguiente es desarrollar un ejercicio de priorización de las medidas identificadas. En este paso se sugiere utilizar dos herramientas principales: análisis costo beneficio (ABC) y evaluaciones de riesgo.

Análisis Costo-Beneficio (ACB)

A través de este tipo de análisis se estiman y totalizan los valores monetarios equivalentes de los beneficios y costos de las distintas medidas de adaptación seleccionadas para la ciudad de Cartagena de Indias con el fin de establecer su importancia mediante la evaluación de distintos criterios de implementación para proceder a priorizar y seleccionar las más eficientes.

Un Análisis Costo Beneficio (ACB), evalúa los efectos favorables de las acciones de adaptación y los costos de oportunidad asociados a esas acciones. El principal objetivo de este análisis económico es proveer información a los tomadores de decisiones de la ciudad y otros actores relevantes, sobre las posibles consecuencias derivadas de una política, programa, plan o de un proyecto específico para la adaptación al cambio climático.

El ACB se puede entender como una metodología de contabilidad del bienestar social que ilustra la correspondencia entre inversiones alternativas dirigidas a satisfacer un mismo objetivo de adaptación al cambio climático. Se usa para evaluar los efectos favorables de una medida (política/proyecto) que son los beneficios, y las oportunidades desaprovechadas o pérdidas en utilidad que son los costos asociados. Los beneficios netos de la medida (política/proyecto), se estiman sustrayendo los costos totales de los beneficios totales monetizados. Una medida de adaptación eficiente es aquella que provee el máximo beneficio neto.

Los beneficios y costos asumidos por la sociedad como consecuencia de la medida de adaptación (política/proyecto específico), se evalúan como la suma de los beneficios y costos en cada uno de los mercados afectados, así como los beneficios y costos que no se pueden representar en el mercado. Por esta razón la habilidad para medir todos los flujos en términos monetarios y garantizar que sean comparables, es un aspecto esencial en el desarrollo de ACB.

En el contexto de la adaptación al cambio climático, los beneficios de las medidas de adaptación se contabilizan mediante la estimación de los daños evitados por la implementación de la misma. Por otra parte, los costos de dichas medidas serán los que se deban incurrir para implementarla. Adicionalmente, muchas medidas de adaptación tienen fines de desarrollo económico y social y por lo tanto la provisión de bienes y servicios también debe ser considerada en la cuantificación de los beneficios (Invemar, 2008).



Costos de medidas de adaptación	Beneficios de medidas de adaptación
Costos financieros de la medida- Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Costos de inversión • Costos de operación • Costos de mantenimiento 	Daños y costos evitados por la implementación de la medida.
Otros costos a la sociedad. Ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Costos de oportunidad del cambio de uso del suelo. • Costos sociales de expropiación de terrenos o reubicación de población. 	Beneficios de la medida no relacionados con adaptación. Ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Beneficios en movilidad vial • Beneficios por saneamiento básico.

La implementación de un Análisis Costo Beneficio se puede desarrollar en cuatro etapas principales. En primer lugar *se define el problema* al cual está dirigida la medida de adaptación que se desea ejecutar o evaluar. En la definición se identifican acciones alternativas a la medida objeto del ABC. En segundo lugar está la etapa de cuantificación, en la que *se determinan los beneficios y costos de cada opción*, y se identifican los parámetros críticos con base en los cuales se construyen ambos flujos monetarios. En tercer lugar *se comparan las opciones*, es decir, se comparan los beneficios y los costos, se elige la mejor opción y se prueba la robustez de esa opción. El análisis de robustez consiste en asignar a los parámetros críticos de los costos y beneficios valores improbables mas no imposibles, con el objetivo de confirmar si el orden de preferencia de las opciones estudiadas se mantiene y de esta forma generar consideraciones sobre cada opción en función de su desempeño. La cuarta y última etapa del ACB consiste en *seleccionar la opción preferida*, de acuerdo con las conclusiones derivadas de cada etapa del proceso.

Una vez se obtienen los resultados del ACB, se hace un Análisis de Sensibilidad. Se usa para evaluar cómo los resultados finales u otros aspectos del análisis, cambian en la medida que los parámetros de entrada cambian. El Análisis de Sensibilidad dimensiona el impacto que tiene la variación de uno de los coeficientes del modelo beneficio costo sobre los beneficios netos. Al considerar la variabilidad de algunos de los parámetros que definen una medida regulatoria, se genera más que una cifra y en su lugar se explora un abanico de escenarios que definen de manera más realista el alcance de la medida. Por ejemplo, la relación beneficio costo de la rehabilitación de una vía, depende del flete del transporte de carga, pues es el parámetro del que dependen los beneficios recibidos por la comunidad de transportadores. En este caso un aumento en los fletes aumentaría también los beneficios netos del proyecto y su atractivo respecto a otras opciones (United States Environmental Protection Agency, 2010).

Evaluaciones de riesgo

Este tipo de evaluaciones contribuye a priorizar las vulnerabilidades al cambio climático señalando su probabilidad de ocurrencia; existen distintas aproximaciones y enfoques para desarrollarlas. De manera general, se requiere de la selección y establecimiento de períodos de retorno o del intervalo de tiempo promedio antes que un evento (amenaza), vuelva a ocurrir. De esta forma, es más sencillo establecer un tipo de evento (por ejemplo, más del 10% de la Ciudad inundada por el ANM), y decidir sobre la máxima probabilidad de ocurrencia aceptable



(por ejemplo, un 1% o una vez en 100 años); esta probabilidad de ocurrencia a su vez estará afectada por distintos parámetros o variables (densidad poblacional, potencial de pérdidas socioeconómicas, población afectada, etc.).

Este tipo de evaluación se utiliza con frecuencia para analizar los efectos de las inundaciones en determinados períodos de retorno y este conocimiento ayuda a definir las medidas u opciones de adaptación necesarias teniendo en cuenta la magnitud del evento y su probabilidad de ocurrencia.

Los impactos económicos relacionados con ciertos niveles de riesgo pueden utilizarse para la priorización de las opciones o medidas de adaptación más adecuadas para atenderlos. Así, por ejemplo, es posible evaluar el costo potencial por pérdidas directas por los efectos o daños causados por una inundación sobre una vía en un período de retorno de 100 años. Este método puede incluso hacerse extensivo a los efectos indirectos, estableciendo cuáles son los costos sobre el bienestar de la población causados por la afectación de la por la inundación expresados como reducción de la productividad e impactos sobre la calidad de vida y la salud, entre otros.

