



Documento técnico de investigación

Análisis de vulnerabilidad al cambio climático y lineamientos de adaptación para el municipio de Bahía Solano



Foto: Bahía Solano (Ciudad Mutis). Tomada por: Desireé Hernández.

Santa Marta D.T.C.H., 2018

**Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
José Benito Vives de Andrés
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

**Propuesta de Planificación espacial marina para
la UAC Málaga- Buenaventura**

CUERPO DIRECTIVO

Director

Francisco Armando Arias Isaza

**Subdirector Coordinación de
Investigaciones (SCI)**

Jesús Antonio Garay Tinoco

**Subdirectora de Recursos y Apoyo a la
Investigación (SRA)**

Sandra Rincón Cabal

Coordinador

**Programa Biodiversidad y Ecosistemas
Marinos (BEM)**

David Alonso Carvajal

Coordinador

**Programa Valoración y Aprovechamiento de
Recursos Marinos Vivos (VAR)**

Mario Rueda Hernández

Coordinadora

Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

Coordinadora

**Coordinación investigación e información
para la Gestión en Zonas Costeras GEZ)**

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinadora

Programa de Geociencias Marinas (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

Coordinador Servicios Científicos (CSC)

Julián Mauricio Betancourt

COORDINACIÓN TÉCNICA

Paula Cristina Sierra Correa – Coordinadora GEZ
Anny Paola Zamora - Jefe de Línea CGP

EQUIPO TÉCNICO

Anny Paola Zamora Bornachera

Economista, MSc.

Desireé Hernández Narváez

Economista

Alejandra Vega Cabrera

Ingeniera Ambiental

Diana Romero D'Achiardi

Ingeniera Topográfica

Tabla de contenido

1. Introducción	10
2. Metodología	11
2.1. Componente de Sistemas de Información Geográfica - SIG.....	12
2.2. Evaluación de vulnerabilidad	14
3. Contexto general de Bahía Solano.....	17
3.1. Área de estudio.....	17
3.2. Caracterización Socioeconómica	19
3.3. Condiciones ambientales.....	23
3.4. El clima de Bahía Solano	29
El clima actual	29
Amenazas del cambio climático y proyecciones.....	30
4. Vulnerabilidad al cambio climático en Bahía Solano	36
4.1. Indicadores de Exposición.....	36
Seguridad Alimentaria	37
Biodiversidad y servicios ecosistémicos.....	38
Hábitat Humano	42
4.2. Indicadores de Sensibilidad	50
Seguridad Alimentaria	50
Biodiversidad y servicios ecosistémicos.....	51
Hábitat Humano	52
4.3. Indicadores de Capacidad Adaptativa.....	59
Seguridad Alimentaria	59
Biodiversidad y servicios ecosistémicos.....	60
Hábitat Humano	61
4.4. Índice de vulnerabilidad	63
5. Tensores	78
6. Lineamientos de Adaptación.....	85
6.1. Línea estratégica 1: Ecosistemas estratégicos y ambiente.....	85
6.2. Línea estratégica 2: Desarrollo socioeconómico	86
6.3. Línea estratégica 3: Fortalecimiento institucional y gobernanza.....	87
Conclusiones.....	88
Bibliografía	90

Lista de tablas

Tabla 1. Indicadores bióticos y socioeconómicos de Amenaza.	14
Tabla 2. Indicadores bióticos y socioeconómicos de Sensibilidad.	15
Tabla 3. Indicadores bióticos y socioeconómicos de Capacidad adaptativa.	16
Tabla 4. Cambios en la TSM en los periodos 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100 para los escenarios RCP 4.5 y 6.0. Fuente: INVEMAR-IDEAM, 2017.	33
Tabla 5. Nivel de amenaza por ANM al año 2040 y 2100 en las playas de Bahía Solano, Chocó.	41
Tabla 6. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Hábitat Humano en Ciudad Mutis, Bahía Solano. N/A: Sin afectación.	63
Tabla 7. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Hábitat Humano en los centros poblados de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.....	66
Tabla 8. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Seguridad alimentaria en los Sectores rurales de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.....	69
Tabla 9. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Biodiversidad y servicios ecosistémicos en los Sectores rurales de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.....	72
Tabla 10. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Hábitat humano en los Sectores rurales de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.	75

Lista de figuras

Figura 1. Proceso metodológico para el desarrollo del estudio.	11
Figura 2. Proceso metodológico del componente de Sistemas de Información.	13
Figura 3. Matrices de calificación cualitativa de vulnerabilidad (arriba) y peligro (abajo). Fuente: GIZ, 2016.....	17
Figura 4. Área de estudio municipio de Bahía Solano, Chocó. Unidades de análisis: Sectores rurales y Centros poblados, Secciones urbanas al interior de Ciudad Mutis Fuente: Labsis, 2018.	18

Figura 5. Pirámide de población municipio de Bahía Solano, 2018. Fuente: DANE, 2005..	19
Figura 6. Porcentajes de cobertura en salud, educación, viviendas y NBI en el municipio de Bahía Solano. Fuente: DNP, 2017 y DANE, 2005.	20
Figura 7. Cobertura de servicios públicos domiciliarios en el municipio de Bahía Solano. Fuente: DNP 2016.....	21
Figura 8. Actividades productivas en el municipio de Bahía Solano. Fuente: SEPEC, 2017; Cuesta <i>et al</i> , 2013; DNP, 2016; DANE, 2014.....	22
Figura 9. Geomorfología del litoral costero en el municipio de Bahía Solano, Chocó. Fuente: Mintrabajo y PNUD, 2013.....	23
Figura 10. Suelos característicos del litoral costero en el municipio de Bahía Solano. Fuente: INVEMAR, 2018.	24
Figura 11. Mapa de ecosistemas del municipio de Bahía Solano. Fuente: Labsis, INVEMAR, 2018.....	26
Figura 12. Servicios ecosistémicos presentes en el municipio de Bahía Solano, Chocó. Fuente: Carter, 1990 citado en Gómez-Cubillos <i>et al</i> .,2014; EPA, 2018; McLusky y Elliott, 2004 citado en Niquil <i>et al</i> ., 2012.	27
Figura 13. Principales ecosistemas misceláneos de la zona marino costera del municipio de Bahía Solano, Chocó. Fuente: Codechocó y WWWF, 2010; INVEMAR, 2009; Alcaldía Municipal de Bahía Solano – IIAP, 2006; PNNU, 2005-2009.	28
Figura 14. Principales aspectos del clima en Bahía Solano. Fuente: IDEAM, 2015; EOT Bahía Solano, 2004; PNUD, 2013.....	29
Figura 15. Amenazas naturales en el municipio de Bahía Solano. Fuente: UNGRD, 2015..	30
Figura 16. Emisiones de Gases Efecto Invernadero en el departamento del Chocó. Fuente: IDEAM, 2016.	31
Figura 17. Proyecciones de cambios en la temperatura terrestre (arriba) y precipitaciones (abajo) para el período 2070 – 2100 en el departamento del Chocó. Fuente: IDEAM <i>et al</i> , 2015.....	32
Figura 18. Temperatura Superficial del Mar media en °C, 1981 - 2005 (izquierda) y temperatura esperada al 2100 (derecha). Fuente: INVEMAR-IDEAM, 2017.....	33
Figura 19. Mapa de cambios en la línea de costa al año 2100 para el municipio de Bahía Solano, proyecciones escenarios 2040, 2070 y 2100. Fuente: Labsis Invemar, 2018.	34
Figura 20. Mapa de inundación por Ascenso en el Nivel del Mar al año 2100 para el municipio de Bahía Solano. Fuente: Labsis, 2018.	35

Figura 21. Niveles de vulnerabilidad (izquierda) y riesgo (derecha) al cambio climático para el municipio de Bahía Solano. Fuente: IDEAM <i>et al.</i> , 2017.	36
Figura 22. Porcentaje de área agropecuaria afectada por ANM al 2040 y 2100 en los Securales del municipio de Bahía Solano.	37
Figura 23. Porcentaje de área agropecuaria afectada por erosión costera al 2040 (izquierda) y 2100 (derecha), en los sectores rurales del municipio de Bahía Solano.	38
Figura 24. Áreas de manglar en el sector rural afectados por ANM al año 2040 y 2100 en Bahía Solano, Chocó.	39
Figura 25. Áreas de manglar en el sector rural, afectados por erosión costera al año 2040 y 2100 en Bahía Solano, Chocó.	40
Figura 26. Afectación de playas por ANM al año 2040 y 2100 en las zonas rurales de Bahía Solano, Chocó.	40
Figura 27. Pérdida de playas por erosión costera al 2040 y 2100 en Bahía Solano, Chocó.	42
Figura 28. Porcentaje de pérdida de playas por erosión costera al 2040 y 2100 por cada sector rural de Bahía Solano, Chocó.	42
Figura 29. Porcentaje de inundación por ANM en las secciones urbanas de Ciudad Mutis al 2040 y 2100.	43
Figura 30. Porcentaje de inundación por ANM en los centros poblados costeros de Bahía Solano al 2040 y 2100.	43
Figura 31. Porcentaje de pérdidas de área por erosión costera en los centros poblados costeros de Bahía Solano al 2040 (izquierda) y 2100 (derecha).	44
Figura 32. Porcentaje de inundación por ANM en los sectores rurales de Bahía Solano al 2040 y 2100.	44
Figura 33. Porcentaje de pérdidas de área por erosión costera en los sectores rurales de Bahía Solano al 2040 (izquierda) y 2100 (derecha).	45
Figura 34. Número de habitantes afectados por inundación por ANM en las Secciones Urbanas de Ciudad Mutis al 2040 y 2100.	45
Figura 35. Número de habitantes afectados por inundación por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los centros poblados de Bahía Solano al 2040 y 2100.	46
Figura 36. Número de viviendas afectadas por inundación por ANM en las Secciones Urbanas de Ciudad Mutis al 2040 y 2100.	47
Figura 37. Número de viviendas afectadas por inundación por ANM (arriba) y por erosión costera (abajo) en los centros poblados de Bahía Solano al 2040 y 2100.	48

Figura 38. Áreas turísticas afectadas por ANM (arriba) y erosión costera en los sectores rurales el municipio de Bahía Solano al 2040 y 2100.	49
Figura 39. PIB agropecuario por sectores rurales en el municipio de Bahía Solano. Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2017.....	51
Figura 40. Prioridad de restauración por sector rural en Bahía Solano, Chocó.	52
Figura 41. Proporción de jefes de hogar que asistieron a la media, con estudios superiores y posgrado y tasa de desescolaridad en los centros poblados del municipio de Bahía Solano. Fuente: elaboración propia con datos del DANE, 2005.....	53
Figura 42. Proporción de jefes de hogar que asistieron a la media, con estudios superiores y posgrado y tasa de desescolaridad en las secciones urbanas al interior de Ciudad Mutis.	54
Figura 43. Dependencia demográfica en los centros poblados (izquierda) y en las secciones urbanas de la cabecera municipal Ciudad Mutis (derecha). Fuente: elaboración propia con datos del Censo DANE, 2005.....	55
Figura 44. Tasa de ocupación de los centros poblados en el municipio de Bahía Solano (derecha) y en las secciones urbanas de Ciudad Mutis (izquierda). Fuente: elaboración propia con datos del DANE, 2005.	55
Figura 45. Porcentaje de viviendas tipo cuarto y otro en los centros poblados de Bahía Solano (izquierda) y en las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha). Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2005.....	56
Figura 46. Cobertura de servicios públicos domiciliarios en los centros poblados del municipio de Bahía Solano (izquierda) y en las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha). Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2005.....	57
Figura 47. Proporción de personas que tuvieron días de ayuno por falta de recursos económicos en los centros poblados de Bahía Solano (izquierda) y las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha). Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2005.....	58
Figura 48. Inversión en el sector agropecuario sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: cálculos propios con datos del Plan Plurianual de Inversiones de Bahía Solano, 2016.	59
Figura 49. Capacidad adaptativa de las áreas de manglar en el sector rural de Bahía Solano, Chocó.	60
Figura 50. Inversión en ambiente y desarrollo en los centros poblados del municipio de Bahía Solano (izquierda) y las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha).....	61
Figura 51. Mapa de vulnerabilidad del componente Hábitat humano en Ciudad Mutis, municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Inveimar, 2018.....	64

Figura 52. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100 del componente Hábitat humano en Ciudad Mutis, Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.	65
Figura 53. Mapa de vulnerabilidad del componente Hábitat humano en los centros poblados del municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Invemar, 2018.	67
Figura 54. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Hábitat humano en los centros poblados de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.	68
Figura 55. Mapa de vulnerabilidad del componente Seguridad alimentaria en los Sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Invemar, 2018.	70
Figura 56. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Seguridad alimentaria en los Sectores rurales de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.	71
Figura 57. Mapa de vulnerabilidad del componente Biodiversidad y servicios ecosistémicos en los Sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Invemar, 2018.	73
Figura 58. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Biodiversidad y servicios ecosistémicos en los Sectores rurales de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.	74
Figura 59. Mapa de vulnerabilidad del componente Hábitat humano en los Sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Invemar, 2018.	76
Figura 60. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Hábitat humano en los Sectores rurales de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.	77
Figura 61. Tensores de cambio climático que afectan los ecosistemas marino costeros. ..	79
Figura 62. Tensores del cambio climático en la pesca, el turismo y la salud en el municipio de Bahía Solano.	82

Listado de abreviaturas y siglas

ANM	Ascenso en el Nivel del Mar
AMP	Área Marina Protegida
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales
CCCP	Centro Control Contaminación del Pacífico
CDB	Convención sobre Diversidad Biológica
CLC	Cambios en la Línea de Costa
CNA	Comisión Nacional del Agua
COLMIZC	Guía de Conceptos y Metodología para el Manejo Integrado de Zonas Costeras en Colombia
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DIMAR	Dirección General Marítima y Portuaria
DMI	Distrito de Manejo Integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GPS	Global Positioning System
IAvH	Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IIAP	Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon Von Newman
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
AI	Aguas interiores
AJ	Aguas jurisdiccionales
JI	Jurisdicción indeterminada
LBN	Línea de Base Normal
LBR	Línea de Base Recta
MT	Mar territorial
PC	Plataforma Continental
TSM	Temperatura Superficial del Mar
ZEE	Zona económica exclusiva
UAC	Unidad Ambiental Costera
ZP	Zona de protección de pesca
ZPE	Zona de protección ecológica
ZP-ZPE	Zona de protección de pesca/ecológica

1. INTRODUCCIÓN

Las tendencias del cambio climático indican alta vulnerabilidad para las zonas costeras. Los escenarios futuros en Colombia muestran un posible incremento en la temperatura media terrestre, lo cual causaría aumentos en la temperatura superficial del mar, en el nivel medio del mar, en la acidificación del medio ambiente marino, asociado a una mayor intensidad de eventos meteorológicos extremos (huracanes, mares de leva, precipitaciones, sequías), salinización de los suelos e incremento en la erosión costera (IPCC, 2014).

En Colombia, la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC) muestra los efectos de este fenómeno a nivel de país, obteniendo algún grado de riesgo para todos los municipios. Una baja amenaza, pero una alta vulnerabilidad, configuran un riesgo medio para el territorio; particularmente el departamento del Chocó presenta una alta vulnerabilidad (IDEAM, 2017).

El municipio de Bahía Solano ubicado en el Pacífico colombiano, hace parte de la zona costera y posee características que propician el desarrollo de ecosistemas y hábitat que proporcionan bienes y servicios con los cuales es posible cubrir las necesidades económicas y de subsistencia a las comunidades locales. Su potencial, favorece la realización de actividades como la pesca, turismo, navegación, agricultura, además de usos tradicionales (Alcaldía municipal de Bahía Solano, 2016).

Este municipio como parte de la zona costera, requiere de estudios locales que permitan identificar el grado de vulnerabilidad al cambio climático y las posibles afectaciones sobre los medios de vida particulares existentes en el área. Por esta razón, se construye este documento donde se busca evaluar la vulnerabilidad y plantear unos lineamientos de adaptación al fenómeno, como un insumo para la planificación territorial.

2. METODOLOGÍA

La vulnerabilidad al cambio climático, recientemente ha sido estudiada en Colombia a partir de las evaluaciones realizadas en el marco de las Comunicaciones Nacionales, donde ya se han estimado los niveles de afectación e impactos para los departamentos y municipios del país por causas de este fenómeno. La Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático publicada en el año 2017 y liderada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2017), se plantea a partir de la metodología utilizada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), cuyo enfoque es el riesgo e implica la conjugación de la vulnerabilidad, la exposición y los peligros de los sistemas natural y humano (IPCC, 2014).

A partir de estos estudios, se plasma el alcance de trabajo para esta nueva evaluación de vulnerabilidad al cambio climático, con el objetivo de hacer un análisis detallado en la zona costera del municipio de Bahía Solano, perteneciente al departamento del Chocó. Para esto, se tienen en cuenta las amenazas por cambio climático presentes en el municipio y los elementos expuestos, con la finalidad de obtener la vulnerabilidad; y se plantean los lineamientos de adaptación desde de las estrategias nacionales, regionales y locales (Figura 1).

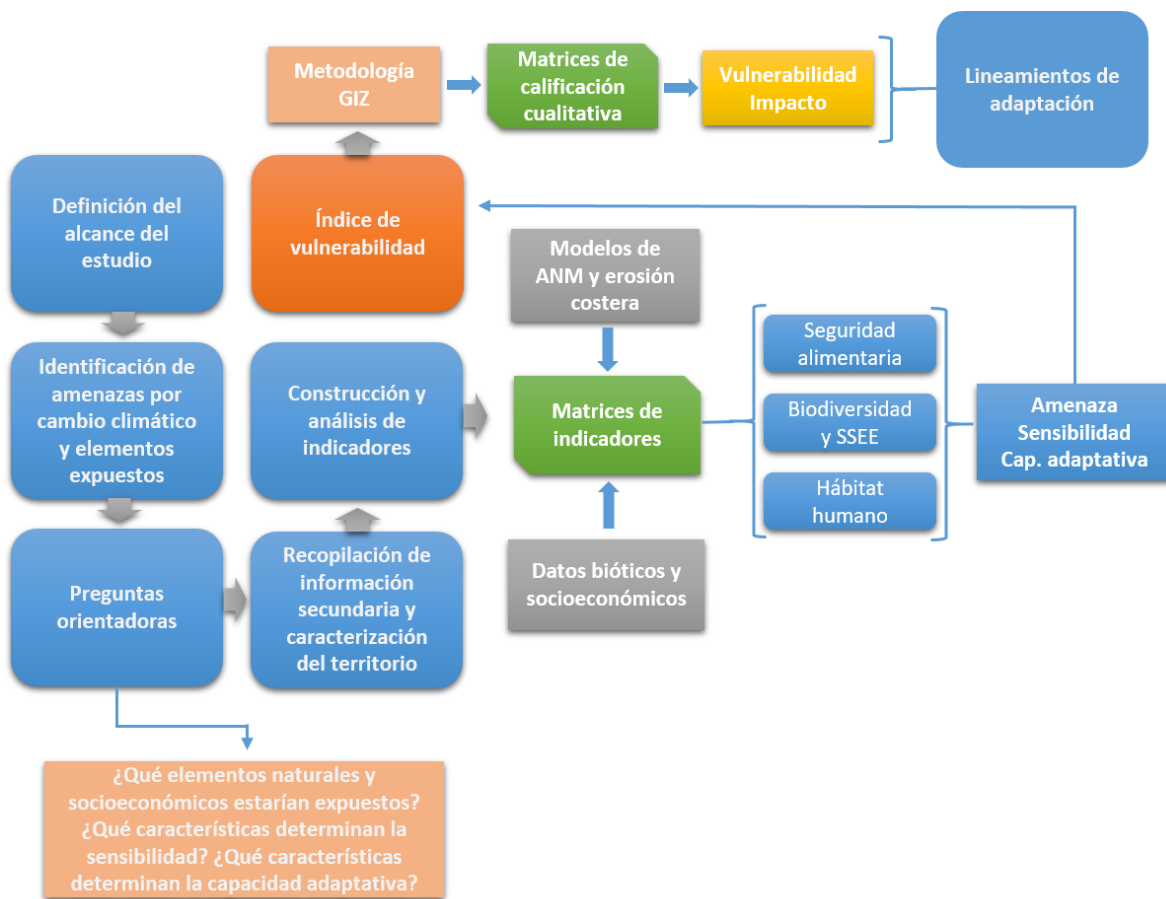


Figura 1. Proceso metodológico para el desarrollo del estudio.

Para la elaboración de la evaluación de vulnerabilidad a escala detallada en el municipio, ha sido necesaria la recopilación de información cartográfica ambiental y socioeconómica a través de consultas a instituciones que hacen presencia en el área de estudio, como la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCÓ), la Alcaldía municipal de Bahía Solano, WWF, la Corporación OSSO, Mar Viva y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John Von Neumann (IIAP). Así mismo, se han consultado fuentes secundarias oficiales como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Como complemento de esta información, se realizó una salida de campo al municipio, donde se hizo un recorrido por la zona marino-costera y los centros poblados existentes en esta área, para recopilar datos sobre usos del suelo, información ambiental, socioeconómica y cartográfica. Así mismo, se llevó a cabo un taller con los actores locales, quienes ofrecieron aportes en la identificación de elementos relevantes del territorio, en la evaluación de vulnerabilidad y lineamientos de adaptación.

2.1. Componente de Sistemas de Información Geográfica - SIG

La Figura 2 muestra los pasos realizados para llegar a los productos cartográficos requeridos en el proyecto comenzando por la fase de insumos que comprendió la recolección de la información geográfica existente en el área de estudio para las dos escalas de trabajo, después siguen los procesos que incluyen la estructuración de la información espacial recopilada para la caracterización biofísica y socioeconómica del territorio, la organización de los datos, generación de modelos, creación de plantillas y diseño de los mapas. Por último, la entrega de los productos compuestos principalmente por tablas con los resultados de exposición debido a las amenazas por el cambio climático, las distintas salidas gráficas temáticas y la creación de una base de datos geográfica (GDB) Geodatabase, que funciona como el repositorio de los modelos de elevación, de ascenso del nivel del mar, tablas y archivos georreferenciados, bajo el sistema de coordenadas establecido en el proyecto.

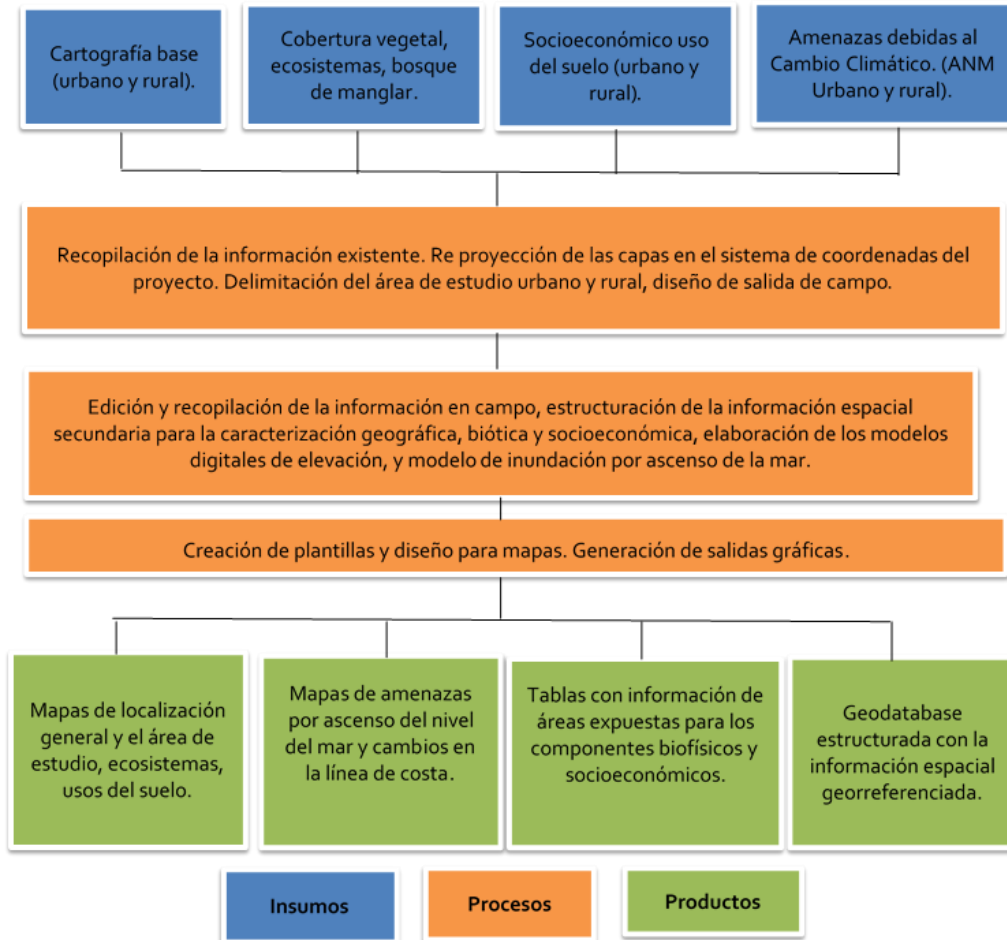


Figura 2. Proceso metodológico del componente de Sistemas de Información.

Para generar el modelo de inundación por Ascenso del Nivel Del Mar (ANM) en la costa del municipio de Bahía Solano se tomaron las proyecciones que corresponden al escenario que más asciende en el CMIP 5 y que tienen como niveles, 18 cm para el 2040 y 40 cm para el 2100 (Andrade, 2017).

Para recrear el escenario de inundación futura debido al ANM (ascenso del nivel del mar) fue necesario considerar la alta variabilidad de las mareas que se dan en el municipio de Bahía Solano como referencia se tomaron los niveles calculados por (Dimar-CCP, 2013) en donde los autores definieron escenarios de propagación del tsunami considerando tres condiciones de nivel del mar: la bajamar más probable 0.65 m, la pleamar más probable 2.6 m y la máxima pleamar registrada de 3.5 m.

Para generar el modelo se tomó el dato de la pleamar máxima registrada y se le sumó la proyección para las diferentes épocas, dando como resultado el modelamiento de ANM para marea alta en Bahía Solano con un ascenso de 3,68 metros para el 2040 y 3,9 metros para el 2100.

El modelo de cambios en la línea de costa fue tomado de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, elaborado a escala 1:100.000. En este, se calculó la tasa de cambio

en la línea costera tomando como límite el contacto superior del frente de playa o el primer elemento existente ya sea natural o antrópico; se digitalizaron dos segmentos de línea de costa, uno para la década de los 80's y otro actual (2015-2016) y se dibujaron líneas de costa por departamento. El análisis de la línea de costa se realizó mediante la herramienta DSAS (Digital Shoreline Analysis Systems), la cual arroja la tasa de cambio, y a partir de esto se elaboran los escenarios futuros (INVEMAR-IDEAM, 2017).

2.2. Evaluación de vulnerabilidad

Para la elaboración del análisis de vulnerabilidad en el municipio de Bahía Solano, se identificaron las amenazas presentes en el territorio como un derrotero para reconocer los elementos naturales y humanos susceptibles de sufrir afectaciones. A partir de estos, se plantearon los indicadores de amenaza, sensibilidad y capacidad adaptativa, ordenados en los componentes de Seguridad alimentaria, Biodiversidad y servicios ecosistémicos y Hábitat humano.

Una vez obtenidos los modelos de inundación por ANM y erosión costera, se procede al cruce de las variables socioeconómicas y bióticas para obtener las afectaciones en cada uno de los componentes y las unidades de análisis, correspondientes a los centros poblados, sectores rurales y las secciones urbanas en Ciudad Mutis, cabecera municipal de Bahía Solano.

En el proceso de construcción de la vulnerabilidad se obtuvieron un total de 38 indicadores, discriminados en 22 de exposición (Tabla 1), 11 de sensibilidad (Tabla 2) y 5 de capacidad adaptativa (

Tabla 3).

Tabla 1. Indicadores bióticos y socioeconómicos de Amenaza.

Componente	Indicador	Fuente	Relación
Seguridad Alimentaria	Áreas uso agropecuario inundada por ANM (sectores rurales)	EOT Bahía Solano, 2005; WWF, 2010-2012.	Directa
	Área de uso agropecuario afectada por erosión costera (sectores rurales)		
Biodiversidad y SSEE	Área del ecosistema de Manglar inundado por ANM (sectores rurales)	IIAP, 2008	
	Área del ecosistema de manglar afectado por erosión costera (sectores rurales)		
	Áreas playas inundadas por ANM (sectores rurales)	Gómez et al., 2014, Imágenes satelitales Planetscop, 2018.	
	Área del playa afectadas por erosión costera (sectores rurales)		
Hábitat Humano	Área de centros poblados inundada por ANM	DANE, 2005	
	Área de centros poblados afectada por erosión costera		

Componente	Indicador	Fuente	Relación
	Área rural inundada por ANM (sectores rurales)		
	Área rural afectada por erosión costera (sectores rurales)		
	Área urbana inundada por ANM (Ciudad Mutis)		
	Área urbana afectada por erosión costera (Ciudad Mutis)		
	Población de CP afectada por ANM		
	Población de CP afectada por erosión costera		
	Población urbana afectada por ANM (Ciudad Mutis)		
	Población urbana afectada por erosión costera (Ciudad Mutis)		
	Viviendas de CP inundadas por ANM		
	Viviendas de CP afectadas por erosión costera		
	Viviendas urbanas inundadas por ANM (Ciudad Mutis)		
	Viviendas urbanas afectadas por erosión costera (Ciudad Mutis).		
	Área turística rural inundada por ANM.		
Área turística rural afectada por erosión costera.			

Tabla 2. Indicadores bióticos y socioeconómicos de Sensibilidad.

Componente	Indicador	Fuente	Relación
Seguridad Alimentaria	Aporte al PIB agropecuario.	EOT Bahía Solano, 2005; WWF, 2010-2012; Censo agropecuario DANE, 2014; DANE, 2017	Directa
Biodiversidad y SSEE	Prioridad de restauración del ecosistema de manglar en el sector (sectores rurales)	IIAP, 2008; Gómez, C. et al. 2014.	Inversa
Hábitat Humano	Capacidad del capital humano (cabecera municipal)	DANE, 2005	Directa
	Capacidad del capital humano en los centros poblados (rural)		

Componente	Indicador	Fuente	Relación
	Capacidad de generación de ingresos (cabecera municipal)		Inversa
	Capacidad de generación de ingresos en los centros poblados (rural)		
	Características de viviendas (cabecera municipal)		Directa
	Características de viviendas en los centros poblados (rural)		
	Capacidad de asegurar alimentos (cabecera municipal)		
	Capacidad de asegurar alimentos en los centros poblados (rural)		
Aporte al PIB turístico (sectores rurales)	EOT Bahía Solano, 2005; WWF, 2010-2012; DANE, 2016; DANE, 2017	Directa	

Tabla 3. Indicadores bióticos y socioeconómicos de Capacidad adaptativa.

Componente	Indicador	Fuente	Relación
Seguridad Alimentaria	Inversión del presupuesto municipal en el sector agropecuario (rural)	Plan Plurianual de Inversiones (PDM, 2016-2019)	Directa
Biodiversidad y SSEE	Porcentaje de área de manglar dentro del sistema de áreas marinas protegidas en RUNAP (sectores rurales)	IIAP, 2008; Gómez, C. et al., 2014.	Directa
Hábitat Humano	Inversión en ambiente y desarrollo (Ciudad Mutis)	Plan Plurianual de Inversiones (PDM, 2016-2019)	Directa
	Inversión en ambiente y desarrollo en los centros poblados		
	Inversión del presupuesto municipal en el sector turismo.		

El siguiente paso constituye la definición de la vulnerabilidad, para la cual se realizó una adaptación de la metodología del GIZ. A partir de las calificaciones obtenidas en los diferentes indicadores y los niveles de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, se realiza una calificación cualitativa de vulnerabilidad y el peligro (Figura 3).

SENSIBILIDAD	CAPACIDAD ADAPTATIVA			
	CALIFICACIÓN	Baja	Media	Alta
	Alta	Alta	Media	Media
	Media	Media	Media	Baja
	Baja	Baja	Baja	Baja

EXPOSICIÓN	VULNERABILIDAD			
	CALIFICACIÓN	Baja	Media	Alta
	Alta	Media	Media	Alta
	Media	Baja	Media	Media
	Baja	Baja	Baja	Media

Figura 3. Matrices de calificación cualitativa de vulnerabilidad (arriba) y peligro (abajo). Fuente: GIZ, 2016.

3. CONTEXTO GENERAL DE BAHÍA SOLANO

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Bahía Solano, fue creado mediante ordenanza No. 8 de 1962, se encuentra ubicado entre la Serranía del Baudó y el Norte del Océano Pacífico Chocoano, a los 6° 13` 47" de latitud Norte y a los 77° 24` 41" de longitud Oeste; su extensión es de 976 km² de los cuales 95 son urbanos. Se encuentra a cinco metros sobre el nivel del mar y a 178 km de Quibdó; integra la subregión del Pacífico Norte y por extensión es fronterizo con Panamá (

Figura 4) (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

Se conforma de la cabecera municipal llamada Ciudad Mutis, dividido en siete corregimientos (El Valle, Bahía Cupica, Nabugá, Huaca, Mecana, Huina) y 12 veredas, dos resguardos indígenas reconocidos y dos sin formalizar (Boroboro, Poza Mansa, el Brazo y Villa Nueva Juna) y un territorio colectivo de comunidades negras que están traslapadas con los corregimientos (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

La zona de estudio se enmarca en la Unidad Ambiental Costera (UAC) Pacífico Norte Chocoano, reglamentada por el Decreto 1120 de 2013. Su delimitación está establecida en la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (PNAOCI), que comprende "desde la frontera con Panamá hasta Cabo Corrientes en el departamento del Chocó". sus límites zonales abarcan la isóbata de 200 m de profundidad delimitando la plataforma continental hacia mar adentro y hacia tierra 2 km después del borde externo de los bosques de transición, las áreas protegidas presentes que hacen parte del SINAP y el perímetro externo de las zonas urbanas presentes (MMA, 2000).

