



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

**PROGRAMA REGIONAL DE USAID PARA EL MANEJO DE
RECURSOS ACUÁTICOS Y ALTERNATIVAS ECONÓMICAS**

PROGRAMA REGIONAL DE USAID PARA EL MANEJO DE RECURSOS ACUÁTICOS Y ALTERNATIVAS ECONÓMICAS



Por encargo de:



Ministerio Federal de Medio Ambiente,
Protección de la Naturaleza
y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

1 de Abril de 2013

Este reporte ha sido elaborado para revisión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y el Proyecto “Biodiversidad Marino-Costera en Costa Rica – Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático (BIOMARCC)”. BIOMARCC es un proyecto ejecutado por la Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por encargo del Ministerio del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de la República Federal de Alemania en el marco de su Iniciativa Internacional de la Protección del Clima (International Climate Initiative -ICI). Fue preparado por Programa de Cambio Climático y Cuencas, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

ESTUDIO INTEGRADO DE VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS BIOCLIMÁTICOS DE LOS RECURSOS Y ECOSISTEMAS MARINO- COSTEROS DE LA COSTA CARIBE DE NICARAGUA Y PANAMÁ

PRODUCTO 3. INFORME FINAL DE VULNERABILIDAD

Contrato No. EPP -1-00-04-00020-00

Subcontrato No. EPP-1-00-04-00020-00-05-CATIE

Preparado por:

Claudia Bouroncle

Pablo Imbach

José Ney Ríos

Revisión del documento:

Juan Carlos Villagran, Programa Regional de USAID

Michael Schlönvoigt, Proyecto BIOMARCC

CONTENIDO

Resumen ejecutivo	1
Introducción	2
Objetivos y área de estudio	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Área de estudio	3
Bases conceptuales del análisis.....	6
Esquema del análisis de vulnerabilidad	6
Exposición y sensibilidad a efectos del cambio climático.....	6
Capacidad adaptativa al cambio climático.....	10
Bases metodológicas del análisis	11
Resultados	14
Exposición del área de estudio a los diferentes procesos del cambio climático	14
Impacto potencial en diferentes elementos ecológicos y de infraestructura.....	19
Capacidad adaptativa al cambio climático.....	32
Vulnerabilidad ante el cambio climático	35
Conclusiones	38
Literatura citada	39
Anexo 1. Escenarios climáticos considerados en el análisis de vulnerabilidad.....	44
Anexo 2. Cálculo de la exposición al aumento en la temperatura superficial del mar y de su impacto potencial	46
Anexo 3. Cálculo de la exposición al cambio en los patrones de precipitación y temperatura del aire y de su impacto potencial.....	49
Anexo 4. Cálculo de la exposición al aumento del nivel del mar y de su impacto potencial	52
Anexo 5. Cálculo de la capacidad adaptativa de las unidades administrativas	54
Anexo 6. Impacto potencial del cambio climático en los arrecifes de coral.....	57
Anexo 7. Impacto potencial del cambio climático en los pastos marinos	58
Anexo 8. Impacto potencial del cambio climático en los manglares.....	59
Anexo 9. Impacto potencial del cambio climático en playas de anidamiento de tortugas	61
Anexo 10. Impacto potencial del cambio climático en los bosques naturales	62

Anexo 11. Impacto potencial del cambio climático en suelos agrícolas	63
Anexo 12. Impacto potencial del cambio climático en vías y zonas urbanas	64
Anexo 13. Indicadores de capacidad adaptativa	65
Anexo 14. Índice de vulnerabilidad de áreas protegidas	66
Anexo 15. Índice de vulnerabilidad de unidades administrativas.....	67

ACRÓNIMOS UTILIZADOS

ACC	adaptación al cambio climático
ANAM	Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá
AP	área protegida
AS	área silvestre (categoría de área protegida, Panamá)
AUM	área de uso múltiple (categoría de área protegida, Panamá)
AVISO	Altimetry data center, Centre National d'Etudes Spatiales, Francia
BP	bosque protector (categoría de área protegida, Panamá)
CC	cambio climático
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
GEI	gases de efecto invernadero
HI	humedal de importancia (categoría de área protegida, Panamá)
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IH-UC	Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, España
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo, Panamá
INIDE	Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Nicaragua
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
NBI	necesidades básicas insatisfechas
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, EEUU
PBI	producto bruto interno
PEA	población económicamente activa
PN	parque nacional
PNM	parque nacional marino
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PP	paisaje protegido (categoría de área protegida, Panamá)
RAAN	Región Autónoma del Atlántico Norte, Nicaragua
RAAS	Región Autónoma del Atlántico Sur, Nicaragua
RB	reserva biológica (categoría de área protegida, Nicaragua)
RH	reserva hidrológica (categoría de área protegida, Panamá)
RN	reserva natural (categoría de área protegida, Nicaragua)
RVS	refugio de vida silvestre (categoría de área protegida, Nicaragua)
SICAP	Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas
TNC	The Nature Conservancy
TSM	temperatura superficial del mar
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
ZEE	zona económica exclusiva

INTEGRATED STUDY ON VULNERABILITY AND BIOCLIMATIC SCENARIOS OF COASTAL-MARINE RESOURCES AND ECOSYSTEMS ON THE CARIBBEAN COAST OF NICARAGUA AND PANAMA

Executive Summary

This report presents a vulnerability study of oceanic and coastal-marine areas of the Nicaraguan and Panamanian Caribbean, located in a marine ecoregion considered high priority for conservation. Heterogeneous in its biophysical and socio-economic characteristics, the study's target area is known especially for its coral formations and sea turtle nesting beaches. These environments are important not only for their biodiversity, but also because their productivity and scenic beauty provide livelihoods for local populations. The vulnerability study addressed three factors that support priority-setting for climate change adaptation activities in protected areas, municipalities and districts: 1) exposure, meaning the presence of climatic risk; 2) potential impact, referring to anticipated changes in various ecological and human elements; and 3) the local population's capacity to adapt to adverse impacts.

As reflected in the anomalies registered over the past decade, the target area is already exposed to rising sea surface temperatures, which will become more pronounced in the coming decades. Moreover, while the Nicaraguan and Panamanian Caribbean coasts show a similar trend of a 3°C rise in air temperatures, Nicaragua has a higher probability of at least a 50% decline in rainfall by the end of the century. Finally, confirming trends identified in regional and global studies, sea level measurements indicate an annual 1.8 mm increase in Bluefields and Puerto Colón, equivalent to a 3.5 to 7 meter loss in beaches in the next 40 years.

The progressive rise in sea surface temperature affects the sustainability of coral reefs and marine grasses, particularly in the Miskito Keys Biological Reserve and Marine National Park of Bastimento Island NMP and Escudo de Veraguas Island Protected Area in Panama. Meanwhile, rising sea levels will have the most critical impact on mangroves and sea turtle nesting beaches all along the Nicaraguan and Panamanian Caribbean coasts. Declining rainfall and rising air temperatures are expected to cause significant changes in potential types of land vegetation, mainly in Panama: it is highly probable that the density and structure of primary forests of the Caribbean central and southern coasts will deteriorate, increasing shrub and pasture coverage. There is also a strong likelihood that agricultural crops in both countries will undergo changes due the lack of available water. Finally, the study shows that the urban centers of Puerto Cabezas in Nicaragua and Bocas del Toro in Panama will be the most vulnerable to rising sea levels.

There is a correlation between majority rural and indigenous populations and poor access to services, dependency on vulnerable resources to sustain livelihoods, and other aspects relevant to local adaptation capacity.

The study's findings show that vulnerability to climate change varies widely in the target area and is intimately linked to human development. Since it is impossible to reduce exposure to climate change, adaptation measures should start by modifying development patterns and reducing pressure in areas that can be acted on, such as poor practices in resource extraction, the establishment of coastal settlements, and contaminants from settlements and agricultural activities.

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta un análisis de vulnerabilidad de zonas oceánicas y marino – costeras del Caribe de Nicaragua y Panamá, ubicadas en una ecoregión marina de alta prioridad para la conservación. El área de estudio, heterogénea en sus aspectos biofísicos y socioeconómicos, es especialmente notoria por las formaciones coralinas y playas para anidamiento de tortugas marinas, ambientes no solo importantes por su biodiversidad, sino también por servir de sustento a los medios de vida de las poblaciones locales, dada su productividad y atractivo escénico. El análisis de vulnerabilidad combinó tres factores para apoyar la priorización de acciones de adaptación al cambio climático en áreas protegidas y municipios o distritos: exposición, impacto potencial y capacidad adaptativa. La exposición se refiere a la presencia de un riesgo climático, el impacto potencial a los cambios previstos en diferentes elementos ecológicos y humanos, y la capacidad de adaptación a la capacidad de las poblaciones locales para hacerle frente a los impactos adversos.

Como lo evidencian las anomalías registradas durante la última década, el área de estudio está ya expuesta al aumento de la temperatura superficial del mar, la cual se acentuará en las próximas décadas. Por otro lado, si bien las tendencias de aumento de la temperatura del aire en 3°C son similares en las costas del Caribe de Nicaragua y Panamá, Nicaragua tiene una probabilidad mayor de disminución de la precipitación en al menos el 50% para fin de siglo. Por último, las mediciones del nivel del mar confirman los resultados de los estudios a nivel regional y global, indicando un aumento de 1.8 mm anuales en Bluefields y Puerto Colón, equivalentes a un retroceso de las playas entre 3.5 y 7 metros en 40 años.

El progresivo aumento de la temperatura superficial del mar estaría afectando la sostenibilidad de los arrecifes de coral y pastos marinos, en especial en la RB Cayos Misquitos en Nicaragua y en el PNM Isla Bastimento y el PP Isla Escudo de Veraguas en Panamá. En cambio, el proceso más crítico para los manglares y las playas de anidamiento de tortugas marinas es el aumento del nivel del mar: el impacto potencial de este proceso en estos elementos sería muy alto en todas las costas del Caribe de Nicaragua y Panamá. Se prevé además que la disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura del aire generen cambios sustanciales en los tipos de vegetación terrestre potencial, principalmente en Panamá: la densidad y estructura de los bosques primarios de la costa central y sur del Caribe de este país tendrían una alta posibilidad de degradarse, aumentando la cobertura de arbustos y pastos. También los cultivos instalados en suelos agrícolas en ambos países tendrían una alta posibilidad de sufrir cambios, porque habrá menos agua disponible. Finalmente, el análisis muestra que Puerto Cabezas en Nicaragua y Bocas del Toro en Panamá serían los centros urbanos con mayor sensibilidad al aumento del nivel del mar.

La mayor proporción de población rural e indígena son factores relacionados con bajo acceso a servicios, la dependencia de recursos vulnerables para el sostenimiento de los medios de vida y otros aspectos relevantes de la capacidad adaptativa local.

Los resultados de este análisis muestran que la vulnerabilidad al cambio climático varía ampliamente en el área de estudio y que está estrechamente relacionada con el desarrollo humano. Como no es posible reducir la exposición a los procesos del cambio climático, las medidas de adaptación deben comenzar con cambios en los patrones de desarrollo y la reducción de presiones sobre las cuales sí es posible actuar, como las malas prácticas en la extracción de recursos y en el establecimiento de asentamientos costeros y la emisión de contaminantes proveniente de los asentamientos y de la actividad agropecuaria.

INTRODUCCIÓN

Las comunidades de la costa Caribe de Nicaragua y Panamá dependen en gran medida de la pesca y el turismo como medios de vida, actividades que – a su vez – están basadas en la explotación de bienes y servicios provenientes de hábitats marinos y costeros como arrecifes, praderas marinas, estuarios y manglares. Estos hábitats son importantes también porque mitigan los efectos de los ciclones tropicales sobre las zonas habitadas y la infraestructura para la producción, y contribuyen a la vez con los medios de vida locales. Por lo tanto se hace esencial mantener y mejorar la capacidad adaptativa de las comunidades costeras para reducir su vulnerabilidad al cambio climático (CC).

Nicaragua y Panamá están en una de las regiones donde se prevé que los efectos del CC sean especialmente graves (Giorgi 2006, Neelin et al. 2006). El probable aumento del nivel del mar (Nicholls & Tol 2006), el cambio en los patrones de precipitación y temperatura del aire (Aguilar et al. 2005, Rauscher et al. 2008) y el aumento de la temperatura superficial del mar (IH-UC 2011) son los principales cambios esperados. El Caribe es especialmente susceptible a estos efectos. Este mar, por su relativo encajonamiento, absorbe mucho calor por la radiación solar y muestra tendencias mayores de aumento en su nivel (TNC 2008).

Estos efectos tienen importantes implicaciones biológicas para muchos organismos y ecosistemas marino costeros. El aumento de la temperatura superficial del mar está causando blanqueamiento por estrés térmico de los arrecifes de coral a nivel global, como ha documentado ampliamente el NOAA Coral Reef Watch (2011), también está causando la pérdida y degradación de manglares y pastos marinos, aunque estos efectos están menos estudiados en la región (Cambers et al. 2008). Los cambios en los patrones de precipitación y temperatura del aire tienen importantes implicaciones en la vegetación natural terrestre (Imbach et al. 2012) y en humedales y manglares, al provocar cambios en la salinidad, sedimentación y disponibilidad de nutrientes; además afectan la reproducción de las tortugas marinas, al aumentar la temperatura de la arena de las playas de anidamiento (Hawkes et al. 2009). Finalmente, el aumento del nivel del mar puede incrementar varios impactos físicos en las costas, incluyendo la frecuencia de inundaciones, salinización de humedales, acuíferos y suelos agrícolas y la erosión y pérdida de playas (Klein & Nicholls 1999).

Como una contribución al abordaje de esta problemática, el Programa Regional de USAID para el Manejo de Recursos Acuáticos y Alternativas Económicas presenta este análisis de vulnerabilidad a nivel nacional en Nicaragua y Panamá como complemento a análisis previos realizados en las costas del Caribe de Belice, Guatemala, Honduras y Costa Rica. Este análisis de vulnerabilidad se realizó según los aspectos establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), definiendo el impacto del CC en la región, la sensibilidad de diferentes elementos biofísicos y sociales y la capacidad adaptativa de los distritos costeros, haciendo un énfasis en las áreas protegidas. Se espera contribuir así a la toma de decisiones a nivel regional y nacional, para la selección de áreas y temas prioritarios para acciones de adaptación al cambio climático (ACC).

OBJETIVOS Y ÁREA DE ESTUDIO

Objetivo general

Identificar la vulnerabilidad de zonas oceánicas y marino – costeras de la costa Caribe de Centroamérica frente al CC bajo diferentes escenarios climáticos.

Objetivos específicos

- Identificar los impactos previstos del CC sobre objetos de la biodiversidad (manglares, arrecifes de coral, estuarios y sitios de anidamiento de tortugas marinas) que sustentan medios de vida de las comunidades costeras en la costa Caribe de Nicaragua y Panamá.
- Identificar los impactos previstos del CC sobre objetos socioeconómicos (poblaciones, infraestructura de transportes) de las comunidades costeras en la costa Caribe de Nicaragua y Panamá.
- Identificar elementos de la capacidad adaptativa de los distritos costeros de la costa Caribe de Nicaragua y Panamá.

Área de estudio

El análisis de vulnerabilidad al CC incluye las costas y las zonas económicas exclusivas (ZEE) del Caribe de Nicaragua y Panamá, que pertenecen a la ecoregión marina Caribe Central de alta prioridad para la conservación (TNC 2008). Las costas incluyen ocho municipios y doce distritos costeros en Nicaragua y Panamá respectivamente (Ilustración 1, sección superior).

Dentro de estas unidades administrativas, se consideraron diez áreas protegidas (AP) marino costeras en Nicaragua y diez en Panamá; considerándose como tales las áreas protegidas que limitan con la costa o que tienen territorio marítimo (Ilustración 1, sección inferior y Cuadro 1). Tomando en consideración las categorías de gestión de AP establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), tres tienen categorías rigurosas de protección: La Reserva Biológica (RB) Indio Maíz en Nicaragua, el Parque Nacional (PN) Marino Isla Bastimento y el PN Portobelo en Panamá. La extensión total de las AP y la proporción de cobertura marina varía entre ambos países, tal como se aprecia en el Cuadro 1.

El área de estudio es notoria por las formaciones coralinas en los Cayos Misquitos (Nicaragua) y en el archipiélago de San Blas, Bocas del Toro y la laguna de Chiriquí (Panamá). Según la evaluación de ecorregiones marinas en Mesoamérica (TNC 2008), los arrecifes de coral de esta área se combinan con los manglares y playas de arena para formar un mosaico de ambientes donde se concentra la mayor parte de la biodiversidad marina del Caribe. Estos ambientes no solo son importantes por su biodiversidad, sino también por servir de sustento a los medios de vida de las poblaciones locales, dada su productividad y atractivo escénico.