Una vez estimado el riesgo (para diferentes períodos de retorno), estos resultados pueden compararse con niveles de riesgo aceptable predeterminados. De la misma forma, la estimación total de los costos asociados con un período de retorno puede compararse con los costos aceptables predeterminados para el mismo. Así, las opciones de adaptación pueden ser identificadas y evaluadas para determinar cuáles serán los costos para reducir los niveles de riesgo o reducir las pérdidas económicas más importantes en el período de retorno evaluado. Los niveles aceptables predeterminados pueden establecerse a través de un proceso político utilizando distintas fuentes de información, incluyendo los resultados de los análisis de costo beneficio.

De acuerdo con el tipo de medidas que se identifiquen en cada impacto, se deberá seleccionar la metodología de evaluación más apropiada. Se recomienda que esta tarea la realicen los Grupos Técnicos respectivos.

Monitoreo para la estimación de la vulnerabilidad y seguimiento a las opciones de adaptación

La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático y su mapeo debe ser un proceso de revisión y actualización periódico sobre la base de un ejercicio sistemático que tenga en cuenta los cambios en las proyecciones científicas del cambio climático y las tendencias del desarrollo socioeconómico de la ciudad de Cartagena de Indias.

De otra parte, la adaptación y la capacidad de respuesta de la ciudad es un proceso dinámico en donde las estrategias que se plantean para enfrentar los efectos del clima evolucionan a través del tiempo y deben a su vez “adaptarse” a nuevas circunstancias y contextos (manejo adaptativo). Igualmente, la adaptación, como proceso, debe evolucionar paralelamente



con la implementación otras políticas y medidas e incorporar la nueva información sobre vulnerabilidad en la medida en que esta se actualiza.

Una estrategia de adaptación y sus medidas debe ser objeto de una revisión periódica para lo cual se deberán definir, establecer y monitorear indicadores de eficiencia que permitan evaluar los cambios derivados de su ejecución. La instancia institucional o interinstitucional de la ciudad de Cartagena de Indias encargada de liderar el proceso de análisis y mapeo de la vulnerabilidad es la que debe programar revisiones periódicas teniendo en cuenta como criterio de eficiencia los resultados de los beneficios obtenidos y los costos incurridos. Sobre la base de estas revisiones se deben proponer los ajustes necesarios en la búsqueda de una mejora permanente en la capacidad de adaptación de la ciudad al cambio climático



1.3. Investigación como base para la toma de decisiones

La generación de información técnico-científica es uno de los elementos transversales que se identifica como fundamental para alimentar el proceso de adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias.

Dado que la adaptación tiene un enfoque local, se requieren estudios de los impactos económicos del cambio climático en las principales áreas vulnerables de la ciudad para tomar decisiones integrales (Tabla 48).

Tabla 48. Prioridades de investigación en Cartagena de Indias

Ame- nazas	Efecto	Temática de investigación
Ascenso del nivel del mar	Erosión costera	Evaluar los cambios históricos en la línea de costa como guía para precisar la dinámica a lo largo del tiempo e inferir el posible comportamiento futuro con respecto al cambio climático. Evaluación de la efectividad de las estructuras costeras construidas. Incluye espolones, rompeolas, rellenos hidráulicos, muros de contención.
	Inundación de las zonas costeras	Realizar un modelo de inundación que relacionen la batimetría y topografía del terreno.
	Intrusión salina	Evaluar el impacto de la intrusión salina en suelos y cuerpos de agua. Investigar los recursos de agua subterránea, con el fin de revisar las diferentes valoraciones de la vulnerabilidad y riesgos para los sectores y ecosistemas.
	Alteraciones sobre los humedales costeros	Evaluar la resiliencia de los humedales estratégicos de Cartagena de Indias al cambio climático. Impactos en la productividad de los humedales y en los ecosistemas estratégicos de las áreas protegidas.
Aumento temperatura del mar	Blanqueamiento del arrecife coralino	Monitorear el impacto del calentamiento del agua del mar en los arrecifes de coral del Parque Corales del Rosario y San Bernardo.
	Disminución de la productividad de ecosistemas costeros	Evaluar el impacto del cambio climático en los recursos pesqueros. Identificar los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad de los ecosistemas estratégicos. Identificar los efectos del cambio climático en la productividad de los ecosistemas y sus implicaciones en la seguridad alimentaria. Valorar los efectos en la camaronicultura desde el punto de vista biológico y económico.
Aumento temperatura terrestre	Aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores	Inventario demográfico actualizado e indicadores para evaluar la incidencia del cambio climático en el aumento de enfermedades.
Cambio en precipitación	Aumento de inundaciones por lluvias o desertificación.	Adelantar estudios de disponibilidad, demanda, y déficit hídrico bajo escenarios de cambio climático, priorizando sectores que depende de la oferta, tal es el caso de los sectores: turismo, Determinar los índices de desertificación de los suelos, y posibles impactos por el cambio climático.

Ame- nazas	Efecto	Temática de investigación
Aumento frecuencia e intensidad de eventos extremos	Variaciones en la intensidad y frecuencia de tormentas tropicales, mar de leva, sistema de baja presión	Dinámica y tendencias históricas de los eventos extremos a nivel local y regional. Estudios de factibilidad de medidas de adaptación y gestión del riesgo frente a eventos extremos o fenómenos climáticos recurrentes.
	Variaciones en la intensidad y frecuencia de fenómenos del Niño - Niña	Dinámica y tendencias históricas de los eventos extremos a nivel local y regional. Estudios de factibilidad de medidas de adaptación y gestión del riesgo frente a eventos extremos o fenómenos climáticos recurrentes.

1.4. Beneficios de la adaptación

Tabla 49. Identificación de beneficios generados por el desarrollo de un proceso de adaptación.