Al interior del municipio, se encuentran áreas protegidas de acuerdo con lo estipulado en el Decreto Único 1076 del 2015 y el CONPES 3680 del 2010. En este sentido, se halla el Parque

Nacional Natural Utría, declarado mediante acuerdo No. 052 del 4 de diciembre del 1986, cuya extensión es de 54.300 hectáreas de superficie aproximada, ubicado dentro de las jurisdicciones municipales de Bahía Solano, Bojayá, Alto Budó y Nuquí en el departamento del Chocó (INDERENA, 1986).

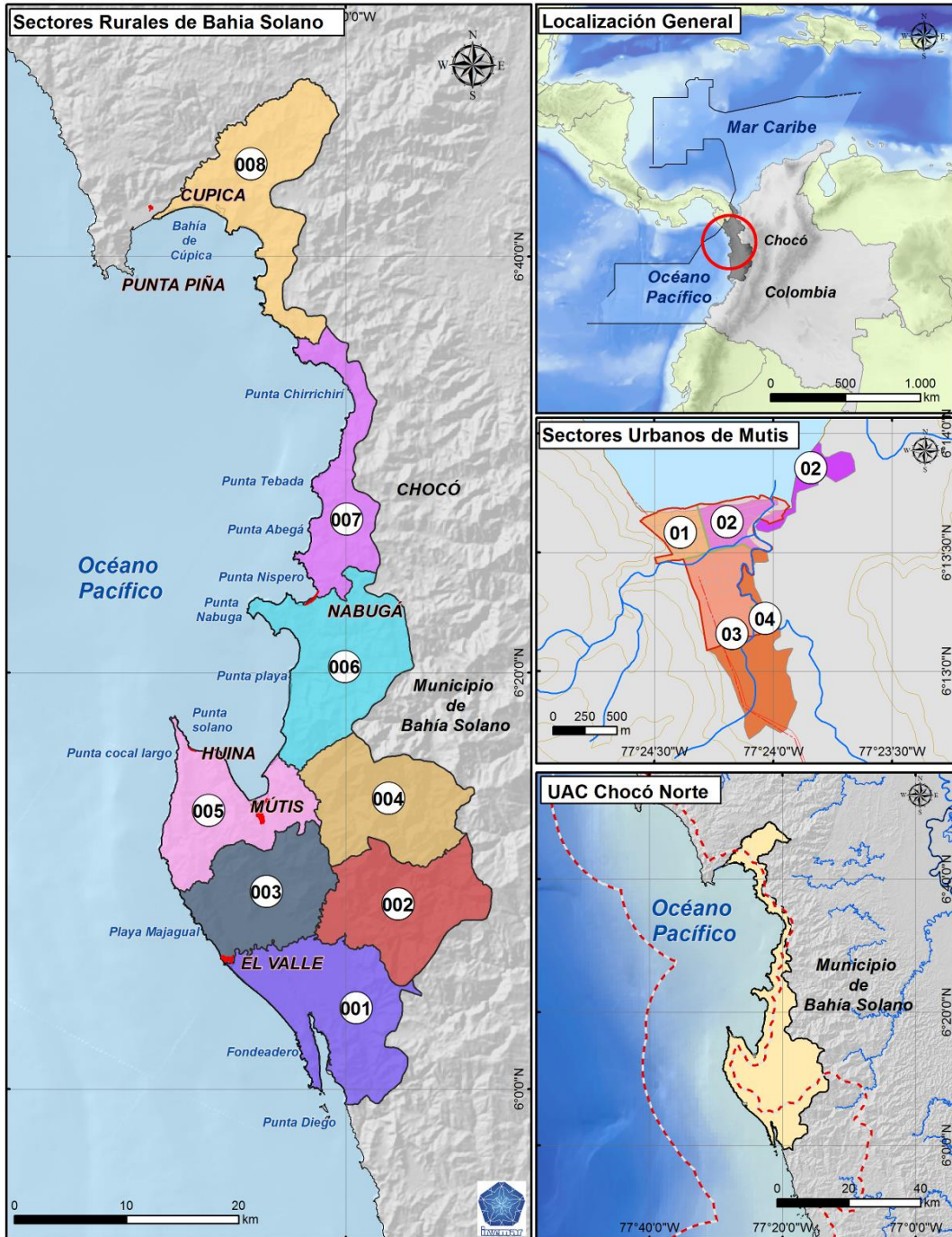


Figura 4. Área de estudio municipio de Bahía Solano, Chocó. Unidades de análisis: Sectores rurales y Centros poblados, Secciones urbanas al interior de Ciudad Mutis Fuente: Labsis, 2018.

3.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

El municipio de Bahía Solano se encuentra incomunicado por la vía terrestre con el interior del país, incluyendo Quibdó su capital departamental y Bogotá la capital de Colombia. El medio de transporte utilizado es aéreo, conectando con Medellín, Cali, Quibdó y Bogotá; así mismo, existe comunicación vía marítima con el Distrito de Buenaventura, ubicado a 12 horas y con la ciudad de Panamá a 24 horas en barco (Cuesta *et al*, 2013).

El sistema de asentamientos está conformado por la cabecera municipal, los centros poblados mayores y los asentamientos menores. La cabecera municipal conocida como Ciudad Mutis, constituye el núcleo político administrativo principal y concentra el mayor número de habitantes; los centros poblados mayores se encuentran en segundo lugar en la jerarquía poblacional, correspondientes a El Valle y Bahía Cupica, presentando un desarrollo menor en comercio y servicios, cumplen el rol de centro de relevo, prestación de servicios a la población rural y filtros de asentamientos turísticos. Y los asentamientos menores (Nabugá, El Brazo, Huaca, Huina, Poza mansa, Mecana, Playa de los Potes, Boroboro, Tebada, Playa de las Flores) son incipientes, con inexistencia de infraestructura para la prestación de servicios, su concentración poblacional es baja, desarrollo habitacional disperso y altamente dependientes de la cabecera y los centros poblados mayores (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2005).

La población está conformada por un total de 9.400 habitantes al año 2018, con 4.986 ubicados en la cabecera y 4.414 en la zona rural; sobresale el número de hombres siendo 4.837 mientras que las mujeres son 4.563 (Figura 5). La densidad de población es de 9,63 hab./ km², la cual es baja en comparación con el promedio nacional (43 hab./km²) (DANE, 2005).

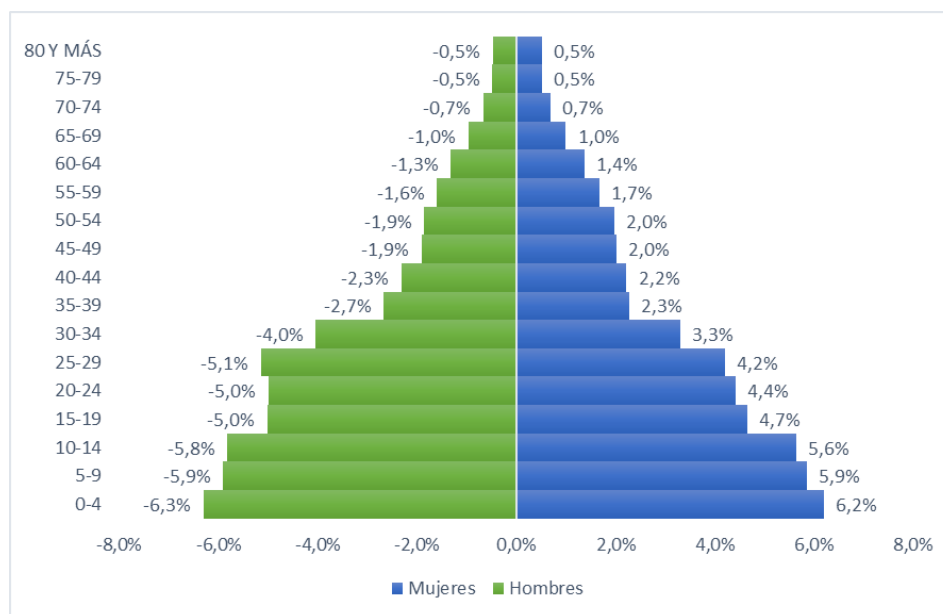


Figura 5. Pirámide de población municipal de Bahía Solano, 2018. Fuente: DANE, 2005.

La composición poblacional de Bahía Solano se caracteriza por ser tri-étnica, donde la mayoría de sus habitantes pertenecen a la población negra, quienes se asientan en los

corregimientos, cabecera municipal y poblaciones costeras. Los grupos indígenas Emberás se localizan principalmente en los resguardos ubicados en las partes altas de los ríos; y los mestizos provenientes del interior del país se ubican en la cabecera municipal y las playas (Alcaldía Municipal de Bahía Solano y Cossam, 2017).

Las comunidades negras asentadas en Bahía Solano, están organizadas a través del Consejo Comunitario General de la Costa Pacífica del Norte del Chocó – Los Delfines – y el Consejo Comunitario de Cupica. El primero se conforma por las comunidades de Nabugá, Playita de las Flores, Playita de los Potes, Huaca, Mecana, Ciudad Mutis Rural, Punta Huina, Playita de los Cuestas, Juná y El Valle (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

Por su parte, la población indígena se conforma de 860 personas, quienes representan el 9,2% del total de la población de Bahía Solano (DNP, 2017). Sus condiciones de vida son difíciles, pues carecen de servicios adecuados de salud, presentan problemas de desnutrición y la educación es deficitaria en cuanto a calidad y pertinencia (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).



Figura 6. Porcentajes de cobertura en salud, educación, viviendas y NBI en el municipio de Bahía Solano. Fuente: DNP, 2017 y DANE, 2005.

En cuanto a los servicios sociales (Figura 6), el municipio de Bahía Solano cuenta con tres instituciones y dos centros educativos, pero no está certificado en educación. Su baja calidad y cobertura se asocian a la carencia o mal estado de la infraestructura física educativa, la falta de dotación, escasa planta docente y capacitación de la misma y baja penetración del internet; a esto se suman otras causas indirectas como los bajos niveles de ingresos familiares y la disponibilidad de alimentos, dejando como resultado ausentismo y deserción escolar (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

De igual manera, el municipio no cuenta con certificado en salud, limitando así las inversiones en infraestructura, dotaciones y personal para la prestación del servicio, dado

que en estas condiciones la competencia es del departamento. En la cabecera municipal Ciudad Mutis, se encuentra el Hospital de primer nivel "Julio Figueroa Villa", operado por la IPS Centro Médico CUBIS y una Entidad Promotora de Salud encargada de promover la afiliación al Sistema de Seguridad Social COMFACHOCÓ. Existen dos puestos de salud uno en el corregimiento de El Valle y otro en Bahía Cupica, ambos en mal estado y deficiencias en las dotaciones. El mayor problema se refleja en la falta de los procedimientos de segundo nivel, los pacientes deben ser trasladados generalmente desde los corregimientos por vía marítima en improvisadas pangas hasta Ciudad Mutis y de allí a Medellín o Quibdó por vía aérea (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

Por otra parte, la pobreza medida a través del Indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), muestra que el 30% de la población de Bahía Solano se encuentra en condiciones de pobreza, similar al dato nacional (27%). Las privaciones que presentan los habitantes se reflejan en las limitadas condiciones de vida, las viviendas no cuentan con dotación adecuada en cuanto a servicios públicos se refiere y tienen una economía familiar incipiente (Cuesta *et al*, 2013). Las viviendas en los corregimientos y veredas en su mayoría son pequeñas sin unidades sanitarias, mientras que en el centro urbano presentan mejor equipamiento (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

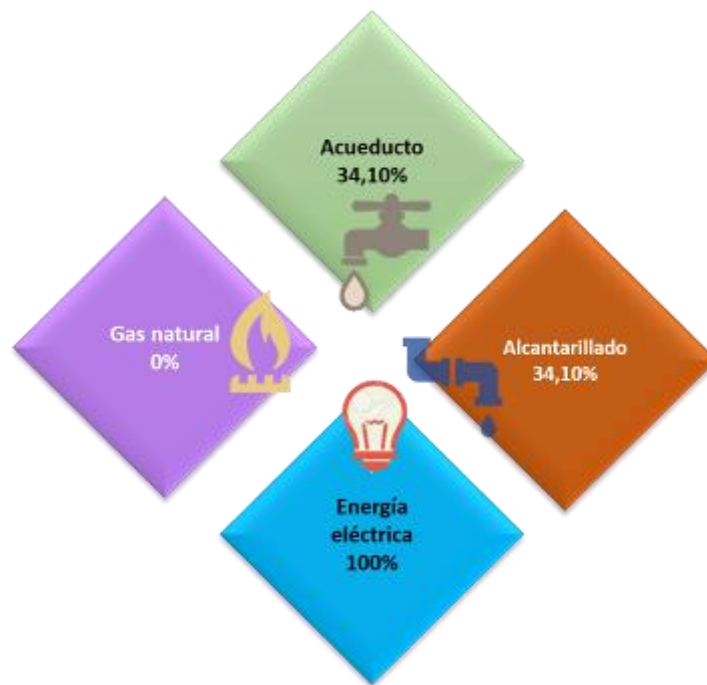


Figura 7. Cobertura de servicios públicos domiciliarios en el municipio de Bahía Solano. Fuente: DNP 2016.

El servicio de acueducto tiene cobertura del 83% en el municipio. En Ciudad Mutis y algunos corregimientos existen acueductos sin plantas de potabilización de agua, y El Valle específicamente no cuenta con este servicio, solo Huina tiene planta potabilizadora. La carencia en el tratamiento del agua permite la propagación de enfermedades por estafilococos, salmonella entre otras. En cuanto al servicio de alcantarillado, el municipio cuenta con una nueva y moderna planta de tratamiento de aguas residuales, evitando así la contaminación de las fuentes hídricas. El corregimiento de Cupica tiene un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de residuos y cobertura en toda la población; sin

embargo, de los demás corregimientos, solo Huina tiene este servicio (Figura 7) (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

El servicio de recolección de basuras tiene cobertura del 95% en Ciudad Mutis y se realiza con volquetas, es llevado a cabo hasta donde permiten las vías puesto que no se encuentran pavimentadas; el basurero es a cielo abierto sobre la vía que conduce a El Valle y no se realiza relleno sanitario. Los corregimientos carecen de sistema de recolección de residuos, por lo tanto, son enterrados, quemados o terminan en las playas, el mar, ríos o quebradas, siendo un problema ambiental y de salud pública. Finalmente, el servicio de energía eléctrica se presta a través de un sistema de autogeneración mediante una microcentral hidroeléctrica ubicada en el municipio. Este se constituye en una fuente de desarrollo y progreso, destacándose la actual cobertura del 100% y la calidad del servicio (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

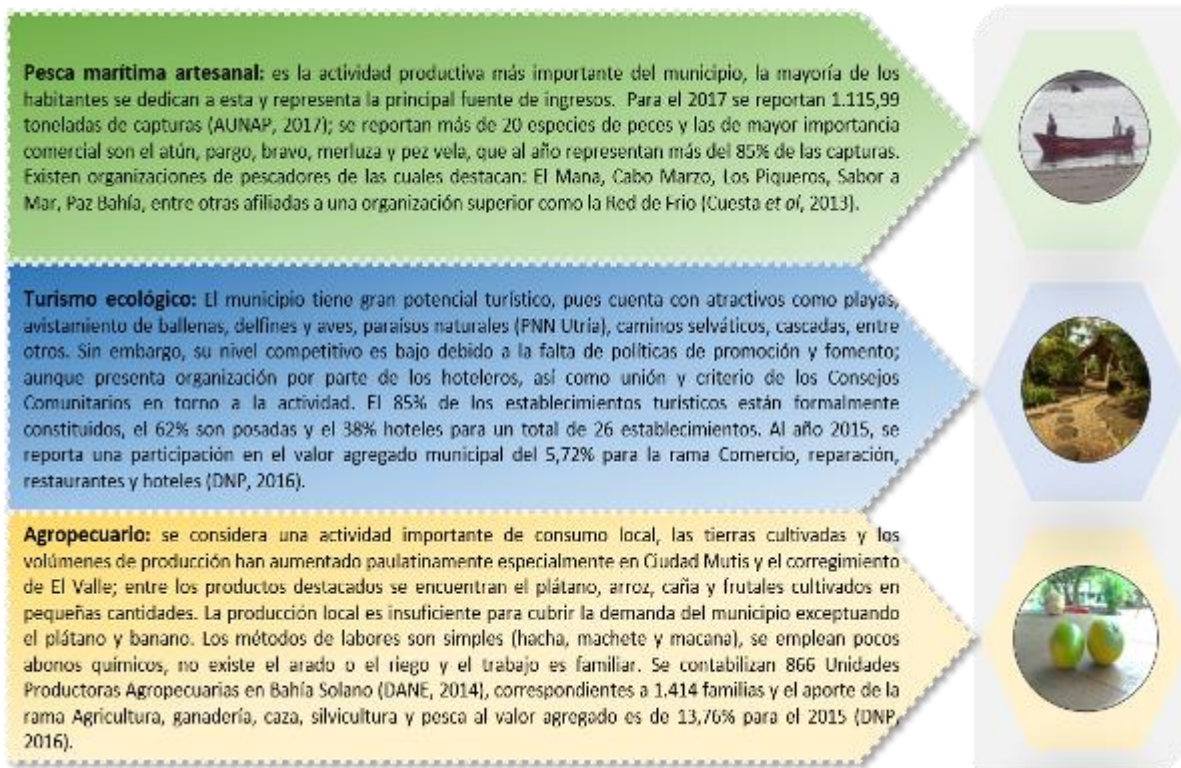


Figura 8. Actividades productivas en el municipio de Bahía Solano. Fuente: SEPEC, 2017; Cuesta *et al*, 2013; DNP, 2016; DANE, 2014.

Las principales actividades productivas llevadas a cabo en el municipio, son la pesca marítima artesanal y el turismo ecológico. De igual forma, existen otras ocupaciones como la agricultura, basada en cultivos de arroz, plátano, caña panelera, naranja principalmente; y la ganadería extensiva en pequeña escala y poca producción de carne. Estas actividades presentan limitaciones en la producción, productividad y competitividad, debido a la aptitud de los suelos en términos de capacidad de uso y la escasa disponibilidad de factores de producción como el acceso al crédito, tecnologías apropiadas y asistencia técnica agropecuaria (Figura 8) (Cuesta *et al*, 2013).

Así mismo, se realizan actividades de comercio, extracción forestal y en menor medida se encuentran otros renglones conformados por la ebanistería, carpintería, construcción, venta de comidas, empleo doméstico, comercio informal, cargue y descargue de barcos y transporte de pasajeros por vía terrestre, marítima y fluvial (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

3.3. CONDICIONES AMBIENTALES

Geomorfología

El municipio de Bahía Solano se encuentra configurado en una espesa zona montañosa proveniente de la Serranía del Baudó, representada mayormente por geoformas como espinazos y crestones monoclinales disectados, montañas y colinas ramificadas, valles coluvioaluviales, piedemonte aluvial, playas y cordones litorales del Pacífico (CODECHOCÓ, 2009).

La franja litoral entre Bahía Solano y la Ensenada de Utría conservan una línea de costa estable, a excepción de los lugares ubicados en las desembocaduras de ríos o quebradas en dónde se encuentran importantes accidentes geográficos como la ensenada de Utría, los golfos y manglares de Tribugá y Cupica. Cerca del 80% de la costa, está compuesta por acantilados con rocas volcánicas básicas, dentro de las cuales se identifican tres rasgos geomorfológicos litorales (MinTrabajo y PNUD, 2013) (Figura 9).



Figura 9. Geomorfología del litoral costero en el municipio de Bahía Solano, Chocó. Fuente: Mintrabajo y PNUD, 2013.

Los suelos de esta área, son característicos de la Serranía del Baudó. Y están conformados por rocas ígneas o metamórficas que tienen buen drenaje y un alto contenido de aluminio intercambiable. Los suelos de la planicie marina están asociados a bancos y barras arenosas, con deficiente drenaje, poco evolucionados y con altos contenido orgánico y de sales. Están afectados por las mareas permitiendo la formación de vegetación halofítica como el manglar (PNNU. 2005-2009) (Figura 10).



Figura 10. Suelos característicos del litoral costero en el municipio de Bahía Solano. Fuente: INVEMAR, 2018.

Hidrología

El municipio está relativamente bien irrigado dado que posee ríos y quebradas que se encuentran bien distribuidos a lo largo y ancho de territorio. Entre los principales ríos se encuentran: Valle, Cupica, Jella, Nabugá, Huaca, Mecana, Juná; por su parte, entre las principales quebradas se destacan: Piña, Cacique, Resaca, Chicocota, Limones, Chirichito, Juan Girón, Chirichiri, Gloria, Nutria, tebada, Abegá, Jellita, Chadó, Guaduales y San Pichi, las cuales también han sido afectadas por la deforestación propiciada por la implementación de las orillas para cultivos y ganadería (MinTrabajo y PNUD, 2013).

Oceanografía

El comportamiento de las mareas en Bahía Solano es de tipo semidiurno, es decir con dos pleamares y dos bajamares en el día, la marea alta oscila entre los 3 y 4 m. Las alturas medias de oleaje por su lado, varían entre 0.5 y 1.5 m, con periodos que oscilan entre 8 y 10s.

Las condiciones oceanográficas de la cuenca Pacífico colombiana, se encuentran reguladas por los vectores de viento en la región. Durante el primer semestre predominan los vientos alisios del noroeste, manifestándose además el chorro de Panamá; en el segundo semestre la ZCIT se ausenta al igual que el chorro de Panamá, presentándose dominios de vientos del suroeste del denominado chorro del Chocó.

La Temperatura Superficial del Mar – TSM- los primeros meses del año presenta valores de $\sim 24.5 - 26^{\circ}\text{C}$. Entre abril y junio la TSM asciende hasta alcanzar $\sim 28^{\circ}\text{C}$; presentándose un

comportamiento similar entre los meses de julio a octubre. Ya para los meses de noviembre y diciembre se retornan las condiciones más frías. La TSM promedio es de 27.6°C.

Por otro lado, para la Salinidad Superficial del Mar –SSM- los meses que presentan los máximos en promedio corresponden al periodo enero-junio, siendo el mes de abril el mes que se presenta el máximo durante el año (~35 psu). A partir de septiembre la salinidad empieza a disminuir hasta diciembre, mostrando un mínimo en septiembre alcanzando valores de hasta 30.5 psu.

Ecosistemas

En el territorio municipal sobresalen zonas de interés biológico, cultural y productivo asociadas a la estructura ecológica principal de la subregión eco geográfica litoral del pacífico. Localizada desde el límite sur del municipio de Timbiquí hasta el municipio de Bahía Solano, que se caracteriza por una extensa zona de manglares a lo largo de la costa Pacífica. En esta subregión, se encuentra el corredor biológico Darien-Baudó, que funciona como un importante puente de conexión natural entre centro y sur América para las aves migratorias; a la vez, que conecta las figuras del Parque Nacional Natural Ensenada de Utria (PNNU) y el Parque Nacional Natural los Katíos. También sobresale el corredor biológico Cabo Corriente – Cabo Marzo dentro del cual, se encuentra la figura de conservación del PNNU. Este corredor presenta una gran variedad de ecosistemas de manglar, arrecifes de coral y morros dentro del océano, que lo convierten en el lugar propicio para nidación de diferentes especies de aves, tortugas, peces y ballenas, (Figura 11) (CODECHOCÓ y WWF, 2010).

El municipio cuenta con seis Reservas Naturales de la Sociedad Civil que también conforman áreas de Manejo Especial, estas son: Kákiri, Tebada, Juná, Estación Septiembre, La Alternativa y Karagabí, las dos últimas no hacen parte de ninguna red, simplemente están constituidas como estrategias de conservación de recursos naturales y ecosistemas (PNNU. 2005-2009). También cuenta con la reserva forestal protectora cuenca quebrada Mutatá, que ocupa aproximadamente 903 ha del total del área municipal. Esta reserva se encuentra bajo bosque natural/oro B Baudó Darien (97%) y bosques naturales de tierras bajas (3%) (CODECHOCÓ y WWF, 2010).

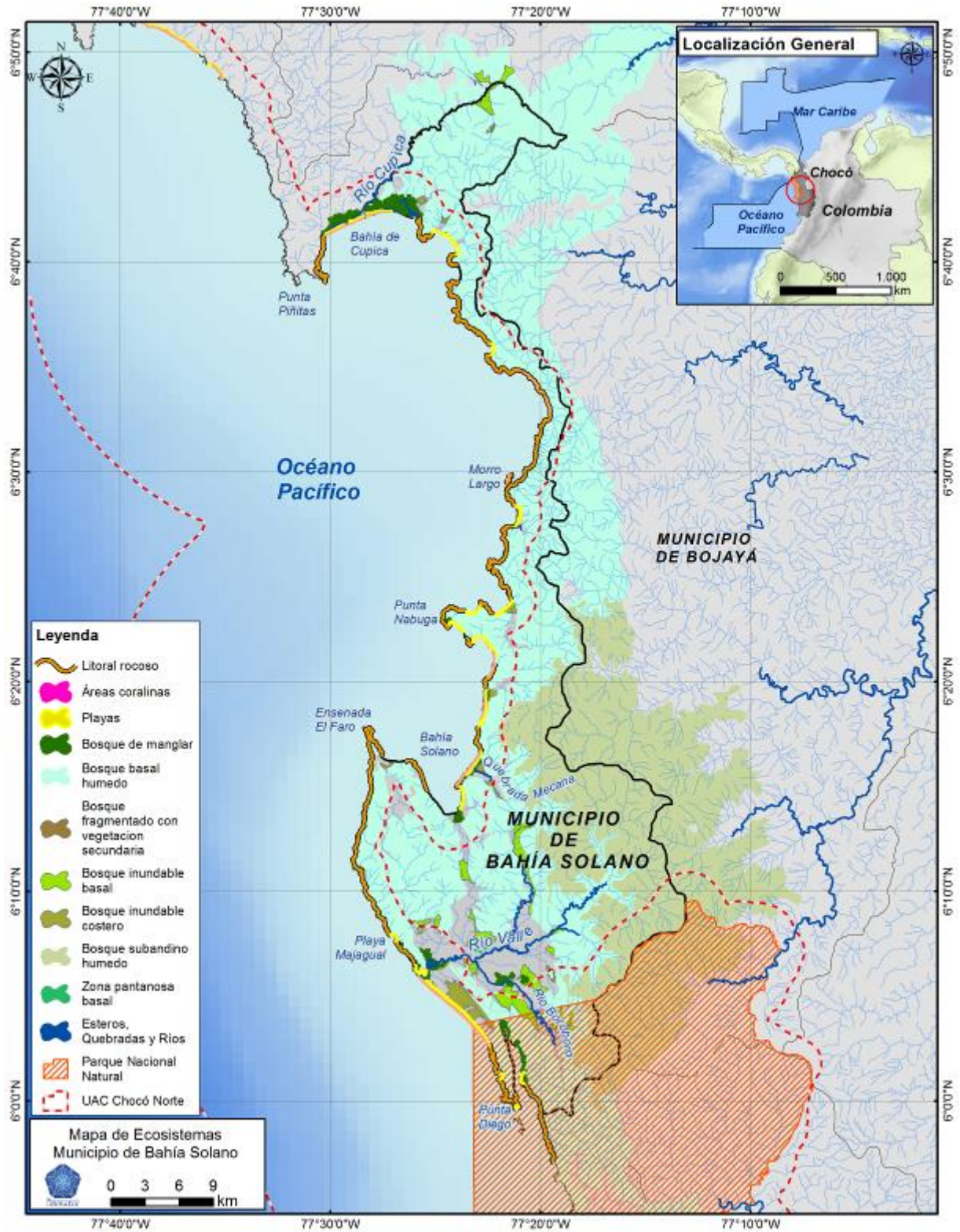


Figura 11. Mapa de ecosistemas del municipio de Bahía Solano. Fuente: Labsis, INVEMAR, 2018.

Sobresalen a lo largo del área municipal ecosistemas boscosos como: el bosque pluvial o selvas higrofíticas y los bosques misceláneos. El primero corresponde a zonas con temperaturas superiores a los 24°C y pluviosidad anual promedio entre 4.000 y 5.000 mm, en este se destacan el bosque aluvial y el bosque de baja altitud. En la Figura 13 se pueden observar los principales ecosistemas misceláneos presentes en la zona marino costera de Bahía Solano. 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 (Figura 12).



Figura 12. Servicios ecosistémicos presentes en el municipio de Bahía Solano, Chocó. Fuente: Carter, 1990 citado en Gómez-Cubillos et al., 2014; EPA, 2018; McLusky y Elliott, 2004 citado en Niquil et al., 2012.

Las principales causas de afectación y deterioro de los ecosistemas están asociada a las actividades antrópicas como la extracción de recursos maderables e hidrobiológicos, el vertimiento de residuos sólidos y líquidos a los ríos y quebradas, los cambios asociados a los usos del suelo, el desarrollo de las actividades turísticas y el crecimiento de la infraestructura hotelera. En este sentido, los ecosistemas de manglar ubicados en la zona centro de Juná, El Valle, Utría y Juribidá, son los que registran mayor deterioro y pérdida. A esta situación también se suma los impactos del cambio climático, asociados a la erosión costera y aumento del nivel que contribuyen a la erosión y pérdida de playas, alteran la geografía local y ponen en riesgo a las viviendas, la infraestructura urbana y a la población en general (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016; Codechocó y WWF, 2010; INVEMAR, 2009).

Manglares

- Se encuentra en mayor proporción en Bahía Cúpica con 640ha aproximadamente. Entre las especies sobresalen el mangle piñuelo, el mangle rojo y negro, que son característicos en suelos consolidados más estables.
- Por otra parte el mangle blanco y el botón son de suelos duros y compactos. En la franja intermareal, cercano a las zonas de baja salinidad, se encuentran especies de mangle nato.



Litoral rocoso

- Se encuentra a lo largo de la costa pacífica en la zona norte central ocupando un área de 636 km aprox. En el municipio de Bahía Solano se encuentran presentes rocas volcánicas que han contribuido a la formación de las costas y acantilados presentes en la costa de Utría, Cabo corrientes, Cabo marzo y los accidentes costeros en toda la línea costera.



Litoral sedimentario

- Son características de las playas arenosas de "bolsillo", pequeñas y particularmente con inclinaciones y pendientes fuertes, como la playa la Cuevita o playa larga en el corregimiento del Valle, playa Cocalito, playa Blanca en el PNNU. Estas playas permiten la anidación de al menos cinco especies de tortugas marinas (Carey, canal y golfinia) que llegan al Pacífico colombiano.



Ecosistemas pelágicos

Corresponde al espacio que ocupa la columna de agua diferenciado por su cercanía al continente, el costero y el oceánico. Los principales organismos de estos ecosistemas son el plancton, los peces y los grandes mamíferos (delfines, y ballenas).



Ensenada y estuarios

Se encuentran presentes a lo largo del litoral costero del municipio de Bahía Solano. Sus propiedades físicas y químicas han permitido el desarrollo de comunidades biológicas y la interacción estuario - manglar configurándose como un hábitat altamente productivo.



Arrecifes coralinos

Se encuentran en mayor proporción en el PNNU y en Cabo Marzo, presentando variedad de vida marina (moluscos, crustáceos, peces y algas). Otras estructuras coralinas se encuentran en los fondos sumergidos que bordean la ensenada de Utría, Bahía Tebada y Punta Cruces al norte, cerca a la frontera con Panamá.



Figura 13. Principales ecosistemas misceláneos de la zona marino costera del municipio de Bahía Solano, Chocó. Fuente: Codechocó y WWF, 2010; INVEMAR, 2009; Alcaldía Municipal de Bahía Solano – IIAP, 2006; PNNU, 2005-2009.

3.4. EL CLIMA DE BAHÍA SOLANO

EL CLIMA ACTUAL

La migración de la ZCIT en el territorio colombiano, la influencia de los procesos océano-atmosféricos desarrollados en el Océano Pacífico, y la ubicación geográfica de la Serranía de Baudó y la Cordillera Occidental hace que la región Pacífica Colombiana sea uno de los lugares del planeta con mayor índice de precipitación anual (IDEAM, 2015).

Por su parte, el municipio de Bahía Solano, se caracteriza como Cálido Superhúmedo según la clasificación Caldas-Lang, mientras que en los límites con Bojayá puede llegar a presentar un clima Templado Superhúmedo debido a la Serranía del Baudó. En el municipio se presentan precipitaciones durante todo el año y diferencias en la temperatura ambiente menores a 5°C entre el mes más cálido y el mes más frío.

La precipitación media anual es de aproximadamente 5000 mm. Aunque no se presenta una estacionalidad definida y lluvias en todo el año, se presenta una época más seca en los meses de enero a marzo, desapareciendo paulatinamente durante los otros meses, presentándose lluvias mensuales con promedio de hasta 600 mm. Los totales anuales de precipitación normalmente superan los 5000 mm, presentándose hacia el Sur-Occidente núcleos que alcanzan ampliamente los 7000 mm (EOT, 2004; IDEAM, 2015).

En cuanto a la temperatura, no se presenta una variabilidad significativa, a lo largo del municipio se registran temperaturas medias entre 24-26 °C. Sin embargo, sobre la Serranía del Baudó y estribaciones de la cordillera occidental, las temperaturas siguen la ley normal de disminución en función de la elevación (MinTrabajo y PNUD, 2013).