Las costas del Caribe de Nicaragua y Panamá tienen características geomorfológicas y ecológicas muy diferentes, que van desde extensas planicies inundables en el norte de Nicaragua (municipio de Waspám) hasta acantilados rocosos en el sur de Panamá (Comarca Kuna Yala), desde costas abiertas y expuestas a la acción del oleaje hasta cuerpos de agua semicerrados, como la laguna de Chiriquí – Bocas del Toro. Asimismo, la plataforma continental en la costa Caribe de Nicaragua es mucho más ancha que en Panamá (TNC 2008).

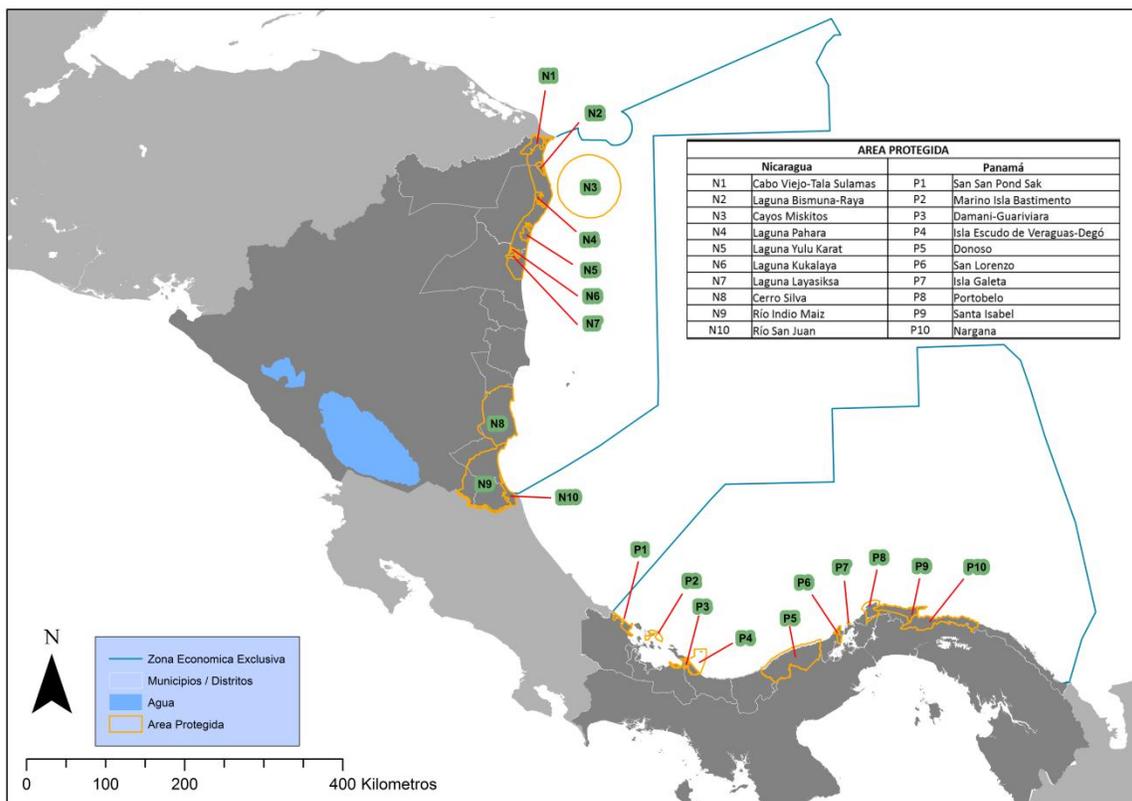
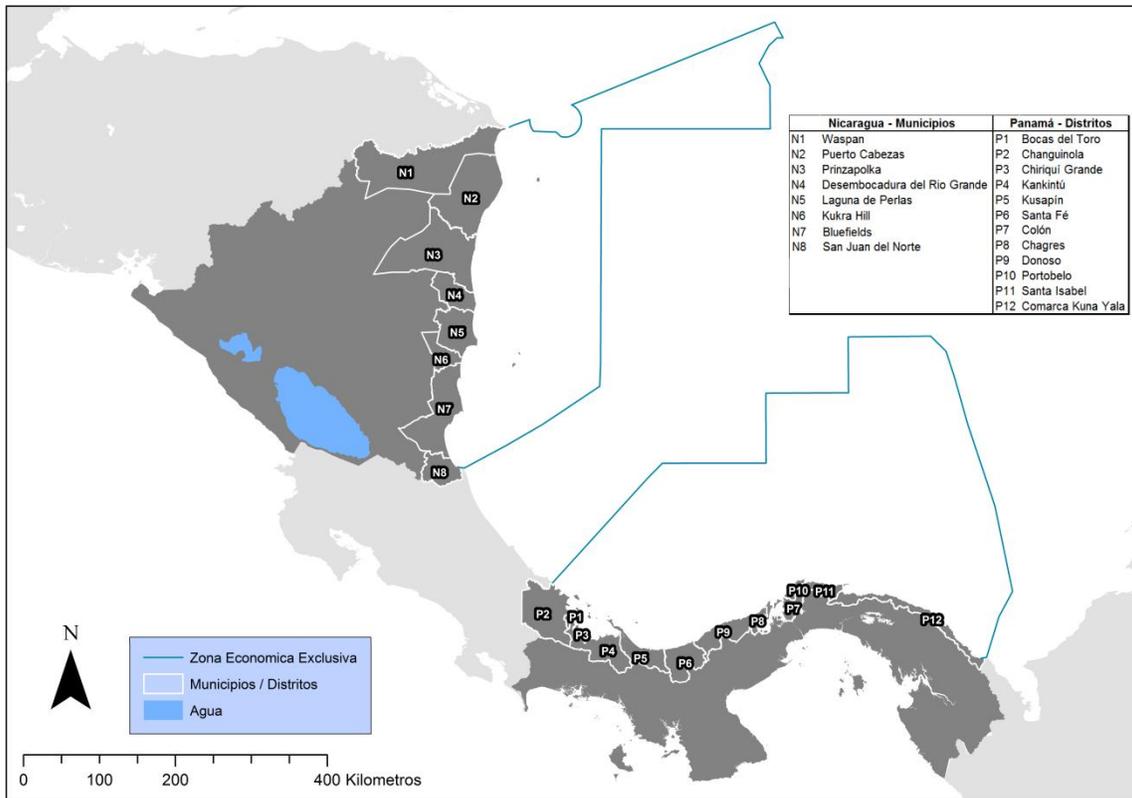


Ilustración 1. Área de estudio en la zona marino costera de Nicaragua y Panamá, vertiente del Atlántico: unidades administrativas (arriba) y áreas protegidas marino costeras (abajo)

Cuadro 1. Áreas protegidas del área de estudio

área protegida	Extensión (km ²)			Categoría UICN
	Total	terrestre	marina	
Reserva Natural Cabo Viejo-Tala Sulamas	365	365	-	IV
Reserva Biológica Cayos Miskitos	7,830	2,848	4,982	VI
Reserva Natural Laguna Bismuna-Raya	85	85	-	IV
Reserva Natural Laguna Pahara	100	100	-	IV
Reserva Natural Laguna Yulu Karat	182	182	-	IV
Reserva Natural Laguna Kukalaya	43	43	-	IV
Reserva Natural Laguna Layasiksa	60	60	-	IV
Reserva Natural Cerro Silva	2,519	2,519	-	IV
Reserva Biológica Indio Maíz	3,213	3,213	-	I
Refugio de Vida Silvestre Río San Juan	441	441	-	IV
NICARAGUA	14,830	9,855	4,982	
Humedal de Importancia San San Pond Sak	170	170	-	IV
Parque Nacional Marino Isla Bastimento	132	-	132	II
Humedal de Importancia Damani - Guariviara	241	241	-	IV
Paisaje Protegido Escudo de Veraguas	425	-	425	IV
Área de Uso Múltiple Donoso	1,984	1,816	168	VI
Bosque Protector San Lorenzo	90	90	-	IV
Paisaje Protegido Isla Galeta	6	6	-	IV
Parque Nacional Portobelo	364	278	87	II
Reserva Hidrológica Santa Isabel	476	476	-	VI
Área Silvestre Corregimiento de Narganá	1,005	1,005	-	IV
PANAMÁ	4,893	4,082	812	

Fuente: Elaboración propia con datos de SICAP 2009 y ANAM 2012

La costa Caribe de ambos países no solo difiere profundamente en su entorno biológico sino también en sus características socioeconómicas. La diferencia entre países es notoria en cuanto a sus indicadores económicos, desarrollo humano y desigualdad. Según los datos reportados por el Banco Mundial, Panamá tuvo en el 2011 un PBI casi cinco veces mayor que Nicaragua (US\$ per cápita 7498 y 1587 respectivamente). Según el último informe de desarrollo humano de Naciones Unidas (PNUD 2011), Nicaragua está en el grupo de países de desarrollo humano medio (IDH = 0.589, puesto 129 de desarrollo humano a nivel global) mientras que Panamá está en el de países de desarrollo humano alto (IDH = 0.768, puesto 58). Sin embargo, si se considerara la desigualdad de oportunidades (esperanza de vida, educación e ingresos) en su población, Nicaragua y Panamá tendrían una calificación menor en cuanto a su desarrollo humano (IDH corregido por desigualdad de 0.427 y 0.579 respectivamente), lo cual les haría descender 3 y 15 puestos en el ranking mundial de desarrollo humano.

También es importante considerar que las diferencias profundas que existen dentro de la costa de cada país. Los ocho municipios costeros de Nicaragua tienen en total casi el doble de extensión y menos de la mitad de población que los doce distritos costeros de Panamá (34 mil y 18 mil km², 200 mil y 470 mil habitantes respectivamente). Según los datos de los últimos censos, aproximadamente la mitad de la población es rural en ambas costas; y en Nicaragua el 85% de esta es indígena, mientras que en Panamá el 37% (INIDE Nicaragua 2005, INEC Panamá 2010). Como se verá en la sección de este documento relacionada a la capacidad adaptativa (y en el Anexo 12) los indicadores de pobreza, acceso a servicios y otros relacionados con este aspecto de la vulnerabilidad son también altamente variables en este territorio.

BASES CONCEPTUALES DEL ANÁLISIS

Esquema del análisis de vulnerabilidad

El marco general del análisis de vulnerabilidad se sustenta en las propuestas de Schröter et al. (2005) y Preston et al. (2008). Para efectos de este análisis se asume el concepto de vulnerabilidad presentado por el IPCC (2001): “el grado en que un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y extremos climáticos”. La vulnerabilidad tiene tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (McCarthy et al. 2001, Ilustración 2). La exposición se refiere a la presencia de un riesgo climático; la sensibilidad a la capacidad de respuesta de los sistemas a ese riesgo y la capacidad de adaptación a la capacidad de un sistema para cambiar a un estado más favorable para hacerle frente a los impactos adversos.

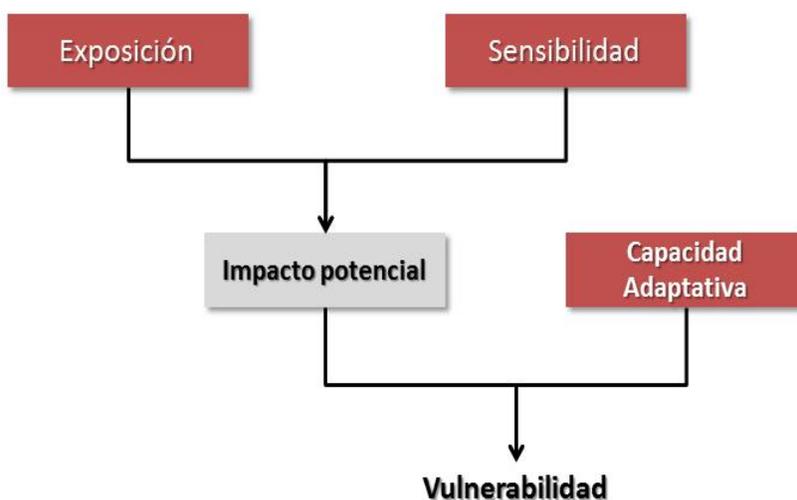


Ilustración 2. Componentes de la vulnerabilidad al cambio climático (Marshall et al. 2010)

A continuación se describen los elementos de este esquema, con énfasis en el área de estudio.

Exposición y sensibilidad a efectos del cambio climático

El aumento sin precedentes en la historia humana de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) está provocando cambios negativos en los océanos, lo cual compromete en el futuro los servicios que estos prestan a los ecosistemas y las poblaciones humanas (IPCC 2007, Herr & Galland 2009, Vallis 2012). La Ilustración 3 muestra los cambios físicos y químicos que desencadena el aumento de GEI de la atmósfera en las costas y océanos. El calentamiento del aire y del mar induce cambios en las precipitaciones, aumento del nivel del mar y fenómenos climáticos extremos. Las consecuencias más importantes e inmediatas en las costas de estos cambios están asociadas a la erosión costera, inundaciones, sequías, intrusión de agua salada y cambios en los ecosistemas (IPCC 2001; Herr & Galland 2009).

Las consecuencias más importantes e inmediatas en las costas de estos cambios están asociadas a la erosión costera, inundaciones, sequías, intrusión de agua salada y cambios en los ecosistemas (IPCC 2001, Herr & Galland 2009; Short & Woodroffe 2009) (Véase Ilustración 4).

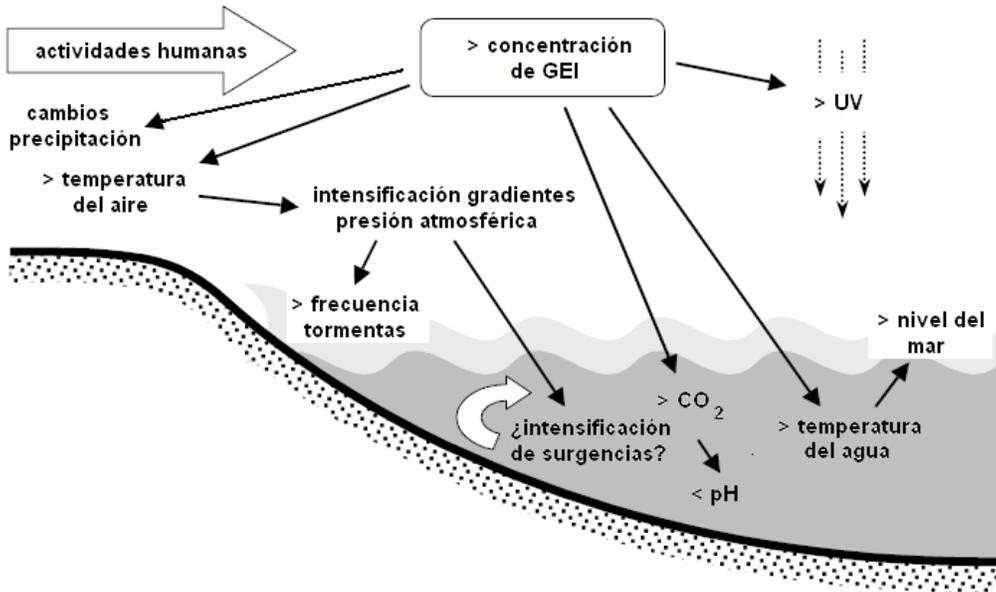


Ilustración 3. Cambios abióticos importantes en el océano asociados con el cambio climático (adaptado de Harley et al. 2006)

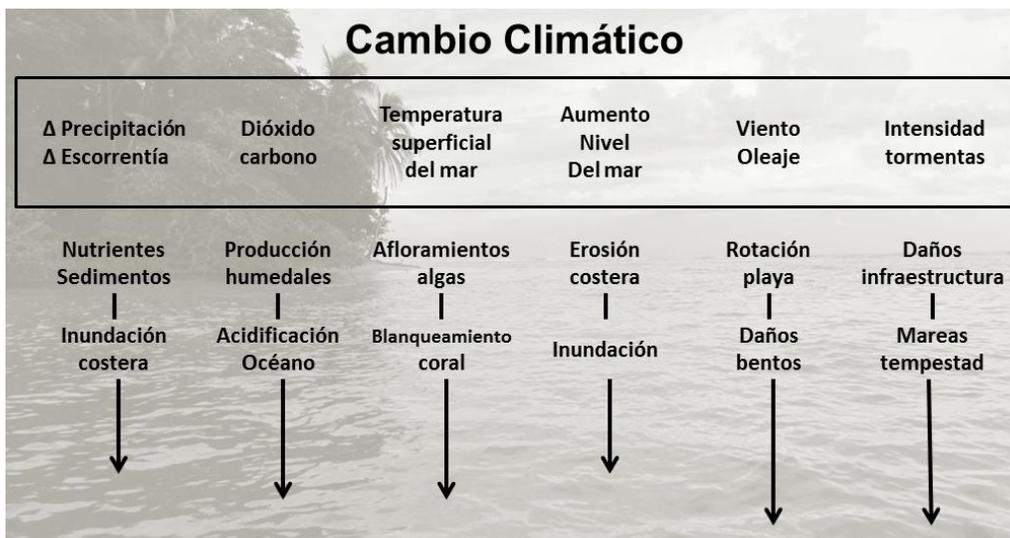


Ilustración 4. Impulsores e impactos del cambio climático sobre las costas (Adaptado de Short & Woodroffe 2009)

Para evaluar el impacto potencial de este proceso sobre diferentes elementos de los sistemas naturales y sociales, este estudio considera tres efectos del CC, bajo dos diferentes familias de escenarios de emisiones (A2 y B1, ver detalle en el Anexo 1) y se realiza basado en los criterios establecidos por el IPCC, definiendo el impacto del cambio climático en la región, la sensibilidad de diferentes elementos biofísicos y sociales y la capacidad adaptativa de los distritos costeros, haciendo un énfasis en las áreas protegidas marino-costeras. Las variables consideradas fueron: temperatura superficial del mar, aumento del nivel del mar, cambios en la temperatura ambiental y precipitación.