Cartagena vulnerable	Cartagena adaptada
El 20% de la población de Cartagena de Indias sufre los impactos de las lluvias torrenciales y mares de leva como consecuencia del cambio climático.	El POT y sus herramientas incentivan: nuevos barrios adaptados al clima futuro: en áreas de bajo riesgo, con zonas verdes y servicios públicos óptimos.
La mayor parte de damnificados se encuentran en La Boquilla, Tierrabomba y barrios aledaños a la Ciénaga de La Virgen.	El POT y sus herramientas incentivan: nuevos barrios adaptados al clima futuro: en áreas de bajo riesgo, con zonas verdes y servicios públicos óptimos.
Más del 70 % de las playas, los manglares, los caños, arroyos y humedales costeros no pueden responder a los efectos del cambio climático por presiones de la expansión urbanística, contaminación y uso inadecuado.	Las autoridades distritales crean, conservan y recuperan zonas verdes y humedales, que disminuyen impactos de inundaciones y crean nuevos atractivos para los turistas y sus habitantes.
El 35% de la infraestructura de servicios básicos se encuentran ubicados en áreas bajo amenaza de inundación e interrumpen la prestación de sus servicios con mayor frecuencia afectando el comercio y la producción industrial.	Infraestructura vial, energética, y de servicios públicos, competitiva para los retos comerciales y confiables incluso ante los eventos climáticos más extremos.
Brotos de dengue grave presentan una mayor frecuencia en la ciudad duplicando los máximos históricos registrados desde el 2000. Los barrios con mayor número de casos se presentan en zonas marginales y de expansión informal de la ciudad sin redes de servicios públicos y en condiciones de hacinamiento.	Las autoridades ambientales y de salud del Distrito cuentan con sistemas de alerta temprana que previenen brotes de dengue; y el urbanismo y los servicios públicos minimizan los criaderos de vectores.
No existe claridad sobre qué entidad debe asumir el liderazgo para la adaptación al cambio climático de la ciudad y superposición de competencias y funciones que tiene como consecuencia una gestión del riesgo descoordinada y poco efectiva.	Las distintas instituciones del orden nacional, regional y distrital cuentan con espacios de coordinación para que efectivamente se incorpore las variables climáticas en sus acciones.
Los pocos estudios desarrollados para el análisis de la vulnerabilidad de Cartagena de Indias a la variabilidad y cambio climático no son utilizados adecuadamente para incorporar sus resultados en acciones concretas y no llegan a las instancias correspondientes de toma de decisiones.	Las autoridades distritales y el Departamento soportan sus decisiones en la mejor evidencia científica disponible generada por una red de entidades de investigación climática en su preparación para el clima del futuro.



2. Recomendaciones para el plan de adaptación al cambio climático

Una vez identificados los lineamientos de adaptación, el siguiente paso a seguir es el análisis del proceso de toma de decisiones respecto a las opciones de adaptación (medidas) y considerar el efecto que cada una de ellas tendrá respecto a la vulnerabilidad establecida.

Para este análisis se deben utilizar los escenarios de cambio climático basados en un rango de posibles trayectorias del fenómeno, incluyendo desde estimaciones de cambio conservadores hasta los más extremos.

Como resultado, el proceso de planeación de la Ciudad deberá tener en cuenta el rango de probabilidades de ocurrencia y efectos a futuro en una escala temporal definida y asegurar que las decisiones que se tomen sean consistentes con los escenarios climáticos analizados para su incorporación en los instrumentos de planificación e inversión correspondientes (incluyendo los sectoriales).

De acuerdo con esto las medidas de adaptación deberán responder a los siguientes aspectos:

- A los riesgos conocidos como a los asociados con la incertidumbre de los futuros cambios climáticos. Por esto, es necesario el soporte de análisis jurídicos para el ejercicio de priorización de las medidas.
- En este paso se introduce el establecimiento de un sistema de evaluación de los cambios en la vulnerabilidad respecto al cambio climático bajo diferentes escenarios de desarrollo socioeconómico.
- También se requiere de la identificación y uso de herramientas de toma de decisiones que permitan la priorización de las intervenciones.
- De otra parte, y teniendo en cuenta la necesidad de realizar análisis normativos en el proceso de priorización es muy importante desarrollar consultas y facilitar medios para la participación de los grupos de interés en la toma de decisiones.
- Igualmente, y dado que en muchos casos las alternativas de adaptación requieren de una visión a largo plazo respecto a cómo se configurará y comportará la Ciudad frente a los efectos e impactos en los diferentes escenarios, el proceso de consulta debería ampliarse a la población cartagenera en general.
- La estrategia de adaptación que se desarrolle deberá enfocarse en contribuir a proteger y mejorar la calidad de vida de las comunidades de bajos recursos, y ayudar a que el desarrollo sectorial y sociedad civil se preparen para los impactos del cambio climático y la variabilidad del clima.

Además se propone que dé cumplimiento a los siguientes objetivos específicos:



- Ayudar al gobierno local a incluir elementos de cambio climático dentro de los procesos de presupuesto y planes de desarrollo.
- Sensibilizar e informar a la comunidad sobre posibles impactos de cambio climático y así mejorar su capacidad de respuesta ante amenazas climáticas.
- Aumentar la adaptabilidad de los ecosistemas vulnerables, mediante la gestión de tensiones no climáticas como estrategia de reducción de riesgos de poblaciones, sectores o infraestructuras en riesgo.
- Posicionar a Cartagena de Indias como una ciudad costera competitiva y líder en la región en materia de adaptación al cambio climático.
- Invertir las tendencias de ocupación ilegal, y acciones de mitigación cortoplacistas que continúan aumentando la vulnerabilidad, mediante la prevención de riesgos y la delimitación de zonas de amortiguamiento para las áreas vulnerables.

En este orden de ideas, los lineamientos suministrados se refieren a los requerimientos y directrices para iniciar el proceso de adaptación planificado. A continuación se propone una hoja de ruta para desarrollar acciones concretas en adaptación en torno a la población, sectores económicos y sus zonas de protección natural, para incrementar la resiliencia a los impactos, y asegurar el desarrollo de la ciudad en el corto mediano y largo plazo.

A continuación en la Tabla 50 se presenta la hoja de ruta que se recomienda seguir para el proceso de construcción del plan de adaptación y en la Figura 91 se muestra el esquema de los pasos a seguir.