La humedad relativa media es en general mayor al 85% en el municipio. La estacionalidad no es significativa en cuánto al cambio de humedad presentando siempre valores altos en cualquier época del año (Figura 14).



Figura 14. Principales aspectos del clima en Bahía Solano. Fuente: IDEAM, 2015; EOT Bahía Solano, 2004; PNUD, 2013.

En términos de amenazas naturales, el municipio de Bahía Solano se encuentra expuesto a la ocurrencia de fenómenos naturales con alto riesgo de desastres en correspondencia con las condiciones geográficas y geofísicas del territorio. Según los reportes de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, (UNGRD, 2015), entre 2010 y 2017, los eventos más recurrentes han sido las inundaciones (70%) producidas por mares de leva, marejadas y desbordamientos de los ríos; seguido de los deslizamientos (12%), vendavales (6%), erosión (6%) y sismos (6%), (UNGRD, 2015) (Figura 14Figura 15).



Figura 15. Amenazas naturales en el municipio de Bahía Solano. Fuente: UNGRD, 2015.

AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y PROYECCIONES

En Colombia se han llevado a cabo estudios sobre cambio climático con la finalidad de estimar las afectaciones presentes y futuras generadas por este fenómeno. En este sentido, se ha determinado que el dióxido de carbono (CO₂) es el gas efecto invernadero (GEI) que mayor repercusión tiene sobre el territorio colombiano con respecto al total de las emisiones, cuya participación es del 78,18%. Históricamente, los sectores forestal, agropecuario y transporte presentan el mayor aporte a las emisiones, mientras que las mayores absorciones corresponden a los cultivos permanentes (sector agropecuario); en todos los sectores la tendencia es creciente, exceptuando el forestal debido a reducciones en la deforestación (IDEAM *et al*, 2016).

Para el año 2012, las emisiones provienen de la conversión de bosques naturales a pastizales y otras tierras forestales como arbustales y vegetación secundaria. Por su parte, en el sector transporte el 91% de las emisiones son producto principalmente de la quema de combustibles y corresponden al 10% en las emisiones totales del país (IDEAM *et al*, 2016).

El sector forestal es el mayor emisor de GEI en Colombia con una participación del 36%, cuya fuente primordial es la deforestación (98%); en segundo lugar, se encuentra el sector agropecuario (26%), donde la causa principal es la fermentación entérica (30%). El departamento del Chocó aporta a estos dos sectores, se encuentra en el décimo lugar en emisiones forestales y el 18 para el sector agropecuario. Este departamento, presenta emisiones de 4.225 y absorciones de 1.743 miles de toneladas (kton) de GEI; donde el sector forestal aporta el 54,02%, seguido del agropecuario con 35,89% (Figura 16).

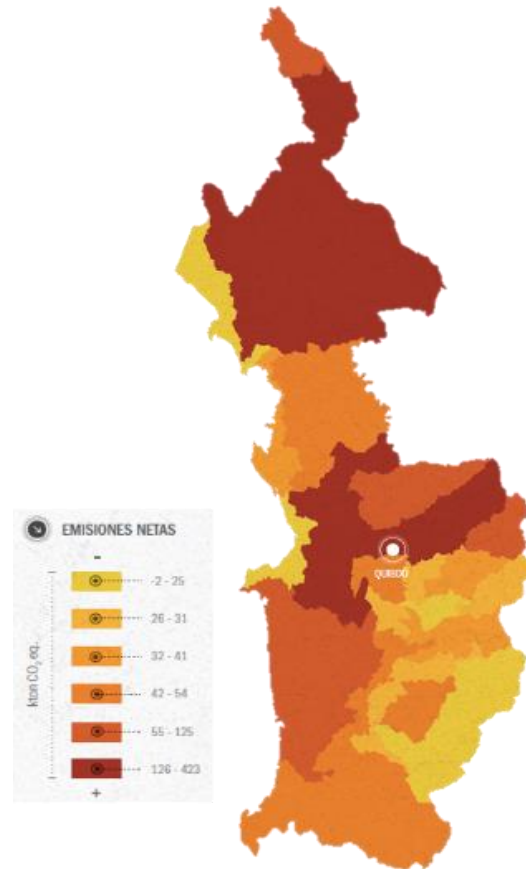


Figura 16. Emisiones de Gases Efecto Invernadero en el departamento del Chocó. Fuente: IDEAM, 2016.

Las amenazas del cambio climático tienen repercusiones en el departamento del Chocó y en el municipio de Bahía Solano, de acuerdo con las proyecciones realizadas por el IDEAM en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático –TCNCC– (2017). Es así, como la temperatura terrestre en este departamento tendría un incremento de 2,3 °C durante el período 2071 – 2100 y las áreas con menores incrementos serán las más cercanas a la frontera con la cordillera occidental; específicamente para el municipio de Bahía Solano oscilaría entre 1,1 y 2 °C con respecto al dato actual ubicado entre los 25 y 28 °C. Los principales efectos serían disminuciones en el ecosistema de bosque húmedo, los cultivos de pancoger y monocultivos, podría haber emergencias asociadas con la calidad nutricional por déficit alimentario (IDEAM *et al*, 2015).

Por otra parte, las precipitaciones para el Chocó presentarían una disminución del 2,59% para el año 2100; y Bahía Solano tendría oscilaciones entre -10% y 10% (normal), con respecto al valor de referencia entre 2.501 y 7.000 mm por año (Figura 17) (IDEAM *et al*, 2015).

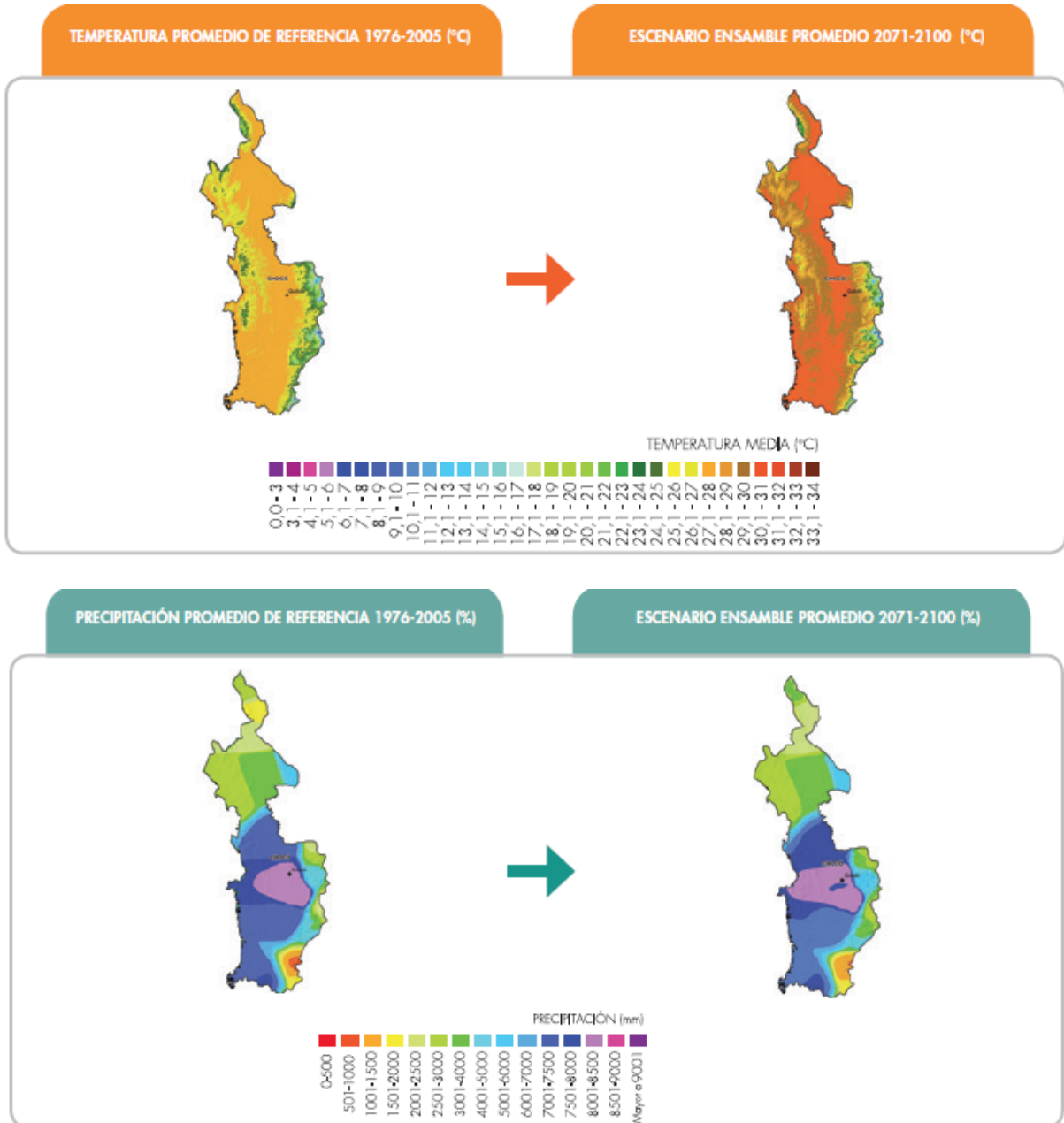


Figura 17. Proyecciones de cambios en la temperatura terrestre (arriba) y precipitaciones (abajo) para el período 2070 – 2100 en el departamento del Chocó. Fuente: IDEAM *et al*, 2015.

Por otra parte, para el departamento del Chocó, se espera a final de siglo aumentos de la temperatura superficial del mar (TSM), bajo un escenario pesimista estaría entre 1 y 2 °C. Actualmente la temperatura oscila entre los 26 y 27 °C para el litoral chocoano y puede llegar hasta los 30 °C al año 2100 (Figura 18), en la Tabla 4 se encuentran las proyecciones de los valores de TSM para dos escenarios intermedios de emisiones (RCP 4,5 y 6,0) (INEMAR - IDEAM, 2017).

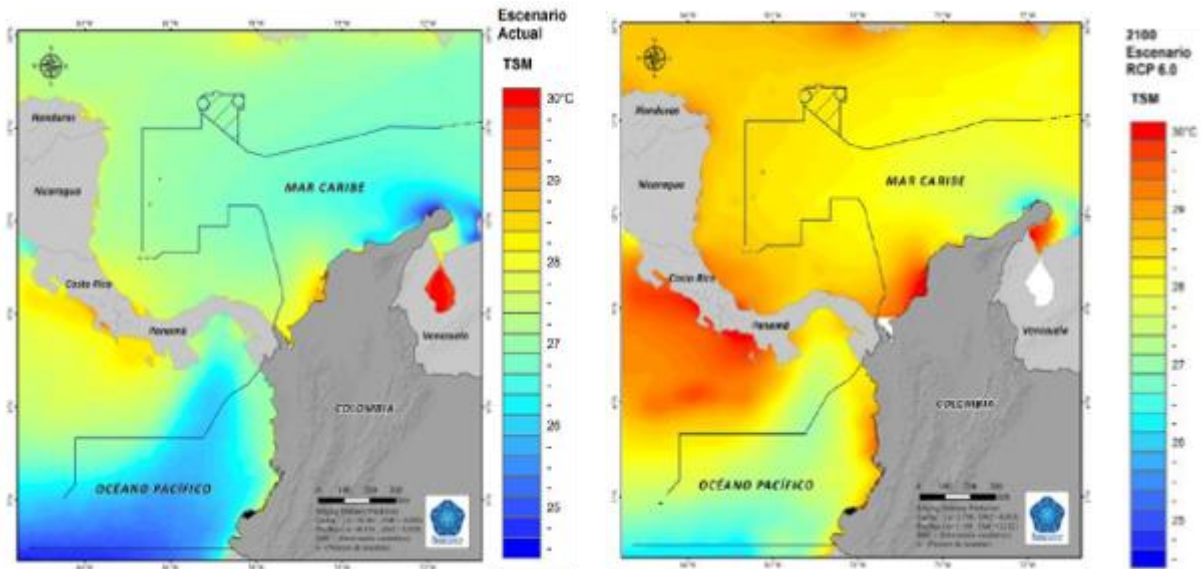


Figura 18. Temperatura Superficial del Mar media en °C, 1981 - 2005 (izquierda) y temperatura esperada al 2100 (derecha). Fuente: INVEMAR-IDEAM, 2017.

Tabla 4. Cambios en la TSM en los periodos 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100 para los escenarios RCP 4.5 y 6.0. Fuente: INVEMAR-IDEAM, 2017.

RCP 4,5			RCP 6,0		
2011 – 2040	2041 - 2070	2071 -2100	2011 – 2040	2041 - 2070	2071 -2100
0,6 °C	0,8 °C	1 °C	0,6 °C	1,1 °C	1,6°C

Con respecto a la acidificación marina, el litoral Pacífico presenta incrementos en el ph, con valores que oscilan entre 7,83 a 8,21. La alcalinidad total como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, por su parte, oscila entre 1.925 a 2.555 $\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$, valores inferiores a los del litoral Caribe. Para el caso de la Aragonita (Ω), su conducta está relacionada directamente con el ph, presentando descenso en el Pacífico en un intervalo entre 2,08 a 4,49; los valores superiores a 1 indican saturación de Aragonita del agua marina, esto significa presencia de carbonato de calcio - CaCO_3 - como material necesario para las formas calcificantes. Sin embargo, en un escenario al 2100, los resultados indican un descenso del ph de 0.102 (RCP 4.5) y de 0.159 (RCP 6.0), con una consiguiente disminución del CaCO_3 en forma de Aragonita dificultando la calcificación de algunas especies marinas (INVEMAR - IDEAM, 2017).

Por cambios en la línea de costa, en general para el departamento del Chocó los valores de pérdidas son mayores que los de ganancia, con un total de 13.429,95 hectáreas afectadas por este fenómeno. En el municipio de Bahía Solano, para final de siglo se esperan 815,43 hectáreas de línea costera afectada; lo cual ocasionaría efectos negativos sobre el 1% de la población, el 0,9% del área municipal, el 0,03% de las viviendas, el 2,1% de las áreas agropecuarias municipales y la pérdida del 2,2% del área de bosque de manglar (Figura 19) (INVEMAR-IDEAM, 2017).

Por su parte, el Ascenso en el Nivel del Mar (ANM) para el departamento del Chocó, estaría entre 1,51 y 2,50 mm por año equivalente a casi 200 mm más en el nivel medio del mar para 2100. En este sentido, en Bahía Solano, se prevén efectos negativos sobre el 2,9% del área municipal, cerca del 3,2% de la población y el 51% de las áreas de bosque de manglar (Figura 20).

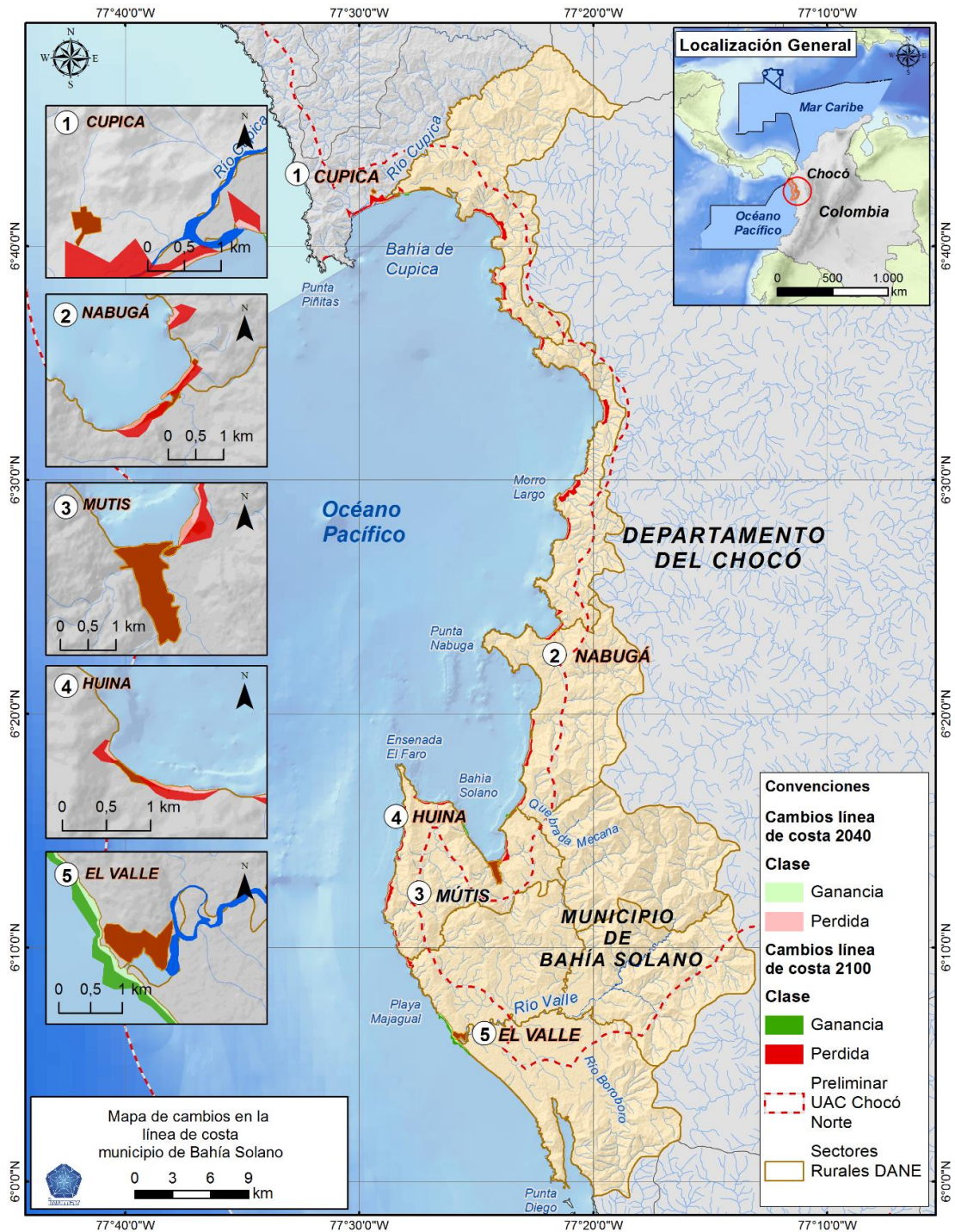


Figura 19. Mapa de cambios en la línea de costa al año 2100 para el municipio de Bahía Solano, proyecciones escenarios 2040, 2070 y 2100. Fuente: Labsis Invemar, 2018.

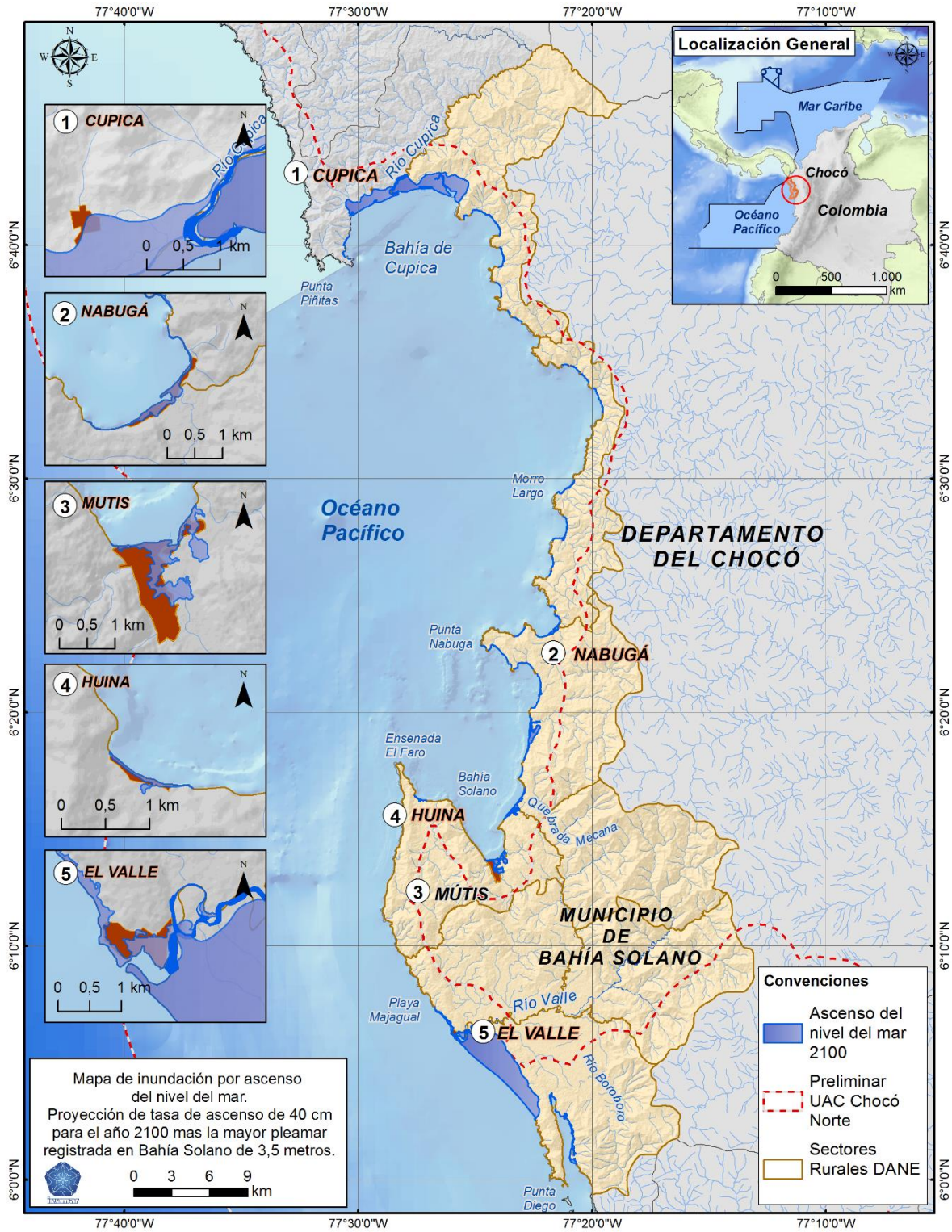


Figura 20. Mapa de inundación por Ascenso en el Nivel del Mar al año 2100 para el municipio de Bahía Solano. Fuente: Labsis, 2018.

Es así, como la vulnerabilidad al cambio climático para el municipio de Bahía Solano se encuentra en un nivel medio, con una sensibilidad media y capacidad de adaptación baja. Por su parte, el nivel de amenaza por cambios en las precipitaciones y en la temperatura terrestre es muy bajo. El riesgo como la conjugación de la exposición y la vulnerabilidad, tiene un nivel de calificación muy bajo; en embargo al hacer una mirada por componentes, se tiene que la infraestructura presenta un nivel muy alto de impacto, seguida de la seguridad alimentaria con un nivel alto, biodiversidad y salud con un nivel medio, hábitat humano con nivel bajo y muy bajo impacto para el recurso hídrico (INVEMAR-IDEAM, 2017) (Figura 21).

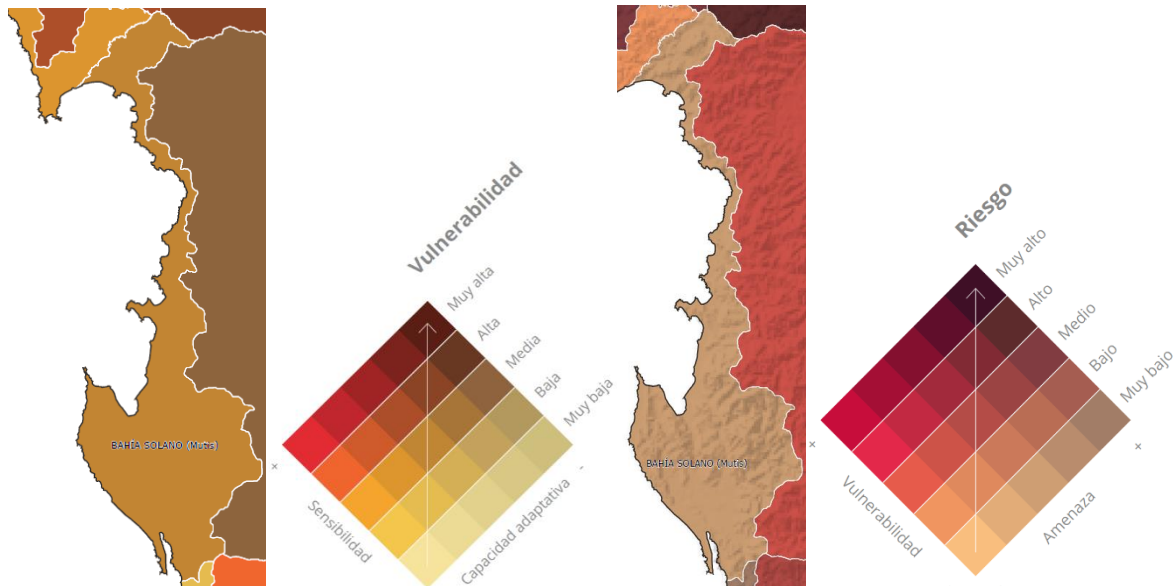


Figura 21. Niveles de vulnerabilidad (izquierda) y riesgo (derecha) al cambio climático para el municipio de Bahía Solano. Fuente: IDEAM *et al.*, 2017.

4. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN BAHÍA SOLANO

4.1. INDICADORES DE EXPOSICIÓN

La exposición hace referencia a “la presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente” (IPCC, 2014).

Los indicadores de exposición fueron construidos partiendo de la identificación de los elementos expuestos, para el caso de Bahía Solano se tuvieron en cuenta variables de usos del suelo como el agropecuario y turístico, las áreas territoriales, los ecosistemas de manglar y playas, población y viviendas.

Seguridad Alimentaria

Área rural de uso agropecuario afectada por ANM y erosión costera

La seguridad alimentaria es el acceso seguro a los alimentos nutritivos que permitan llevar una vida sana, de ahí su importancia al ser incluida en los análisis de vulnerabilidad al cambio climático. En este sentido, se ha realizado una aproximación a esta condición, a través de la actividad agropecuaria presente en el municipio de Bahía Solano y los posibles efectos producidos por las amenazas de este fenómeno.

Este indicador está conformado por las áreas de uso agropecuario en los sectores rurales obtenidos del Esquema de Ordenamiento Territorial de Bahía Solano (2005), para las cuales se estimaron las proporciones de inundación por ANM y afectación por erosión costera para los años 2040 y 2100.

En los resultados se obtuvo que por efectos del ANM, para el año 2040 se afectaría el 15,8% del área de uso agropecuario y para el 2100 llegaría al 16%. Los sectores más afectados corresponden al 8, 0 y 1 en las cercanías a Cupica, Ciudad Mutis y el Corregimiento El Valle respectivamente (Figura 22).

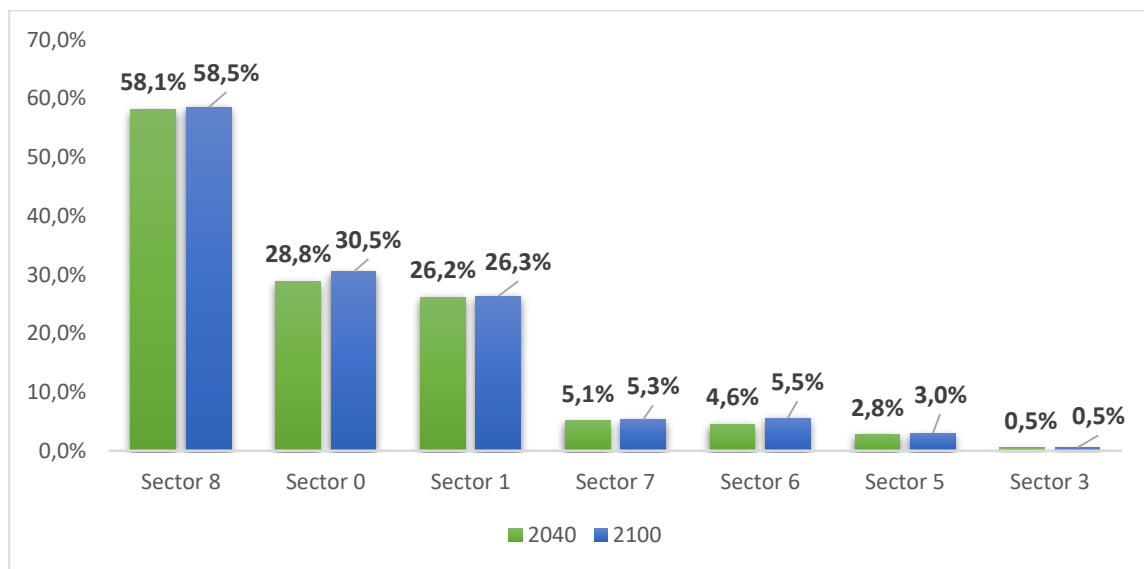


Figura 22. Porcentaje de área agropecuaria afectada por ANM al 2040 y 2100 en los Securales del municipio de Bahía Solano.

Mientras que por erosión costera las estimaciones indican menor afectación en las áreas agropecuarias, se proyectan pérdidas al 2040 del 0,3% del total municipal, mientras que al 2100 se incrementaría hasta 1,3%. Los sectores más afectados a fin de siglo serían el 7 y el 0 (Figura 23).

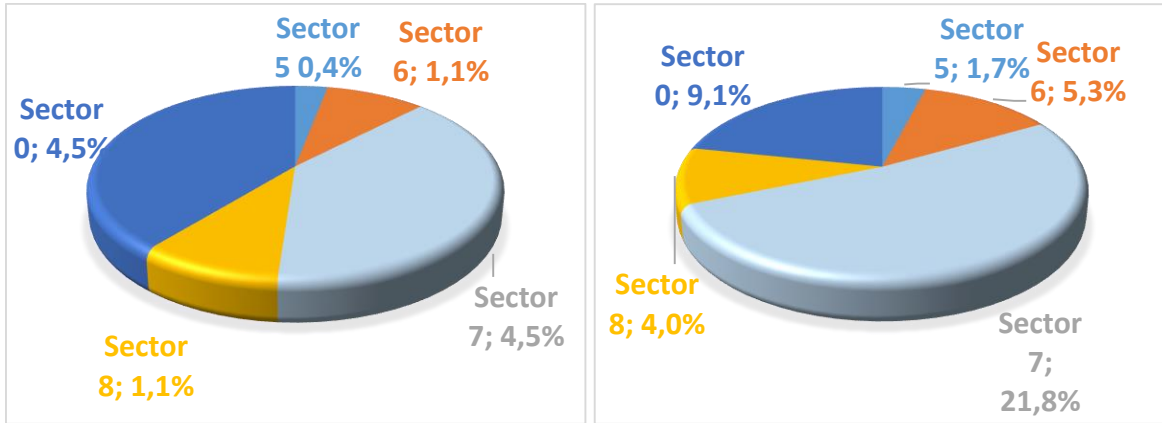


Figura 23. Porcentaje de área agropecuaria afectada por erosión costera al 2040 (izquierda) y 2100 (derecha), en los sectores rurales del municipio de Bahía Solano.

Biodiversidad y servicios ecosistémicos

Área del ecosistema de Manglar afectado por ANM y erosión costera

En términos de amenazas naturales, el municipio de Bahía Solano se encuentra expuesto a la ocurrencia de fenómenos climáticos con alto riesgo de desastres en correspondencia con las condiciones geográficas y geofísicas del territorio. Los impactos del cambio climático, asociados a la erosión costera y aumento del nivel del mar, alteran la geografía local y la dinámica natural de los ecosistemas costeros. (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016; Codechocó y WWF, 2010; INVEMAR, 2009).

En términos de la amenaza por el aumento del nivel del mar, se estima que para el año 2040, inundarán el 44% (432,6352 ha) de los ecosistemas de manglar, donde el 57% de los sectores rurales presentan amenaza baja, el 14% amenaza media y el 29% alta. Al año 2100, la afectación a los bosques de manglar aumentará a un 45% (450,556 ha), con los niveles de amenaza alta (29%) para 2 de los 7 sectores rurales evaluados y baja (71%) para 5 sectores (Figura 24). Según Vides, M., et al., 2008., el ANM incrementa la incidencia de los procesos erosivos, produce cambio en la dinámica de humedales costeros y puede cambiar el flujo de las corrientes en los esteros, sin embargo, este fenómeno puede ocasionar tanto crisis como oportunidades para los ecosistemas de manglar, debido a la capacidad que tienen los mismos de adaptarse a vivir en condiciones de salinidad variable y en suelos anegados o cenagosos.

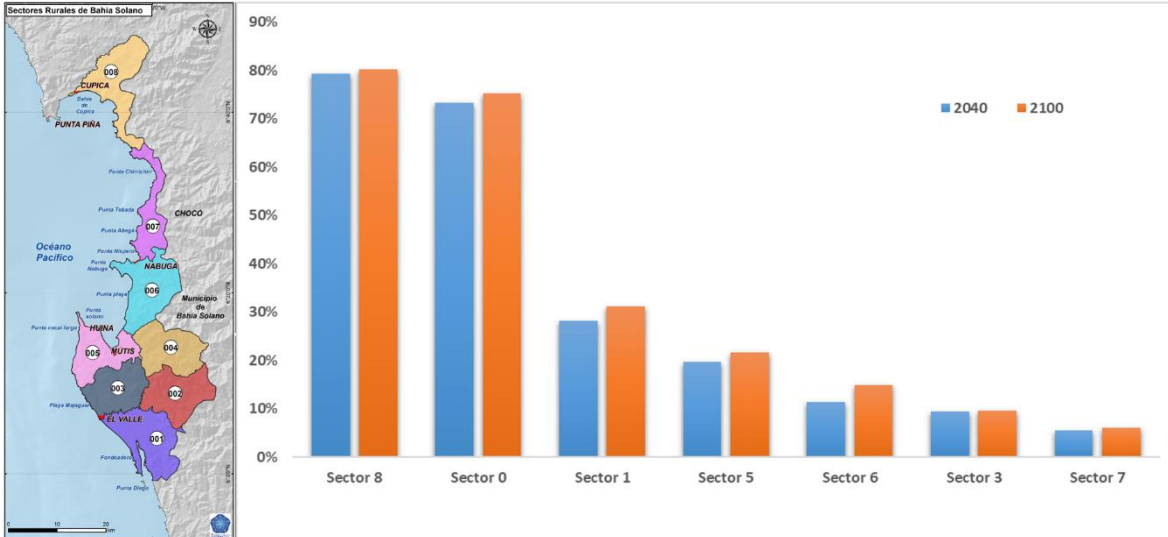


Figura 24. Áreas de manglar en el sector rural afectados por ANM al año 2040 y 2100 en Bahía Solano, Chocó.