Aumento de la temperatura superficial del mar

Los cambios en la temperatura superficial del mar (TSM) tienen importantes implicaciones biológicas para las condiciones habitables de muchos organismos. Un caso bien documentado es el de los arrecifes de coral, uno de los objetos seleccionados para evaluar la sensibilidad al CC en este estudio. El estrés de los corales inicia si el agua se calienta un grado centígrado más allá que la temperatura más alta del mes más caliente del verano (Glynn & D’Croze 1990). Si esta variación se mantiene durante ocho semanas provoca el inicio del blanqueamiento, y si se mantiene durante doce semanas provoca blanqueamiento generalizado y mortalidad (Liu et al. 2008). El análisis para el impacto potencial del aumento de la TSM parte de las preguntas: ¿Cuáles áreas marinas están más expuestas al aumento de la TSM? ¿Cuán sensibles son los arrecifes de coral, manglares y pastos marinos a este proceso? El Cuadro 2 muestra la información considerada para determinar la sensibilidad de estos elementos al aumento de la TSM.

Cuadro 2. Efectos del aumento de la temperatura superficial del mar en elementos marino costeros

Elemento	Efectos del aumento de la TSM
arrecifes de coral	El estrés térmico acumulado entre 4 y 8 semanas provoca blanqueamiento, éste es generalizado cuando el estrés térmico se acumula durante ocho semanas o más.
manglares	La temperatura del agua mayor a los 35° C pueden causar estrés en <i>Rhizophora mangle</i> , a más de 38°C puede reducir la diversidad de comunidades de invertebrados que viven en las raíces, y es probable que se impida el establecimiento de plántulas.
pastos marinos	El aumento de la TSM cambia su metabolismo y su balance de carbono, lo cual a su vez genera cambios en la abundancia y distribución de las especies. Las epifitas crecen explosivamente limitando la capacidad de captación de luz y disponibilidad de carbono. Las temperaturas de 35°C o más pueden evitar que las raíces de ciertas especies rebroten, temperaturas mayores a 43°C los impactan muy negativamente. Los pastos marinos que están en ambientes con estrés térmico pueden verse afectados por un cambio de 1.5°C de la TSM (Cambers et al., 2008).

Fuentes: Cambers et al. (2008), Gallegos Martínez (2010) y NOAA Coral Reef Watch (2011)

Cambios en los patrones de precipitación y en la temperatura del aire

Los cambios en los patrones de precipitación y el aumento de la temperatura del aire afectan directamente las condiciones de vida de las poblaciones humanas (IH-UC 2011). También tienen importantes implicaciones sobre la vegetación natural terrestre (Imbach et al. 2012) y ecosistemas marino costeros al provocar cambios en la salinidad, sedimentación y disponibilidad de nutrientes, y aumenta la sensibilidad de las tortugas marinas ante el CC al aumentar la temperatura de la arena de las playas de anidamiento (Hawkes et al. 2009). El análisis parte de las preguntas: ¿Cuáles áreas costeras están más expuestas a estos cambios? ¿Cuán sensibles son los sitios de anidamiento de las tortugas marinas, los manglares y otros bosques naturales y la agricultura a cambios de los patrones de precipitación y temperatura del aire? El Cuadro 3 muestra la información considerada para determinar la sensibilidad de estos elementos a estos procesos.

Aumento del nivel del mar

El nivel medio del mar es uno de los indicadores más importantes del CC, porque incorpora los resultados de diferentes componentes del sistema climático. El aumento del nivel del mar puede incrementar varios impactos físicos en las costas, incluyendo la frecuencia de inundaciones, salinización de humedales costeros y acuíferos y la erosión y pérdida de playas (Klein & Nicholls (1999). Las inundaciones causadas por estos procesos pueden ser temporales o permanentes, lo cual depende de la combinación del aumento del nivel del mar con otros factores como las mareas meteorológicas y astronómicas y los cambios en el oleaje (IH-UC 2012). Las costas son particularmente vulnerables a este proceso porque la mayoría de la actividad económica, infraestructura y servicios están localizados en la costa o muy cerca de ella, y las economías locales (como el turismo) están concentradas en pocos sectores (Nicholls et al. 1999). En cuanto a la

Cuadro 3. Efectos de los cambios en la precipitación y temperatura del aire en elementos marino costeros

Elemento	Efectos del cambio en los patrones de precipitación y temperatura del aire
tortugas marinas	El sexo es determinado por la temperatura de la arena en el tercio medio de incubación. La temperatura pivotal es la óptima, con igual proporción de sexos, entre 28 y 31°C. Una mayor proporción de hembras se produce a temperaturas superiores a la pivotal. A partir de 33 °C aumenta la proporción de malformaciones y la mortalidad de fetos y neonatos. Existe una relación entre la temperatura de la arena, la temperatura del aire y la TSM.
manglares	La disminución de precipitaciones y de escorrentía y el aumento de la evaporación aumentará la salinidad y la concentración de sulfatos del mar, lo cual puede causar disminuir las tasas de crecimiento y reducir los manglares, sobre todo tierra adentro, con pisos hipersalinos. La mayoría de los manglares producen la máxima cantidad de retoños cuando la temperatura media del aire es de 25°C. La producción de hojas se detiene a temperaturas menores de 15°C y se ve afectada en muchas especies a temperaturas superiores a 25°C. Temperaturas superiores a los 35°C pueden ocasionar estrés hídrico que afecta la estructura radicular de los manglares y el establecimiento de las plántulas. A temperaturas de 38 – 40°C, casi no hay fotosíntesis
vegetación	El aumento o disminución de la frecuencia e intensidad de la precipitación puede causar cambios en la cobertura vegetal (extensión y composición)
agricultura	El aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias aumenta la escorrentía y la erosión. La disminución de la frecuencia de las lluvias puede causar estrés hídrico a los cultivos actuales. El aumento de la temperatura del aire aumenta la evapotranspiración, que aunado a la reducción de la lluvia y mayor salinidad, puede causar estrés a los cultivos.

Fuentes: Cambers et al. 2008, Gallegos Martínez 2010, Hawkes et al. 2009, Hoffman et al. 2009, INBio 2009, IPCC 1997, 2007, MacLeod 2009, McLeod & Salm 2006, Retana et al. 2008, Snedaker 1995, Uribe & Urrego 2009, Nicholls et al. 1999, FitzGerald et al. 2008, Harley et al. 2006, Kokot et al. 2004, Orr et al. 2009, Rojas et al. 2003, Fuentes et al. 2009

biodiversidad, uno de los mayores efectos será la pérdida de hábitats de playa, que proporciona sitios de anidación a las tortugas marinas (Fish et al. 2005). El análisis de este impacto potencial parte de las preguntas: ¿Cuáles áreas en las costas están más expuestas a los efectos del aumento en el nivel del mar? ¿Cuán sensibles son los sitios de anidamiento, los manglares, la agricultura, las carreteras y las zonas pobladas a este proceso? Estas preguntas se refieren al aumento del nivel del mar como factor predominante en la inundación costera, que supone una inundación permanente. Sin embargo, es necesario considerar que la inundación (y erosión) de las costas también se produce de forma temporal por eventos de inundación extremos relacionados con las mareas y el oleaje, como se menciona en el párrafo anterior. El Cuadro 4 muestra la información considerada para determinar la sensibilidad de diferentes elementos a este proceso.

Cuadro 4. Efectos del aumento del nivel del mar en elementos marino costeros

Elemento	Hipótesis de cambio
tortugas marinas	La erosión de playas, debido a la alteración de su topografía, disminuye el área para el establecimiento de nidos exitosos. El aumento de la altura de la marea –acentuado por el mayor oleaje de tempestades - satura la arena e inunda los nidos, ahogando los embriones
manglares	La erosión de márgenes, pérdida de las barras y lagunas que dan protección ocasionan pérdida de áreas de manglar, que pueden reubicarse hacia el interior. Los cambios en la salinidad de las lagunas costeras causan una reducción en la supervivencia de las plántulas y crecimiento y disminución en la capacidad fotosintética, generando cambios en la estructura del bosque de manglar.
agricultura	La salinización de napas freáticas y suelos reduce la extensión de suelos de capacidad de uso agrícola
infraestructura	El aumento del nivel de mar, exacerbado por tormentas tropicales más frecuentes e intensas, daña la infraestructura costera, deteniendo la actividad turística y aumentando los costos de construcción y mantenimiento.
población	La erosión puede favorecer inundaciones en zonas pobladas.

Fuentes: Hawkes et al. (2009), Retana et al. (2008), Nicholls et al. (1999), FitzGerald et al. (2008) y Kokot et al. (2004).

Capacidad adaptativa al cambio climático

Los componentes social y ecológico de un sistema geográfico están estrechamente relacionados y son interdependientes; por ejemplo, los medios de vida de las poblaciones costeras, tales como la pesca, la agricultura o el turismo, dependen de la sensibilidad de los ecosistemas a los cambios del clima (Marshall et al. 2010). Esto implica que las poblaciones tendrán que adaptarse a situaciones como cambios en la distribución y la productividad de las especies de pesca más importantes, la intrusión de agua salada y la inundación de tierras agrícolas y residenciales y pérdidas del valor de recursos turísticos como los arrecifes de coral y las playas, y una menor eficacia de la protección brindada por los manglares; pero también a cambios sociales y culturales (Wongbusarakum & Loper 2011).

La capacidad adaptativa es el potencial de la comunidad para realizar cambios y continuar como comunidad a pesar de los impactos del CC, lo cual depende de sus características sociales (Wongbusarakum & Loper 2011).

La capacidad adaptativa depende de diferentes criterios mencionados en el Cuadro 5, que sintetiza las preguntas utilizadas para este análisis:

Cuadro 5. Indicadores de capacidad adaptativa

Indicador	Preguntas
Grupos demográficamente vulnerables	¿Cuáles grupos pueden tener mayor riesgo asociado al CC?
Dependencia de los recursos vulnerables a los impactos del CC	¿Qué proporción de la población depende de los MV más sensibles al CC?
Acceso y uso de conocimientos relacionados con el clima	¿Hay información relacionada al CC disponible? ¿Cuánta gente puede acceder a ella?
Capacidad de organización local	¿Existen organizaciones locales para enfrentar emergencias?
Acceso equitativo a los recursos y servicios	¿Cuán distribuida está el apoyo para la ACC en el territorio?
Estado de los recursos naturales	¿Cuán presionados están los recursos naturales por las actividades productivas?

Fuente: Elaborado a partir de Wongbusarakum & Loper (2011) y Adger et al. (2004)

La evaluación de estos indicadores a través de diferentes variables, complementa la evaluación de la exposición y vulnerabilidad descrita en las secciones anteriores de este capítulo.

BASES METODOLÓGICAS DEL ANÁLISIS

Para el análisis se seleccionaron aquellos efectos del cambio climático con información cartográfica disponible para el área de estudio: aumento de la TSM, cambios en los patrones de precipitación y en la temperatura del aire y aumento del NM. Se excluyeron aquellos para los cuales no se contaba información como la acidificación del océano.

Para cada efecto del CC se definieron indicadores de exposición, escalas de sensibilidad de los elementos expuestos e indicadores de impacto potencial (Cuadro 6). Los indicadores fueron calificados de acuerdo a Preston et al. (2008), utilizando un rango de 1 a 5, donde 1 representa la menor exposición o impacto potencial, y 5 la mayor. Estos indicadores se estiman para tres escenarios temporales: actual, 2030-2039 y 2090-99 para el caso de TSM, 2070-2099 para el caso de precipitación y temperatura y atemporal para el aumento del NM. También se estimó la capacidad adaptativa de las comunidades humanas con cinco indicadores, donde la menor capacidad adaptativa es 5 y 1 la mayor. Este análisis se realizó únicamente para las condiciones actuales, pues metodológicamente no es factible proyectar su valor en escenarios futuros.

Cuadro 6. Indicadores para evaluar diferentes los diferentes elementos del análisis de vulnerabilidad

	Indicadores de exposición	Escala de sensibilidad	Indicadores de impacto potencial	Indicadores de capacidad adaptativa
Aumento de la TSM	Anomalías de TSM 2003-2011 y en escenarios 2030-2039 (A2 y B1) Supuesto: La media de la TSM es un indicador proxy de la exposición, se asume que la variabilidad climática es nula	Escala de evaluación de NOAA Coral Reef Watch (2011, Anexo 2)	Extensión (ha) de arrecifes de coral y pastos marinos bajo diferentes niveles de impacto potencial del aumento de la TSM	Grupos demográficamente vulnerables Supuesto: Menor CA si la pobreza aumenta
		Escala de evaluación para manglares (Anexo 2)	Extensión (ha) de manglares bajo diferentes niveles de impacto potencial del aumento de la TSM	Dependencia de los recursos vulnerables a los impactos del CC Supuesto: Menor CA si la dependencia es alta
Disminución de la precipitación y aumento de la temperatura del aire	Cambios del aumento de la temperatura del aire y de la disminución de la precipitación, escenarios A2 y B1 Supuesto: Las anomalías promedio de temperatura y precipitación son un indicador proxy de la exposición, se asume que la variabilidad interanual, estacional o diaria de las anomalías climáticas es nula	Escala de evaluación para manglares (Anexo 3) Para playas de anidamiento, el impacto es igual a la exposición (Anexo 3) La respuesta de la vegetación depende de su interacción con los suelos y agua (Imbach et al. 2012, Anexo 3)	Extensión (ha o km) de manglares y playas anidamiento de tortugas bajo diferentes niveles de impacto potencial del aumento de la temperatura del aire Extensión de bosques y suelos bajo diferentes niveles de impacto potencial de la interacción del aumento de la temperatura del aire con la disminución de la precipitación	Acceso y uso de conocimientos relacionados con el clima Supuesto: Menor CA si el acceso y uso es bajo Acceso equitativo a los recursos y servicios Supuesto: Menor CA si el acceso es desigual
				Estado de los recursos naturales Supuesto: Menor CA si los recursos para producción y disminución de riesgo están mal manejados
Aumento del NM	Áreas propensas a inundación (ha) Supuesto: El aumento del NM es uniforme en la zona costera, independiente de los ecosistemas, geomorfología y suelos.	El impacto es igual a la exposición (no hay una escala de sensibilidad establecida por carencia de datos en la literatura, Anexo 4)	Extensión (ha o km) de manglares, playas de anidamiento de tortugas, bosques, suelos con vocación agrícola, carreteras y área urbana bajo diferentes niveles de impacto potencial	

TSM: temperatura superficial del mar, NM: nivel del mar, CA: capacidad adaptativa

Los anexos 2, 3 y 4 detallan los métodos y fuentes de información utilizados para el cálculo de la exposición e impacto potencial de diferentes elementos ante el aumento de la TSM, ante los cambios de precipitación y temperatura del aire y aumento del nivel del mar. El anexo 5 detalla la definición de variables, métodos y fuentes de información utilizados para el cálculo de la capacidad adaptativa.