Tabla 50. Hoja de ruta metodológica que se propone para el proceso de adaptación

Paso	Descripción	Responsable
1. Evaluar la vulnerabilidad actual y esperada por el cambio climático	Esta actividad ya ha sido adelantada por el presente proyecto "Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y sectorial de Cartagena de Indias" financiado por CDKN y corresponde a la Fase 1 para la formulación del plan de adaptación. Sin embargo, se han identificado algunos impactos no cubiertos por falta de información que deberán ser también evaluados como por ejemplo, la escasez hídrica por reducción de precipitación; impacto en infraestructura vial de eventos de inundación (ver capítulo de vacíos de información en la Sección 1 del presente documento. Sin embargo, el proceso de adaptación puede iniciar con los impactos ya evaluados mientras se realizan los estudios complementarios.	Fase I
2. Definir los impactos para adaptación	En esta actividad se definirán los impactos que el proceso abordará, que pueden cobijar todos los evaluados o seleccionar los que se consideren más prioritarios o urgentes para los tomadores de decisión (Grupo de Alto Nivel) según los análisis de vulnerabilidad.	Grupo de Alto Nivel



Paso	Descripción	Responsable
3. Identificar los procesos de planificación que serán complementados:	Como se mencionó anteriormente, el principal objetivo del proceso de adaptación es incorporar en los actuales procesos de planificación del desarrollo económico y social, medidas de adaptación. Son en dichos procesos en donde priorizan e implementan proyectos de desarrollo que inciden en la adaptación al cambio climático. Por lo tanto se recomienda que el proceso de adaptación no se realice en el aire sino interactuando con los procesos de planificación del desarrollo en los que quiere incidir. Las actividades desarrolladas por el proceso de adaptación deberán ajustarse a los cronogramas e instancias consultivas de dichos procesos. Ésta actividad la deberá liderar el Grupo Operativo.	Grupo Operativo
4. Identificar las opciones de adaptación para cada impacto	En esta actividad se identificarán distintas opciones de adaptación que posteriormente serán evaluadas. En esta actividad se debe incorporar no sólo medidas nuevas sino la modificación de proyectos existentes que pueden también contribuir a la adaptación al impacto. Ésta actividad la deberá liderar el correspondiente Grupo Técnico. De acuerdo con la evaluación de vulnerabilidad realizada por este estudio, se recomienda que el proceso de adaptación aborde los siguientes impactos: Inundación por ascenso del nivel del mar Inundación por lluvias extremas Erosión costera Pérdida de playas Destrucción de ecosistemas Aumento de incidencia de enfermedades sobre la población.	Grupo Técnico
5. Evaluar las opciones de adaptación	En esta actividad se deberán evaluar sistemáticamente las opciones y alternativas identificadas anteriormente, de acuerdo con las metodologías que se consideren más apropiadas según el tipo de medida o impacto. Esta actividad la deberá liderar las Unidades de Investigación/Evaluación bajo la dirección del Grupo Técnico.	Grupo Técnico
6. Priorizar y seleccionar opciones para su implementación	En esta actividad se deberá priorizar y seleccionar las medidas que se consideren más factibles, con base en la evaluación. Las recomendaciones sobre priorización e implementación las deberán realizar el grupo técnico, pero la selección las deberá realizar el Grupo de Alto Nivel.	Grupo de Alto Nivel
7. Implementar una estrategia de adaptación	Una vez seleccionada las medidas y se implementan y se incorporan en los procesos de planificación existentes, bajo la dirección del Grupo de Alto Nivel.	Grupo de Alto Nivel
8. Reevaluar la vulnerabilidad	Una vez seleccionada las medidas y efectivamente incorporadas en los procesos de planificación, se deberá reevaluar la vulnerabilidad para continuar con otro ciclo del proceso. El anterior ciclo se deberá repetir en cada período de gobierno Distrital.	Grupo Técnico

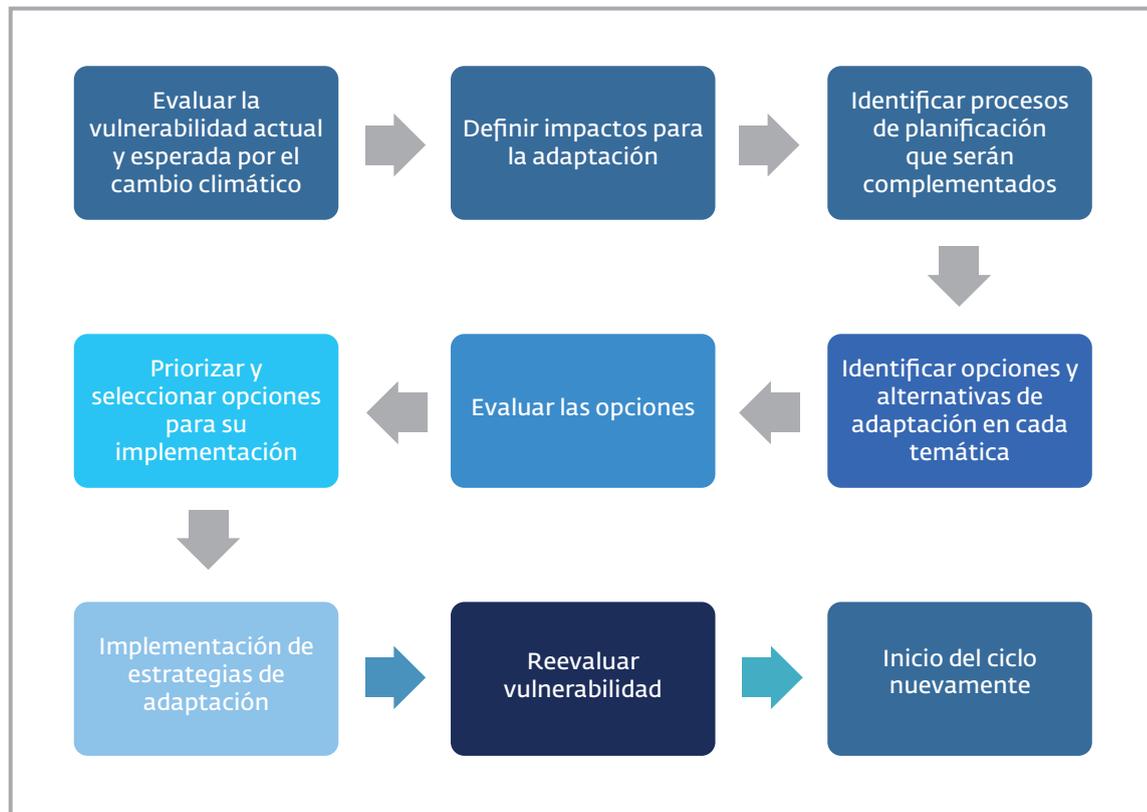


Figura 91. Esquema de hoja de ruta que se recomienda debe seguir el proceso de adaptación.