Por lo anterior y considerando los escenarios de ANM de 2040 y 2100, es probable que los ecosistemas de manglar se pierdan, se mantengan, o bien, aumenten su cobertura y esto dependerá principalmente de la afectación futura a su proceso natural de sucesión, posiblemente debido a actividades antrópicas que impedirían o limitarían la expansión de estos bosques, ocasionando la disminución progresiva de su extensión que eventualmente lleva al deterioro o pérdida de los manglares como ecosistema en la zona.

Manglar afectado por erosión costera

En términos de erosión costera, los niveles de pérdida estimados por sector muestran que el 60% de los ecosistemas de manglar tienen una exposición baja (sector 5, 6 y 8), mientras que, el 40% restante se ubica en un nivel alto (sector 0 y 7). Al 2100, los porcentajes se invierten, el 40% de los ecosistemas de manglar en los sectores (5 y 8) presentan amenaza por erosión costera baja, mientras que el 60% (sector 0, 6 y 7) se encontraran altamente expuestos (Figura 25). Los Sectores rurales 1 y 3 no reportaron afectación por erosión costera en ninguno de los dos años.

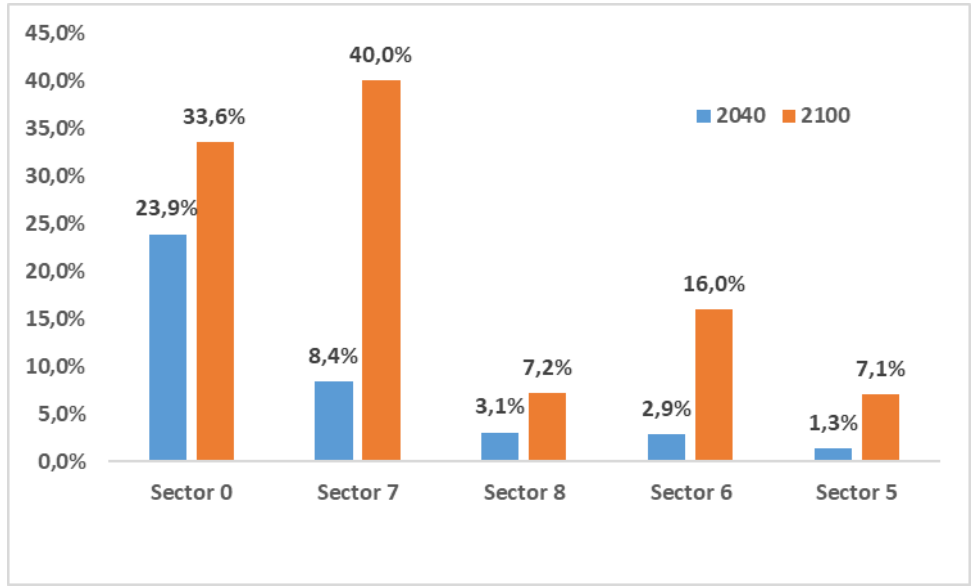


Figura 25. Áreas de manglar en el sector rural, afectados por erosión costera al año 2040 y 2100 en Bahía Solano, Chocó.

Playas afectadas por ANM y erosión costera

Este indicador se define como el porcentaje de área de playas afectados por el aumento del nivel del mar (ANM) en las zonas rurales costeras de Bahía Solano. El análisis de la amenaza se estimó para 41 playas distribuidas a lo largo del litoral costero con 155,7 (ha), de las cuales, solo 26 (109,2 ha) registraron inundación por ANM al 2040. Los sectores más afectados son el 0, 1, 3, 8, 6 y 5, donde las playas de El Valle, Almejal Ciudad Mutis, Limón, Cupica y Chicocora presentan un 100% de inundación. En general, el 70,2% de las áreas de playas tienen exposición alta, mientras que el 14% (Abega, Chirichiri, Juan Girón y Nabugá) presentan baja exposición por ANM al año 2040 (Figura 26).

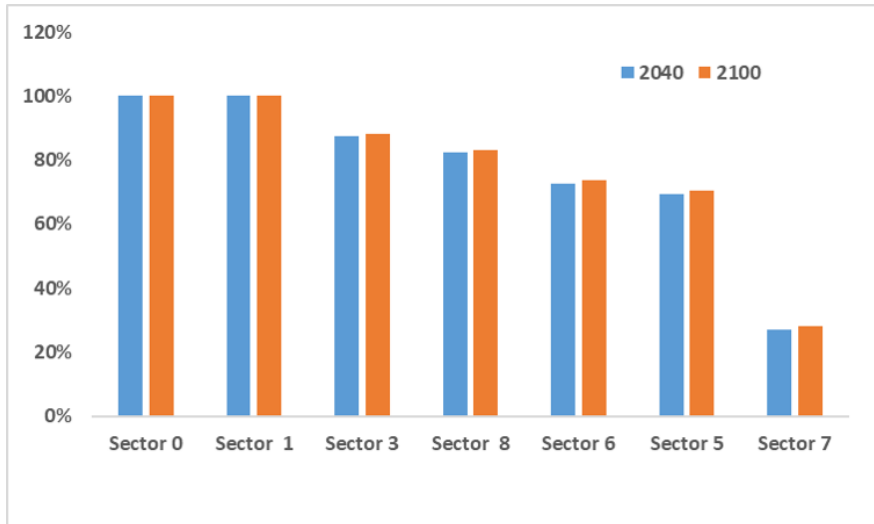


Figura 26. Afectación de playas por ANM al año 2040 y 2100 en las zonas rurales de Bahía Solano, Chocó.

Al año 2100, el área de inundación aumenta a 110,4 (ha) aproximadamente, donde el nivel alto de amenaza persiste en los sectores 0, 1, 3, 8, 6 y 5 (Tabla 5), lo cual representa una proporción del 71%. Es probable que los ecosistemas de playa se pierdan, se deterioren aún más, o se estabilicen gracias a los procesos de sedimentación, sin embargo, esto dependerá principalmente de la afectación futura de factores naturales por el aumento del nivel del mar y la erosión costera, así como al desarrollo de las actividades antrópicas que se generen sin previa planificación.

Tabla 5. Nivel de amenaza por ANM al año 2040 y 2100 en las playas de Bahía Solano, Chocó.

Sector	2040	2100	Nivel de la amenaza en las playas por ANM
Sector 0	100%	100%	alta
Sector 1	100%	100%	alta
Sector 3	87%	88%	alta
Sector 8	82%	83%	alta
Sector 6	73%	74%	alta
Sector 5	69%	71%	alta
Sector 7	27%	28%	baja

Los escenarios de inundación por ascenso del nivel del mar al 2040 y 2100 para las playas de Bahía Solano, indican que aproximadamente el 77% de estos ecosistemas se verán altamente afectados. En este sentido, es necesario considerar el estado actual de estas áreas, debido a que algunas presentaron mal estado asociado a la erosión crítica y la contaminación por residuos sólidos. Lo cual dificulta la regeneración natural de las playas y contribuye al deterioro de los servicios ecosistémicos que esta presta.

Playas afectadas por erosión costera

En términos de la amenaza por erosión costera, se estima que al año 2040 el 27% de las playas en los sectores rurales de Bahía Solano se verán afectados. Las playas de Huina, Mecana, Huaca, Limón, Cupica y Chicocora (Sectores 5, 6 y 8) presentan exposición media por erosión, mientras que las playas de Abega, Chirichiri, Juan Girón y Nabugá (sector 7) presentan alta impacto por esta amenaza. En los sectores 0, 1 y 3, no se reportan pérdidas por erosión costera (Figura 27).

Al año 2100, se estima el 32% de pérdidas de áreas de playa en los sectores rurales, donde el 14% de los sectores tiene exposición media, el 43% alta y el restante 43% de las áreas no reportan afectación por erosión costera (figura 23). En este escenario las playas de Huina, Mecana, Huaca, Nabugá, Abega, Chirichiri y Juan Girón (Sectores 5, 6 y 7), presentan niveles altos de afectación por erosión costera (Figura 28).

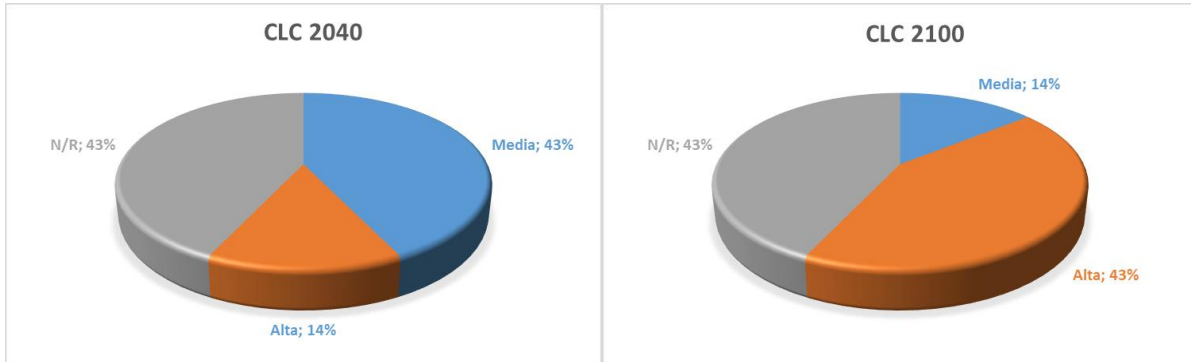


Figura 27. Pérdida de playas por erosión costera al 2040 y 2100 en Bahía Solano, Chocó.

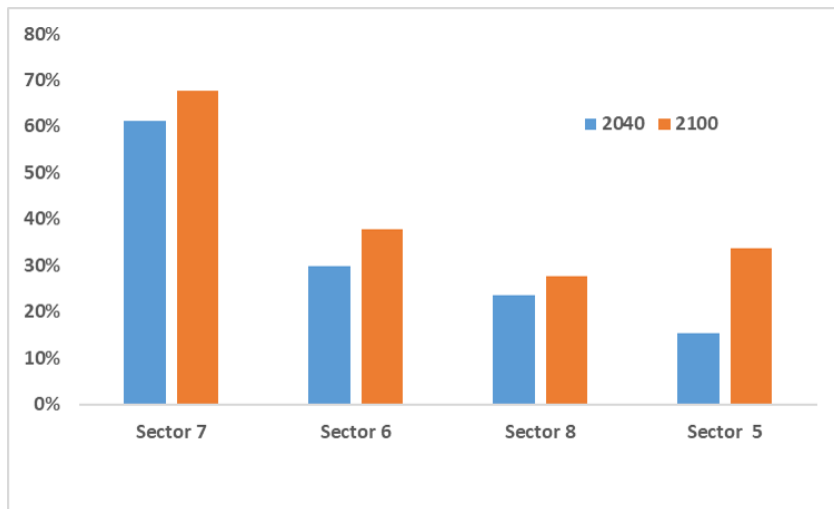


Figura 28. Porcentaje de pérdida de playas por erosión costera al 2040 y 2100 por cada sector rural de Bahía Solano, Chocó.

Hábitat Humano

Área urbana y rural susceptible de afectación por ANM y erosión costera

Las áreas afectadas por las amenazas de ANM y erosión costera se estimaron a través de seis indicadores, donde se tuvo en cuenta el área urbana al interior de Ciudad Mutis, las áreas de los centros poblados distribuidos en la zona rural en el borde costero y en general los sectores rurales.

Como resultado se obtuvo que, en la zona urbana se esperan pérdidas por ANM, del 28,8% del área para el año 2040 y 30,5% al 2100; donde las secciones urbanas más afectadas son la Sección 2 ubicada al nororiente de Ciudad Mutis y la Sección 4 al suroriente (Figura 29). Mientras que por erosión costera la afectación es únicamente para la Sección 2 con un 18,3% al 2040 y 36,7% al 2100.

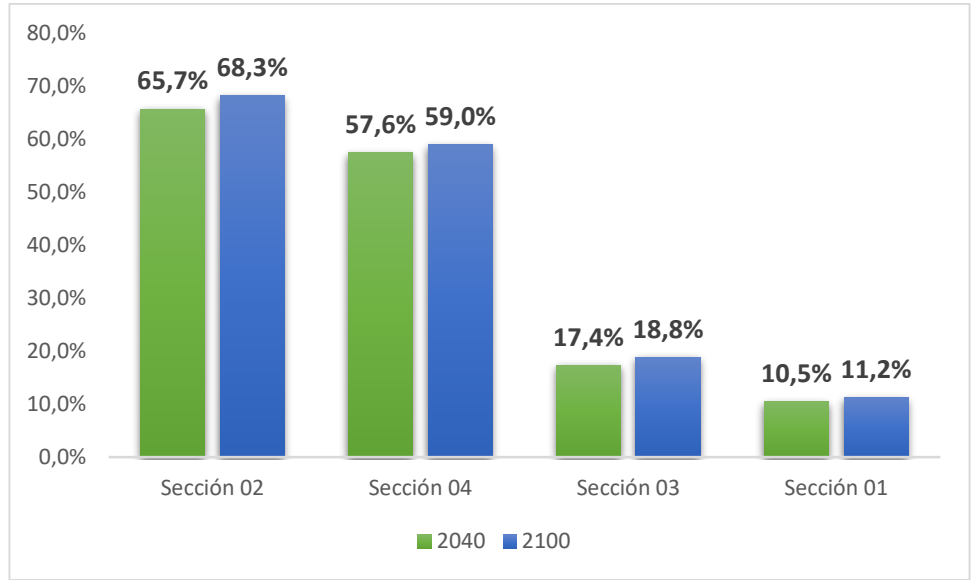


Figura 29. Porcentaje de inundación por ANM en las secciones urbanas de Ciudad Mutis al 2040 y 2100.

En el caso de los centros poblados, se estiman inundaciones por ANM del 38% del total de áreas al 2040 y 40% al 2100. Los centros poblados con mayores afectaciones serían Nabugá y El Valle (Figura 30). Para el caso de erosión costera, el 6,5% tendría pérdidas al año 2040 y el 14,9% para final de siglo (Figura 31).

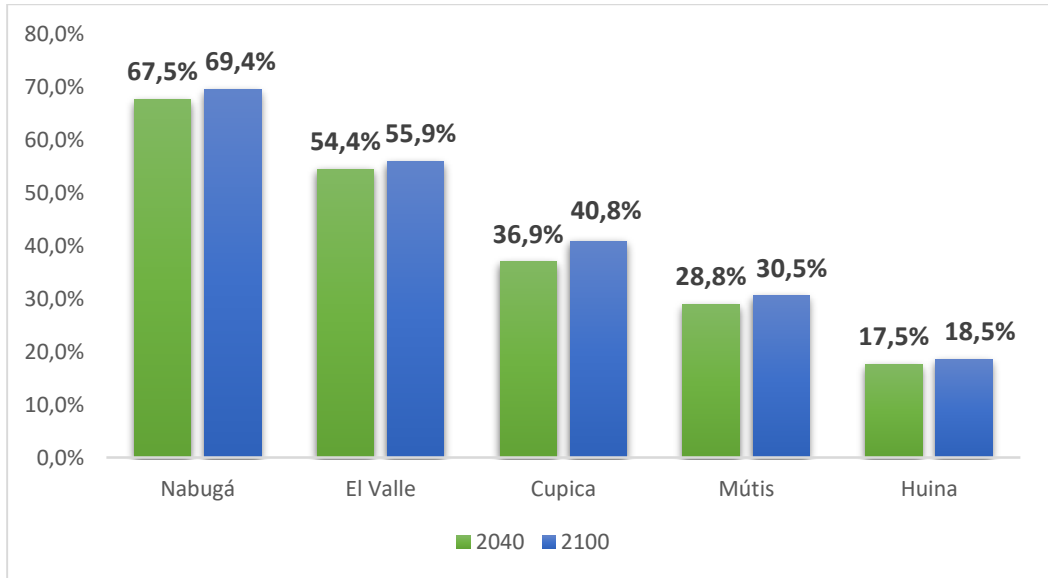


Figura 30. Porcentaje de inundación por ANM en los centros poblados costeros de Bahía Solano al 2040 y 2100.

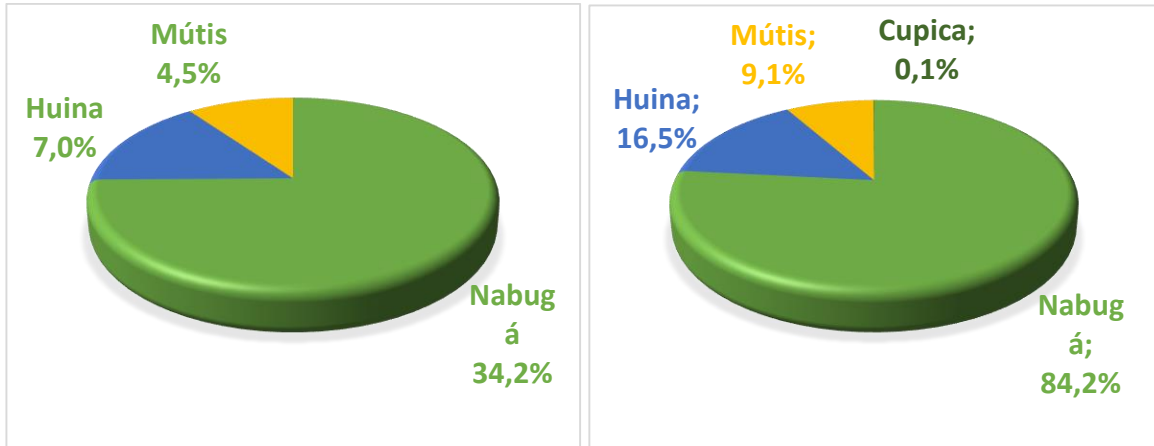


Figura 31. Porcentaje de pérdidas de área por erosión costera en los centros poblados costeros de Bahía Solano al 2040 (izquierda) y 2100 (derecha).

Por su parte, en los sectores rurales del municipio de Bahía Solano, se esperan afectaciones por ANM del 2,7% del área rural al año 2040 y al 2100 de 2,8%, siendo una exposición baja. El sector 0 identificado como Ciudad Mutis, presenta las mayores proporciones de inundación, seguido del 1 (sur del municipio de Bahía Solano) de acuerdo con la Figura 32. Por erosión costera la afectación es baja con un porcentaje del 0,2% para mediados de siglo y del 0,9% para el 2100; los lugares más afectados corresponden nuevamente al sector 0 (Ciudad Mutis) y el sector 7 (Figura 33).

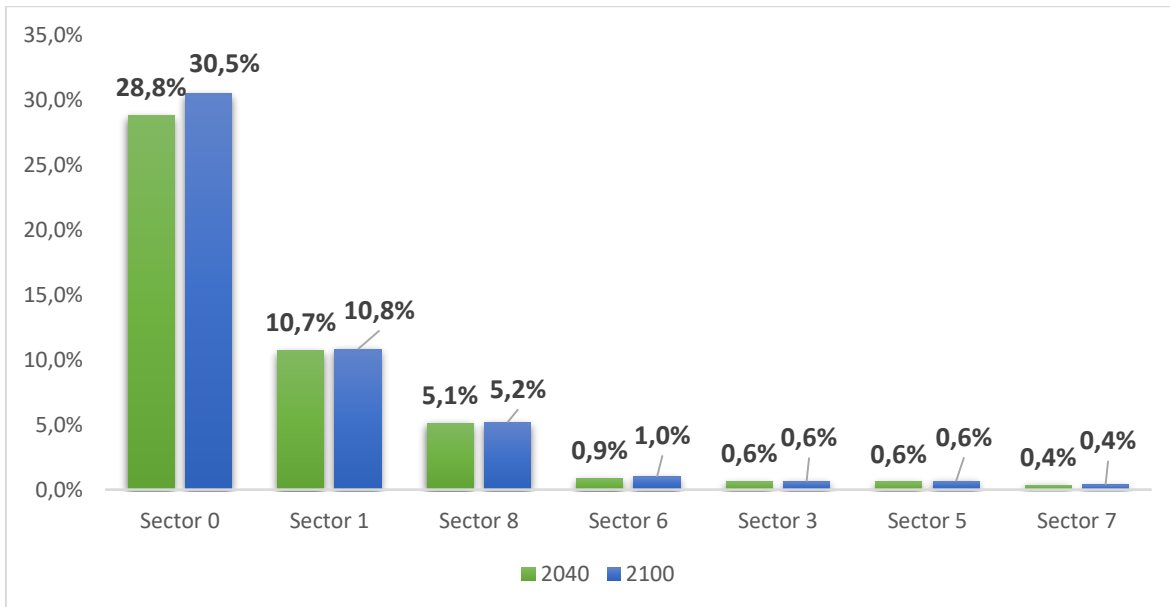


Figura 32. Porcentaje de inundación por ANM en los sectores rurales de Bahía Solano al 2040 y 2100.

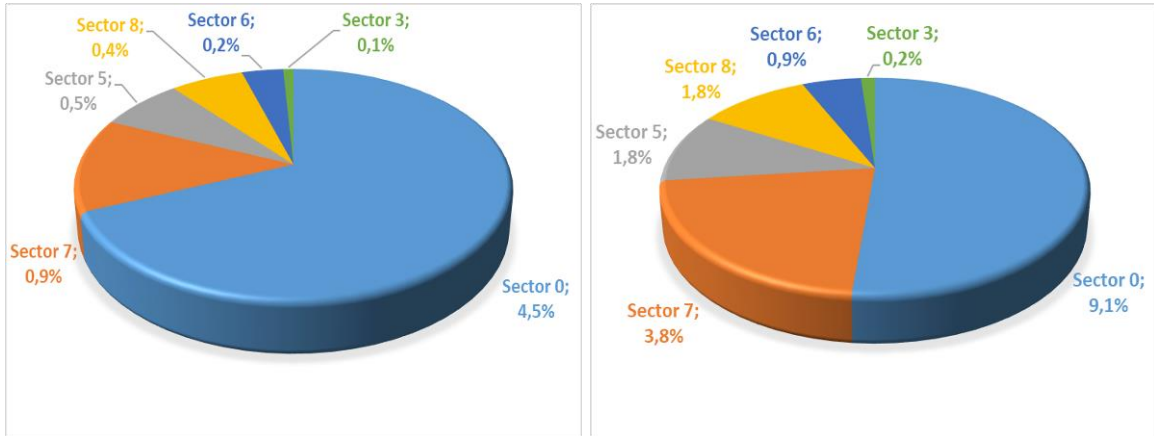


Figura 33. Porcentaje de pérdidas de área por erosión costera en los sectores rurales de Bahía Solano al 2040 (izquierda) y 2100 (derecha).

Población urbana y de centros poblados afectada por ANM y erosión costera

La variable de población fue contrastada con las amenazas de ANM y erosión costera para las zonas habitadas, es decir, la cabecera municipal Ciudad Mutis y los centros poblados costeros del municipio.

Es así como se estimó que la población de la zona urbana (Ciudad Mutis), podría verse afectada en un 28% y 30% para el 2040 y 2100 respectivamente; donde la Sección 2 (nororiente) y 3 (centro-sur) tendían el mayor número de habitantes afectados configurándose en una exposición alta (Figura 34). Por erosión costera, tan solo la Sección 2 sufriría de este fenómeno con un 18% y 37% de afectación al 2040 y 2100 siendo igualmente una exposición alta.

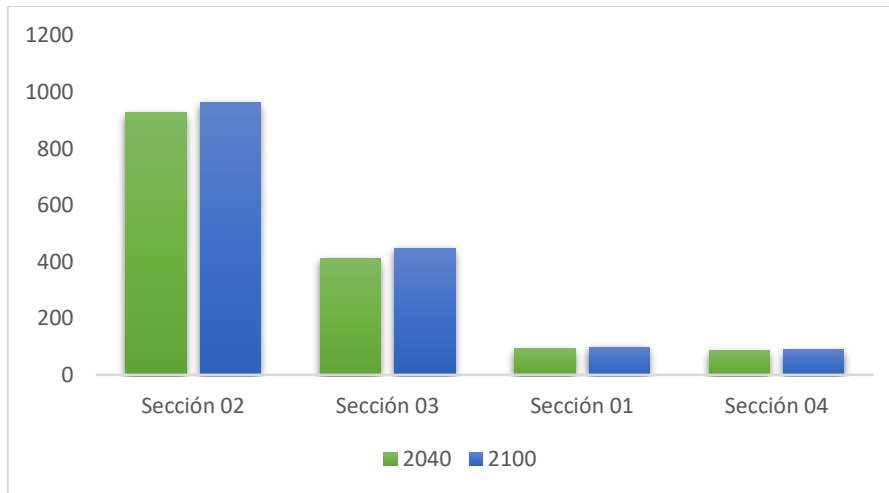


Figura 34. Número de habitantes afectados por inundación por ANM en las Secciones Urbanas de Ciudad Mutis al 2040 y 2100.

En el caso de los centros poblados, para Ciudad Mutis y el corregimiento El Valle se estima el mayor número de habitantes afectados por ANM, con niveles de exposición alto, entre 1300 y 1400 personas para el 2040 y 2100 y en general la proporción de afectación es del 38,2% y 40,1% de la población. Y por erosión costera nuevamente Ciudad Mutis se identifica como la más afectada con cerca de 400 habitantes para fin de siglo, y en segundo lugar Nabugá con aproximadamente 300 habitantes para el 2100 (Figura 35); configurándose una afectación del 3,9% de la población para el 2040 y 8,5% para el 2100 en el total de centros poblados.

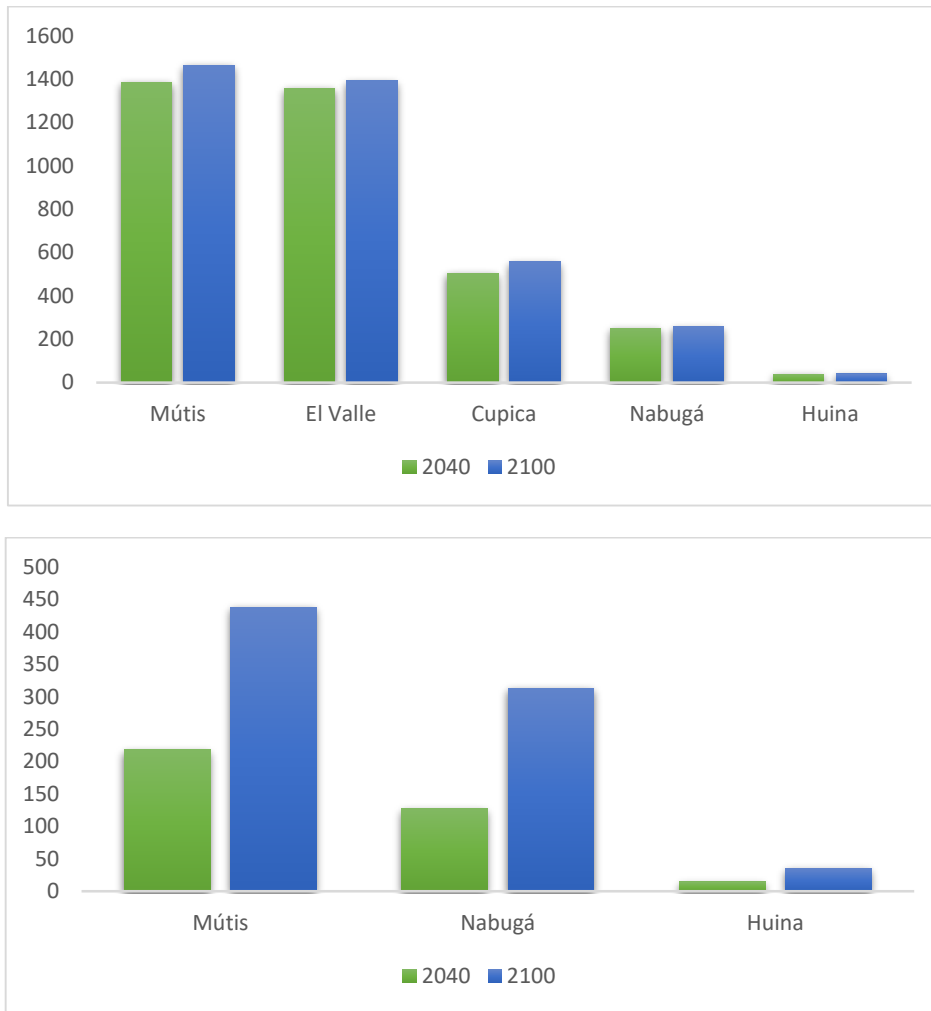


Figura 35. Número de habitantes afectados por inundación por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los centros poblados de Bahía Solano al 2040 y 2100.

Viviendas urbanas y rurales afectadas por ANM y erosión costera

La variable de viviendas fue analizada en cuatro indicadores elaborados para las Secciones Urbanas al interior de Ciudad Mutis y los centros poblados del municipio de Bahía Solano, las cuales se contrastaron con los modelos de inundación por ANM y erosión costera.

Los resultados obtenidos indican que, en la cabecera municipal se espera mayor número de viviendas afectadas por ANM en las Secciones Urbanas 2 y 3 ubicadas en el nororiente y centro sur de la ciudad, con un rango entre 220 y 230 viviendas para el 2040 y 2100 (Figura 36). Por erosión costera, se identifica la Sección 2 con pérdidas aproximadas a las 120 viviendas para final de siglo.

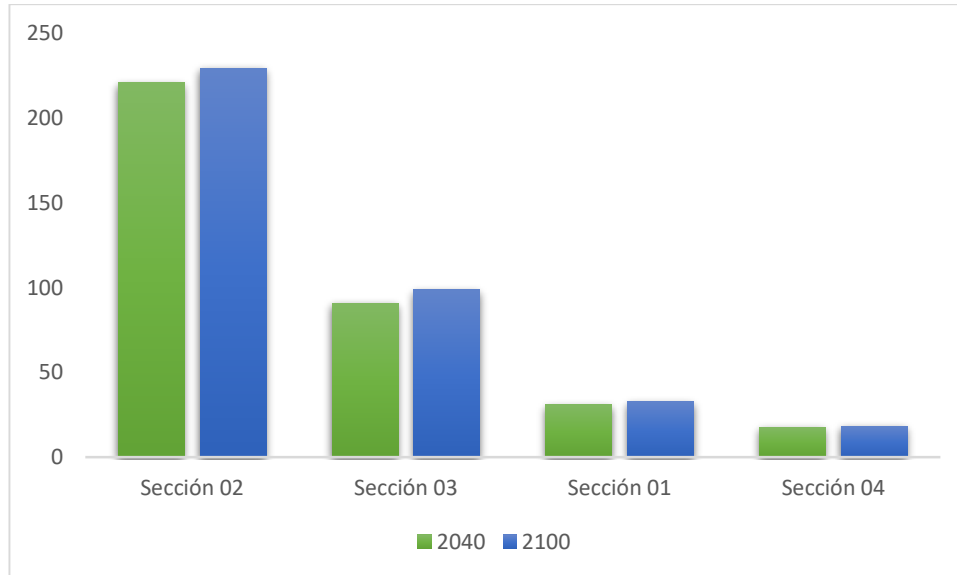


Figura 36. Número de viviendas afectadas por inundación por ANM en las Secciones Urbanas de Ciudad Mutis al 2040 y 2100.

En cuanto a los centros poblados, por ANM se estima mayor número de viviendas inundadas en Ciudad Mutis, cerca de 360, seguido del corregimiento El Valle con aproximadamente 293 viviendas para el año 2100, ambas se constituyen en una exposición alta; se esperan afectaciones generales cercanas al 37,9% de las viviendas para el 2040 y del 39,9% para fin de siglo. Por erosión costera se estiman alrededor de 300 viviendas que podrían verse afectadas, especialmente en Ciudad Mutis y Nabugá con más de 100 viviendas en cada caso para el 2100; los porcentajes de afectación estimados son del 4,4% y el 9,7% para el 2040 y 2100 respectivamente (Figura 37).