Para estimar la vulnerabilidad se consideró primero el impacto potencial (exposición y sensibilidad) y se comparó luego con la capacidad adaptativa de las comunidades humanas, estimada por municipio (Nicaragua) o distrito (Panamá). La capacidad adaptativa reduce el impacto potencial y por lo tanto reduce la vulnerabilidad; así, un elemento que tiene una sensibilidad muy alta puede tener una vulnerabilidad menor si está en un municipio o distrito con alta capacidad adaptativa (y viceversa) (Ilustración 5).

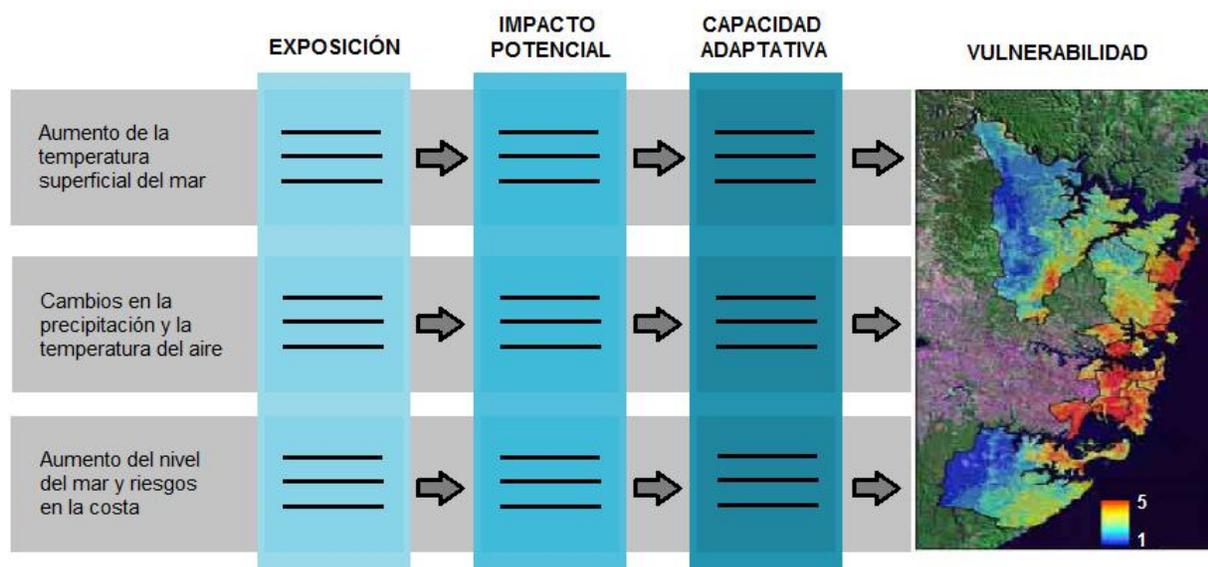


Ilustración 5. Modelo conceptual para la elaboración de mapas de impacto potencial y vulnerabilidad integrada para cada uno de los tres efectos en el área de estudio (Adaptado de Preston et al. 2008)

A continuación se resume el proceso de cálculo de los diferentes elementos de exposición, impacto potencial y capacidad adaptativa para determinar la vulnerabilidad, proceso que se muestra en detalle en los siguientes capítulos del documento.

- Exposición
 - Mapas con las áreas expuestas a las anomalías de **temperatura superficial del mar** bajo dos escenarios de emisiones (A2 y B1), reclasificado en cinco categorías según la escala de la NOAA Coral Reef Watch (2011): muy alta o nivel de alerta 2; alta o nivel de alerta 1; media o advertencia; baja u observación y muy baja o sin cambios.
 - Mapas con los cambios proyectados en **precipitación y temperatura del aire** bajo dos escenarios de emisiones (A2 y B1), reclasificado en cinco categorías según la probabilidad de cambio: muy alta o 90-100%; alta o 66-90%; media o 50-66%; baja o 33-50%; y muy baja o 0-33%.
 - Mapa con las áreas expuestas ante el **aumento en el nivel del mar** clasificado en cinco categorías de exposición: muy alta o 0-1 msnm; alta o 1-2 msnm; media o 2-4 msnm; baja o 4-8 msnm; y muy baja o 8-16 msnm.

- Impacto potencial
 - Mapas de impacto potencial del aumento de la **temperatura superficial del mar**, obtenidos mediante la multiplicación de los mapas de exposición (categorías 1 al 5) por los mapas de distribución de elementos sensibles (mapas binarios con categoría 0 o ausencia y 1 o presencia), es decir tres mapas de distribución de arrecifes de coral, pastos marinos y manglares. Los mapas de impacto potencial obtenidos tienen valores entre 1 (impacto potencial muy bajo) y 5 (impacto potencial muy alto).
 - Mapas de impacto potencial de los **cambios de precipitación y temperatura del aire**, obtenidos mediante la multiplicación de los mapas de exposición por los mapas de distribución de los elementos sensibles a estos procesos (manglares, bosques naturales y suelos de capacidad de uso agrícola).
 - Mapas de impacto potencial del **aumento del nivel del mar**, obtenidos mediante la multiplicación del mapa de exposición por los mapas de distribución de elementos sensibles a este proceso (manglares, bosques naturales, suelos de capacidad de uso agrícola y zonas urbanas).

- Capacidad adaptativa
 - Mapa de los **municipios de Nicaragua y distritos de Panamá**, obtenido del promedio de los valores de los indicadores grupos demográficamente vulnerables, dependencia de los recursos vulnerables a los impactos del cambio climático, acceso y uso de conocimientos relacionados con el clima, acceso equitativo a los recursos y servicios y estado de los recursos naturales. El mapa de capacidad adaptativa tiene valores entre 1 (capacidad adaptativa muy alta) y 5 (capacidad adaptativa muy baja).

- Vulnerabilidad de unidades administrativas y áreas protegidas
 - En **zonas terrestres**, se consideró el impacto potencial de aumento de la temperatura del aire y disminución de la precipitación para bosques naturales y suelos de capacidad de uso agrícola, y el impacto potencial del aumento del nivel del mar para manglares y zonas urbanas (no se consideraron playas de anidamiento ni carreteras, porque su dimensión es lineal). Para evitar traslapes, se consideraron zonas de uso potencial (las zonas urbanas excluyeron cualquier otro uso, los manglares excluyen otros bosques naturales o suelos agrícolas, los suelos agrícolas excluyen bosques naturales). Finalmente se calculó el promedio del valor del impacto potencial de cada pixel (1 km²) con la capacidad adaptativa del municipio o distrito que lo contiene. Los mapas de vulnerabilidad así obtenidos tienen valores entre 1 (vulnerabilidad muy baja) y 5 (vulnerabilidad muy alta). Esta vulnerabilidad se calculó para las unidades administrativas y las zonas terrestres de las áreas protegidas.
 - En **zonas marino costeras**, se consideró el impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en la suma de áreas de arrecifes de coral, manglares y pastos marinos. Finalmente se calculó el promedio del valor del impacto potencial de cada pixel con la capacidad adaptativa del municipio o distrito adyacente. Esta vulnerabilidad se calculó solo para las áreas protegidas que tienen territorio marino costero.

RESULTADOS

Exposición del área de estudio a los diferentes procesos del cambio climático

Aumento de la temperatura superficial del mar

La Ilustración 6 muestra el nivel de exposición a estrés térmico al cual han estado sometidas las ZEE del Caribe de ambos países durante la última década (2003 – 2011):

- En Nicaragua se observan zonas con estrés térmico alto y muy alto frente a las costas de los municipios de Puerto Cabezas y Bluefields, así como en su extremo noroeste. El estrés térmico en la zona de Puerto Cabezas afecta parte de la RB Cayos Miskitos.
- En Panamá se observan zonas con estrés térmico alto frente a las costas de los distritos de Bocas del Toro y Changuinola, lo que afecta principalmente al PNM Bastimentos.

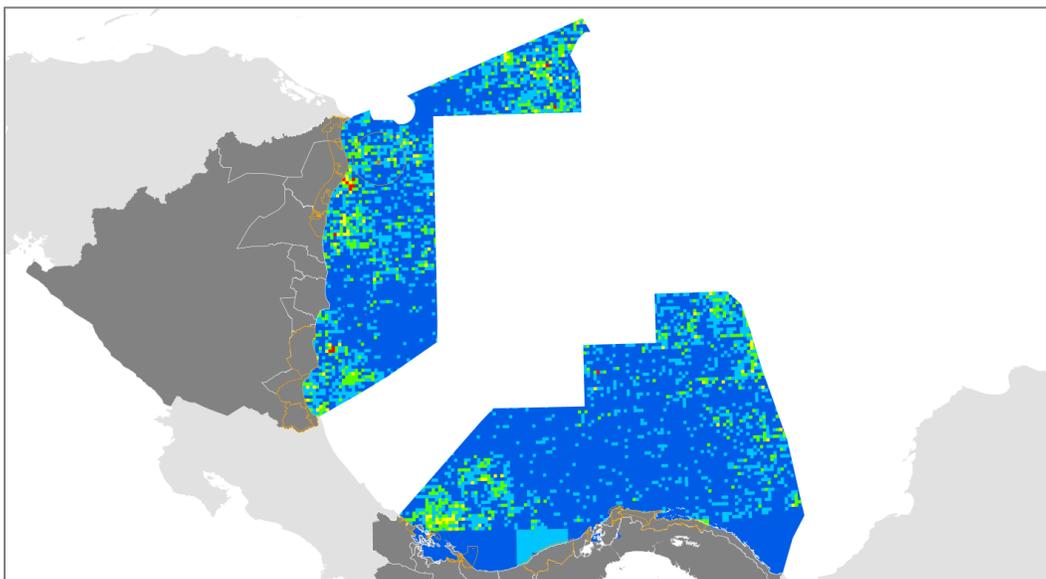


Ilustración 6. Nivel de estrés térmico en el período 2003-2011 en el área del estudio. Escala: azul o sin cambios, celeste u observación, verde o advertencia, amarillo o nivel de alerta 1 y rojo o nivel de alerta 2

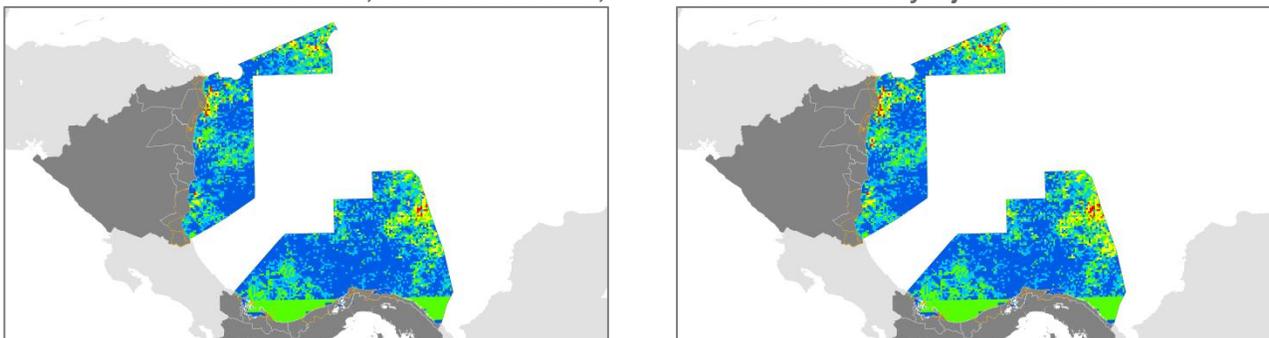


Ilustración 7. Niveles de estrés térmico esperados en el área del estudio entre 2030 - 2039 bajo escenarios B1 (izquierda) y A2 (derecha). Escala: azul o sin cambios, celeste u observación, verde o (advertencia, amarillo o nivel de alerta 1 y rojo o nivel de alerta 2

La Ilustración 7 muestra el nivel de exposición para los escenarios futuros de emisiones B1 y A2 en el periodo 2030 – 2039, para el 2090 - 2099 el nivel de alerta 2 se generaliza (toda la superficie aparecería en rojo o máximo nivel de exposición).

Cambios en los patrones de precipitación y la temperatura del aire

La probabilidad de aumento de la temperatura del aire en al menos 3°C para el periodo 2070 - 2099 afecta de la siguiente manera a los municipios costeros de ambos países:

- En Nicaragua, la probabilidad de aumento bajo el escenario B1 es muy baja (0 a 33%, Ilustración 8 A) y baja (33 – 50%) bajo el escenario A2 en casi todos los municipios (Ilustración 8 B).
- En Panamá, la probabilidad de aumento de la temperatura bajo el escenarios B1 es muy baja (Ilustración 8A), mientras que bajo el escenario A2 es baja desde el municipio de Donoso hacia el este y media (50 - 66%) del distrito de Santa Fe hacia el oeste (Ilustración 8B).

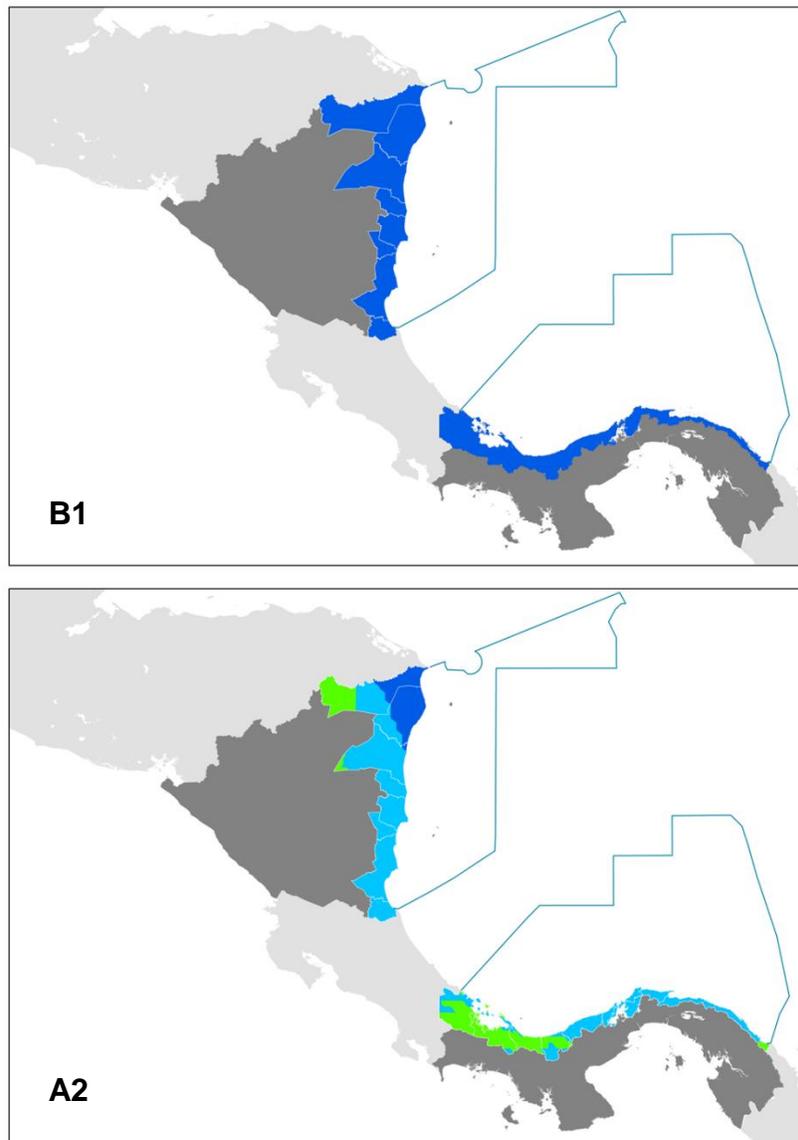


Ilustración 8. Exposición del área de estudio al aumento de la temperatura del aire para el período 2070-2099, según escenarios de emisiones B1 y A2. Escala de exposición: azul o muy baja (0-33% de probabilidad que aumente la temperatura en 3°C), celeste o baja (33-50% de probabilidad) y verde o media (50 – 66% de probabilidad)

Por otro lado, la probabilidad de disminución de la precipitación hasta en 50% para el periodo 2070 - 2099 afecta de manera diferente a los municipios costeros de ambos países:

- Para escenarios B1 y A2 la probabilidad de disminución de las lluvias en los municipios costeros de Nicaragua es predominantemente alta (66- 90%, Ilustración 9A y 10B).
- Para escenarios B1 y A2 esta probabilidad en los distritos costeros de Panamá es predominantemente media (50– 66%, Ilustración 9A y B).