Bibliografía

- Alcaldía de Cartagena. 2000. *Plan de Ordenamiento Territorial - Componente General. Diagnóstico General*, Despacho del Alcalde Municipal de Cartagena. Distrito de Cartagena de Indias. 403 p.
- Alcaldía de Cartagena. 2001. *Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias. Síntesis del diagnóstico*. Decreto n.º 0977 de 2001 "Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias". Cartagena, 186 p.
- Alcaldía de Cartagena de Indias y Consorcio Consultores Cartagenero. 2009. Anexo "Informe hidrológico e hidráulico. Diseño del plan maestro de drenajes pluviales del Distrito de Cartagena de Indias". Consorcio Consultores Cartageneros y Departamento Administrativo de Valorización Distrital, Alcaldía de Cartagena de Indias, diciembre, 2009. 478 p.
- Andrade, C. A. 1993. "Análisis de la velocidad del viento en el Mar Caribe con datos de GEOSAT". *Boletín Científico CIOH* 13: 33-44.
- Andrade, C. A. 2002. "Análisis del nivel del mar en la zona costera colombiana". En: Invemar (ed.). *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*. Santa Marta, Colombia, Informe Técnico n.º 4.
- Arenas, J. E. 2009. *Aproximación a la Cartagena Empresarial: un análisis coyuntural*. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Edición electrónica. Disponible en [www.eumed.net/libros/2009d/614]. Consultado en marzo 2012.
- Barbier, E.; Acreman, M., y Knowler, D. 1997. *Valoración económica de los humedales. Guía para decisores y planificadores*. Oficina de la Convención Ramsar.
- Beltrán, A. y Suárez, L. 2010. *Diagnóstico Ambiental de los Cuerpos Internos de aguas de la Ciudad de Cartagena de Indias*. Fundación Universitaria Comfenalco. Facultad de Ingenierías. Programa Tecnología e Ingeniería Ambiental. 172 p.
- Blanco, J. y Hernández, D. 2009. "The Potential Costs of Climate Change in Tropical Vector-Borne Diseases - A Case Study of Malaria and Dengue in Colombia". En: W. VERGARA (ed.). *Assesing the Potential Consequences of Climate Desestabilization in Latin America* (Vol. 32). Washington: Latin America and Caribbean Region Sustainable Development - World Bank, Working Paper.
- Cámara de Comercio de Cartagena. 2012. *Informe Económico de los Municipios de la Jurisdicción de la Cámara de Comercio de Cartagena, 2011*. Centro de Estudios para el Desarrollo y la Competitividad Cedec. Cartagena.
- Cardique y CI (Conservación Internacional Colombia). 2004. *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de la Virgen*. Programa Cooperativo Interinstitucional para el Ordenamiento, Manejo y Administración de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de la Virgen. Cartagena de Indias. 525 p.
- Cardique –Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique 2007. *Actualización de la zonificación de manglares en la jurisdicción de Cardique*. 245p.



- Cardique, CRA, Carsucre, Cormagdalena, UAESPNN y CI. 2007. *Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del complejo de humedales del canal del Dique*. Programa Cooperativo interinstitucional para el ordenamiento, manejo y administración de la cuenca hidrográfica del complejo de humedales del Canal del Dique. Junio de 2007. 757 p.
- Cartagena Cómo Vamos. 2010. "Cómo vamos en espacio público e infraestructura vial". Evaluación de calidad de vida 2008, disponible en [<http://www.cartagenacomovamos.org/contenidos/espacio.pdf>]. Recuperado en 2011.
- CCI y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2012. *Pesca y Acuicultura de Colombia 2011*. Bogotá.
- Cedec – Centro de Estudios para el Desarrollo y la Competitividad. (2011). *Inversión Empresarial en Cartagena y los municipios del norte de Bolívar - 2010*. Cartagena, Colombia: Cámara de Comercio de Cartagena.
- Convenio Andrés Bello (2006). *Cartagena de Indias. Impacto económico de la Zona Histórica*. disponible en [http://books.google.com.co/books?id=7ShPWTlKIdoC&pg=PA13&lpg=PA13&dq=Corporaci%C3%B3n+Centro+Hist%C3%B3rico+de+Cartagena+de+Indias&source=bl&ots=2Rz5NqRh8o&sig=ejQPQI7oypcXRYLXcA5_7SJURI&hl=es&ei=qBTmTtaOCo-Ftge6mbGxBQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnu]. Recuperado en 2011.
- Cutter, S.; Bryan, B., y Shirley, L. 2003. "Social Vulnerability to Environmental Hazards". *Social Science Quarterly*, 242-261.
- Desinventar. 2011. "Sistema de inventario de efectos de desastres". Base de datos Colombia. Disponible en [www.desinventar.org]. Consultado en noviembre de 2011.
- DGR – Dirección General del Riesgo. 2011. "Consolidado de Atención de emergencias". Disponible en [www.sigad.gov.co/sigpad/index]. Consultado en noviembre de 2011.
- Díaz, J. M.; Barrios, L. M. y Gómez-López, D. I. 2003. *Las praderas de pastos marinos en Colombia: estructura y distribución de un ecosistema estratégico*. Invemar, Series de publicaciones especiales n.º 10, Santa Marta, 160 p.
- DNP – Departamento Nacional de Planeación. 2007. *2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el Territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible*. Bogotá. 101 p
- Duque Caro, H. 1984. "Estilo estructural, diapirismo y episodios de acrecimiento del terreno Sinú-San Jacinto en el noroccidente de Colombia". *Boletín Geológico INGEOMINAS* n.º 27 (2), pp. 1-29.
- Ecovera. 2010. *Segundo Informe - Estimación de la oferta y demanda hídrica nacional*. Bogota: Unicef - Contrato de Consultoría n.º SSA/COLB/2009/00001039.
- EPA – Establecimiento Público Ambiental del Distrito de Cartagena. 2006. "Caracterización de los manglares localizados en los caños y lagunas interiores del perímetro urbano de la ciudad de Cartagena de Indias". Documento de trabajo. Cartagena de Indias, 2006, 15 p.
- EPA – Establecimiento Público Ambiental del Distrito de Cartagena. 2009. *Zonificación de manglares en la jurisdicción del EPA*. Cartagena de Indias. 244 p.
- Espinal, L. S. 1985. "Geografía ecológica del departamento de Antioquia". *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*, 38 (1): 24-39.