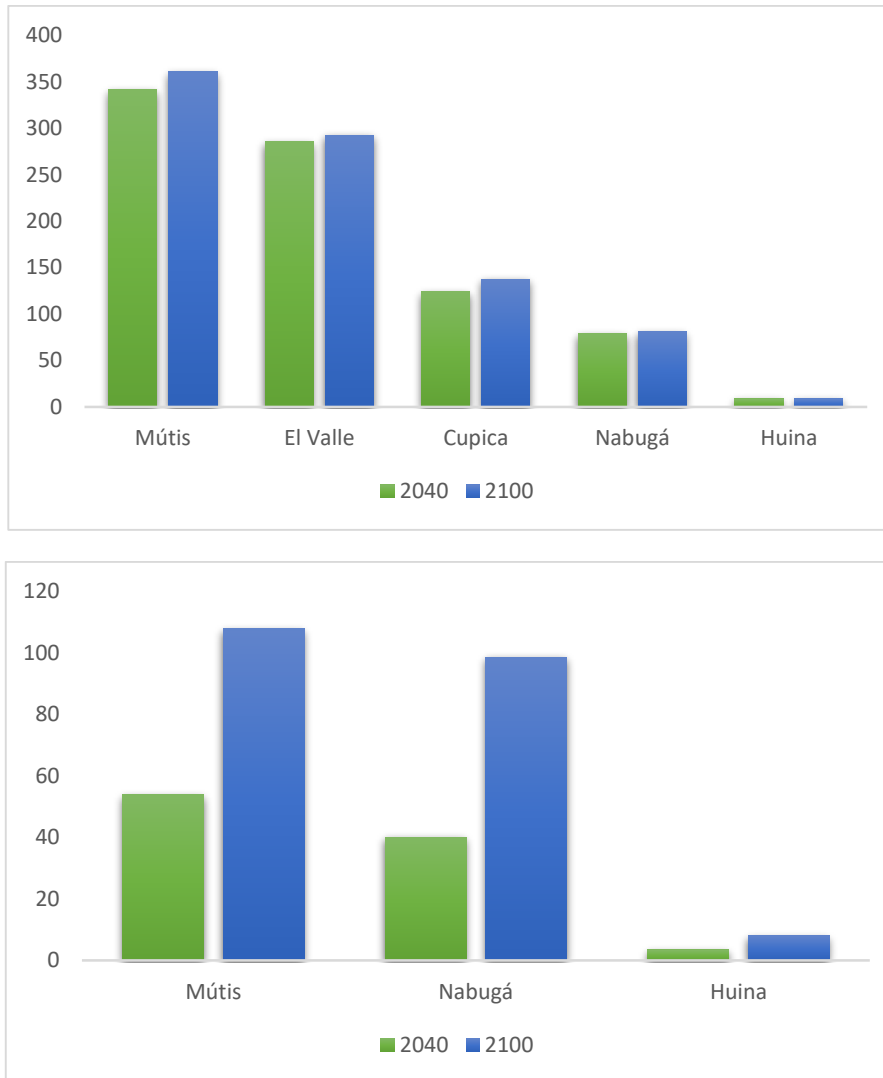


Figura 37. Número de viviendas afectadas por inundación por ANM (arriba) y por erosión costera (abajo) en los centros poblados de Bahía Solano al 2040 y 2100.

Áreas turísticas afectadas por ANM y erosión costera

Las áreas de uso turístico se emplearon para la estimación del porcentaje de afectación por las amenazas de ANM y erosión costera en los sectores rurales de Bahía Solano. Es así como se obtuvo que para el año 2040 se inundaría cerca del 3,9% de estas áreas configurando un nivel de exposición bajo y aumentaría a 4% para el 2100; dentro de las zonas con mayores afectaciones se encuentra el Sector 3 en cercanías al corregimiento de El Valle y el Sector 6 en cercanías a Nabugá, con niveles altos de exposición.

En cuanto a la erosión costera, en general los niveles de afectación esperados para las áreas turísticas son bajos, con proporciones del 0,1% para el 2040 y del 0,2% para el 2100. Solo dos sectores rurales tendrían afectación, siendo el Sector 5 y Sector 6 con altos niveles de exposición (Figura 38).

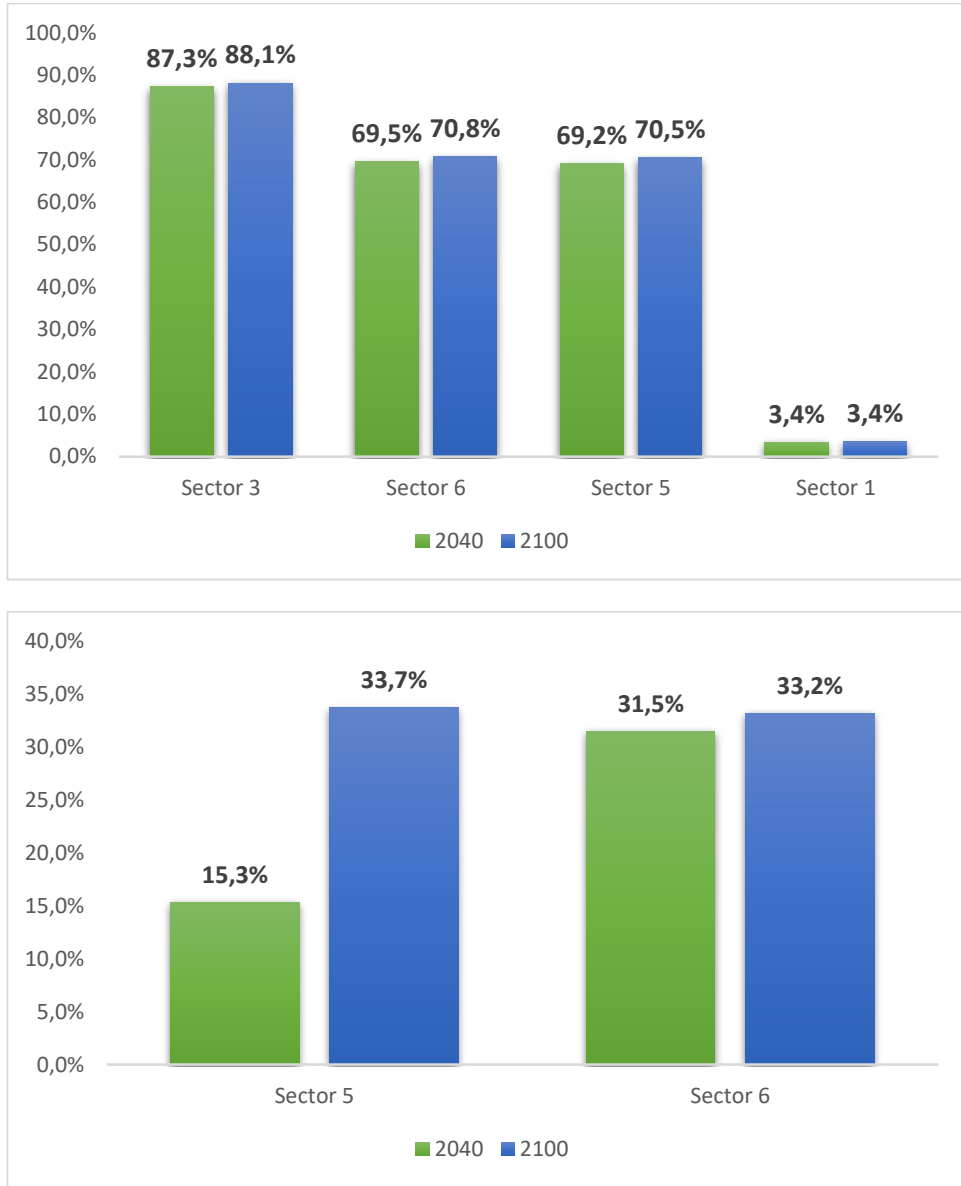


Figura 38. Áreas turísticas afectadas por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los sectores rurales el municipio de Bahía Solano al 2040 y 2100.

4.2. INDICADORES DE SENSIBILIDAD

Los indicadores de sensibilidad se realizaron con el objetivo de identificar las características de la población de Bahía Solano y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos existentes en este territorio, de acuerdo con la disponibilidad de información. Estos, se constituyen en factores que permiten hacer frente a posibles adversidades ocasionadas por el cambio climático o limitar las capacidades de resistir, absorber y enfrentar los efectos de este fenómeno (IPCC, 2014).

En cuanto a la biodiversidad y servicios ecosistémicos se estudia el estado de salud del manglar por ser uno de los ecosistemas de estratégicos de Bahía Solano; y a nivel socioeconómico se analizan factores como la dependencia a las actividades productivas de importancia en el municipio, las capacidades del capital humano, la generación de ingresos y condiciones de vida.

Seguridad Alimentaria

El componente de seguridad alimentaria ha sido analizado a partir del aporte a la rama agropecuaria de la zona rural de Bahía Solano al Producto Interno Bruto. Este indicador, permite analizar la dependencia hacia el sector económico, es decir, a mayores niveles de producción mayor será la sensibilidad, pues los cambios negativos ocasionarían consecuencias desfavorables en el desempeño. La estimación de los datos se realizó mediante el supuesto de que la distribución porcentual de las áreas de uso agropecuario corresponde al aporte al PIB.

En este sentido, los sectores rurales del municipio de Bahía Solano que mayores aportes realizan son el 1, 3 y 5, ubicados por encima de la media y suman el 67% del aporte total a la rama agropecuaria; lo cual representa alta dependencia hacia el sector. Sin embargo, se estima un aporte bajo, debido a que Bahía Solano aporta cerca del 2% al PIB de la rama departamental (Figura 39)

Bahía Solano, es uno de los municipios del Chocó con menor producción agropecuaria, prácticamente limitada a los cultivos de yuca y plátano, con una gradual disminución. Esta situación amenaza la seguridad alimentaria del municipio, pues se suma a la falta de recursos de la población para adquirir otros bienes de la canasta familiar, con casi nulos excedentes de la actividad y donde muchos productos llegan desde Buenaventura; y otros de importancia nutricional como las aves, huevos y la leche son de escasa producción, mientras que esta última es nula (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

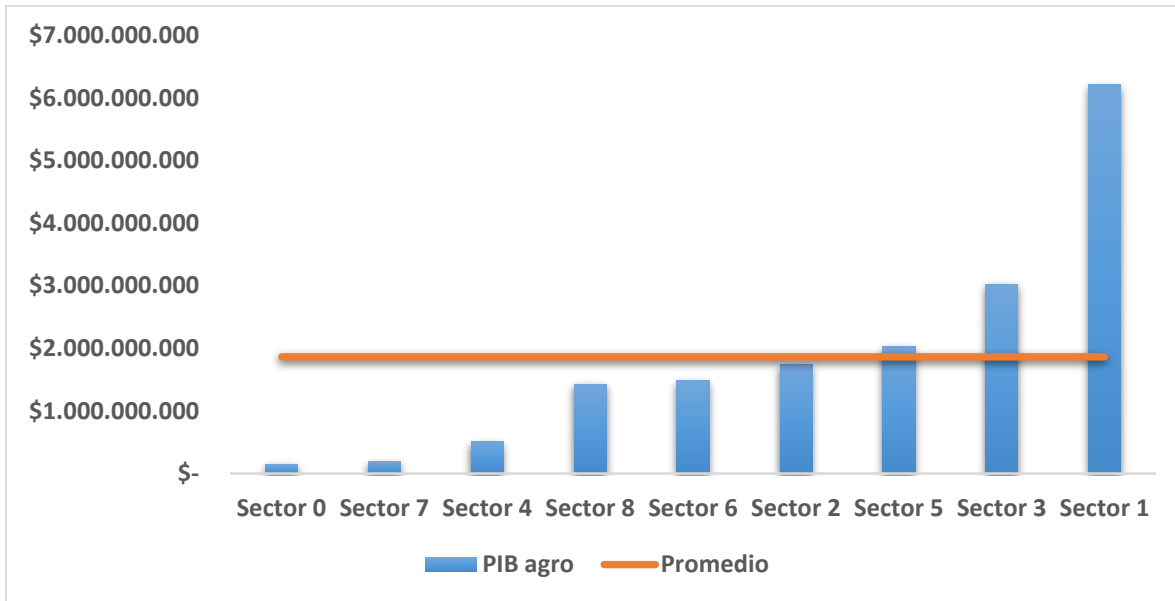


Figura 39. PIB agropecuario por sectores rurales en el municipio de Bahía Solano. Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2017.

Biodiversidad y servicios ecosistémicos

Prioridad de restauración

El indicador de sensibilidad al cambio climático para los ecosistemas de manglar, se determinó teniendo en cuenta la prioridad de restauración valorada en el estudio de Gómez et al., 2014 relacionado con el análisis del estado, los servicios ecosistémicos, las problemáticas y amenazas que tienen los principales ecosistemas costeros y marinos del país. El análisis de este indicador se realizó en 6 de los 8 sectores rurales que tiene Bahía Solano, en correspondencia con el reporte de 992,07 (ha) con ecosistemas de manglar aproximadamente, donde 658,11 (ha) (33%), fueron determinadas con prioridad de restauración alta, debido a la extracción de recursos maderables, expansión de la frontera agrícola, los cambios de uso del suelo y la contaminación por residuos sólidos por las actividades antrópicas que circundan en estas áreas. Bajo este contexto, los sectores rurales 1, 3, 6, 7, y 8 con alta prioridad de restauración son considerados altamente sensibles a las amenazas del cambio climático (Figura 40). La mayoría de las áreas están ubicadas en la zona rural costera de El Valle, Nabugá y Cúpica. Los altos porcentajes de áreas con prioridad de restauración resaltan la necesidad de generar acciones de planificación y gestión que ayuden a garantizar la sostenibilidad de estos ecosistemas.

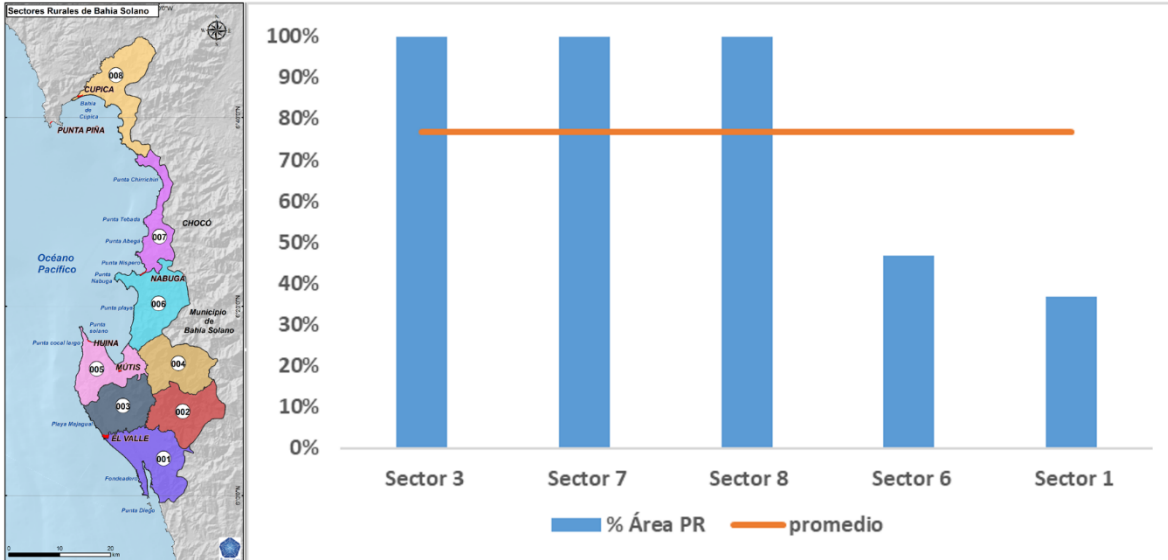


Figura 40. Prioridad de restauración por sector rural en Bahía Solano, Chocó.

Hábitat Humano

Este componente se analiza mediante cuatro dimensiones conformadas por un grupo de indicadores que relacionan variables como, los niveles educativos, la dependencia demográfica, la tasa de ocupación y las condiciones de vida. Estos indicadores son de carácter socioeconómico y han sido analizados de acuerdo a la disponibilidad de información del Censo DANE 2005, para los centros poblados en la zona rural y las secciones urbanas presentes en la cabecera municipal (Ciudad Mutis). Adicionalmente, se construyó un indicador para la zona rural del municipio con el cual se analiza la dependencia económica al sector turismo.

Capacidades del capital humano

La capacidad del capital humano es analizada a partir de las variables de educación y dependencia demográfica. En los centros poblados, en promedio el 8,1% de los jefes de hogar han asistido a la media y cursado estudios superiores, siendo un dato inferior al departamental (9,1%) y al promedio nacional (15%); la mayor proporción de jefes de hogar con estudios superiores y posgrados se encuentra en Ciudad Mutis (11,8%). Es así, como el 80% de los centros poblados presenta un nivel bajo de educación para esta población; dado este nivel, la sensibilidad es alta pues la escasa preparación de la población conlleva menor número de oportunidades de bienestar social y por tanto altas probabilidades de verse afectado ante eventos adversos.

Por su parte, la tasa de desescolaridad (personas entre 5 y 24 años que no asisten a la escuela) en los cinco centros poblados tiene un promedio del 26,6%, inferior al dato

departamental de 33,4%, donde el 60% de los centros poblados presentan niveles bajos en este indicador (Figura 41).

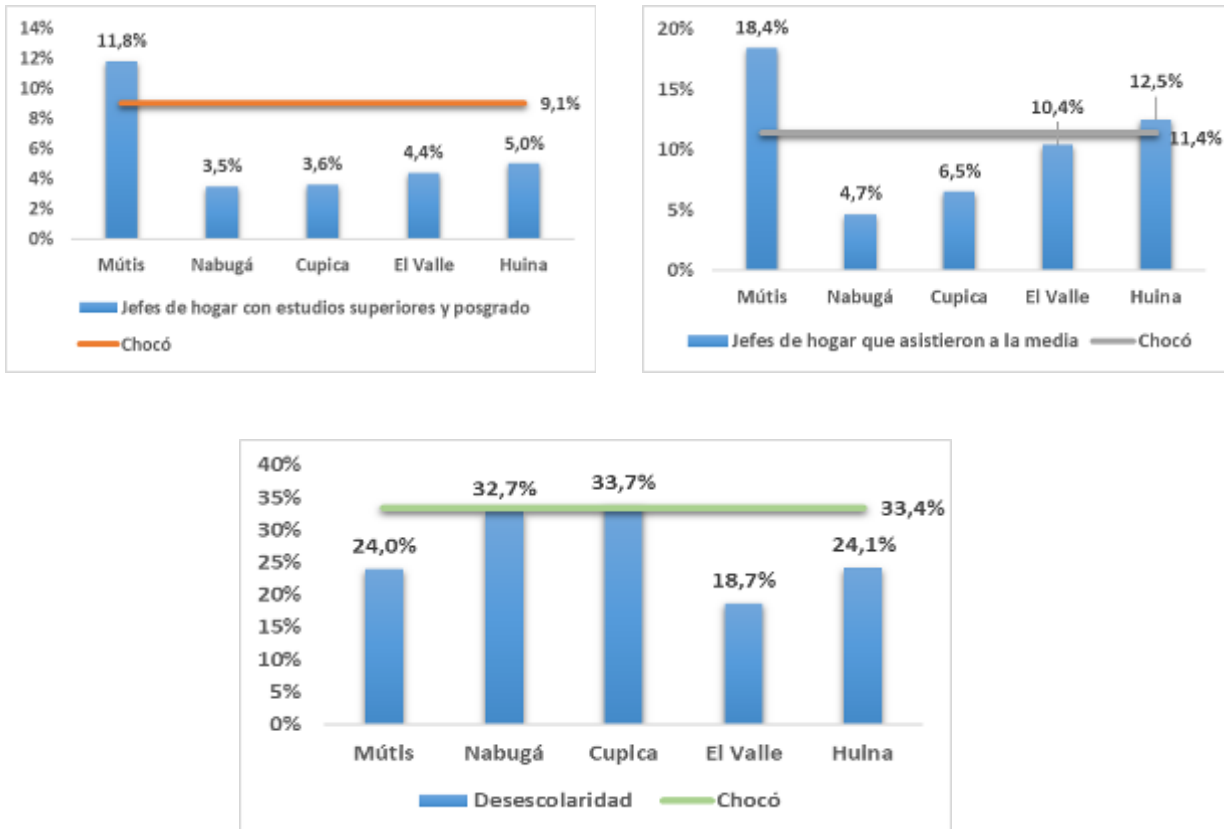


Figura 41. Proporción de jefes de hogar que asistieron a la media, con estudios superiores y posgrado y tasa de desescolaridad en los centros poblados del municipio de Bahía Solano. Fuente: elaboración propia con datos del DANE, 2005.

A nivel de la cabecera municipal Ciudad Mutis, se encuentra que el promedio de jefes de hogar que han cursado la media y estudios superiores es tan solo el 13,7% aunque supera el promedio del departamento del Chocó 9,1%. La sección 1 ubicada al noroccidente de la cabecera presenta el mayor porcentaje en el indicador (19%); y 3 de los 4 sectores tienen nivel alto de educación en relación al departamento. En tanto la tasa de desescolaridad es del 26,6% en promedio, inferior al dato departamental (33,4%); donde los sectores 4 y 1 tienen nivel medio y el 2 y 3 nivel bajo (Figura 42).

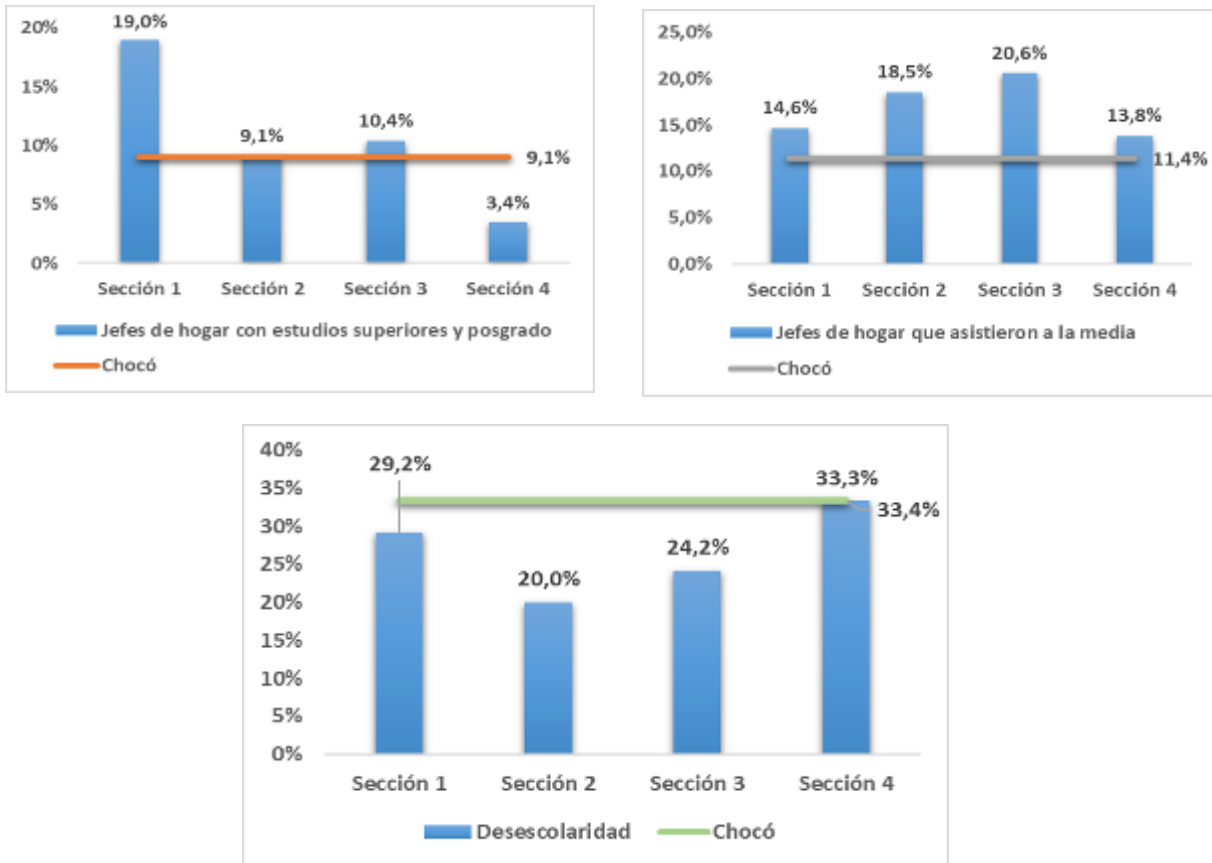


Figura 42. Proporción de jefes de hogar que asistieron a la media, con estudios superiores y posgrado y tasa de desescolaridad en las secciones urbanas al interior de Ciudad Mutis.

La dependencia demográfica por su parte, corresponde al número de personas dependientes (población de 0 a 14 y de 65 y más) por cada 100 en edad de trabajar. En los centros poblados de Bahía Solano, el promedio es de 90, ubicado por encima de la media departamental (84), con un nivel alto de dependencia; cuatro centros poblados presentan nivel alto en este indicador.

A nivel de la cabecera municipal, el promedio es de 78 dependientes por cada 100 personas en edad de trabajar, ubicado por debajo de la media departamental. La sección 3 se encuentra en nivel medio mientras que en la 4 es alto (Figura 43).

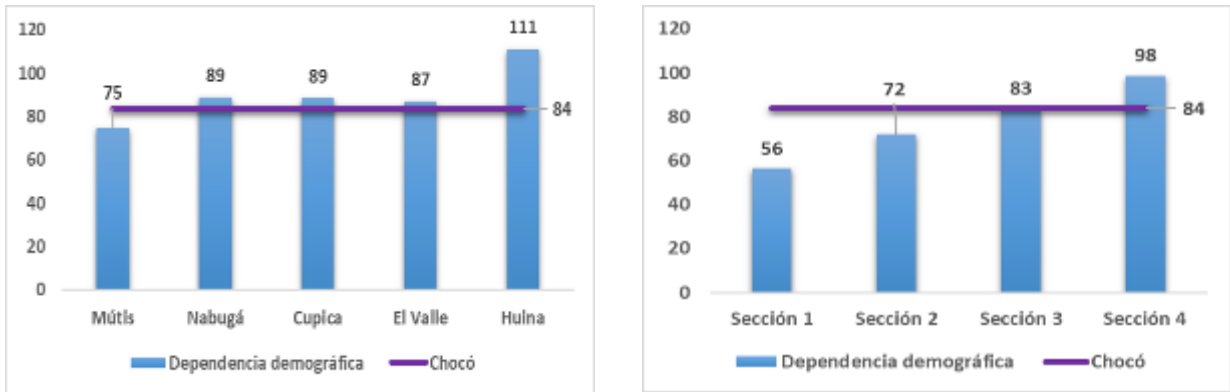


Figura 43. Dependencia demográfica en los centros poblados (izquierda) y en las secciones urbanas de la cabecera municipal Ciudad Mutis (derecha). Fuente: elaboración propia con datos del Censo DANE, 2005.

Capacidad de generación de ingresos

La capacidad de generación de ingresos se analiza mediante la tasa de ocupación. En los centros poblados ésta tiene un promedio de 24,3%, ubicada a nivel de la media departamental (24,5%); sin embargo, el 60% de los centros poblados se ubica en un nivel bajo. Específicamente en la cabecera municipal Ciudad Mutis, el promedio de esta tasa es de 24,5%, igual a la del Chocó, por lo tanto, se sitúa en un nivel medio; dos de las cuatro secciones urbanas se ubican por encima de la media de referencia tal como se observa en la

Figura 44.

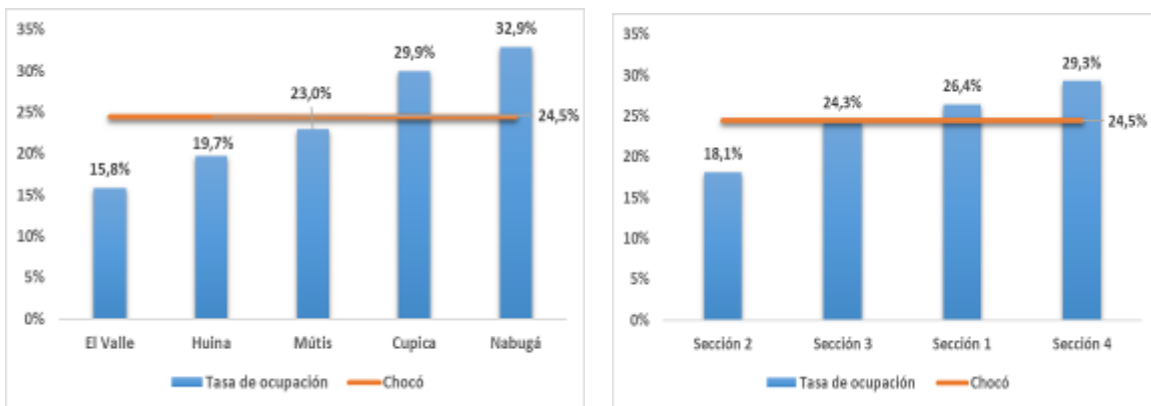


Figura 44. Tasa de ocupación de los centros poblados en el municipio de Bahía Solano (derecha) y en las secciones urbanas de Ciudad Mutis (izquierda). Fuente: elaboración propia con datos del DANE, 2005.

Características de las viviendas

El tipo de vivienda y la cobertura en servicios públicos domiciliarios permite observar las características de las viviendas para los habitantes de Bahía Solano. Las viviendas tipo cuarto y otro se encuentran en mayor medida en Ciudad Mutis, superando la media departamental (1,7%); el promedio de los centros poblados es 0,5% en general es un nivel bajo en la proporción de viviendas de este tipo.

Al interior de Ciudad Mutis, el promedio de viviendas tipo cuarto y otro es 1,7%, igual al dato del departamento del Chocó; la sección 1 y 2 se encuentran por encima de esta media, con niveles altos para este indicador (Figura 45).

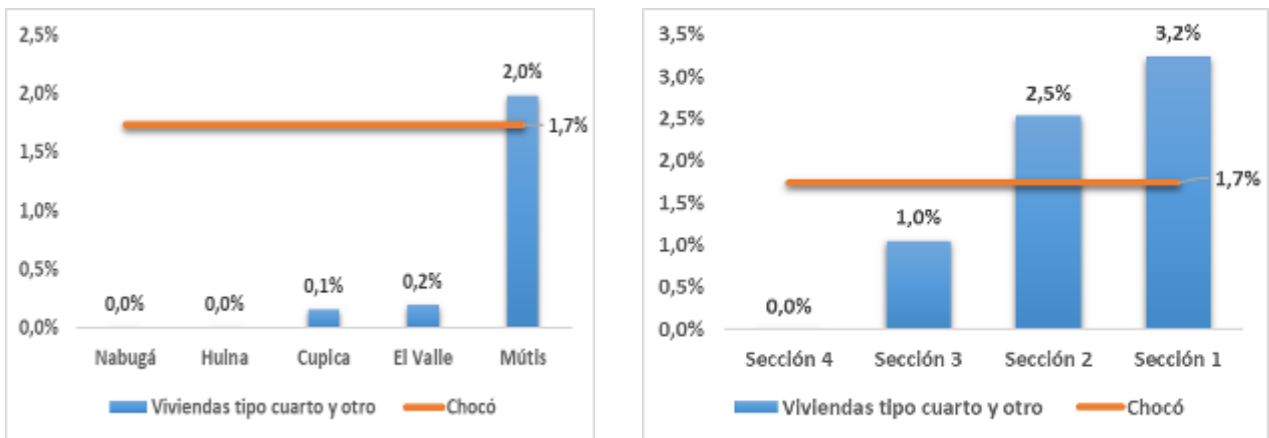


Figura 45. Porcentaje de viviendas tipo cuarto y otro en los centros poblados de Bahía Solano (izquierda) y en las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha). Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2005.

Para los servicios públicos domiciliarios se tiene en cuenta el promedio en la cobertura de energía eléctrica, acueducto, alcantarillado y gas natural. En este aspecto, los centros poblados del municipio de Bahía Solano presentan una cobertura del 65,9%, siendo un nivel alto en contraste con el promedio departamental de 25,9%, aunque se requieren mejoras en los servicios de acueducto y alcantarillado y el gas natural tiene cobertura del 0%.

En Ciudad Mutis la cobertura de los servicios públicos en mención tiene un promedio del 77,4%, lo cual indica un nivel alto en comparación con la media departamental; el 100% de las secciones urbanas tiene coberturas por encima de este dato, sobresaliendo la sección 4 con 86% (Figura 46).

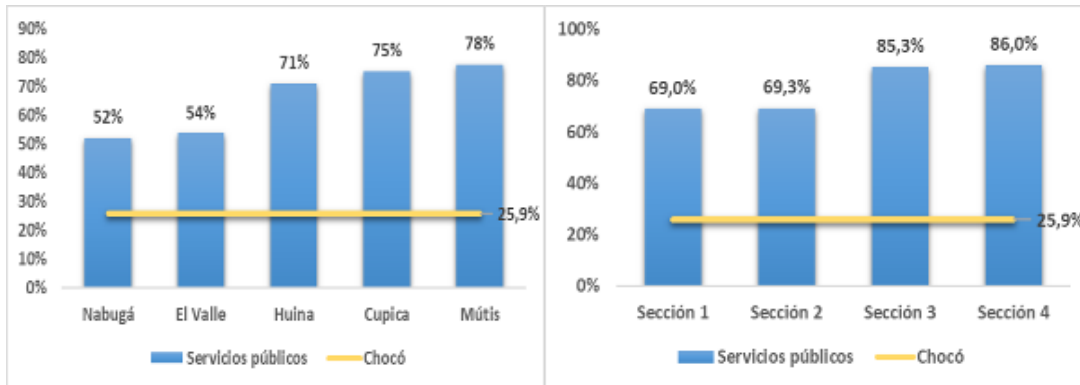


Figura 46. Cobertura de servicios públicos domiciliarios en los centros poblados del municipio de Bahía Solano (izquierda) y en las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha). Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2005.

Capacidad de asegurar alimentos

Esta dimensión se analiza teniendo en cuenta la proporción de personas que tuvo días de ayuno por falta de recursos económicos. Cuantas más personas hayan ayunado por este factor implica menor accesibilidad a los alimentos y serían los primeros afectados en el caso de ocurrir algún evento negativo como los causados por el ANM y la erosión costera.

En los centros poblados del municipio de Bahía Solano, se encuentra un promedio del 13,2% de personas que tuvieron días de ayuno debido a la carencia de dinero, que en contraste con el departamento del Chocó es un nivel bajo, pues este maneja una proporción del 20,5%; el 80% de los centros se ubican en el nivel bajo y solo El Valle presenta un nivel medio.