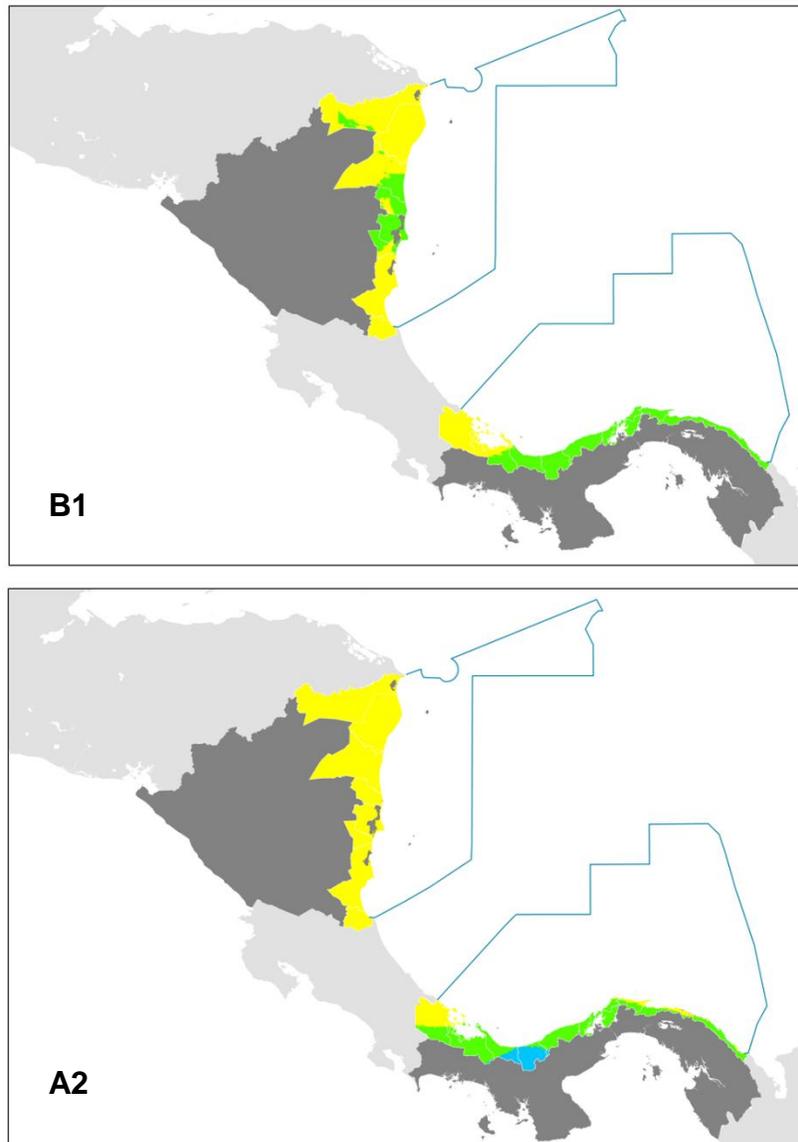


Ilustración 9. Exposición del área de estudio a la disminución de precipitación para el período 2070-2099, escenarios de emisiones B1 y A2. Escala: celeste o baja (33-50%), verde o media (50-66%) y amarillo o alta (66-90%)

En resumen, si bien las tendencias de aumento de la temperatura del aire son similares en las costas del Caribe de Nicaragua y Panamá, definitivamente Nicaragua tiene una probabilidad mayor de disminución de la precipitación.

Aumento del nivel del mar

La tendencia del aumento del nivel del mar en América Latina y El Caribe es inequívoca, según un estudio reciente realizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) para los 43 países de la región. Según este estudio, esta tendencia es más clara para la costa del Atlántico, con valores de aproximadamente 3 mm anuales en el Caribe para el periodo 2010 – 2040 y de 4 mm anuales para el periodo 2040 – 2070 ((IH-UC 2012a, Ilustración 10).

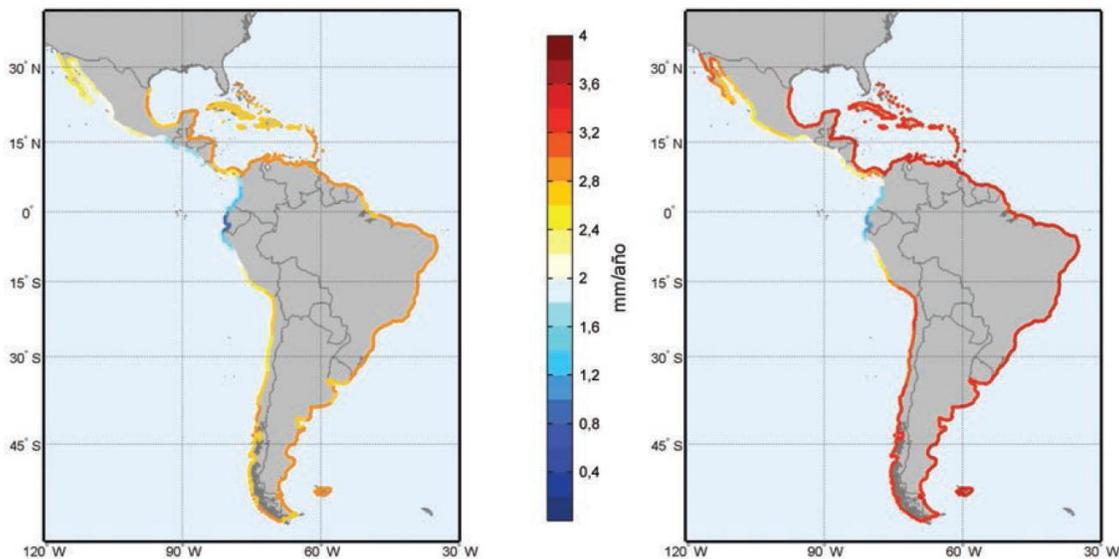


Ilustración 10. Tendencia media del nivel medio del mar (mm/año) en los periodos 2010 -2040 y 2040-2070 en las costas de América Latina y el Caribe. Fuente: CEPAL (2012)

Está comprobado que el principal factor que origina este aumento a nivel global es la expansión térmica del mar. Las mediciones realizadas desde mediados del siglo XX confirman su aumento de temperatura, y desde 1992 (año en que empezaron las mediciones con altímetros satelitales) se estima que la expansión térmica contribuye al aumento del nivel del mar a nivel global en al menos 1 mm anual, de los 3.1 mm anuales que ha aumentado en promedio desde entonces (Aviso 2012 y Cazenave & Meyssignac 2012, Ilustración 11). Entonces, otros factores como los cambios de corrientes y deshielos podrían agravar este impacto.

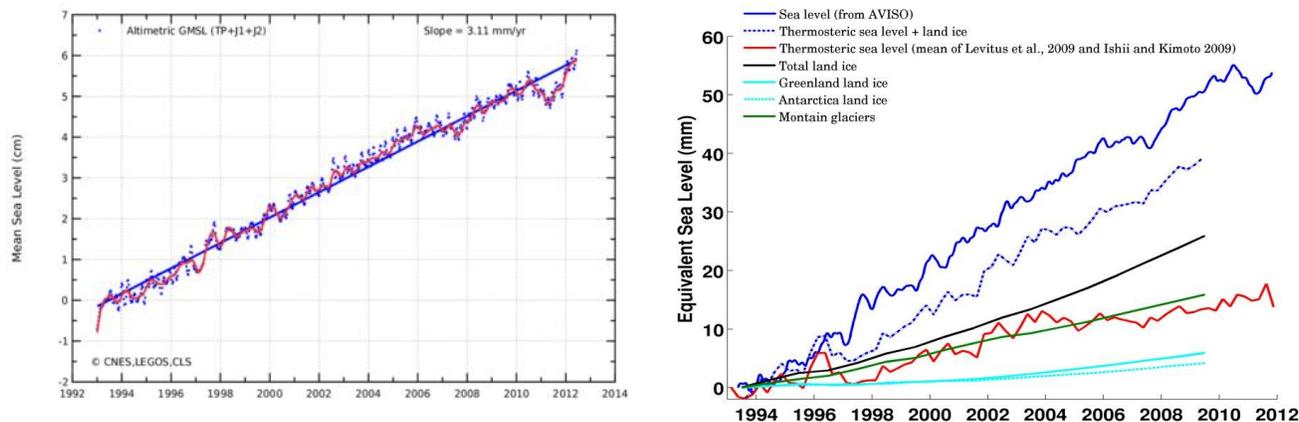


Ilustración 11. Aumento absoluto del nivel del mar (izquierda) y evolución de la contribución de diferentes factores al este aumento (derecha) a escala global, periodo 1993 - 2012. Fuentes: AVISO (2012) y Cazenave & Meyssignac (2012)

Las mediciones del nivel del mar en la costa del Caribe de Nicaragua y Panamá confirman los resultados de los estudios a nivel regional y global. Los registros del mareógrafo de Puerto Colón (Panamá) muestran que el nivel medio del mar aumentó 1.4 mm por año durante el periodo 1909 y 1979 en términos relativos¹, es decir 10 cm de aumento total para esos 70 años (Ilustración 12). Los registros de datos satelitales para Bluefields (Nicaragua) y Puerto Colón para el periodo 1992 – 2012 muestran también una clara tendencia hacia el aumento. Los datos indican un aumento de 1.8 mm anuales en Bluefields y Puerto Colón, equivalentes a 3.65 cm de aumento total para esos 20 años (Ilustración 13). Esto es equivalente a un retroceso de las playas entre 3.5 y 7 metros en 40 años².

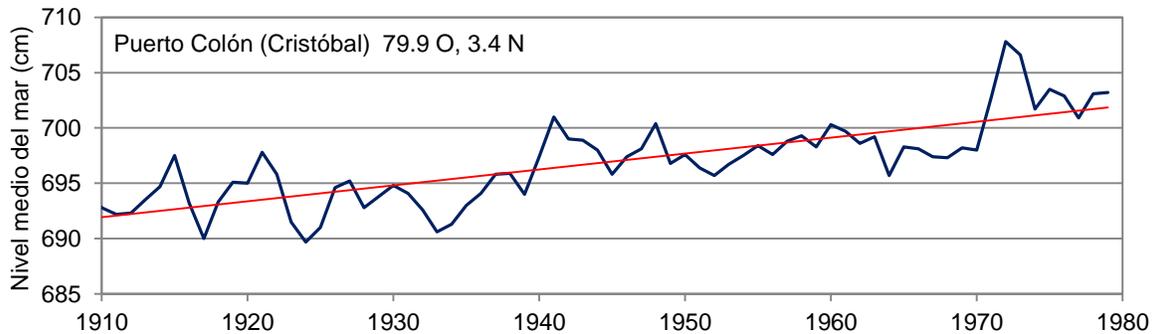


Ilustración 12. Cambio relativo del nivel del mar (cm) en Puerto Colón, Panamá entre 1909 y 1979 (Elaboración propia con datos anuales obtenidos del Permanent Service for Mean Sea Level <http://www.psmsl.org/>)

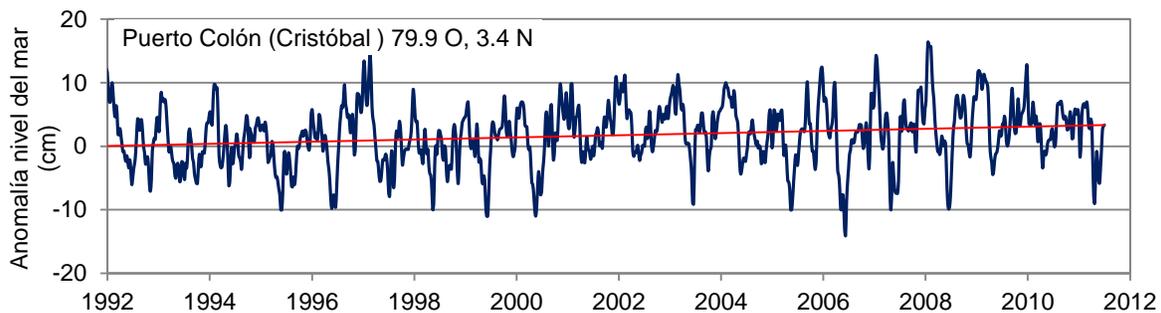
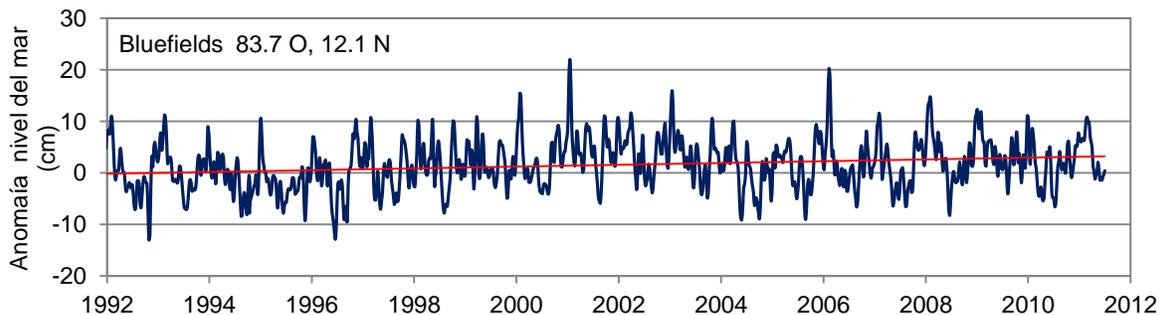


Ilustración 13. Aumento absoluto del nivel del mar en Bluefields (Nicaragua) y Puerto Colón (Panamá) entre 1992 y 2012 (Elaboración propia con datos semanales obtenidos de AVISO <http://www.aviso.oceanobs.com>)

¹ Las mediciones de los mareógrafos tienen limitaciones pues sufren los efectos del movimiento vertical (subsistencia o elevación del terreno causada, por ejemplo, por movimientos sísmicos)

² Lenin Corrales. 2012. Comunicación personal.

Impacto potencial en diferentes elementos ecológicos y de infraestructura

Arrecifes de coral

El progresivo aumento del estrés térmico en las ZEE del Caribe de ambos países está afectando la sostenibilidad de sus arrecifes de coral:

- Durante la última década, la mayor parte de los arrecifes de Nicaragua han estado bajo estrés térmico muy bajo y bajo (Ilustración 14). Para el periodo 2030-2039 (escenarios B1 y A2, Ilustración 15), el estrés térmico aumentará a niveles altos principalmente en algunas áreas de los Cayos Misquitos (Nicaragua). Para el periodo 2090-2099 (escenarios B1 y A2) el estrés térmico aumentará al nivel de alerta 2 (muy alto) para todos los arrecifes.
- La mayor parte de los arrecifes de Panamá tuvo un nivel de estrés muy bajo durante la última década (Ilustración 14). Para el periodo 2030-2039 (escenarios B1), el estrés térmico aumentará a niveles medios en todos los arrecifes del PNM Isla Bastimento y el PP Isla Escudo de Veraguas y en algunos arrecifes del AS de Narganá³ Ilustración 15); esta situación también alcanzaría parte de los arrecifes del PN Portobelo (Panamá) si se considera el escenario de emisiones A2 (Ilustración 15). Para el periodo 2090-2099 (escenarios B1 y A2), todos los arrecifes del área de estudio estarán bajo estrés térmico muy alto, un nivel que implica blanqueamiento generalizado.

El Anexo 6 muestra el área de arrecifes dentro de las áreas protegidas de ambos países bajo cada nivel de estrés térmico en cada periodo analizado.

Pastos marinos

Considerando una sensibilidad al estrés térmicos de los pastos marinos similar a la de los arrecifes de coral, se aprecia que:

- Durante la última década, la mayor parte de los pastos marinos protegidos por la RB Cayos Misquitos (Nicaragua) ha estado bajo estrés térmico medio (Ilustración 16). Para el periodo 2030 - 2039 (escenarios B1 y A2, Ilustración 17), el estrés térmico de estos pastos aumentará a niveles altos en la mayor parte de su extensión.
- La mayor parte de los pastos marinos de Panamá, concentrados principalmente en el PN Marino Bastimento y el PP Isla Escudo de Veraguas tuvieron un estrés térmico muy bajo durante la última década (Ilustración 16), pero se proyecta que para el periodo 2030 - 2039 (escenarios B1 y A2, Ilustración 17) el estrés térmicos de estos pastos aumentará a niveles medios.

El Anexo 7 muestra el área de pastos marinos dentro de las áreas protegidas de ambos países bajo cada nivel de estrés térmico en cada periodo analizado.

³ Aunque esta área protegida oficialmente no tiene un sector marino, se consideró un área de proyección sobre el golfo de San Blas de 17 km² para incluir los arrecifes de coral ahí ubicados, los terceros en importancia en la costa Caribe de Panamá.