- European Commission, 2004. EUROSION: "Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability". disponible en [<http://europa.eu.int>] y [<http://www.eurosion.org>].
- Gilman, E. L.; Ellison, J., Duke, N. C. y Field, C. 2008. "Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review". *Aquatic Botany* 89: 237–250.
- Glynn, P. 1993. "Coral reef bleaching: ecological perspectives". *Coral Reefs* , 12: 1-17.
- Gobernación de Bolívar (2011). *Colombia Humanitaria en Bolívar*. Colombia Humanitaria - Reportes por Departamentos.
- Grupo de estudios urbanos. 2010. *Macroproyecto urbano para la recuperación integral del Cerro de La Popa en la ciudad de Cartagena de Indias*. Producto 4 Vol. 2. Áreas Estratégicas. Bogotá - Cartagena de Indias. 150 p.
- Hernández, C. 1990. "La selva en Colombia". En: *Selva y Futuro*, C. Hernández y J. Carrizosa (eds.). Sello Editorial, Bogotá. 13-40 pp.
- IAVH –Instituto Alexander von Humboldt. 1997. *Caracterización ecológica de cuatro remanentes de Bosque seco Tropical de la región Caribe colombiana*. Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas, IAVH, Villa de Leyva. 76 p.
- IAVH –Instituto Alexander von Humboldt. 1998. *El bosque seco tropical Bs-T en Colombia*. Programa de Inventario de la Biodiversidad. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA. 24 p.
- Ideam –Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2005. *Atlas climatológico de Colombia*. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, 219 p.
- Ideam –Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, CI y Universidad Nacional de Colombia. 2008. "Escenarios de cambio climático para 24 regiones de Colombia". disponible en [<http://www.conservation.org.co/filesdn/Anexo%201.%20Escenarios%20de%20CC%20para%20Colombia.pdf>]. Recuperado en noviembre de 2011.
- Ideam –Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010a. "Nuevos resultados en escenarios de cambio climático generados por Ideam 2010". Disponible en Publicaciones Nacionales [http://www.cambioclimatico.gov.co/descargas?com=cc&name=pubFile5089&downloadname=3_ESCENARIOS%20CAMBIO%20CLIMATICO.pdf]. Recuperado en octubre de 2011.
- Ideam –Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010b. *Pronóstico de pleamares y bajamares, Costa Caribe colombiana*. Bogota: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ideam –Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, CI, Invemar, INS, y Coralina. 2011. "Resultados del Proyecto INAP" (Donación TFO56350). Informe Final. Bogotá: Banco Mundial.
- Invemar –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis". 2003. *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 continental, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su adaptación*, M. P. Vides (ed.), VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD Atlas digital. Invemar, Santa Marta, Colombia.



- Invemar – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andreis”, NLCAP y MADS. (2005). “Capacity building to improve adaptability to sea level rise in two vulnerable points of the Colombian coastal areas (Tumaco-Pacific coast and Cartagena-Caribbean coast) with special emphasis on human populations under poverty conditions”. disponible en [http://www.nlcap.net/fileadmin/NCAP/Countries/Colombia/ColombiaTechnicalProgressReport2_01Jano06.pdf]. Recuperado en 2011
- Invemar – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andreis”. 2008. “Construcción de capacidades para mejorar la capacidad de adaptación al ascenso en el nivel del mar en dos áreas vulnerables de las zonas costeras de Colombia (Tumaco-Pacífico, Cartagena de Indias-Caribe)”. Informe Técnico del Proyecto Colombia NCAP. ETC n.º 032135. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Invemar. Santa Marta, Colombia. 290 p.
- Invemar - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andreis”. 2011. Consideraciones sobre los riesgos asociados a cambio climático, con relación a los efectos de un acelerado ascenso del nivel del mar (ANM) en el D.T. y C de Cartagena de Indias. Documento Técnico de Soporte para la revisión excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial. Ed. Rojas G. X. Santa Marta. 30 p.
- Invemar – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andreis” y ANH. 2008. *Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos*. Informe Técnico final, Santa Marta, 461p + Anexos.
- Invias. 2009. “Volúmenes de tránsito 2008”. Disponible en Documentos Técnicos [http://www.invias.gov.co/Invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/01_general/documentos/02052011/volumenes2008_volumenestransit.zip]. Recuperado en 2011.
- IPCC – Panel Intergubernamental del Cambio Climático. 1997. “Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. (Incluido en resumen para responsables de políticas)”. Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC, 1997. Ginebra, Suiza. 16 p.
- IPCC – Panel Intergubernamental del Cambio Climático. 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R. K. y Reisinger, A. (dirs.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- Kholostyakov, R. 2010. *Estudio sobre la variabilidad de la temperatura superficial del Mar en el Caribe colombiano*. Bogota: Nota Técnica del Ideam.
- Kjerfve, B. 1994. *Coastal lagoons process*. Elsevier Oceanography series, Elsevier Science Publishers. 60: 35-47.
- Klein, R. J. T.; Nicholls, R. J., Ragoonaden, S., Capobianco, M., Aston J. y Buckley, E. N. 2001. “Technological options for adaptation to climate change in coastal zones”. *Journal of Coastal Research*, 17(3), 531–543.
- Krauss, K. W.; Lovelock, C. E., McKee, K. L., López-Hoffman, L., Ewe, S. M. L. y Sousa, W. P. 2008. “Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review”. *Aquatic Botany*. 89: 105–127.
- Lacambra, C. L.; Lozano, C. P., Alonso, D. y Fontalvo, M. 2003. *Amenazas naturales y antrópicas en las zonas costeras colombianas*. Serie de documentos generales de Invemar n.º 15. Santa Marta. 74p.