Al interior de Ciudad Mutis, tres de las cuatro secciones se ubican por debajo de la media departamental siendo un nivel bajo, con un promedio del 13,6%; sobresale la sección 4 donde el 21,7% de sus habitantes ha tenido días de ayuno por falta de dinero, correspondiente al nivel medio (Figura 47).

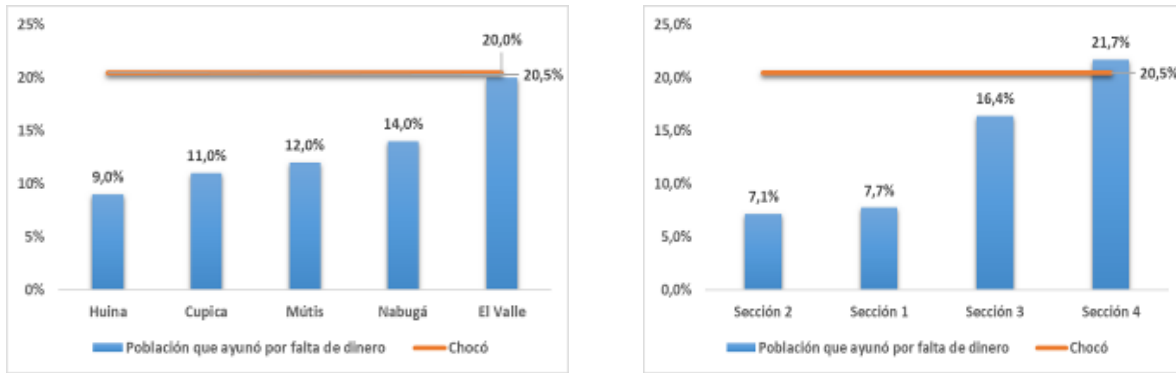


Figura 47. Proporción de personas que tuvieron días de ayuno por falta de recursos económicos en los centros poblados de Bahía Solano (izquierda) y las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha). Fuente: cálculos propios con datos del DANE, 2005.

Aporte al PIB turístico

Este indicador se construyó con el fin de realizar una aproximación a una de las actividades económicas de importancia en el municipio e identificar los niveles de dependencia a esta. La dependencia, presenta una relación directa con la sensibilidad, es decir, entre mayor sea el aporte al PIB turístico más susceptible será el sector de verse afectado por posibles impactos del cambio climático, siendo el clima un recurso esencial para el turismo.

El análisis se realiza a nivel rural, partiendo de los sectores rurales como unidad de estudio, obtenidos del DANE en el Censo del año 2005. En este sentido, se estimó la distribución del aporte de cada sector rural al PIB turístico municipal a partir del tamaño del área de uso turístico.

Es así como el sector 1, ubicado al sur del municipio de Bahía Solano, presenta el mayor aporte al sector turístico, donde se destaca el Parque Nacional Natural Utría y el corregimiento de El Valle, cuyo aporte se estima por encima del 90% al PIB de la rama; configurando una sensibilidad alta. Así mismo, se identificaron otros sectores turísticos con un menor aporte como el 3 en las cercanías a El Valle, el 5 que abarca Ciudad Mutis y el corregimiento Huina y el 6 en las cercanías a Nabugá. Estos sectores configuran una sensibilidad baja. En este sentido, el municipio de Bahía Solano tiene un peso relativo en el PIB departamental de tan solo el 0,8%, por lo tanto, su nivel de importancia económica es poco significativo.

Se puede decir entonces que, a pesar de poseer gran vocación turística, Bahía Solano presenta un bajo nivel competitivo en el sector, pues no cuenta con una política de promoción y fomento al turismo ni un Plan de Desarrollo Turístico ejecutado, entre otras debilidades como la carencia de infraestructura física y de salud, conectividad y falta de vías. Sin embargo, se destaca la organización del gremio hotelero y la confluencia de los Consejos Comunitarios en cuanto al direccionamiento y fortalecimiento del turismo (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016).

4.3. INDICADORES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

La capacidad de adaptación se define como la capacidad de los sistemas, las instituciones, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2014). En este sentido, se han definido cuatro indicadores de capacidad adaptativa, relacionados con la proporción de ecosistemas de manglar dentro de figuras de protección e inversión en ambiente y desarrollo sostenible, en el sector agropecuario y turístico para el ámbito socioeconómico.

Seguridad Alimentaria

La capacidad de adaptación se ha medido a partir del nivel de inversión en el sector agropecuario del municipio de Bahía Solano. La estimación de los datos utilizados para el cálculo del indicador, se realizó a partir del tamaño de las áreas de uso agropecuario en cada uno de los sectores rurales; se empleó como fuente el Plan Plurianual de Inversiones del municipio.

La capacidad adaptativa en esta dimensión, es vista como la capacidad del sistema para hacer frente o recuperarse de posibles daños ocasionados por efecto del cambio climático, así como la capacidad para aprovechar las oportunidades en el sector agropecuario.

Los resultados indican que la mayor inversión está en el sector 1, mientras que los sectores 3 y 5 se encuentran en un nivel medio y por debajo del promedio se encuentran los seis sectores rurales restantes. En conjunto, la inversión municipal al sector agropecuario es baja, correspondiente al 1,2% del total del presupuesto del Plan Plurianual de Inversiones (Figura 48).

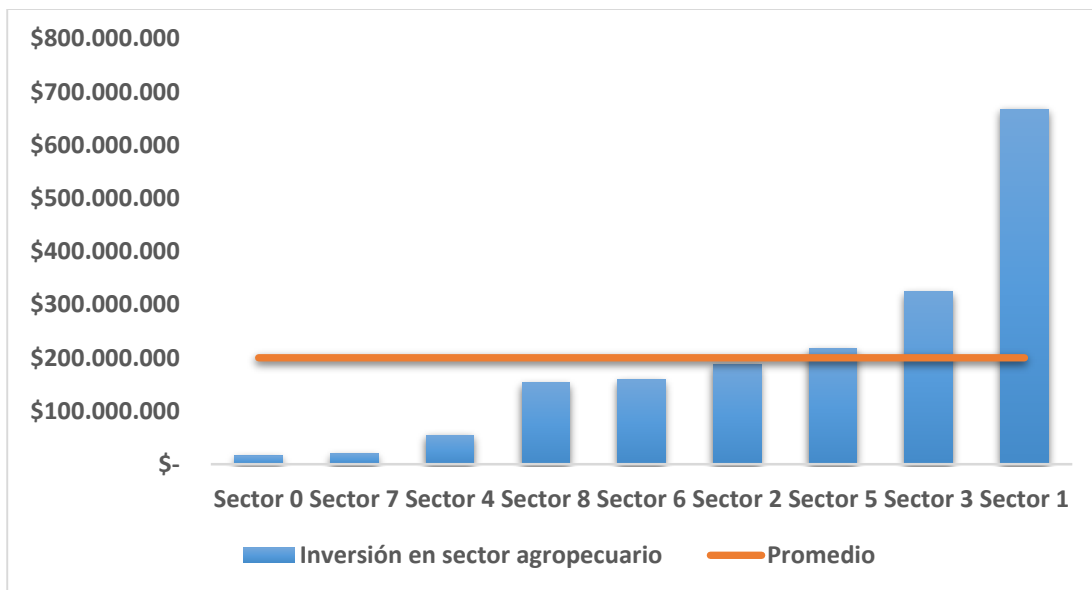


Figura 48. Inversión en el sector agropecuario sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: cálculos propios con datos del Plan Plurianual de Inversiones de Bahía Solano, 2016.

Biodiversidad y servicios ecosistémicos

Área de manglar dentro del sistema de áreas marinas protegidas en RUNAP

El indicador de capacidad de adaptación se construyó teniendo en cuenta las áreas de manglar en la zona rural de Bahía Solano, que cuentan con alguna figura de protección dentro del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - RUNAP. Considerando estas figuras, como herramientas claves que ayudan al potencializar la adaptación de los ecosistemas, desde el fortalecimiento de la capacidad institucional en la gestión y conservación de estas áreas naturales. Resulta importante considerar que la capacidad adaptativa depende también del carácter, la variación, la magnitud y el ritmo de los efectos del cambio climático a que está expuesto el sistema, así como de la distribución de los recursos y de la existencia de problemas anteriores (OMC, 2009).

De esta forma, se definió qué, aquellas áreas que cuentan con figura de protección tienen mayor capacidad de adaptación que aquellas que no tienen. Así, los análisis muestran que el 87% (865, 533 ha) de los ecosistemas de manglar en la zona rural de Bahía Solano tienen baja capacidad adaptativa - CA, mientras que el 13% restante (126,544 ha) presentan alta CA, por pertenecer al Parque Nacional Natural de Utría (Figura 49).

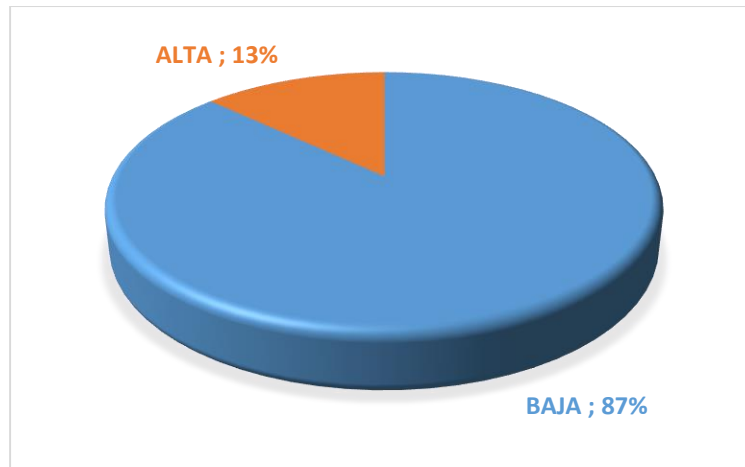


Figura 49. Capacidad adaptativa de las áreas de manglar en el sector rural de Bahía Solano, Chocó.

Del análisis es importante resaltar que, del total de áreas de manglar sin figura de protección, el 76% (658,1174 ha) tiene prioridad de restauración alta según el estudio de Gómez et al., 2014; asociado principalmente a la alta demanda de servicios ecosistémicos y a la falta de información para evaluar el estado de salud de los ecosistemas. Lo que resalta la importancia de generar proyectos de investigación, medidas de protección, vigilancia y control en estas zonas, que permitan mitigar eficientemente las problemáticas que los afectan.

Hábitat Humano

Este componente contiene indicadores de inversión para los centros poblados del municipio de Bahía Solano y las secciones urbanas de la cabecera municipal Ciudad Mutis. Su cálculo se realizó con base en el Plan Plurianual de Inversiones que contiene el presupuesto de ingresos y gastos proyectado y programado para cada uno de los cuatro años de gobierno municipal actual, del 2016 hasta el 2019 (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016). Las estimaciones están basadas en el número de habitantes existentes para el año 2018 en cada unidad de análisis.

Inversión en ambiente y desarrollo

Los resultados indican que el 60% de los centros poblados presentan un nivel muy bajo de inversión, inferior a los \$226,32 millones de pesos; sobresale Ciudad Mutis y El Valle pues sobrepasan el promedio de inversión. Por su parte en la cabecera municipal, se obtuvo un promedio de \$167,24 millones de pesos destinados para inversión en este sector; solo las secciones urbanas 2 y 3 sobrepasan la media (Figura 50).

La inversión en ambiente y desarrollo para el total del municipio de Bahía Solano es el 0,9% del presupuesto programado en el Plan Plurianual de Inversiones, mientras que a nivel regional se invierte solo el 3,1% en la estrategia Crecimiento Verde (DNP, 2017) por lo tanto la capacidad adaptativa presenta un nivel bajo.



Figura 50. Inversión en ambiente y desarrollo en los centros poblados del municipio de Bahía Solano (izquierda) y las secciones urbanas de Ciudad Mutis (derecha).

Inversión del presupuesto municipal en el sector turismo

La inversión como una respuesta de adaptación al cambio climático, permite identificar la capacidad de Bahía Solano para hacer frente a posibles impactos generados por este fenómeno. El sector turístico, como uno de los más importantes por el gran potencial y atractivos naturales del municipio, aún es incipiente, requiere mayor fomento y promoción, así como el mejoramiento de su infraestructura y conectividad.



En este sentido, la inversión destinada al sector turístico de Bahía Solano, de acuerdo con el Plan Plurianual de Inversiones es del 0,8% del total presupuestal, en concordancia con los planteado en los subprogramas del Eje estratégico 2 "Desarrollo económico productivo desde el enfoque turístico y ambiental". Esta proporción corresponde a \$1.250 millones de pesos para el cuatrienio 2016-2019, lo cual permite inferir una baja proporción de inversión configurándose así una baja capacidad adaptativa.

4.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se define como la “propensión o predisposición a ser afectado negativamente”, comprende la sensibilidad al daño y la capacidad adaptativa (IPCC, 2014). El Índice de Vulnerabilidad para Bahía Solano, se obtuvo a partir de los indicadores de Sensibilidad y Capacidad adaptativa descritos en los apartados anteriores; cuya calificación se realizó de forma cualitativa en concordancia con la metodología adaptada de GIZ.

Por su parte, los impactos son los efectos del cambio climático o fenómenos climáticos peligrosos en combinación con la vulnerabilidad de los sistemas expuestos. También son consecuencias y resultados que afectan vidas, ecosistemas, medios de subsistencia, economías, servicios, infraestructura y salud (IPCC, 2014).

Vulnerabilidad urbana

La zona urbana corresponde a la cabecera municipal de Bahía Solano Ciudad Mutis, que ha sido calificada de acuerdo con la exposición a las amenazas de ANM y erosión costera para los años 2040 y 2100; de igual forma se tuvo en cuenta la sensibilidad y la capacidad adaptativa para el componente de Hábitat humano.

Al interior de Ciudad Mutis, de las cuatro Secciones Urbanas en las que se divide, dos presentan exposición alta por ANM (Secciones 2 y 3), mientras que por erosión costera solo sería la Sección 2, en donde coincide este nivel para ambas amenazas y ambos períodos (Tabla 6); sin embargo, la vulnerabilidad resulta ser baja para este sector debido a su baja sensibilidad y media capacidad adaptativa, configurándose un impacto de nivel medio para el 2040 y 2100. Por su parte, la Sección 1 tendría una vulnerabilidad alta en consonancia con su alta sensibilidad y baja capacidad adaptativa, con un nivel medio de impacto dada su baja exposición (Figura 51 y Figura 52).

Tabla 6. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Hábitat Humano en Ciudad Mutis, Bahía Solano. N/A: Sin afectación.

Secciones Urbanas	Exposición ANM 2040	Exposición ANM 2100	Exposición erosión costera 2040	Exposición erosión costera 2100	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
02	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio
04	Medio	Medio	N/A	N/A	Medio	Bajo
01	Bajo	Bajo	N/A	N/A	Alto	Bajo
03	Alto	Alto	N/A	N/A	Medio	Alto

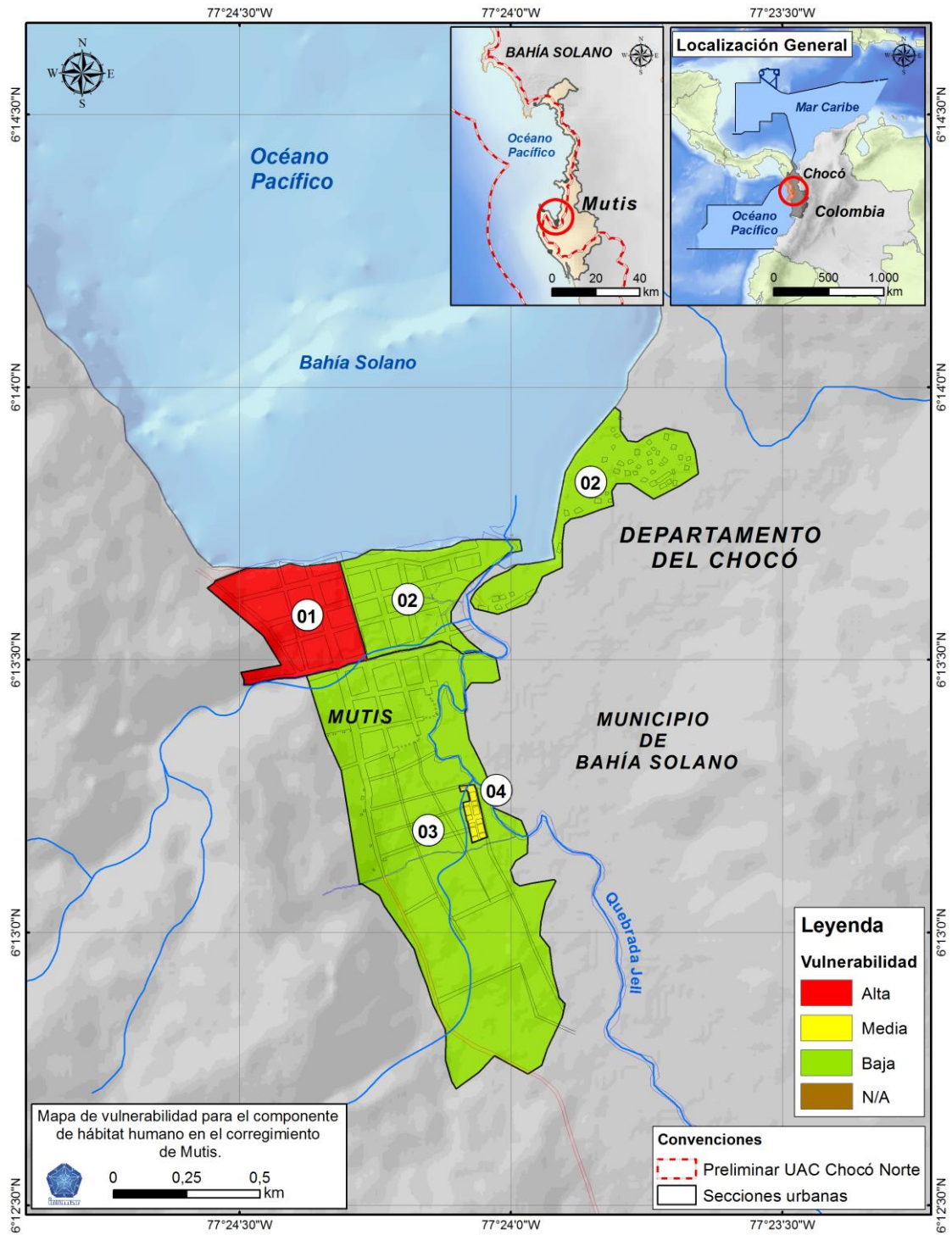


Figura 51. Mapa de vulnerabilidad del componente Hábitat humano en Ciudad Mutis, municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Invemar, 2018.

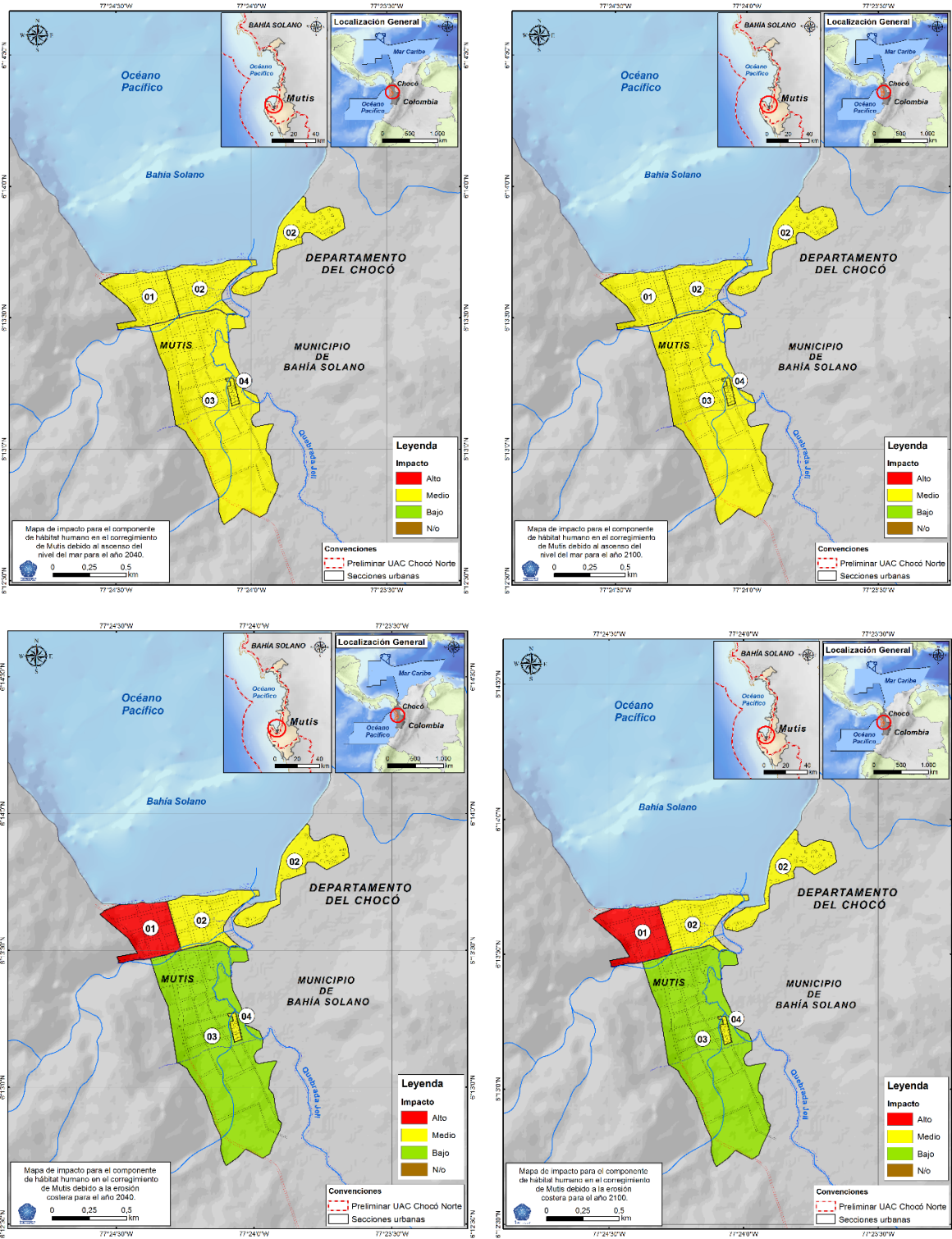


Figura 52. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100 del componente Hábitat humano en Ciudad Mutis, Bahía Solano. Fuente: Labsis Inveimar, 2018.

Vulnerabilidad rural

Para el municipio de Bahía Solano, se clasificó la zona rural en centros poblados correspondientes a los corregimientos ubicados en la zona costera y los Sectores rurales como unidad de análisis de mayor tamaño. Entre estas dos unidades, se analizaron los componentes de Seguridad alimentaria, Biodiversidad y servicios ecosistémicos y Hábitat humano, para las amenazas de ANM y erosión costera hacia los períodos 2040 y 2100.

Los resultados indican que los centros poblados con mayor exposición por ANM en el componente de Hábitat humano para los años 2040 y 2100, serían Ciudad Mutis y el corregimiento El Valle. Sin embargo, para el primero la vulnerabilidad es baja dada su sensibilidad media y alta capacidad adaptativa, configurándose un impacto medio; y para el segundo, la vulnerabilidad y el impacto serían de nivel medio. Por erosión costera, se varían mayormente expuestos Ciudad Mutis y Nabugá, con altos niveles para el 2040 y 2100. Su vulnerabilidad es baja y media respectivamente, con impacto medio para ambos períodos (Tabla 7) (Figura 53 y Figura 54).

Tabla 7. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Hábitat Humano en los centros poblados de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.

Centros poblados	Exposición ANM 2040	Exposición ANM 2100	Exposición erosión costera 2040	Exposición erosión costera 2100	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
Mutis	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto
Nabugá	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo
Cupica	Bajo	Medio	N/A	Bajo	Alto	Bajo
El Valle	Alto	Alto	N/A	N/A	Medio	Medio
Huina	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo

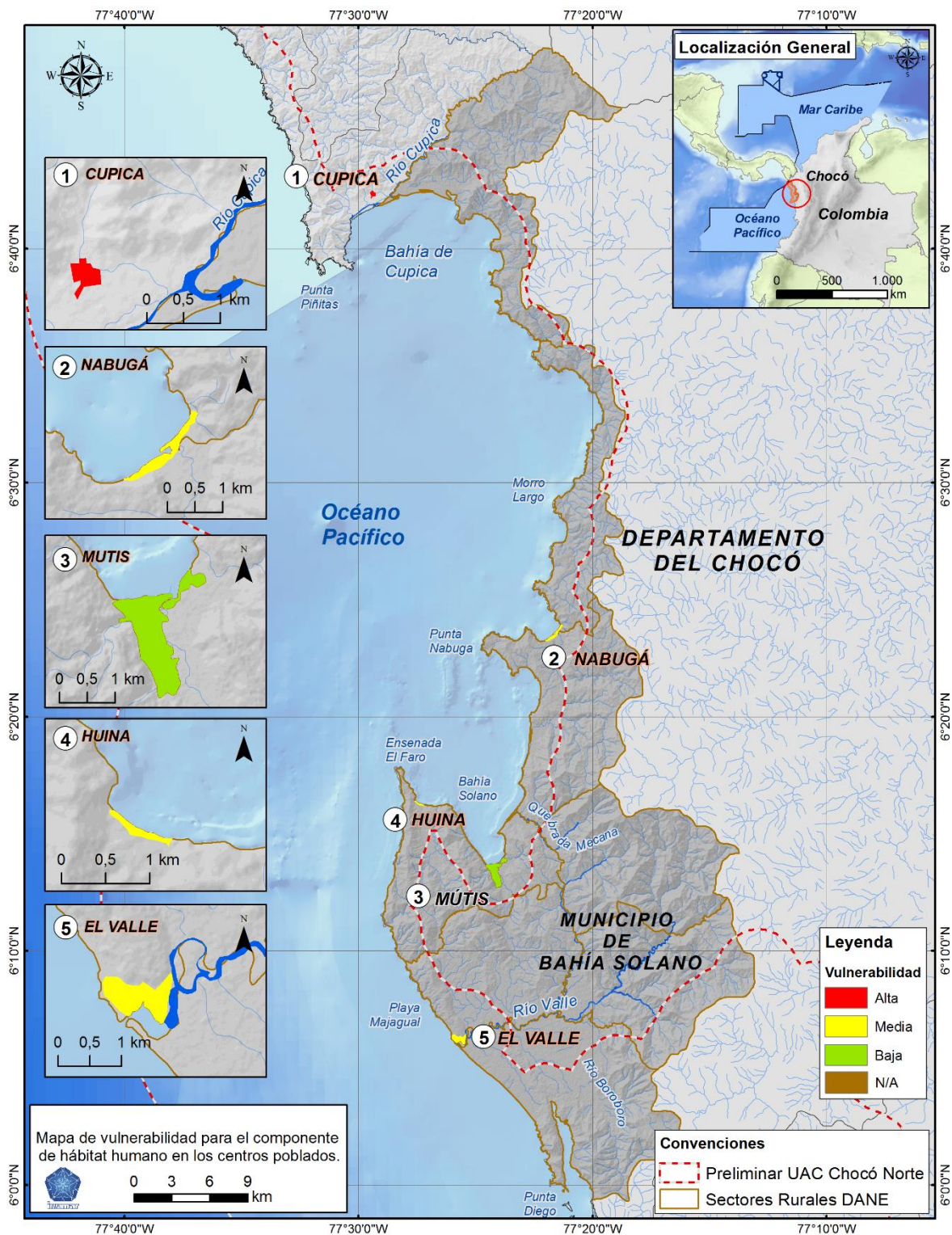


Figura 53. Mapa de vulnerabilidad del componente Hábitat humano en los centros poblados del municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Inveimar, 2018.

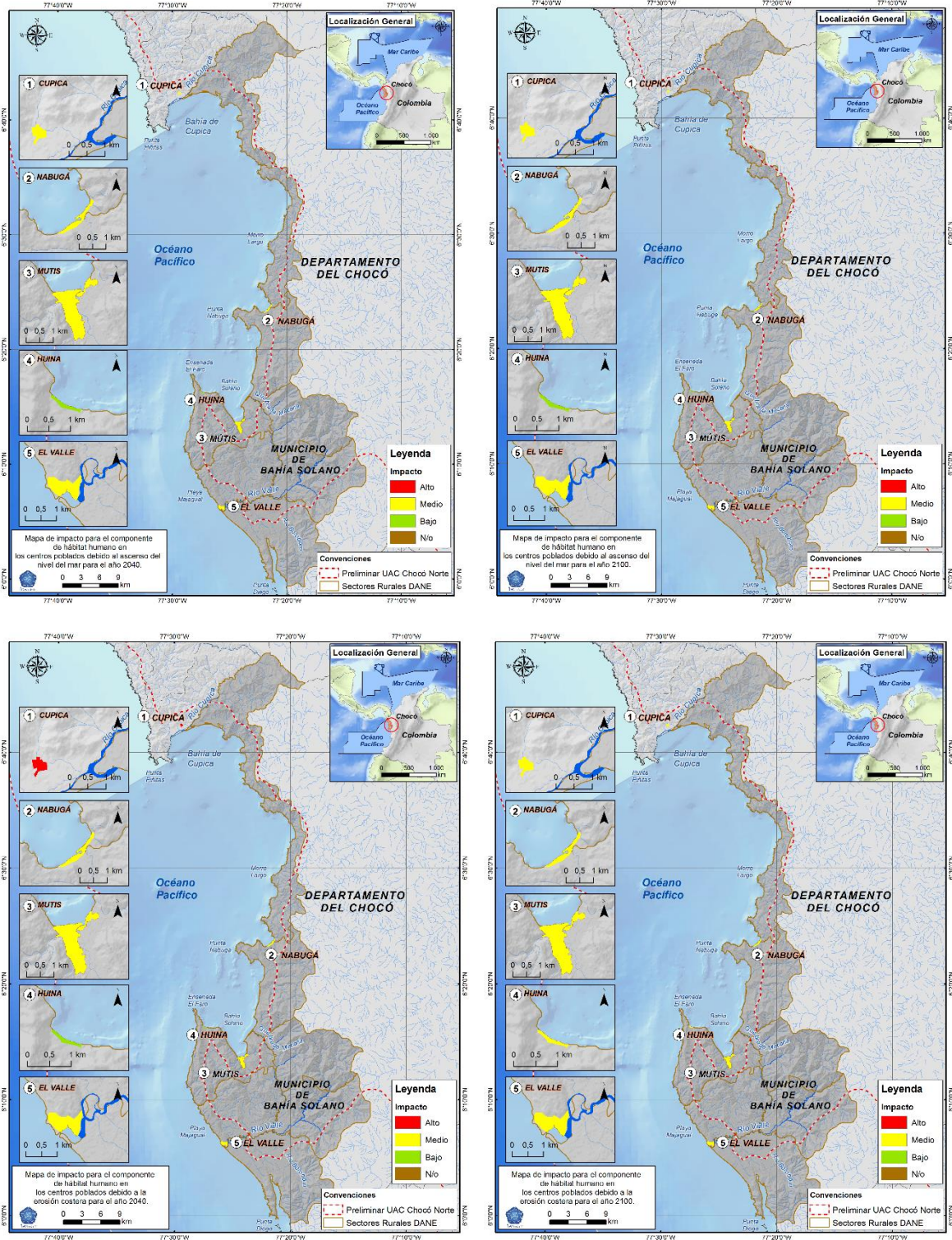


Figura 54. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Hábitat humano en los centros poblados de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.

Por su parte, los sectores rurales en el componente de Seguridad alimentaria, que podrían verse afectados por ANM hacia el 2040 y 2100 son el Sector 1 (sur del municipio), el Sector 8 (al norte cercano a Cupica) y el Sector 0 (Ciudad Mutis), cuya vulnerabilidad es media para el primero y baja para los dos últimos, con impactos de nivel medio para los tres. Por erosión costera, el impacto es medio en los Sectores 1, 3, 7 y 0 para el 2040 y al 2100 se suman el 6 y 8 con este mismo nivel (Tabla 8) (Figura 55 y Figura 56).

Tabla 8. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Seguridad alimentaria en los Sectores rurales de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.