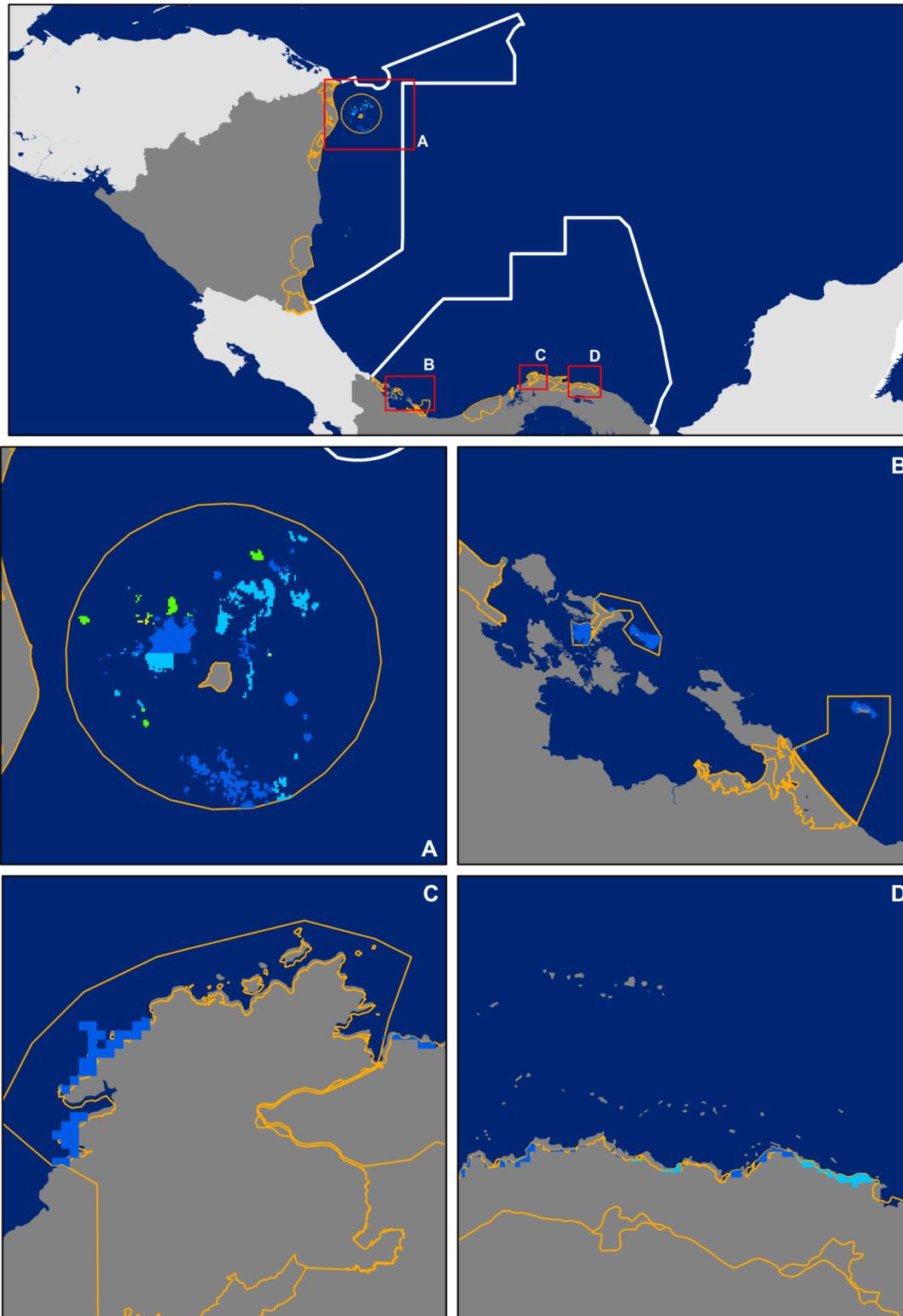


Ilustración 14. Exposición actual de arrecifes de coral al aumento de la temperatura superficial del mar. Escala: azul o muy baja (sin estrés térmico), celeste o baja (bajo nivel de estrés térmico) y verde o media (estrés térmico acumulándose). Las líneas de color naranja señalan respectivamente los límites áreas protegidas

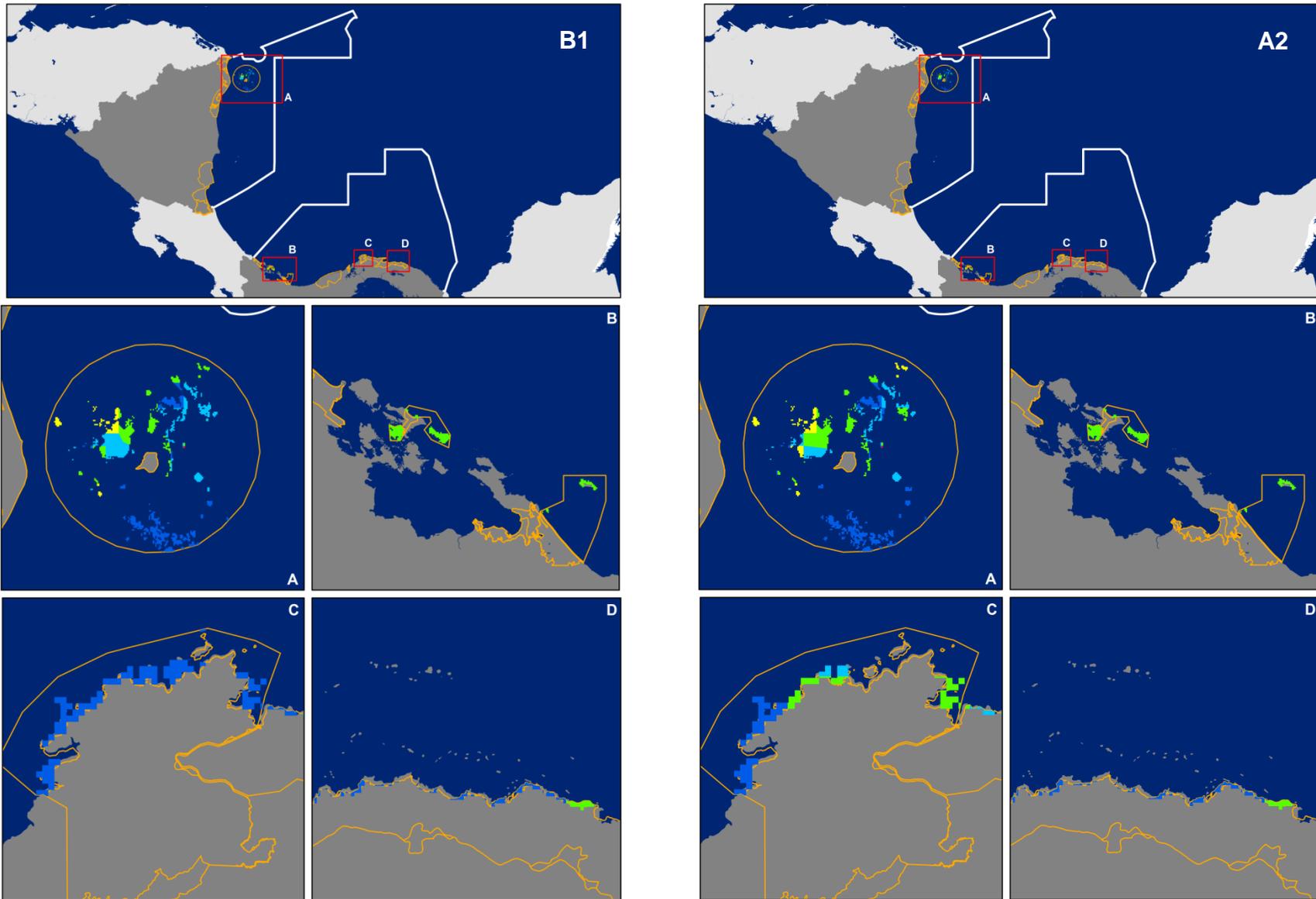


Ilustración 15. Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en arrecifes de coral del área de estudio, periodo 2030-2039 bajo escenarios de emisiones B1 y A2. Escala: azul o muy baja (sin estrés térmico), celeste o baja (bajo nivel de estrés térmico), verde o media (estrés térmico acumulándose) y amarillo o alta (se espera blanqueamiento). Las líneas de color naranja señalan los límites de las áreas protegidas

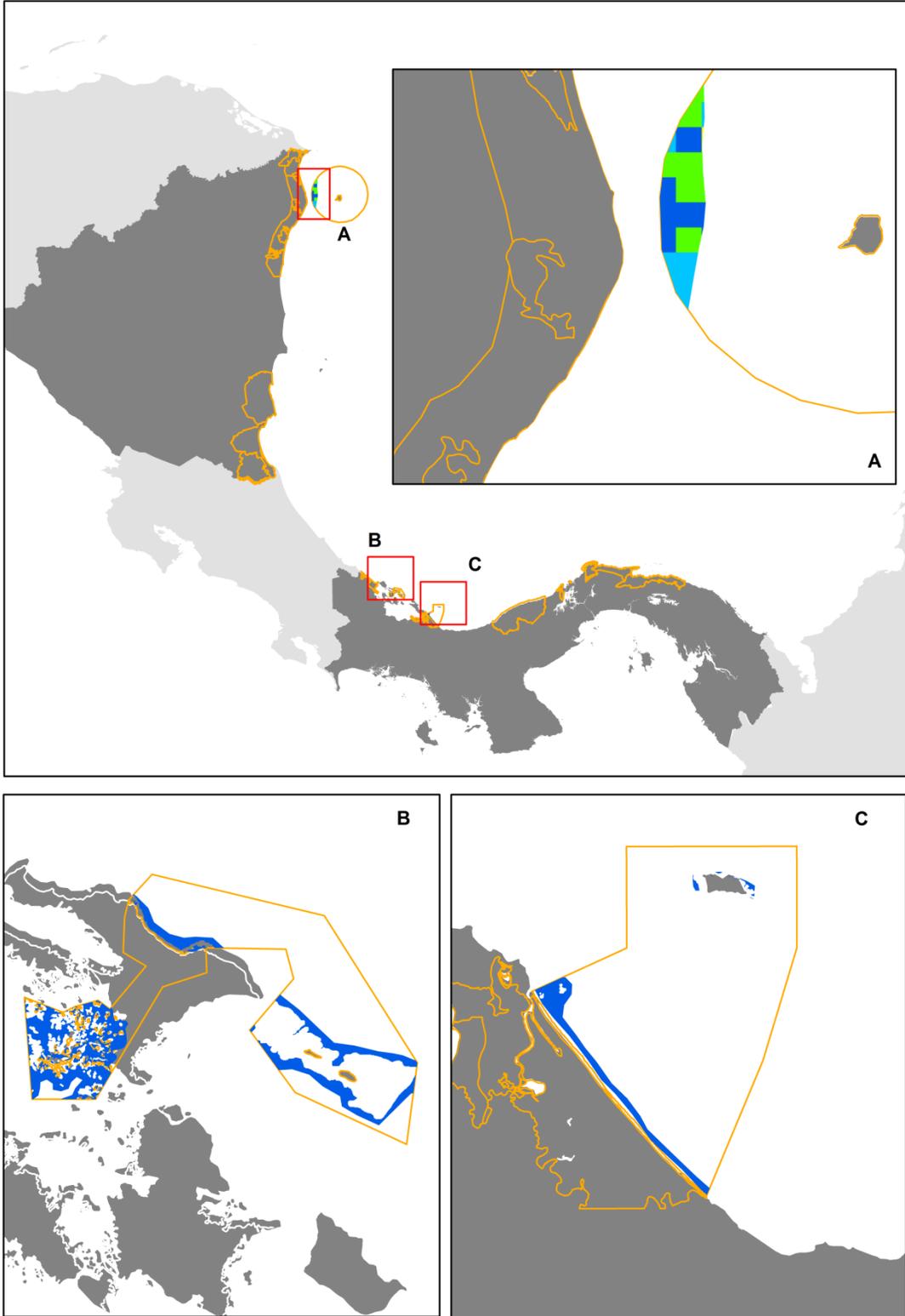


Ilustración 16. Exposición actual de pastos marinos al aumento de la temperatura superficial del mar. Escala: azul o muy baja (sin estrés térmico), celeste o baja (bajo nivel de estrés térmico) y verde o media (estrés térmico acumulándose). Las líneas de color naranja señalan respectivamente los límites áreas protegidas

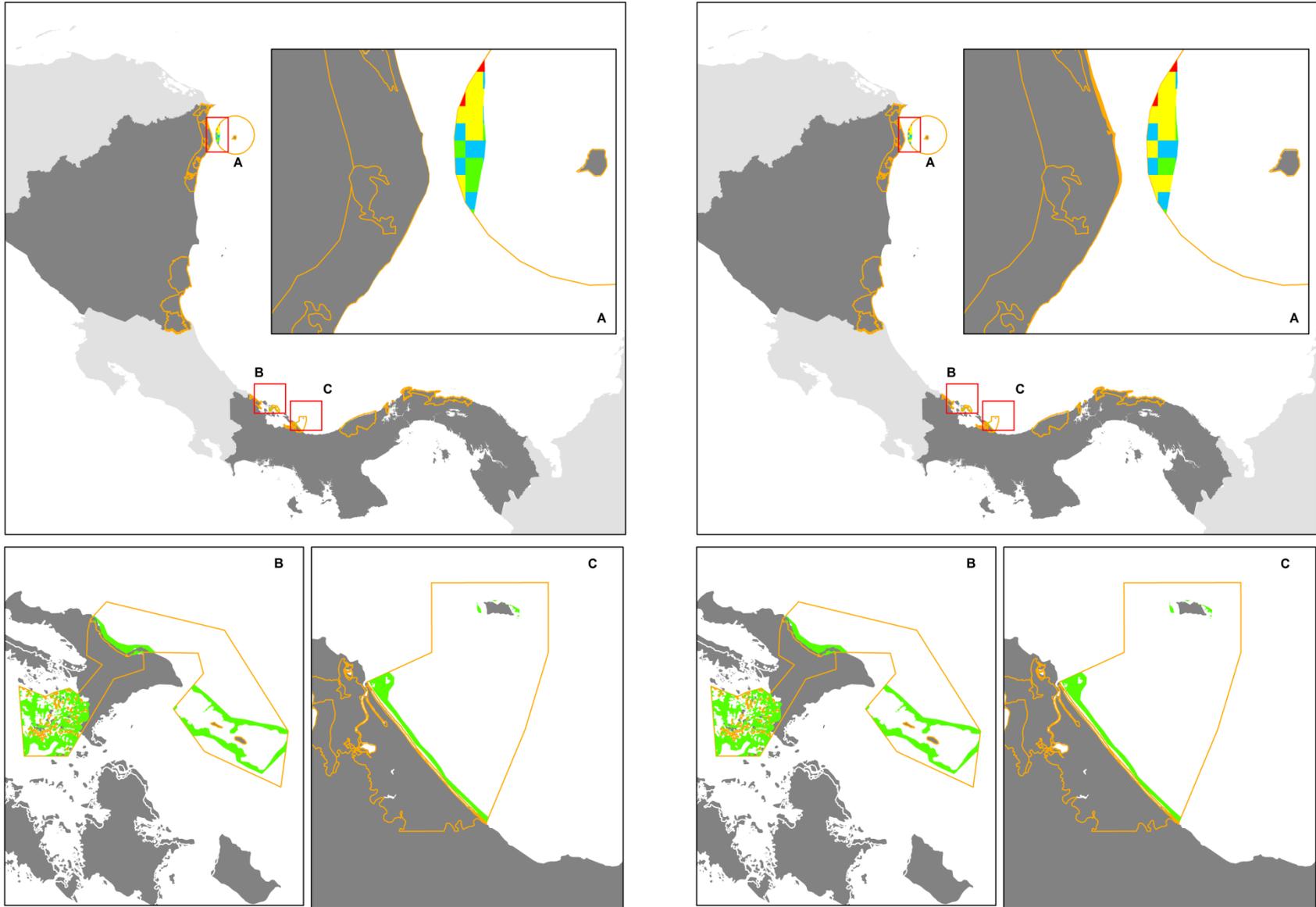


Ilustración 17. Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en pastos marinos del área de estudio, periodo 2030-2039 bajo escenarios de emisiones B1 (izquierda) y A2 (derecha). Escala: celeste o baja (bajo nivel de estrés térmico), verde o media (estrés térmico acumulándose), amarillo o alta (se espera blanqueamiento) y rojo o muy alta (blanqueamiento generalizado). Las líneas de color naranja señalan los límites de las áreas protegidas

Manglares

En las costas del Caribe de Nicaragua y Panamá, los manglares no estarían siendo afectados ni por las anomalías actuales de la TSM ni para las proyectadas en escenarios futuros (periodos 2030 - 2039 y 2090 - 2099, escenarios B1 y A2), porque las temperaturas máximas de la superficie del mar no superan sus umbrales críticos de sensibilidad. Es decir, el impacto potencial actual y futuro de este proceso es en todos los casos muy bajo. Asimismo, el impacto potencial del aumento de la temperatura del aire en los manglares proyectado para el periodo 2070 - 2099 (escenarios B1 y A2) es bajo en toda la extensión en el área de estudio. El proceso del CC más crítico para los manglares es el aumento del nivel del mar: el impacto potencial de este proceso es muy alto en todos los manglares de las costas del Caribe de Nicaragua y Panamá (Ilustración 18).