- Málíkov, I. 2010. *Análisis de las tendencias del nivel del mar a nivel local y su relación con las tendencias mostradas por los modelos internacionales*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –Ideam.
- Martínez, J. O. 1993. "Geomorfología y amenazas geológicas de la línea de costa del Caribe central colombiano (sector Cartagena-Bocas de Ceniza)". *Publicaciones Geológicas Especiales de INGEOMINAS* n.º 19, pp. 1-62.
- Mendoza, C. H. 1998. *Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el Valle del río Magdalena*, Colombia. *Caldasia* 21 (1): 70-94.
- Mesa, O.; Poveda, G. y Carvajal, L. F. 1997. *Introducción al clima de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Medellín. 390 p.
- Molares, R. 2004. "Clasificación e identificación de la componente de marea del Caribe colombiano". *Boletín Científico CIOH* 22:105-114.
- Murphy, P. G. y Lugo, A. E. 1986. "Ecology of tropical dry forest". *Annals Review of Ecology and Systematics* 17 : 67-68 .
- Navas, R.; Gómez, K., Vega, J. y Lopez, T. 2009. "Estado de los Arrecifes Coralinos". En: Invemar, *Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008* (244p). Santa Marta: Serie de Publicaciones Periódicas n.º 8.
- Nicholls, J. R. et al. 1995. "Impacts and Responses to Sea-Level Rise: Qualitative and Quantitative Assessments". *Journal of Coastal Research* 11: 26-43.
- Nicholls, R. J., 2003. *OECD Workshop on the Benefits of Climate Policy: Improving Information for Policy Makers Case study on sea-level rise impacts*. ENV/EPOC/GSP (2003) 9/FINAL. UK. 27 pp.
- OFDA/CRED. 2002. "The international disaster database: EM- DAT". Disponible en [www.cred.be/emdat], Université Catholique de Louvain, Brussels-Belgium: International Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management –IAGDM. Geneva, 83 p.
- Pineda, I. J.; Martínez, L. A., Bedoya, D. M., Caparroso, P. y Rojas, J. A. 2006. *Plan de manejo del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo*. UAESPNN. Territorial Costa Caribe, Cartagena. 379 p.
- PNUD –Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2005. *Marco de políticas de adaptación al cambio climático: desarrollo de estrategias, políticas y medidas*. Bo Lin y Spanger-Siegfried (eds.), E. Canada. 253p.
- Posada, P., Blanca y Henao P., W. 2008. "Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano". Invemar, *Serie Publicaciones Especiales* n.º 13, Santa Marta, 200 p.
- Pujos, J. L.; Pagliardini, R., Steer, R., Vernet G. y Weber, O. 1984. "Influence du contre-courant côtier nord-colombien sur la circulation des eaux du plateau continental: son action sur la dispersion des rejets en suspension du río Magdalena". *Bulletin de l'institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*. 35: 77-85.
- PUJ –Pontificia Universidad Javeriana y Cardique. 2007. *Estudio plan de uso y manejo de los suelos de la jurisdicción de Cardique*. Fuente cartográfica, imagen Landsat 2003, datos srtm - nasa 200, IGAC. Sistema de clasificación Corine Land Cover 2000.



- Rangel-Buitrago, N.; Anfuso, A., Correa, G. y Stancheva, M. 2010. "Evaluación preliminar de impactos de defensas costeras en algunos sectores del litoral Caribe colombiano". En: Invemar-ACIMAR (eds.). *Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (SENALMAR)*. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar. 578 p.
- Rangel, N.; Stancheva, M. y Anfuso, A. 2011. "Effects of coastal armouring in the Bolivar department (Caribbean Sea of Colombia)". *Problems in Geography* (en prensa).
- Restrepo, J. D. y López, S. 2008. "Morphodynamics of the Pacific and Caribbean deltas of Colombia", *South American Journal of South American Earth Sciences* 25: 1-21
- Rueda, M.; Mármol, D., Vilorio, E., Doncel, O., Rico, F., García, L. et al. (2010). *Identificación, ubicación y extensión de caladera de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia*. Santa Marta: Invemar, Incoder, Agencia Nacional de Hidrocarburos –ANH
- Sánchez-Páez, H.; Álvarez-León, R., Pinto-Nolla, F., Sánchez-Alfárez, A. S., Pino-Rengifo, J. C., García-Hansen, I. y Acosta-Peñalosa, M. T. 1997. *Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente y Organización Internacional de Maderas Tropicales –OIMT. 511p.
- Sánchez-Ramírez, C.; Lora, E., Gracia, A., Gómez, L., Posada, T., Zamora, A., Rueda, M., Mármol, D., Rodríguez A. y Ballesteros, J. 2008. Informe final de actividades del "Levantamiento de información física, biológica y socioeconómica, para el perfil de línea base de los bloques RC4 y RC 5 en el Caribe colombiano". Realizado para la firma BP Exploration Colombia Ltda. Santa Marta, 312p + Anexos.
- Secretaría de Planeación Distrital Cartagena. 2011. "Datos de población". Disponible en SIG Alcaldía Mayor de Cartagena [<http://midas.cartagena.gov.co/Docs/CensoDane.xls>].
- Sociedad de Mejoras Públicas de Cartagena (2009). *Fortificaciones*. Disponible en [<http://www.fortificacionesdecartagena.com>]. Recuperado en 2011.
- SNC. *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. 2010. Ideam. República de Colombia. Bogotá. 7 capítulos. 437 p.
- TERRA Ltda. 1996. *Estudio de impacto del proyecto parque histórico y cultural de tierrabomba*. Cartagena. 95 p.
- Titus J. G.; Leatherman, S. P., Everts, C. H., Kriebel, D. L. y Dean, R. G. 1985. *Potential Impacts of Sea Level Rise on the Beach at Ocean City, Maryland*, Washington, 71 p.
- Titus. J. G. 1987. "Sea level rise and wetland loss: an overview". *Greenhouse effect, sea level rise and coastal wetlands*. Environmental Protection Agency, Washington, 35 p.
- UAESPNN. 1998. *El sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente. Colombia. 497 p.
- UJTL- Universidad Jorge Tadeo Lozano. Seccional del Caribe. 2001. Plan de gestión ambiental para el Delta del Canal del Dique (caño Matunilla-Boca Luisa-Correa). Seis tomos.
- Uninorte –Universidad del Norte. 2001. *Canal del Dique. Plan de restauración ambiental (primera etapa)*. 328 p.
- UNISDR. 2004. "Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives". Disponible en [http://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf]. Recuperado en 2011.