Sectores rurales	Exposición ANM 2040	Exposición ANM 2100	Exposición erosión costera 2040	Exposición erosión costera 2100	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
1	Alto	Alto	N/A	N/A	Alto	Alto
2	N/A	N/A	N/A	N/A	Bajo	Bajo
3	Bajo	Bajo	N/A	N/A	Alto	Alto
4	N/A	N/A	N/A	N/A	Bajo	Bajo
5	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto
6	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
7	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo
8	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
0	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo

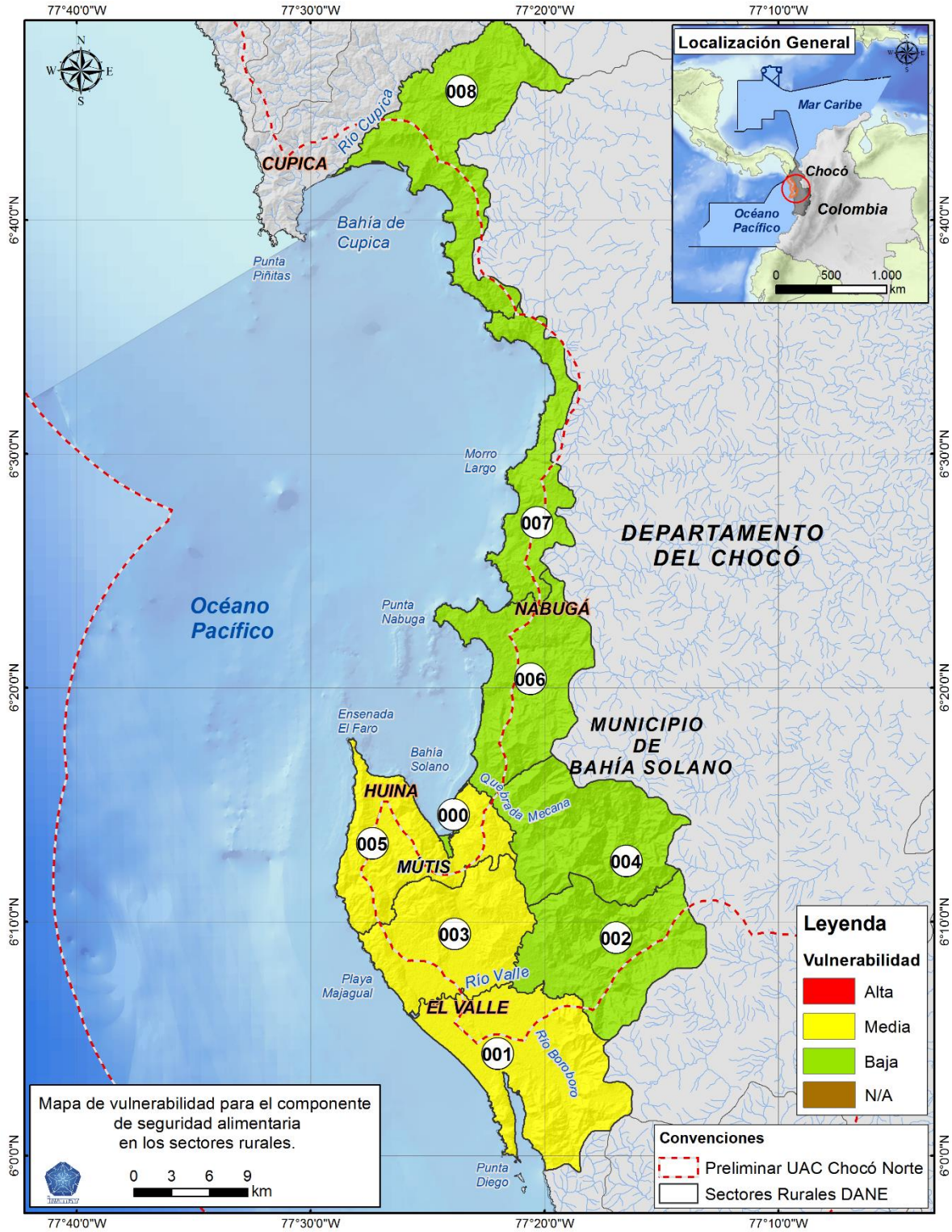


Figura 55. Mapa de vulnerabilidad del componente Seguridad alimentaria en los Sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Invemar, 2018.

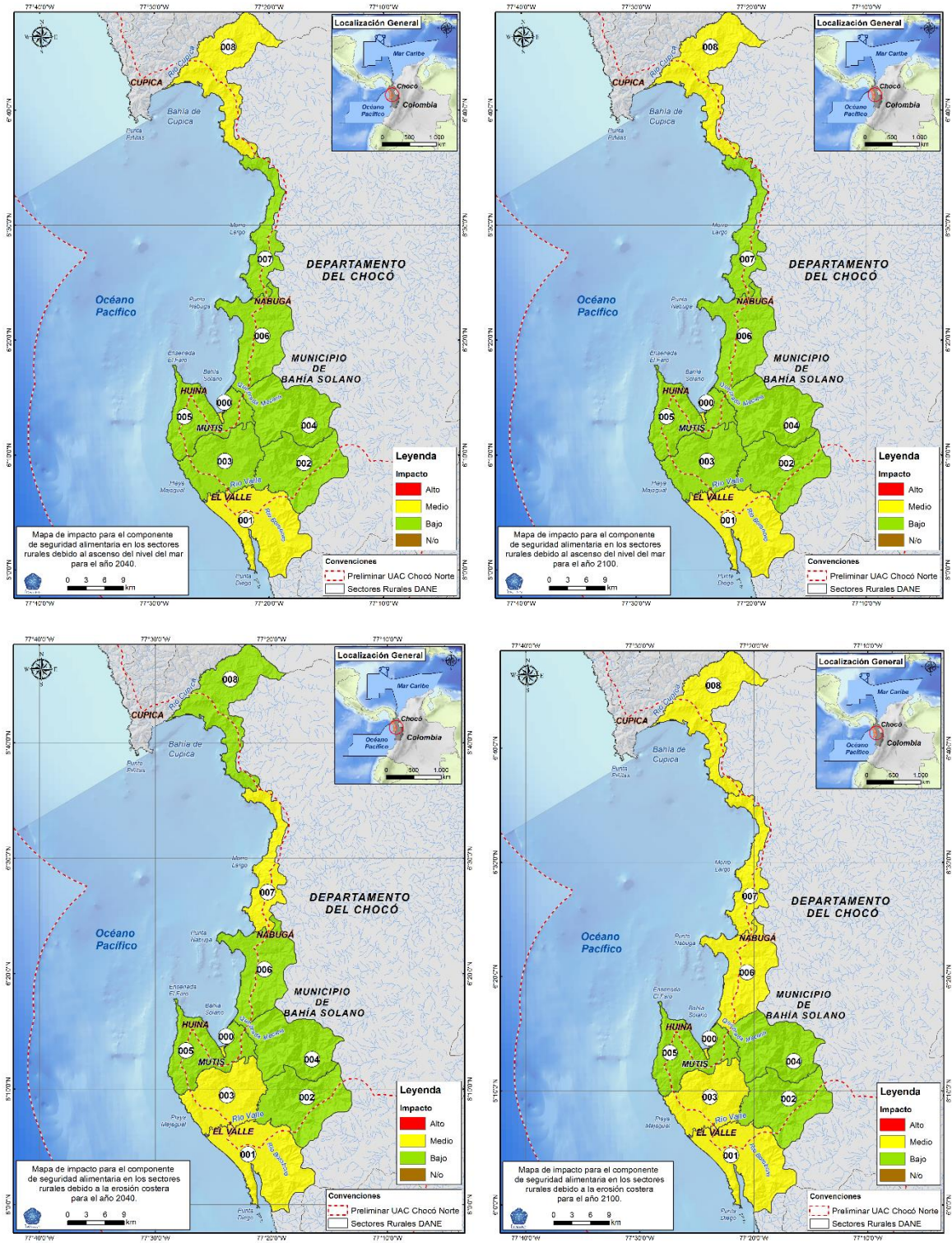


Figura 56. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Seguridad alimentaria en los Sectores rurales de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.

Para el componente de Biodiversidad y servicios ecosistémicos donde se encuentran los ecosistemas de manglar y playas, los niveles de exposición por ANM son altos para los Sectores 0 (Ciudad Mutis) y 8 (norte del municipio) y por erosión costera los sectores 0 y 7 a los cuales se suma el 6 (cercañas a Nabugá) para el año 2100. La vulnerabilidad por su parte, es alta para los Sectores 3, 6, 7 y 8; mientras que el impacto por ANM es alto para este último. Por erosión costera el impacto es alto para los Sectores 3 y 7 hacia el 2040 y para fin de siglo a estos se suma el sector 6, con impacto medio para los demás sectores (Tabla 9) (Figura 57 y Figura 58).

Tabla 9. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Biodiversidad y servicios ecosistémicos en los Sectores rurales de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.

Sectores rurales	Exposición ANM 2040	Exposición ANM 2100	Exposición erosión costera 2040	Exposición erosión costera 2100	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
0	Alto	Alto	Alto	Alta	N/A	Bajo
1	Medio	Medio	N/A	N/A	Alto	alto
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	Medio	Medio	N/A	N/A	Alto	Bajo
4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Medio	Medio	Medio	Media	N/A	N/A
6	Medio	Medio	Medio	Alta	Alto	Bajo
7	Medio	Medio	Alto	Alta	Alto	Bajo
8	Alto	Alto	Medio	Media	Alto	Bajo

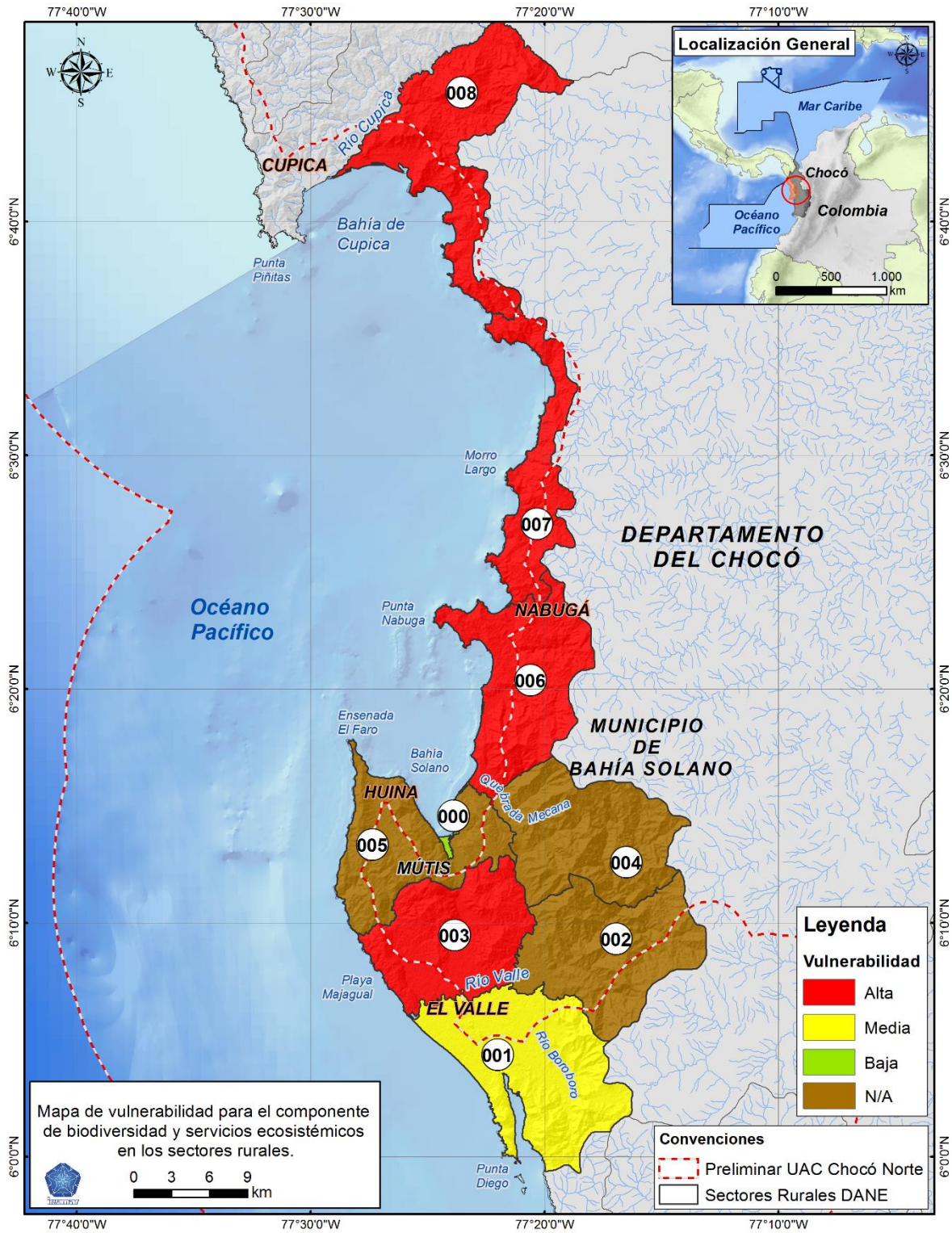


Figura 57. Mapa de vulnerabilidad del componente Biodiversidad y servicios ecosistémicos en los Sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: labsis Inveimar, 2018.

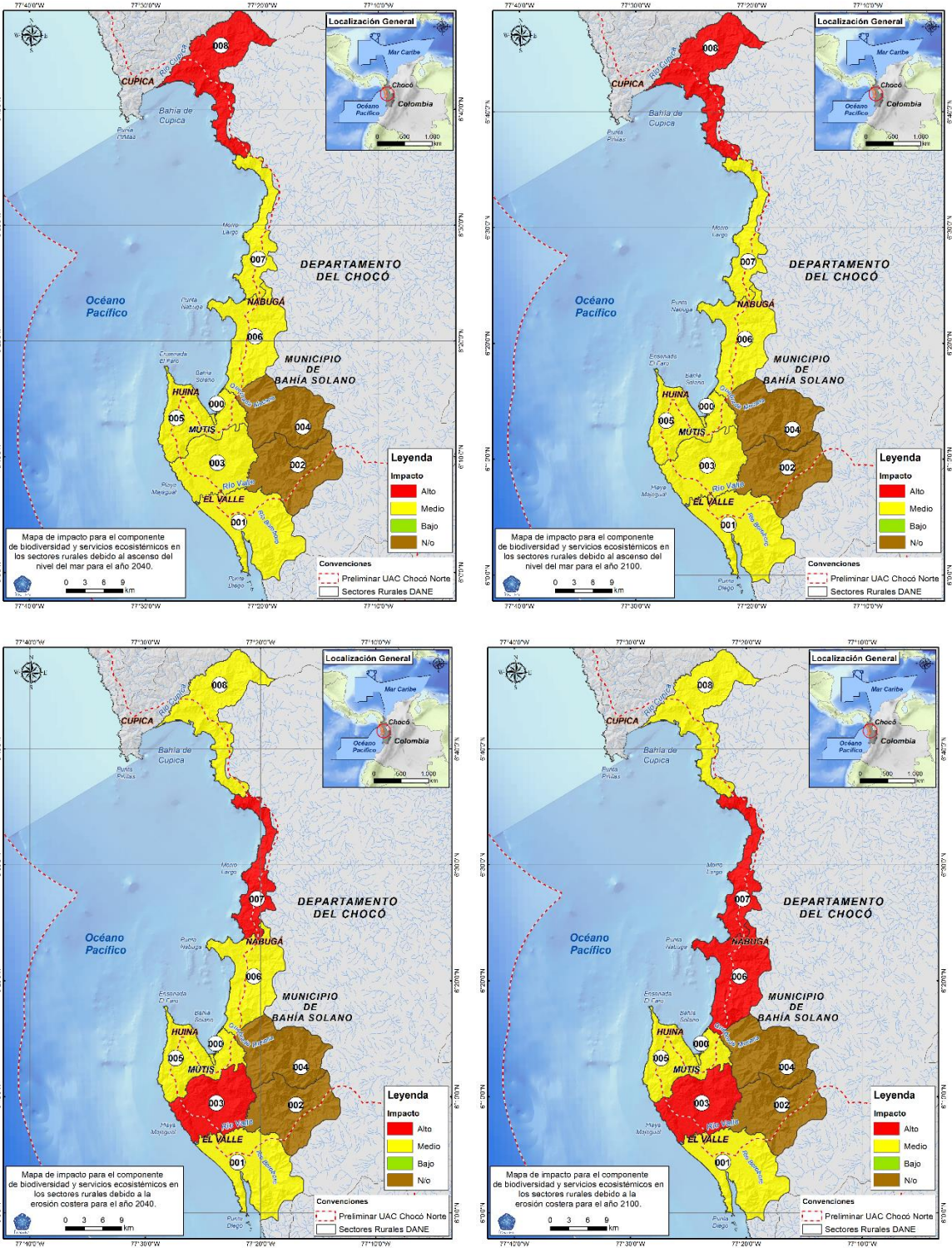


Figura 58. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Biodiversidad y servicios ecosistémicos en los Sectores rurales de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.

En cuanto al componente de Hábitat humano en los Sectores rurales del municipio de Bahía Solano, se estima que por ANM el Sector 0 (Ciudad Mutis) presentaría alta exposición para el 2040 y 2100; mientras que por erosión costera solo el Sector 5 tendía un nivel alto para el año 2100 (Tabla 10).

La vulnerabilidad es baja en general con nivel medio únicamente en el sector 0, y por ANM el impacto sería alto para el año 2040 y 2100. Los impactos por erosión costera, serían altos nuevamente para el Sector 0 (Ciudad Mutis), al cual se suman los Sectores 8 y 7 en el año 2100 (Figura 59 y Figura 60).

Tabla 10. Niveles de exposición al ANM y erosión costera, sensibilidad y capacidad adaptativa del componente Hábitat humano en los Sectores rurales de Bahía Solano. N/A: Sin afectación.

Sectores rurales	Exposición ANM 2040	Exposición ANM 2100	Exposición erosión costera 2040	Exposición erosión costera 2100	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
1	Medio	Bajo	N/A	N/A	Alto	Alto
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	Medio	Alto	N/A	N/A	Bajo	Bajo
4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Medio	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
6	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
7	Bajo	Bajo	N/A	N/A	N/A	N/A
8	Bajo	Bajo	N/A	N/A	N/A	N/A
0	Alto	Alto	N/A	N/A	N/A	N/A

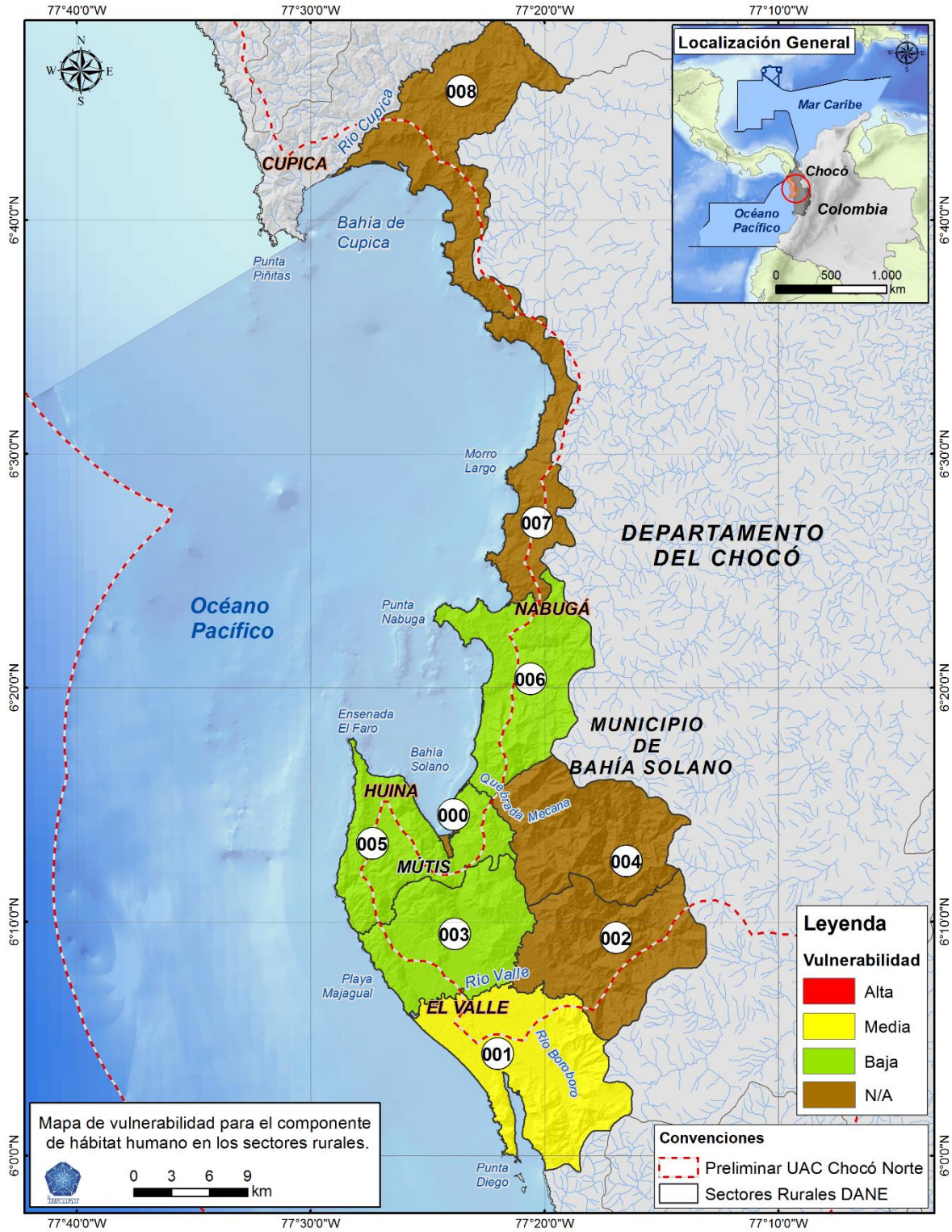


Figura 59. Mapa de vulnerabilidad del componente Hábitat humano en los Sectores rurales del municipio de Bahía Solano. Fuente: Iabsis Inveimar, 2018.

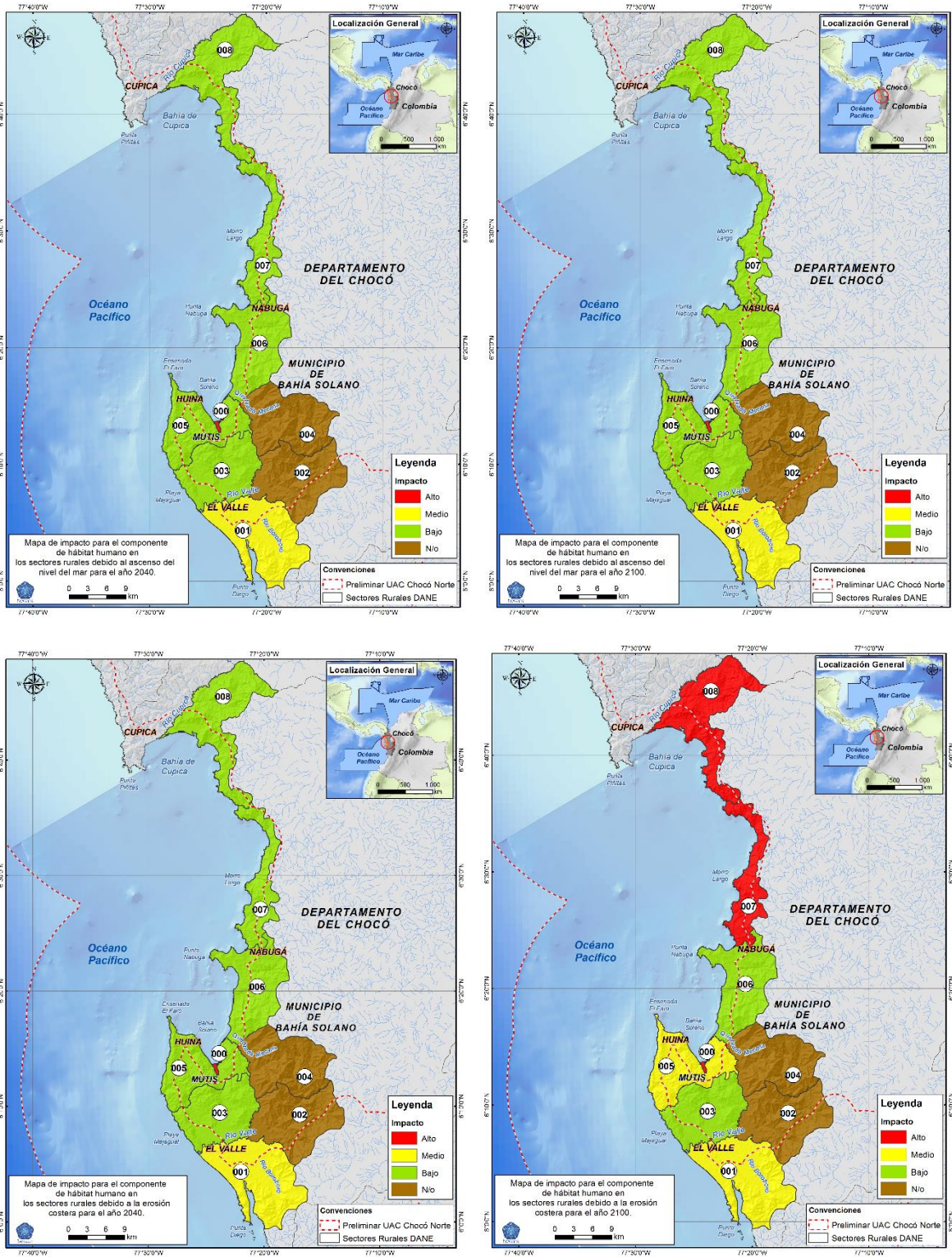


Figura 60. Mapas de impacto por ANM (arriba) y erosión costera (abajo) en los años 2040 y 2100, del componente Hábitat humano en los Sectores rurales de Bahía Solano. Fuente: Labsis Invemar, 2018.

5. TENSORES

El cambio climático en las diferentes regiones del mundo es una realidad, y se manifiestan con mayor impacto en las zonas costeras y en los países en desarrollo. Sus efectos se evidencian en el aumento de la temperatura global y de los incendios forestales, la intensificación de las sequías y las inundaciones, la disminución de la seguridad alimentaria, la intensidad de los fenómenos naturales como inundaciones, huracanes, y ciclones, escases de agua potable, desertización, el incremento de las enfermedades y de las migraciones poblacionales (IPCC, 2014).

El cambio acelerado en las condiciones climáticas ha generado impactos ambientales de manera diferencial sobre los ecosistemas y especies, lo cual ha aumentado la vulnerabilidad de la biodiversidad. En este sentido Smith et al., 2009, sostiene que el cambio climático ha adicionado estrés sobre los ecosistemas, además de las presiones generadas por el desarrollo económico y las actividades antrópicas. Entre los ecosistemas costeros más afectados se encuentran las playas y los humedales costeros por la erosión y el aumento del nivel del mar (Barbier et al., 1997), los manglares y los corales por su alta sensibilidad al aumento de la temperatura, los sistemas hídricos por los fenómenos ENSO (fenómeno de la Niña y Niño), la flora y fauna por la expansión de la frontera agrícola, procesos de colonización, y el crecimiento demográfico (Adeht y Yañez-Arancibia. 2018) (Figura 61).

En consideración, se estima que los efectos combinados del cambio climático y la presión antropogénica pueden aumentar la tasa de degradación de los ecosistemas costeros y marinos, produciendo la reducción o pérdida de hábitats, especies y los servicios ecosistémicos que estos prestan (Adeht y Yañez-Arancibia. 2018). La quinta evaluación del IPCC, sostiene que, ha mediado del siglo XXI la redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina dificultará el mantenimiento sostenido de la productividad pesquera y otros servicios ecosistémicos (IPCC, 2014).

Se espera que el cambio climático afecte a los cetáceos principalmente a través de la pérdida de hábitat y los cambios en la disponibilidad, la calidad y distribución de las presas, y un aumento de la competencia entre especies. Otros impactos notables y predecibles sobre estas especies, están relacionados con la disminución de la capacidad reproductiva y la propagación de enfermedades infecciosas y no infecciosas (Alter et al., 2010).

Según (Smith et al., 2009), los cambios en la temperatura de la superficie del mar y la clorofila tendrán efectos mixtos en los hábitats centrales del Océano Pacífico para el año 2100. Se prevé que, el hábitat de tiburones disminuirá aproximadamente un 20%, los hábitats de mamíferos marinos y tortugas disminuirán aproximadamente un 5% y el hábitat de atún se expandirá aproximadamente un 10% (Hazen et al., 2013. citado en Anderson, et al. 2013). En general, los ecosistemas de aguas profundas se verán afectados indirectamente por el cambio climático porque sus redes alimentarias dependen de la productividad de la superficie y la mezcla vertical (Anderson, et al. 2013).

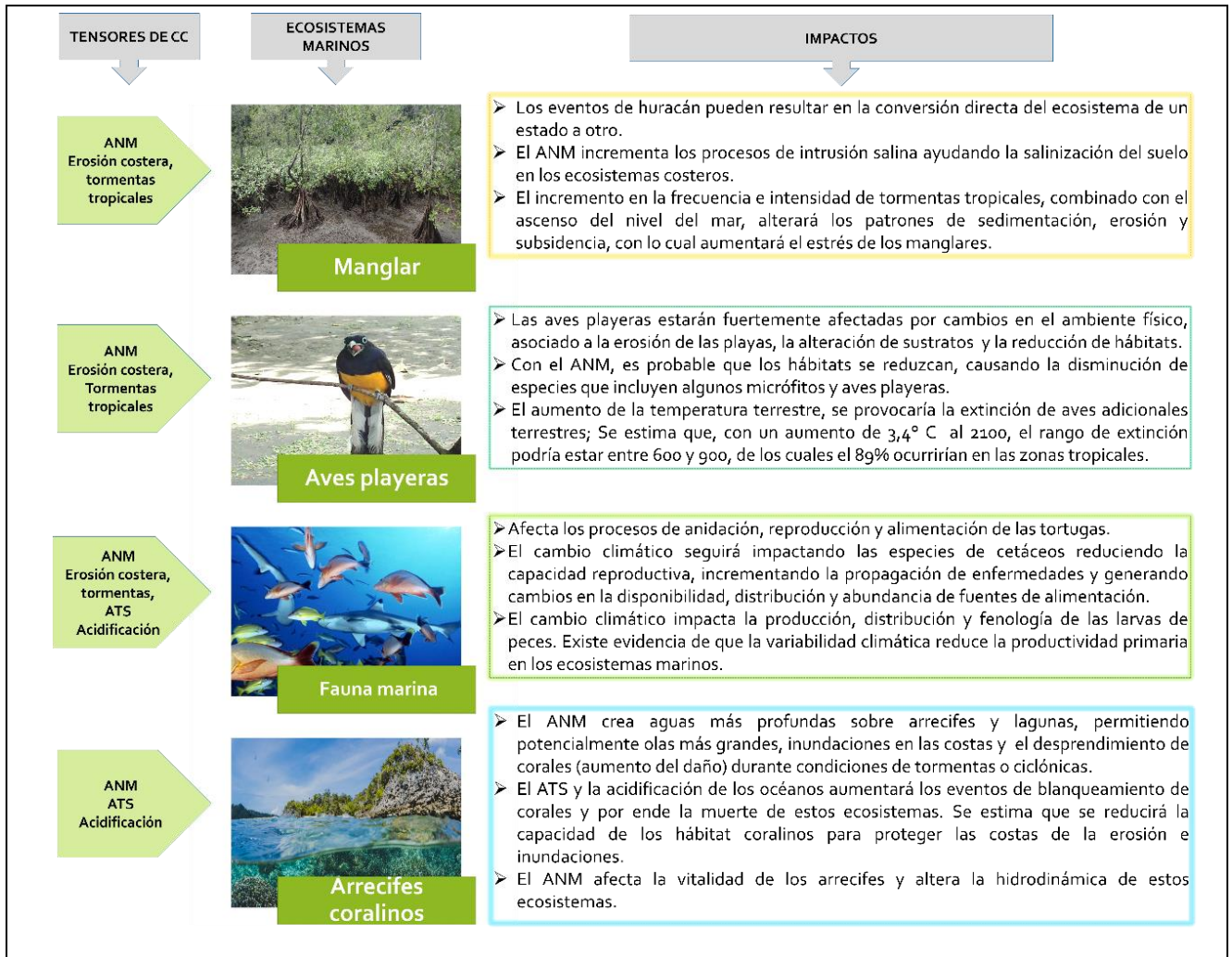


Figura 61. Tensores de cambio climático que afectan los ecosistemas marino costeros.

El cambio climático también amenaza los arrecifes de coral y los servicios ecosistémicos que estos prestan. Durante las últimas décadas se han evidenciado a nivel global, blanqueamientos y mortandad de corales asociado al aumento de la temperatura oceánica y la acidificación, en combinación con otros factores como la sobrepesca, la sedimentación y la contaminación. Por lo tanto, se estima que estos problemas seguirán creciendo bajo los escenarios planteados futuros del aumento de temperatura y la ganancia de la acidificación (YuChen, et al. 2015; Elliff y Silva, 2017), causando la muerte y decoloración de los corales, reduciendo las tasas de crecimiento y la estructura de los arrecifes, haciéndolos más susceptibles a la erosión y favoreciendo procesos de inundación costera (Elliff y Silva, 2017). También se espera que el ANM genere cambios en la profundidad del agua, afectando la hidrodinámica y la disponibilidad de luz para los arrecifes (Braithwaite, 2016), provocando la reubicación de los arrecifes, reduciendo la cobertura y cantidad de hábitat disponible para los peces asociados a los arrecifes (YuChen, et al. 2015).

En este sentido, se esperan repercusiones directas sobre mayoría de los peces e invertebrados que son particularmente sensibles a los cambios en las condiciones del océano porque la temperatura de su cuerpo y el rendimiento biológico varían con el medio ambiente. Estudios demuestran que el aumento de la temperatura oceánica afecta a los peces ectotérmicos, acelerando los procesos metabólicos que influyen en la duración de la etapa de vida, las tasas de crecimiento, la demanda energética y otras tasas vitales. Además de la variabilidad climática, la acidificación de los océanos, disminuirá la concentración de oxígeno y la productividad primaria afectando negativamente a los peces y las pesquerías. Se proyecta que la productividad primaria disminuirá en las regiones de baja latitud y evitará que los nutrientes en profundidad lleguen a la superficie donde son necesarios para la fotosíntesis (Ash, R. et al. 2018). En el Pacífico tropical, se espera que los efectos directos de la acidificación de los océanos y los impactos de la red alimentaria tengan efectos más grandes en los peces costeros que en las especies de océano abierto, como el atún (Borgne, et al. 2011; Bromhead, et al. 2015. Ash, R. et al. 2018).