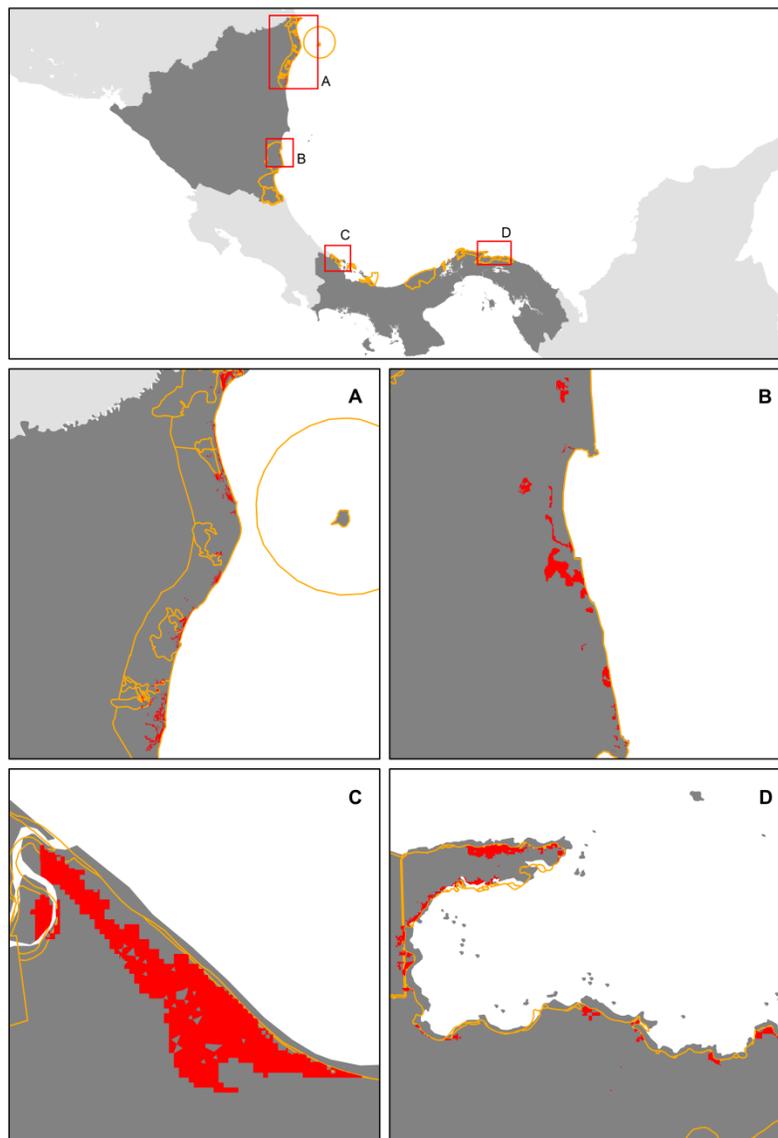


Ilustración 18. Impacto potencial del aumento del nivel del mar en manglares. Escala: rojo o muy alto. Las líneas de color naranja señalan los límites de áreas protegidas

El Anexo 8 muestra el área de manglares dentro de las áreas protegidas de ambos países bajo cada nivel de impacto potencial en cada periodo analizado.

Playas de anidamiento de tortugas

El impacto potencial del aumento de la temperatura del aire (periodo 2070 - 2099, escenario B1) en las playas de anidamiento de tortugas marinas es muy bajo en las costas del Caribe de ambos países. El impacto potencial del aumento del nivel del mar es mucho más importante, considerando la lógica de establecimiento de los nidos. Las playas son finitas y diferentes elementos (oleaje, fisiografía de las costas, ocupación por infraestructura urbana y hotelera, entre otros elementos) aumentan su sensibilidad. Por lo tanto:

- En Nicaragua (donde se consideran también las playas de humedales), todas las playas de la RB Cayos Miskitos y de las reservas naturales que protegen lagunas dentro (Bismuna Raya, Pahará, Yulu Karat, Kukalaya y Layasiksa) son afectadas (Ilustración 19).
- En Panamá, todas las playas protegidas, principalmente en HI Damani-Guariviara, el AUM Donoso y el AS Corregimiento de Narganá son afectadas (Ilustración 19).



Ilustración 19. Impacto potencial del aumento del nivel del mar en playas de anidamiento de tortugas. Escala: rojo o muy alto. Las líneas de color naranja señalan los límites de áreas protegidas

El Anexo 9 muestra la extensión de playas dentro de las áreas protegidas de ambos países bajo cada nivel de impacto potencial del aumento de la temperatura del aire y del aumento del nivel del mar.

Bosques naturales

La mayor proporción de los bosques de las AP de ambos países no está expuesta al aumento del nivel del mar (Ilustración 20), pues en Nicaragua la mayor parte de las zonas bajas está cubierta de humedales y no de bosques, mientras que en Panamá la costa es más o menos abrupta. Más bien los cambios en la temperatura y precipitación tendrían un impacto potencial mayor (Ilustración 21).

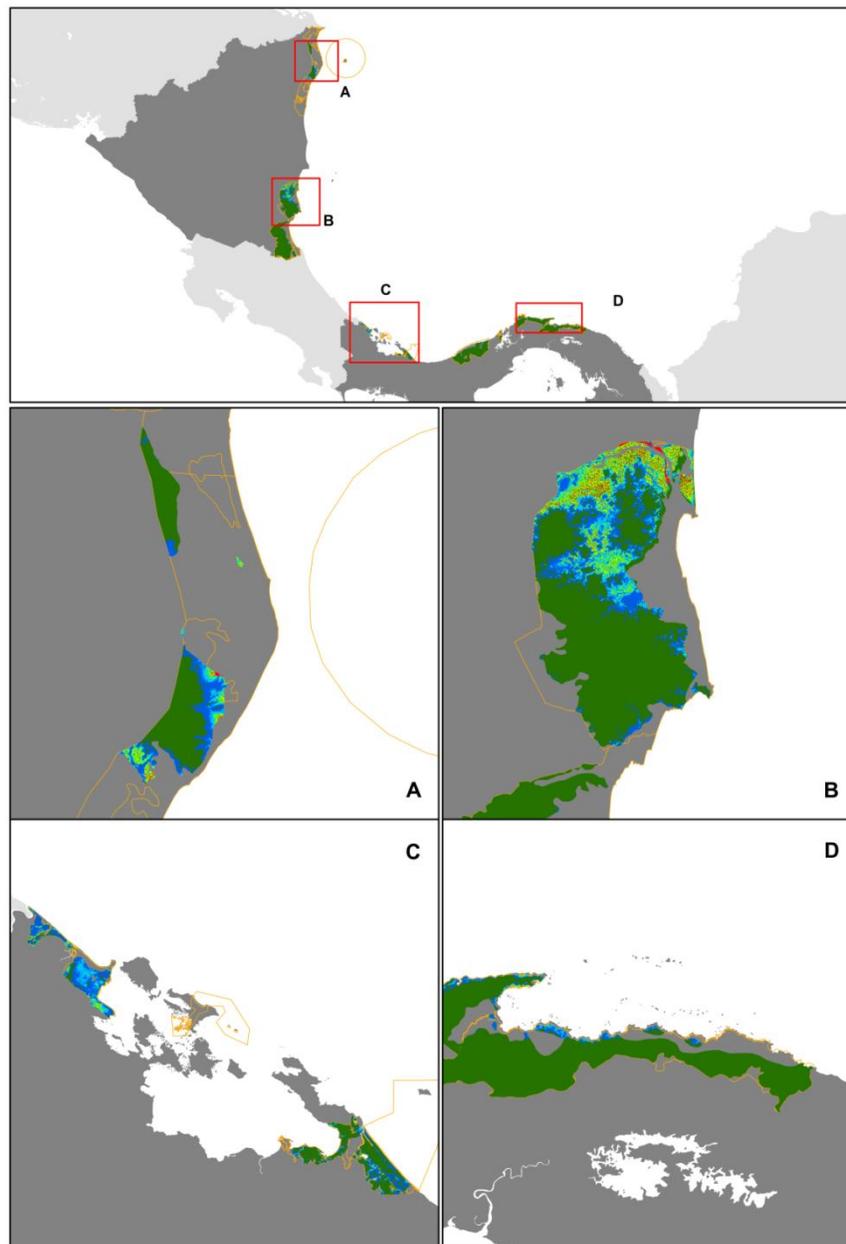


Ilustración 20. Impacto potencial del aumento del nivel del mar en bosques naturales (distribución tomando en cuenta la capacidad de uso del suelo). Escala: azul o muy baja (elevación 8-16 m), celeste o baja (elevación 4-8 m), verde claro o media (elevación 2-4 m), amarillo o alta (elevación 1-2 m) y rojo o muy alta (elevación < 1 m). Las áreas señaladas en verde oscuro son áreas de capacidad de uso forestal no afectadas por el aumento del nivel del mar

- En escenarios de emisiones B1, el impacto potencial de los cambios en temperatura del aire y precipitación es muy bajo en el 94% de los bosques naturales de las AP costeras de Nicaragua, esta proporción disminuye a 78% en escenarios de emisiones A2.

- En escenarios de emisiones B1, el impacto potencial de estos cambios es muy bajo en el 46% de los bosques naturales de las AP costeras de Panamá, proporción que disminuye a 15% en escenarios de emisiones A2. Es decir, se esperan cambios sustanciales en los tipos de vegetación terrestre potencial en Panamá. Esto quiere decir que los bosques primarios de la costa central y sur del Caribe del país (ecorregiones bosques montanos de Talamanca, bosques húmedos ístmicos del Atlántico y bosques húmedos del Chocó-Darién) tienen una alta posibilidad de sufrir cambios en su densidad y estructura, aumentando la cobertura arbustiva y de pastos.

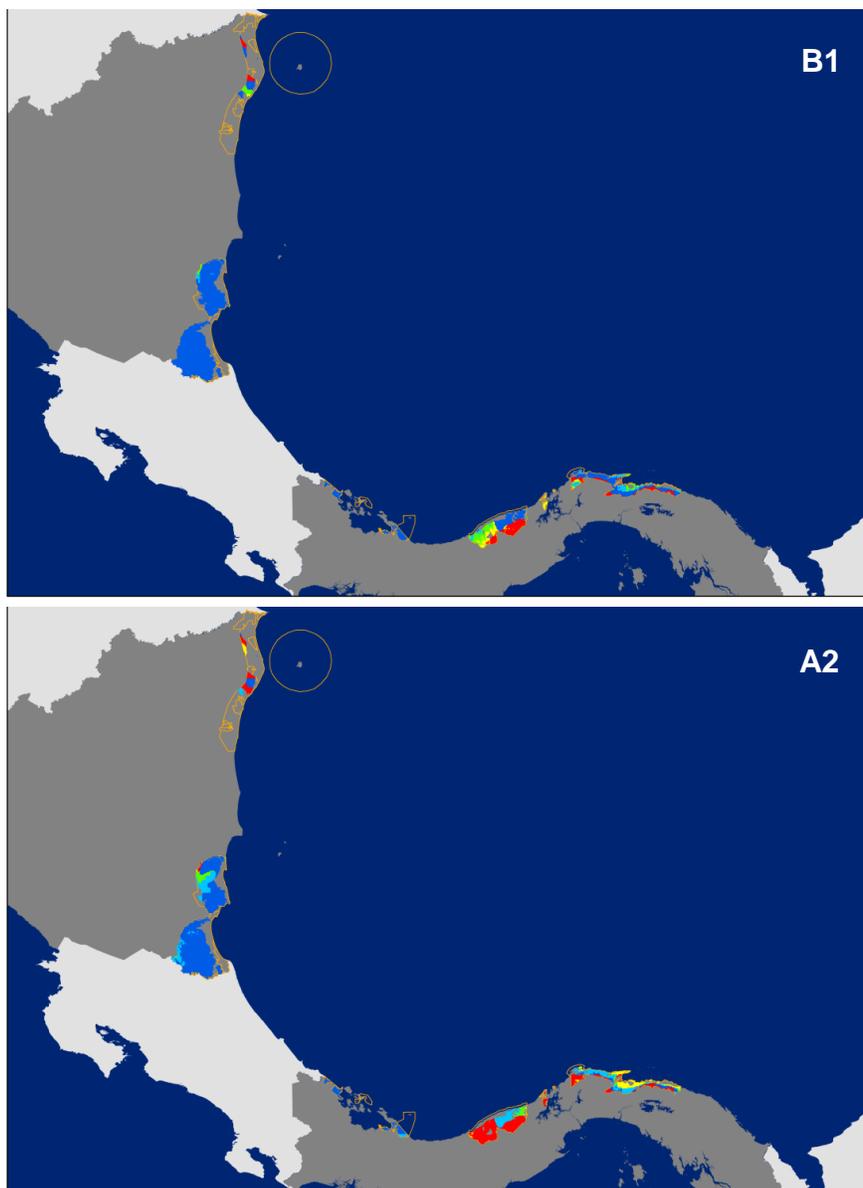


Ilustración 21. Impacto potencial de los cambios de precipitación y temperatura en la vegetación terrestre potencial del área de estudio, período 2070-2099, escenarios de emisiones B1 y A2. Escala: azul o muy baja, celeste o baja, verde o media, amarillo o alta y rojo o muy alta. Las líneas de color naranja señalan los límites de áreas protegidas

El Anexo 10 muestra la extensión de bosques naturales dentro de las áreas protegidas de ambos países bajo cada nivel de impacto potencial del aumento de la temperatura del aire y la disminución de la precipitación y del aumento del nivel del mar.

Suelos de capacidad de uso agrícola

La mayor proporción de los suelos de capacidad de uso agrícola de las unidades administrativas costeras del Caribe de ambos países no está expuesta al aumento del nivel del mar (Ilustración 22), pues en Nicaragua la mayor parte de las zonas bajas está cubierta de humedales y no de bosques, mientras que en Panamá la costa es más o menos abrupta.