- Universidad de Cartagena. 2010. *Diagnóstico del Distrito de Cartagena de Ordenamiento Territorial*. Alcaldía de Cartagena. Cartagena. 90 p.
- Universidad de Cartagena y Alcaldía de Cartagena de Indias. 2010. *Valoración de niveles de riesgos ambientales en el Distrito de Cartagena de Indias*. Informe final diagnóstico línea base ambiental Cartagena de Indias. Tomo II. *Diagnóstico ambiental Cartagena*. Convenio interadministrativo n.º 293. Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental –IHSA. Universidad de Cartagena y Alcaldía de Cartagena de India, noviembre de 2010. Cartagena de Indias. 215 p.
- Universidad de Cartagena –Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental IHSA. 2010. *Estudios y diseños de alternativas para la estabilización de la boca del Laguito y un sector de la línea de costa de la isla de Tierrabomba*. Convenio interadministrativo N° 6105396 Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias D.T. y C. Cartagena. 255 p.
- WRI. –Instituto de los Recursos Mundiales. “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)”. Disponible en [www.wri.org]. Consultada en febrero de 2012.



Serie de Publicaciones Generales del Invemar

Sin número. Referencias bibliográficas publicadas e inéditas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Volumen I.

Sin número. Referencias bibliográficas publicadas e inéditas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Volumen II.

1. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marinas y Costera (PNIBM).
2. Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia.
3. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: 2000.
4. Ojo con Gorgona. Parque Nacional Natural.
5. Libro rojo de peces marinos de Colombia.
6. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia.
7. Las aguas de mi Ciénaga Grande. Descripciones de las condiciones ambientales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.
8. *No asignado.*
9. Guía práctica para el cultivo de bivalvos marinos del Caribe colombiano: Madreperla, ostra alada, concha de nácar y ostiones.
10. Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia.
11. Plan nacional en bioprospección continental y marina.
12. Conceptos y guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia, Manual 1: Preparación, caracterización y diagnóstico.
13. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros físicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos.
14. Una visión de pesca multiespecífica en el Pacífico colombiano: adaptaciones tecnológicas.
15. Amenazas naturales y antrópicas en las zonas costeras colombianas.
16. Atlas de paisajes costeros de Colombia.
17. Atlas de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia.
18. Manual del Sistema de Información Pesquera del Invemar: una herramienta para el diseño de sistemas de manejo pesquero.
19. Bacterias marinas nativas: degradadoras de compuestos orgánicos persistentes en Colombia.



20. Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros (PNOEC).
21. Manual metodológico sobre el monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada, con énfasis en aves y especies de importancia económica (piangua y cangrejo azul).
22. Lineamientos y estrategias de manejo de la Unidad Ambiental Costera (UAC) del Darién.
23. Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera-UAC Llanura Aluvial del Sur, Pacífico colombiano.
24. Cartilla lineamientos y estrategias para el manejo integrado de la UAC del Darién, Caribe colombiano.
- Sin número.* Prioridades de conservación *in situ* para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano.
25. Cartilla etapas para un cultivo de bivalvos marinos (pectínidos y ostras) en sistema suspendido en el Caribe colombiano.
26. Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia (PNIEC).
27. Modelo de uso ecoturístico de la bahía de Neguanje Parque Nacional Natural Tayrona.
28. Criadero de postlarvas de pectínidos de interés comercial en el Caribe colombiano.
29. Viabilidad de una red de áreas marinas protegidas en el Caribe colombiano.
30. Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano.
31. Ordenamiento ambiental de los manglares en La Guajira.
32. Ordenamiento Ambiental de los manglares del municipio de Timbiquí, Cauca (Pacífico colombiano).
33. Ordenamiento Ambiental de los manglares del municipio de Guapi, Cauca.
34. Ordenamiento Ambiental de los manglares del municipio de López de Micay, Cauca.
35. Avances en el manejo integrado de zonas costeras en el departamento del Cauca.
36. Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira.
37. Aprendiendo a conocer y cuidar el agua en la zona costera del Cauca.
38. Guía de bienes y servicios del Old Point Regional Mangrove Park.
39. Aves del estuario del río Sinú.
40. Cultivo de pectínidos en el Caribe colombiano.
41. Informe técnico. Planificación ecorregional para la conservación *in situ* de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano.
42. Guía para el reconocimiento de corales escleractinios juveniles en el Caribe.
43. Viabilidad socioeconómica del establecimiento de un AMP: la capacidad adaptativa de la comunidad de Nuquí (Chocó).



44. Guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia. Manual 2: Desarrollo etapas I y I.
45. Pianguando: Estrategias para el manejo de la piangua (CD).
45. Pianguando: Estrategias para el manejo de la piangua (cartilla).
46. Avances en la reproducción y mantenimiento de peces marinos ornamentales.
47. Contribución a la biología y mantenimiento de peces marinos ornamentales.
48. Estrategia para el fortalecimiento del Sistema de Indicadores Ambientales Marinos y Costeros de Colombia (Proyecto Spincam Colombia).
49. Lineamientos de manejo para la Unidad Ambiental Costera Estuarina río Sinú, Golfo de Morrosquillo, sector Córdoba.
50. Guía municipal para la incorporación de determinantes ambientales de zona costera en los planes de ordenamiento territorial municipios de San Antero y San Bernardo del Viento.
51. Manual para la pesca artesanal responsable de camarón en Colombia: adaptación de la red Suripera.
52. Cuidando la calidad de las aguas marinas y costeras en el departamento de Nariño.
53. Lineamientos de manejo para la UAC Estuarina Río Sinú-Golfo de Morrosquillo, sector Córdoba.
54. Propuesta de estandarización de los levantamientos geomorfológicos en la zona costera del Caribe colombiano.
54. Área de Régimen Común Colombia-Jamaica: un reino, dos soberanos.
55. Lineamientos de adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias.
56. Evaluación y manejo de la pesquería de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano 2010-2012.
57. Gestión costera como respuesta al ascenso del nivel del mar. Guía para administradores de la zona costera del Caribe.
58. Articulación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas al Sistema Regional de Áreas Protegidas del Caribe Colombiano.
59. Bases de la investigación pesquera participativa para la construcción de acuerdos de pesca responsable con mallas en el Distrito de Manejo Integrado Bahía de Cispatá.
60. Articulación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) al plan de acción del Sirap Pacífico.
61. Guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia. Manual 3: Gobernanza.





ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

CARTAGENA DE INDIAS

PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN TERRITORIAL