Los grandes animales como tortugas bobas, tiburones y algunas ballenas azules pueden enfrentar las consecuencias más graves del cambio climático, mientras que en realidad a algunas aves marinas les puede beneficiar. Numerosas investigaciones han comprobado que el cambio climático pone en peligro a los machos de las tortugas marinas ya que el género de estas especies, es determinado por la temperatura de incubación, el calentamiento de 2 ° C podría resultar en un gran cambio en la proporción de sexos con respecto a las mujeres en muchas colonias. El ANM, las tormentas extremas y el desarrollo de las costas puede amenazar las playas de anidación y el éxito reproductivo de las tortugas. La contaminación y la eutrofización también amenazan importantes hábitats costeros de forraje para las tortugas de todo el mundo. Al aumentar el nivel del mar por la fuerza de los vientos, se producen marejadas e inundaciones que llegan hasta la vegetación, por tanto, se afectan los nidos de las especies. (Hobday et al., 2015).

Los excesos de humedad en los nidos de las tortugas marinas también se han asociado con el desarrollo de enfermedades por microorganismos oportunistas (Hobday et al., 2015; Guclu et al., 2010). Willis-Norton et al., 2015 estima que el hábitat pelágico de la tortuga baula del Pacífico oriental (*Dermochelys coriacea*) disminuirá la población en aproximadamente un 15% en el próximo siglo, lo que aumentará la disminución del 90% en la abundancia y generará cambios en la distribución y comportamiento de las especies, lo que podría provocar su extinción.

En las aves playeras también se han observado las presiones que ejerce cambio climático y que las hace altamente vulnerables (Şekercioğlu, 2012). Ejemplo de esto, son las aves migratorias del género *Calidris*, que se ven seriamente afectadas en su metabolismo por el aumento de la temperatura. Los cambios drásticos en las mareas también modifican la zonificación de las presas, las características del sustrato dificultando los procesos de casería y alimentación de estas especies. Estos cambios se han evidenciado y documentado en la Costa Pacífica colombiana, específicamente en la Bahía de Buenaventura, considerado como el hábitat de calidad para estas aves. Bajo los escenarios cambiantes del ambiente físico, las tendencias indican que las aves playeras se verán altamente comprometidas (Crick., 2004; Guzmán, L. 2013). Se estima que, por cada grado que aumente la temperatura terrestre, se podrían extinguir aproximadamente de 100 a 500 de aves adicionales terrestres; al 2100 con un aumento de 3,4° C, el rango de extinción podría estar entre 600 y 900, de los cuales el 89% ocurrirían en las zonas tropicales (Şekercioğlu, 2012).

En las latitudes tropicales y subtropicales del mundo, los manglares son considerados, los ecosistemas más vulnerables ubicados en la interface continente/océano debido a las diferentes presiones antrópicas y naturales a las que se encuentran sometidos (Yañez-Arancibia et al., 2014). Frente a los impactos estimados del cambio climático planteados por el IPCC, 2014, para los ecosistemas costeros, y las diferentes investigaciones desarrolladas alrededor de los bosques de manglar, se espera que:

- El calentamiento global estimule la expansión de los manglares hacia latitudes altas, alterando la estructura de los bosques y su área de colonización. (retroceso y pérdida de manglar).
- El ANM genere cambios en salinidades del suelo y del agua, con lo cual las interacciones fisiológicas, biogeoquímicas y ecológicas de competitividad entre los manglares y otra vegetación asociada, se distorsionan.
- El incremento en la frecuencia e intensidad de tormentas tropicales, combinado con el ascenso del nivel del mar, alterará los patrones de sedimentación, erosión y subsidencia, con lo cual aumentará el estrés de los manglares.

En este sentido, se espera que los manglares respondan de manera sensitiva, funcional y estructural a las amenazas del cambio climático. Dependiendo de la especie, pueden tolerar la baja disponibilidad de oxígeno causada por la inundación mareal, pueden migrar tierra adentro sino hay barreras geográficas o modular la estructura del bosque de acuerdo a los cambios bruscos de temperatura (Twilley et al., 1999; citado en Yañez-Arancibia et al., 2014).

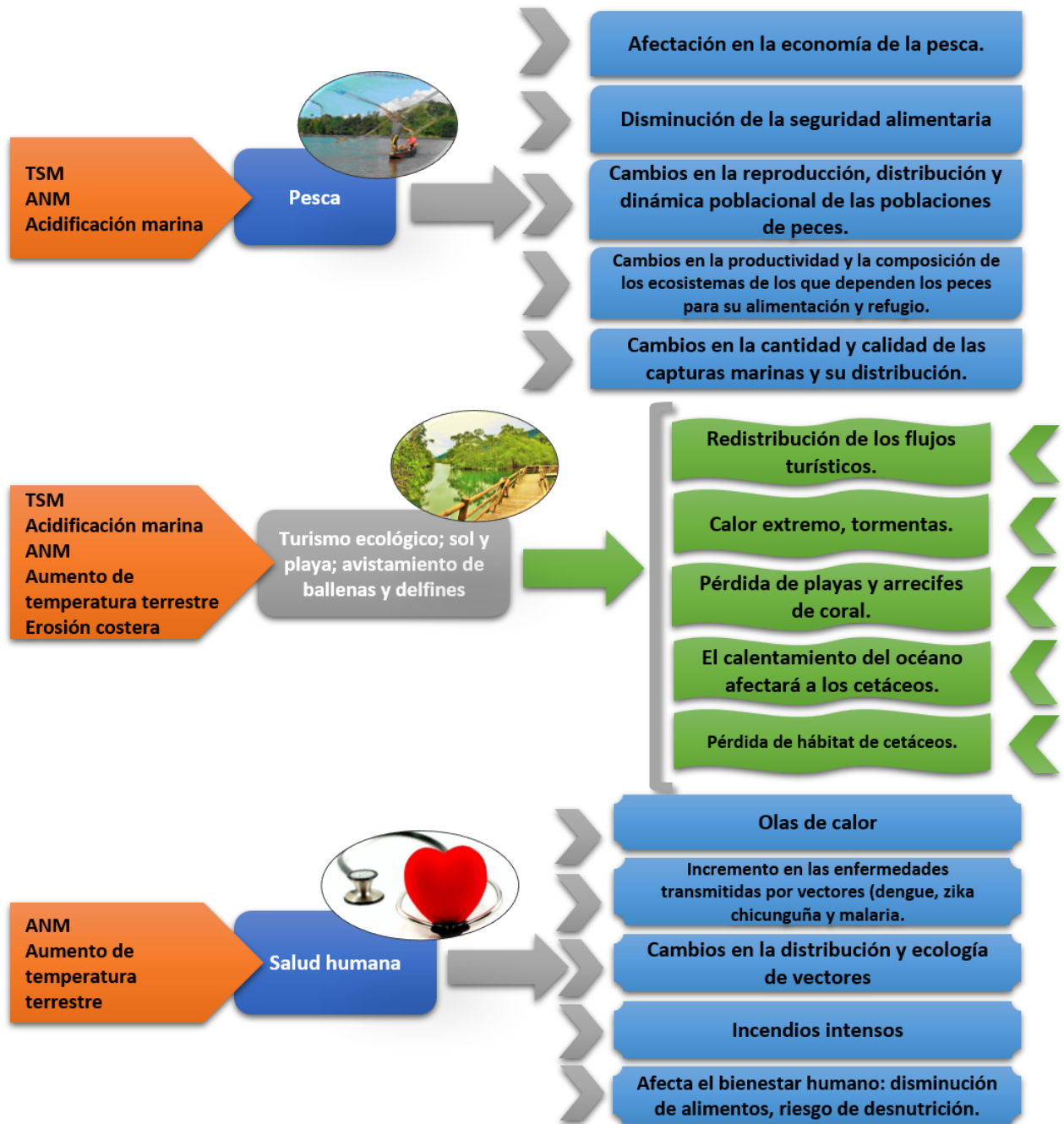


Figura 62. Tensores del cambio climático en la pesca, el turismo y la salud en el municipio de Bahía Solano.

Pesca

La pesca marina como una de las actividades productivas importantes para Bahía Solano, es vital para la seguridad alimentaria y a su vez es generadora de empleo e ingresos (IPCC, 2018). Esta, no se encuentra exenta de impactos ocasionados por el cambio climático, que

podrían afectar la economía del sector debido a la posible disminución de las capturas y la calidad de las mismas (Qi Ding *et al.*, 2017).

Otras amenazas del cambio climático son el aumento de la temperatura superficial del mar (TSM) y la acidificación marina, las cuales ocasionarían efectos directos sobre las pesquerías, tales son las variaciones en la reproducción, distribución y dinámica poblacional de peces; y efectos indirectos como la pérdida de hábitats debido a los cambios en los ecosistemas de los cuales dependen para alimentarse y obtener refugio (arrecifes de coral y los manglares). Por esto, el cambio climático se considera como una de las mayores amenazas a largo plazo para los ecosistemas marinos y por lo tanto para la actividad pesquera (IPCC, 2018; Qi Ding *et al.*, 2017).

El incremento de 1,5 °C en la temperatura terrestre representa alto riesgo para las pesquerías en pequeña escala que dependen del hábitat suministrado por los ecosistemas. En la medida en que aumenta el calentamiento y la acidificación marina, se incrementan los riesgos; la seguridad alimentaria podría verse comprometida y podría haber pérdidas importantes para los medios de vida y las industrias pesqueras costeras (IPCC, 2018).

Aumentos en la TSM y la acidificación marina podrían impactar especies como el atún, con importancia económica en Bahía Solano. Estas presiones afectarían el reclutamiento y la supervivencia de los adultos, disminuyendo así el éxito reproductivo de estas especies (Dell'Apa, A. *et al.*, 2018).

Turismo

El turismo en Bahía Solano se caracteriza por ser de tipo ecológico y de sol y playa, cuyo principal atractivo es el avistamiento de ballenas en épocas reproductivas, lo cual se ha convertido en una importante fuente de ingresos económicos. Es así como, el cambio climático tiene sus implicaciones en esta actividad al producir modificaciones no solo en el clima, variable fundamental para esta, sino también en los ciclos migratorios de los cetáceos.

De acuerdo con el IPCC (2018), el turismo ya ha sido afectado por el calentamiento del planeta y un aumento de 1,5 °C en la temperatura causaría mayores riesgos para el turismo costero; particularmente, en las regiones tropicales este tipo de turismo se vería afectado por pérdidas de arrecifes de coral y playas (IPCC, 2018). Un impacto directo sería la redistribución de los flujos turísticos, produciendo cambios en los costos de operatividad de las empresas turísticas; e indirectamente habría perjuicios por las modificaciones generadas en el medio ambiente y en los aspectos culturales (Da Cruz, 2009).

En cuanto a los cetáceos como las ballenas y los delfines, se espera sean afectados principalmente por el aumento en la temperatura del mar. Esta amenaza ocasionaría una pérdida de hábitat, así como cambios en la disponibilidad, calidad y distribución de sus presas; menor disponibilidad de alimento, podría significar disminución en la reproducción y los cambios de temperatura marina modificarían la duración y alcance de sus rutas migratorias (Alter, *et al.*, 2010); la acidificación oceánica por su parte, las afecta en el sentido de disminuir el plancton disponible para su alimentación. Motivos por los cuales la actividad turística podría sufrir pérdidas, especialmente el turismo de observación.

Salud

La salud y el cambio climático han sido analizados a partir de los impactos que causa este fenómeno, tales como aumento de las olas de calor, los incendios más intensos, aumento en los riesgos por enfermedades transmitidas por vectores; de igual manera se relaciona con el bienestar de la población, pues existe la probabilidad de una disminución en la producción de alimentos y por ende riesgos de desnutrición principalmente en las poblaciones pobres y vulnerables (IPCC, 2014).

Otros impactos identificados en la salud humana provienen de eventos como las inundaciones y las sequías (Leal, *et al.*, 2018); existen efectos secundarios producto de cambios en la distribución y ecología de los vectores, que pueden producir enfermedades como el Zika, Chicungunya, dengue o malaria (Thomas, *et al.*, 2014). En el municipio de Bahía Solano, entre el año 2008 y 2017 se han presentado 1.532 casos de malaria siendo la enfermedad transmitida por vectores con mayor recurrencia en este período, seguido del dengue con 26 casos (INS, 2018).

En este sentido, las inundaciones por ANM podrían exacerbar los problemas de salud en Bahía Solano causados por dichos vectores. Existen agentes transmitidos por el agua y por los vectores, que causan afectaciones en los ojos, la piel y el tracto gastrointestinal. Aunque produzca estas afectaciones, el cambio climático no crea enfermedades nuevas, pero produce aumentos en la carga de enfermedades sensibles al clima y modifica los patrones epidemiológicos (Thomas, *et al.*, 2014).

6. LINEAMIENTOS DE ADAPTACIÓN

Los lineamientos de adaptación al cambio climático para el municipio de Bahía Solano, son producto de la participación de actores locales, quienes, a través de dos talleres realizados en Ciudad Mutis, ofrecieron sus aportes desde su conocimiento y experiencia, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, los resultados de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC) y los antecedentes planteados por el IPCC en su Quinto Informe (AR5) y el complemento de fuentes secundarias.

Los lineamientos están divididos en tres grandes temáticas, concernientes a los ecosistemas estratégicos y el ambiente donde se busca darle continuidad a los recursos naturales y ecosistemas estratégicos, el desarrollo económico como medio para el aprovechamiento sostenible y el fortalecimiento institucional.

6.1. Línea estratégica 1: Ecosistemas estratégicos y ambiente

Afianzar la investigación para la toma de decisiones, mediante acciones como el monitoreo de variables climáticas, hidrológicas, calidad de aguas y comunidades de importancia biológica (MINAMBIENTE - IIAP, 2015), especialmente en especies tolerantes a los cambios físicos.

Implementar estrategias de adaptación basada en ecosistemas, con el fin de promover un desarrollo en armonía con los ecosistemas y generar mayor productividad.

Implementar muros de contención naturales (vegetación y rocas) como una medida de Adaptación Basada en Ecosistemas, para reducción de riesgos por ANM y deslizamientos (MINAMBIENTE, *et al.*, 2018).

Realizar una zonificación e impartir orientaciones de manejo para los manglares del municipio de Bahía Solano (MINAMBIENTE - IIAP, 2015).

Restauración y monitoreo de áreas degradadas y con prioridad de restauración.

Promover actividades de reforestación con el fin de evitar más pérdidas del manglar, controlar la erosión costera, y fomentar el sostenimiento de la oferta de bienes y servicios ambientales.

Creación de figuras de conservación.

Implementar la educación y concienciación ciudadana mediante una pedagogía permanente empleando campañas de sensibilización hacia el cuidado ecosistémico (bienes y servicios ecosistémicos amenazados o vulnerables por efectos asociados a variabilidad y cambio climático) (MINAMBIENTE, *et al.*, 2018).

Proteger y fortalecer los conocimientos locales, para el reconocimiento y valor del conocimiento integral mediante una visión conjunta de lo histórico local más el aporte científico tradicional (MINAMBIENTE, *et al.*, 2018).

Creación de zocriaderos y sostenimiento de la cobertura boscosa marino-costera, con el fin de contribuir a la disminución de la erosión y promover la sostenibilidad local.

Fomentar la investigación de especies en uso y áreas de desove, para crear y delimitar las áreas de desove.

Implementar trincheras con cobertura vegetal y actividades de reforestación, con la finalidad de evitar más pérdidas del manglar, así como promover el control de la erosión costera y el sostenimiento de especies forestales.

6.2. Línea estratégica 2: Desarrollo socioeconómico

Ampliar la inversión en planificación y ejecución de medidas de adaptación al cambio climático; así como plantear alternativas de financiación e incremento de recursos.

Producir y fortalecer la información, el conocimiento y saber y sistemas de divulgación (MINAMBIENTE, *et al.*, 2018). Sensibilizar y transmitir mediante la capacitación en el conocimiento, la mitigación y la adaptación al cambio climático (Alcaldía Municipal de Bahía Solano, 2016). Complementar con la divulgación de resultados de la investigación a las comunidades.

Reforzar el ordenamiento ambiental y productivo de Bahía Solano, para lograr un modelo de desarrollo sostenible que permita afrontar el cambio climático (MINAMBIENTE - IIAP, 2015).

Reducir la vulnerabilidad al cambio climático y mejorar la capacidad de adaptación de las poblaciones, a través del mejoramiento en las condiciones de vida e infraestructura básica (MINAMBIENTE - IIAP, 2015).

Fomentar la producción e implementación de energías limpias.

Implementar en el caso que se requiera, obras de ingeniería para la contención de la erosión costera.

Realizar la reubicación de asentamientos humanos localizados en zona de riesgo o realizar un retiro controlado de la costa, colocando en consideración la cultura local durante el proceso; esta alternativa se aplicaría en caso de no haber más opciones posibles.

Uso de alertas orientadas a reducción de riesgo y seguridad alimentaria y alternativas económicas productivas (MINAMBIENTE, *et al.*, 2018).

Fortalecimiento del ecoturismo a través de la consolidación y alineación de los distintos gremios existentes en el municipio, así como la creación de estrategias para la promoción del sector a nivel nacional y en el exterior.

Aplicación de medidas y estrategias en pesca sostenible, así como plantear alternativas de producción a los pescadores.

Implementar proyectos de bioeconomía tropical que permitan transformar el conocimiento de las ciencias de la vida en productos nuevos, sostenibles, ecoeficientes y competitivos.

Fortalecimiento en la gestión de residuos, a través de acciones como la formulación de planes de intervención ambiental y de manejo de residuos sólidos, mejoras en la prestación del servicio de recolección con amplia cobertura en el territorio y demás medidas pertinentes.

Optimizar el programa de aprovechamiento de residuos mediante el sistema de reciclaje y el fomentando el hábito de separación en los sectores comerciales y comunitarios (Alcaldía de Bahía Solano y COSSAM, 2017).

Modernizar la infraestructura vial de manera compatible con el clima y que contribuya al desarrollo sostenible del municipio.

Implementación de estufas eficientes para reducir el uso de mangle como combustible en fogones tradicionales en Bahía Solano (MINAMBIENTE - IIAP, 2015).

6.3. Línea estratégica 3: Fortalecimiento institucional y gobernanza

Fortalecer el ordenamiento territorial que incorpore un enfoque en cambio climático y estrategias de adaptación.

Articulación institucional y comunitaria para afrontar mancomunadamente el cambio climático (MINAMBIENTE - IIAP, 2015).

Robustecer la gobernanza institucional y comunitaria del municipio de Bahía Solano con el fin de controlar posibles impactos causados por el cambio climático.

Fortalecer el componente de cambio climático en el Plan de Desarrollo Municipal, con medidas de adaptación y mitigación acordes con los ecosistemas estratégicos, las condiciones socioeconómicas existentes y demás elementos de interés en Bahía Solano.

Incorporar el componente de cambio climático en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Bahía Solano.

Crear planes de rutas seguras que permitan mantener el equilibrio y la seguridad ciudadana.

Establecer acuerdos de uso sostenible de los recursos y medidas preventivas.

Orientar a las comunidades agricultoras a sembrar en sitios seguros y emplear técnicas adecuadas de producción.

Realizar un ordenamiento de las playas existentes en Bahía Solano.

Propender por la reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

Generar nuevas figuras de conservación.

CONCLUSIONES

El municipio de Bahía Solano, como una de las áreas críticas en la zona costera del litoral Pacífico, que puede sufrir importantes afectaciones por efectos del cambio climático, ha sido seleccionada para la elaboración de un análisis de vulnerabilidad a escala detallada. Este estudio, parte de los resultados obtenidos en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC) elaborada durante el año 2017 a nivel municipal, donde se plantean escenarios futuros a los años 2040, 2070 y 2100.

Los resultados, indican que el municipio de Bahía Solano para finales del siglo XXI, podría verse afectados por la erosión costera y el Ascenso en el Nivel del Mar; para la primera, se esperan efectos negativos sobre el 1% de la población, el 0,9% del área municipal, el 0,03% de las viviendas, el 2,1% de las áreas agropecuarias municipales y la pérdida del 2,2% del área de bosque de manglar, mientras que por ANM se afectarían el 2,9% del área municipal, cerca del 3,2% de la población y el 51% de las áreas de bosque de manglar (INVEMAR-IDEAM, 2017).

Es así, como a través de este nuevo estudio realizado a escala detallada para el municipio, se obtuvieron resultados complementarios. La vulnerabilidad para la zona urbana (Ciudad Mutis) arroja un nivel alto en la Sección Urbana 1 (noroccidente de la cabecera municipal) y medio para la Sección 4 (centro de la cabecera). Por su parte, dos Secciones Urbanas presentan exposición alta por ANM (Secciones 2 y 3), por erosión costera solo sería la Sección 2. En este orden de ideas, el impacto por ANM arroja un nivel medio en el total de la cabecera municipal. Por erosión costera, sería alto para la zona noroccidental de Ciudad Mutis y para las Secciones 2 (nororiente) y 4 (centro) se espera impactos de nivel medio.

En la zona rural, se estima una vulnerabilidad alta en el centro poblado de Cupica y niveles medio para Nabugá, Huina y El Valle; para finales del siglo XXI, la exposición por ANM sería alta para Ciudad Mutis, y por erosión costera se encuentra esta misma y Nabugá. Lo anterior configura un nivel medio de impacto por ANM en Cupica, Nabugá, Ciudad Mutis y El Valle; y por erosión costera, el total de los centros poblados analizados presentarían un nivel medio.

En cuanto a los Sectores rurales, en el componente de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos donde se analizaron los ecosistemas de manglar y playas, se estima alta vulnerabilidad para los Sectores 8 (norte del municipio), 7, 6 (centro), 3 (sur en las cercanías a El Valle). Se estima, que la exposición por ANM sería alta para final de siglo en Ciudad Mutis y el Sector 8, mientras que por erosión costera las mayores afectaciones se prevén para Ciudad Mutis, Sectores 6 y 7. En este sentido, los impactos por ANM, indican nivel alto para el Sector 8 en el año 2100, y por erosión costera las afectaciones serían para los Sectores 7, 6 y 3.

Finalmente, La contextualización ambiental y social, en conjunto con el acercamiento a actores locales y los aportes desde su experiencia particular, así como la interacción con el territorio, se constituyeron en insumos clave para el planteamiento de lineamiento de adaptación al cambio climático.

En este sentido, el municipio ya presenta efectos adversos producto de la erosión costera y ANM, y degradación de ecosistemas estratégicos como el manglar y las playas. Por lo cual,

se hace necesaria una gestión que integre todos los actores presentes en el área, donde se trabaje mancomunadamente, de difunda el conocimiento sobre los posibles efectos del cambio climático y se cree el sentido de pertenencia hacia la conservación y adaptación.

Se requiere la puesta en marcha de medidas de adaptación al cambio climático encaminadas a la protección de los ecosistemas naturales. El ecosistema de manglar necesita de mayor atención, debido a que este provee recursos necesarios para el sostenimiento local como son las actividades pesqueras, las cuales ya se han visto afectadas por la escasez del recurso, y el turismo (pesca deportiva y erosión costera).

Es importante fortalecer la gobernanza local y la creación del conocimiento. Acciones del gobierno local encaminadas a fortalecer los controles, el buen uso de los recursos y la sostenibilidad, generan mayor capacidad de adaptación a las comunidades. Fomentar la investigación y monitoreo de los ecosistemas estratégicos puede beneficiar la generación de conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Adeht y Yañez-Arancibia. 2018. Climate Change: Ecological and socio economic dimensions in the coastal zone. Elsevier. Revista Ecological Engeniering.
- Alcaldía Municipal de Bahía Solano y Consultoría, Servicios y Solución Ambiental S.A.S. – COSSAM. 2017. Prestación de servicios de consultoría para la formulación y elaboración del plan de gestión integral de residuos sólidos - pgrs, para el municipio de bahía solano - chocó, con base en el decreto 2981 de 2013 y la resolución 0754 de 2014. Bahía Solano. 205 p.
- Alcaldía Municipal de Bahía Solano. 2005. Proyecto de Acuerdo del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Bahía Solano. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. Convenio BID-Plan Pacífico –MAVDT– Gobernación del Chocó – U.T. CH – IIAP 2004-2016. Bahía Solano. 84 p.
- Alcaldía municipal de Bahía Solano. 2012. Estrategia Municipal de Respuesta a Emergencias Municipio de Bahía Solano, Departamento del Chocó. 147 P.
- Alcaldía Municipal de Bahía Solano. 2016. Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 Bahía Solano “Cambiando para Mejorar”. Bahía Solano. 106 p.
- Alter, E., Simmonds, M., Brandon, J. 2010. Forecasting the consequences of climate-driven shifts in human behavior on cetaceans. Marine Policy. 34(5): 943-954.
- Anderson, J., Gurarie, C., Brian, J., Laidre, K., 2013. Modeling climate change impacts on phenology and population dynamics of migratory marine species. Ecological Modelling. Volume 264, 24 August 2013, Pages 83-97.
- Asch, R; Cheung, W; Reygondeau, G., 2018. Future marine ecosystem drivers, biodiversity, and fisheries maximum catch potential in Pacific Island countries and territories under climate change. Marine Policy. Volume 88, February 2018, Pages 285-294.
- Borgne, R., Allain, V., Griffith, S., Matear, R., McKinnon, A., Richardson, A., et al. 2011. Vulnerabilidad de las redes alimentarias de mar abierto en el Pacífico tropical al cambio climático. Secretaría de la Comunidad del Pacífico, Noumea (2011), pp. 189 – 250.
- Braithwaite, 2016. Coral-reef records of Quaternary changes in climate and sea-level. Earth-Science Reviews. Volume 156, May 2016, Pages 137-154.
- Bromhead, D., Scholey, V., Nicol, S., Margulies, D., Wexler, J., Stein, M., y otros. 2015. El impacto potencial de la acidificación del océano en los huevos y larvas de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Res. De mar profundo II, 113 (2015). pp. 268 – 279.

- CODECHOCÓ – WWF. 2010. Prioridades de Conservación para el Departamento del Chocó. Convenio N° 020 de cooperación entre la Corporación Autónoma Regional para el desarrollo sostenible del Chocó -CODECHOCÓ- y WWF COLOMBIA. 130 p.
- Crick, H. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis*, 146, 48-56.
- Cuesta, T., Henao, H., Ledezma, A., Moreno, H., Murillo, T., Panesso, D., Córdoba, L. 2013. Perfil productivo Municipio de Bahía Solano. Red Ormet. Bogotá. 103 p.
- Da Cruz, G. 2009. Cambio climático y turismo: posibles consecuencias en los destinos turísticos de Bahía - Brasil. *Estudios y perspectiva del turismo*.18 (4):476-489.
- Dell’Apa, A., Carney, K., Davenport, T., Vernon, M. (2018) Potential medium-term impacts of climate change on tuna and billfish in the Gulf of Mexico: A qualitative framework for management and conservation. *Marine Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.07.017>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2005. Censo de General 2005. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>. 30-05-2017.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2014. Tercer Censo Agropecuario. <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuaria/censo-nacional-agropecuaria-2014>. 23/05/2017.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2016. Indicador de importancia económica municipal. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales/indicador-de-importancia-economica-municipal>. 8/10/2018.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2017. Resultados PIB departamental 2017 preliminar (base 2015). <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>. 8/10/2018.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2017. Cuentas departamentales, resultados PIB departamental 2017 preliminar (base 2015). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>. 27/08/2018.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. 2016. Fichas de Caracterización Territorial. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/FIT/PDF/76109.pdf>. 30/05/2017.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. 2017. Fichas de Caracterización Territorial. <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles>. 08/05/2018.

- Departamento Nacional de Planeación – DNP. 2017. Regionalización presupuesto de inversión vigencia 2017. Bogotá. 417 p.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH – GIZ. 2016. Incorporando EBA – Incorporación estratégica de la adaptación basada en ecosistema en la planificación y los procesos de toma de decisiones. Curso de capacitación: Incorporando la Adaptación basada en Ecosistema en la planificación del desarrollo.
- Elliff y Silva, 2017. Coral reefs as the first line of defense: Shoreline protection in face of climate change. *Marine Environmental Research*. Volume 127, June 2017, Pages 148-154.
- Gómez, C., L. Licero, L. Perdomo, D. Romero, D. Ballesteros, D.I. Gómez, A. Melo, J. García, L. Chasqui, M. Bastidas y C. Ricaurte, C. 2014. Elementos técnicos que permiten establecer medidas de manejo, control, uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Convenio interadministrativo no 190 de 2014 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo - MADS y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"- INVEMAR. Código Act-Bem-001-014. 287 pp + anexos y mapas. http://cinto.invemar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/52bb0abf-9287-488e-841f-4388bc71e728/NCAPII_Adaptacion_costera_al_ascenso_del_nivel_del_mar_TUMAC_O.pdf?ticket=TICKET_3b5cb952e5158200030909cbedd7f33849bf9000
- Guclu, O., Biyik, H., Sahiner, A., 2010. Mycoflora identified from loggerhead turtle (*Caretta caretta*) egg shells and nest sand at Fethiye beach, Turkey. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 4 (5) (2010), pp. 408-413.
- Guzmán, L. 2013. Potenciales efectos del cambio climático global sobre la red trófica de las aves playeras del género *Caládris* en sustratos blandos del Pacífico colombiano. Proyecto de grado en Ciencias Biológicas. Universidad ICESI. Cali, Colombia. 2013. 63 p.
- Hazen, E., Jorgensen, S., Rykaczewski, R., Bograd, S., Foley, D., Jonsen, I., Shaffer, S., Dunne, J., Costa, D., Crowder, L., Block, B., 2013. Predicted habitat shifts of Pacific top predators in a changing climate. *Nature Climate Chang.* Volumen 3 (2013), pp. 234-238.
- Hobday, A., Arrizabalaga, H., Evans K., Nicol, Simon., Young, J., Weng, K. 2015. Impacts of climate change on marine top predators: Advances and future challenges. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2015. Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá. 60 p.

- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2016. Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia. 73 p.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2017. Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C. 333 p.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2017. Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C. 545 p.
- IDEAM-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2015. Atlas Climatológico de Colombia – Interactivo – año 2015. Bogotá, D. C.
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - INVEMAR. 2009. Diagnóstico integrado de la Unidad Ambiental Costera Pacífico Norte Chocoano. Santa Marta D.T.C.H. 146 p.
- Instituto Nacional de Salud – INS. 2018. Vigilancia rutinaria histórica 2007-2017. http://portalsivigila.ins.gov.co/sivigila/documentos/Docs_1.php. 22/10/2018.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. 2018. Calentamiento global de 1.5 ° C, un informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1.5 ° C por encima de los niveles preindustriales y las vías globales relacionadas con las emisiones de gases de efecto invernadero, en el contexto del fortalecimiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático y el desarrollo sostenible y esfuerzos para erradicar la pobreza. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>. 17/10/2018.
- INVEMAR – IDEAM. 2017. Elaboración del Análisis de Vulnerabilidad Marino Costera e Insular ante el Cambio Climático para el País. Informe Técnico Final (ITF) – 001. Contrato PNUD No. 0000040357. Santa Marta. 256 p.
- INVEMAR. 2009. Diagnóstico integrado de la Unidad Ambiental Costera Pacífico Norte Chocoano. Santa Marta. 146 P.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1132 pp.
- Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente – INDERENA. 1986. Acuerdo No. 052 del 4 de diciembre del 1986

“Por el cual se reserva, alinda y declara como Parque Nacional Natural, un área ubicada en el Departamento del Chocó”. 3 p.

- Leal, W., Bönecke, J., Spielmann, H., Azeiteiro, U., Alves, F., Lopes de Carvalho, M., Nagy, G. 2018. Climate change and health: An analysis of causal relations on the spread of vector-borne diseases in Brazil. *Journal of Cleaner Production*. 177: 589-596.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE, Instituto de Investigaciones del Pacífico – IIAP. 2015. Plan Integral de Cambio Climático Chocó - Colombia. Quibdó. 115 p.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE, The Nature Conservancy, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ – GmbH, World Wildlife Fund – WWF, USAID. 2018. AbE Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia. Bogotá. 81 p.
- MMA – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2000. Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia. Dirección General de Ecosistemas (PNAOCI). Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá D.C. 95 p.
- PNNU. 2005-2009. Plan de Manejo Ambiental del Parque Nacional Natural Utría, 2005-2009. 223 p.
- Qi Ding, Xinjun Chen, Ray Hilborn, Yong Chen. 2017. Vulnerability to impacts of climate change on marine fisheries and food security. *Marine Policy*. 83:55-61.
- Şekercioğlu, C., Primack, R., Wormworth, J. 2012. Los efectos del cambio climático en las aves tropicales. *Conservación biológica*. Volumen 148, Número 1, abril de 2012, páginas 1-18.
- Servicio Estadístico Pesquero Colombiano – SEPEC. 2017. Informes gráficos capturas desembarcadas. <http://sepec.aunap.gov.co/InformesAvanzados/Index2.09/05/2018>.
- Smith et al., 2009. Climate, carbon cycling, and deep-ocean ecosystems *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (2009), pp. 19211-19218.
- Thomas, F., Sabel, C., Morton, K., Hiscock, R., Depledge, M. 2014. Extended impacts of climate change on health and wellbeing. *Environmental Science & Policy*. 44: 271-278. Volume 113, March 2015, Pages 1-8.
- Willis-Norton, Hazen, E., Fossette, S., Shillinger G., Rykaczewski, R., Foley, D., Dunne, J., Bograd, S., 2015. Climate change impacts on leatherback turtle pelagic habitat in the Southeast Pacific. *Deep Sea Res. II.*, 113 (2015), pp. 260-267.



- Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day, R. R. Twilley y R. H. Day. 2014. Manglares; ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y Bosques* 20(3):39-75.
- Yu Chen, P., Chen, C., Chu, L., McCarl, B. 2015. Evaluating the economic damage of climate change on global coral reefs. *Global Environmental Change*. Volume 30, January 2015, Pages 12-20.