- Solo el 25% de los suelos con capacidad de uso agrícola de los municipios costeros de Nicaragua tienen sensibilidad alta o muy alta al aumento del nivel del mar, ya que la mayor parte de los suelos clasificados como tales están relativamente lejos de la costa (los suelos cercanos a la costa están cubiertos de humedales). Sin embargo, es necesario considerar que hay al menos 98,600 ha y 202,200 ha en Puerto Cabezas y Prinzapolka con niveles altos y muy altos de sensibilidad, un extensión importante para las actividades agropecuarias de estos municipios.
- En Panamá, el 20% de los suelos con capacidad de uso agrícola de los distritos costeros tienen sensibilidad alta o muy alta, por la fisiografía relativamente escarpada de su costa

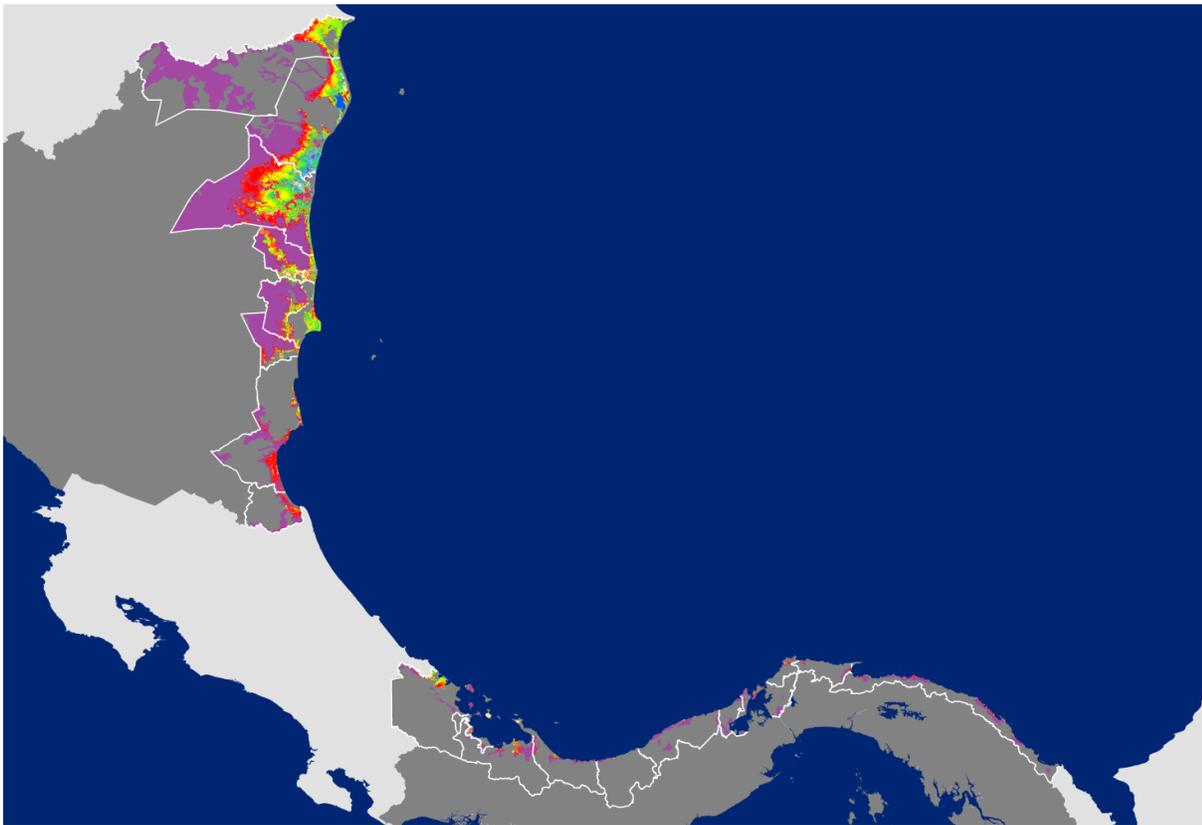


Ilustración 22. Impacto potencial del aumento del nivel del mar en suelos agrícolas (distribución tomando en cuenta la capacidad de uso del suelo). Escala: azul o muy baja (elevación 8-16 m), celeste o baja (elevación 4-8 m), verde claro o media (elevación 2-4 m), amarillo o alta (elevación 1-2 m) y rojo o muy alta (elevación < 1 m). Las áreas señaladas en morado son áreas de suelos agrícolas no afectadas por el aumento del nivel del mar

Los procesos más críticos para la agricultura serían la reducción de la precipitación y el aumento de la temperatura. Los tipos de cultivos instalados en los suelos de capacidad de uso agrícola tienen una alta posibilidad de sufrir cambios porque habrá reducción en la escorrentía (Ilustración 23).

- En Nicaragua, el impacto potencial predominante de los cambios proyectados en la precipitación y temperatura en los suelos de capacidad de uso agrícola en los municipios es alto (37%) para escenarios de emisiones B1, en escenarios de emisiones A2 el impacto potencial predominante es muy alto (63%). Esto abarca una alta proporción de los suelos agrícolas de la RAAN y de la RAAS.
- En Panamá, el impacto potencial de estos cambios es muy alto (63 y 65%), para escenarios de emisiones B1 y A2 respectivamente.

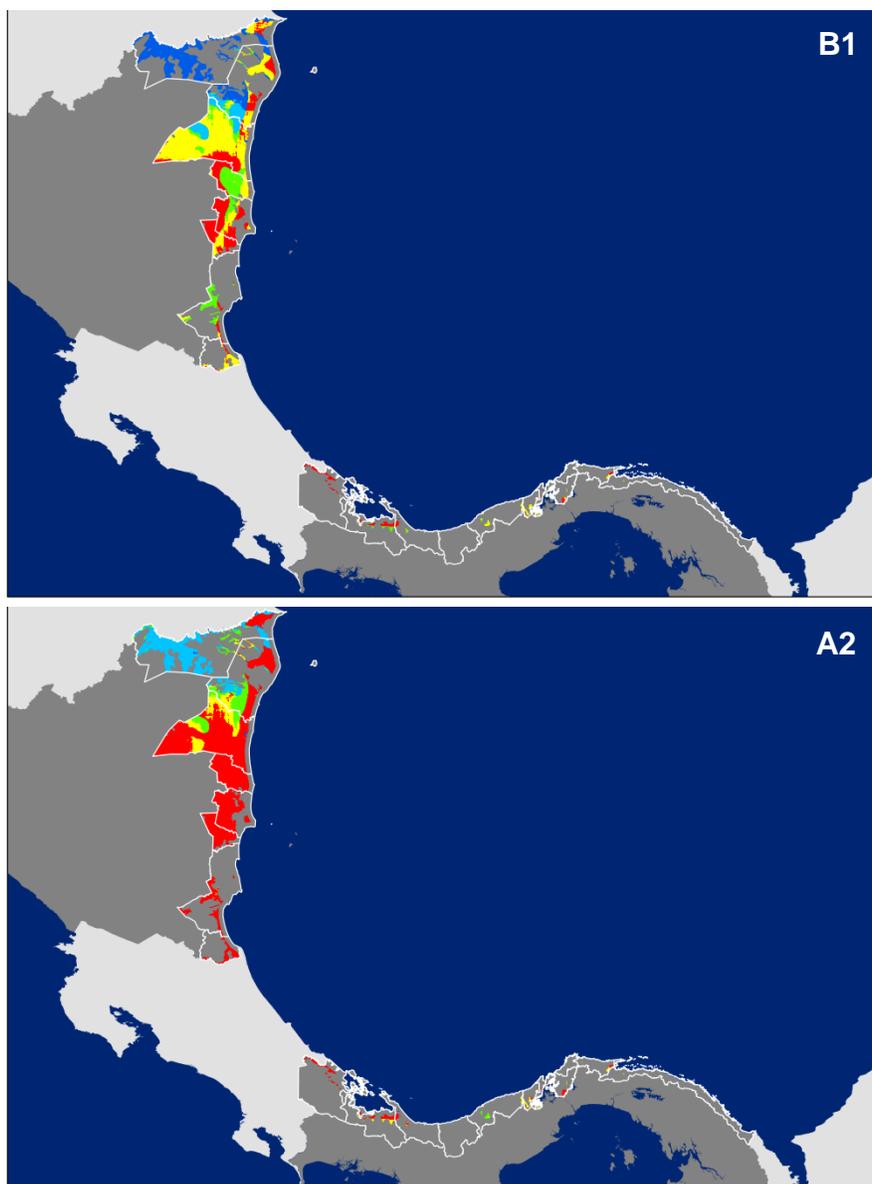


Ilustración 23. Impacto potencial de los cambios de precipitación y temperatura del aire en los suelos con capacidad de uso agrícola, periodo 2070-2099, escenarios de emisiones B1 y A2. Escala: azul o muy baja, celeste o baja, verde o media, amarillo o alta y rojo o muy alta. Las líneas de color blanco señalan los límites de unidades administrativas

El Anexo 11 muestra la extensión de suelos agrícolas en las unidades administrativas de ambos países bajo cada nivel de impacto potencial del aumento de la temperatura del aire y la disminución de la precipitación y del aumento del nivel del mar.

Carreteras y zonas urbanas

La red de carreteras del área de estudio tienen pocos sectores con un impacto potencial del aumento nivel del mar alto y muy alto (Ilustración 24):

- En Nicaragua, las carreteras han sido construidos relativamente lejos de la costa para evitar las zonas de inundaciones temporales, por lo tanto el 91% de su extensión no está expuesta o tiene un impacto potencial muy bajo.
- La fisiografía relativamente escarpada de la costa de Panamá resta sensibilidad a su red, el 93% de su extensión no está expuesta o tiene un impacto potencial muy bajo.

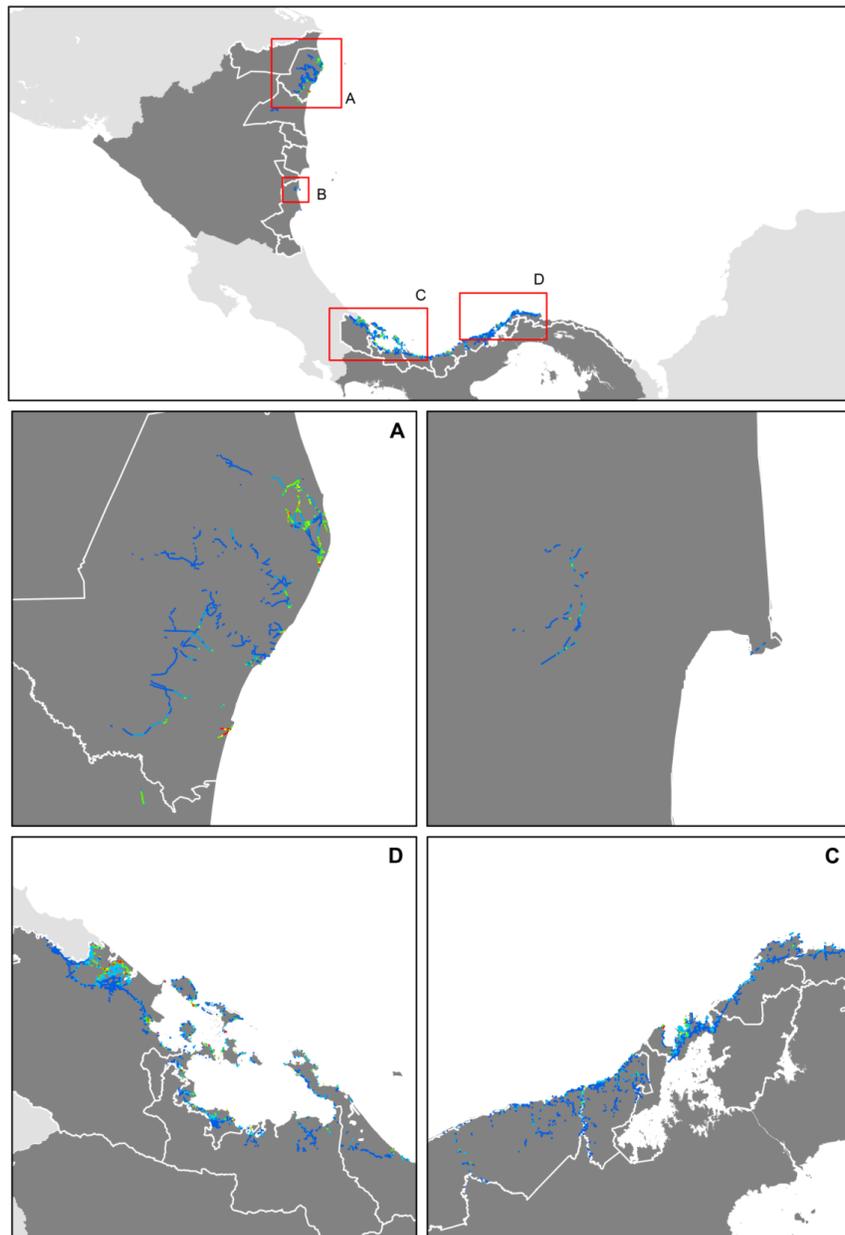


Ilustración 24. Impacto potencial del aumento del nivel del mar en carreteras. Escala: azul o muy baja (elevación 8-16 m), celeste o baja (elevación 4-8 m), verde o media (elevación 2-4 m), amarillo o alta (elevación 1-2 m) y rojo o muy alta (elevación < 1 m)

Las zonas urbanas del área de estudio tienen pocos sectores con un impacto potencial del aumento nivel del mar alto y muy alto (Ilustración 25):

- En Nicaragua, solo el 5% de las zonas urbanas en la costa Caribe tiene un impacto potencial alto o muy alto a este proceso. Puerto Cabezas sería el centro urbano con mayor impacto potencial.
- En Panamá, solo el 2% de las zonas urbanas en la costa Caribe tiene un impacto potencial alto o muy alto a este proceso. Bocas del Toro sería el centro urbano con mayor impacto potencial.

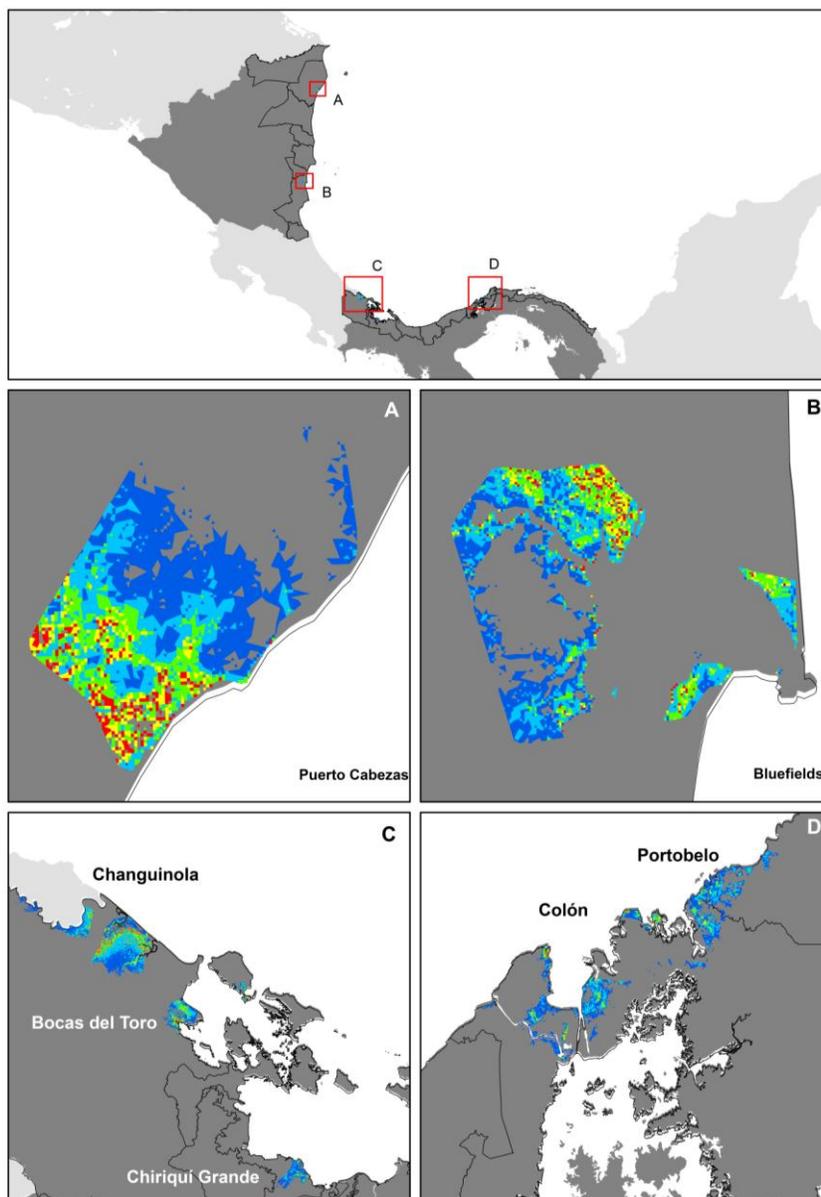


Ilustración 25. Impacto potencial del aumento del nivel del mar en las principales áreas urbanas del área de estudio.
Escala: azul o muy baja (elevación 8-16 m), celeste o baja (elevación 4-8 m), verde o media (elevación 2-4 m), amarillo o alta (elevación 1-2 m) y rojo o muy alta (elevación < 1 m)

El Anexo 12 muestra la extensión de carreteras y zonas urbanas en las unidades administrativas de ambos países bajo cada nivel de impacto potencial del aumento del nivel del mar.

Capacidad adaptativa al cambio climático

Grupos demográficamente vulnerables

Como señala el Informe de Estado de la Región 2010, en América Central las zonas de alta ruralidad corresponden a los principales polos de rezago de la población (Ilustración 26):

- En Nicaragua todos los municipios costeros del Caribe tienen un alto porcentaje de pobreza extrema, entre 58% en el municipio de Bluefields y 85% en el municipio de Desembocadura del Río Grande. Asimismo, la población de todos los municipios costeros del Caribe tiene una proporción de dependencia que indica una alta carga en las personas adultas.
- En Panamá, en el distrito de Colón (terminal norte del canal y zona libre, 20% de población rural) solo el 11% de población está en pobreza extrema, mientras que en Kankintú (distrito de la comarca indígena Ngöbe-Buglé, 100% población rural) el 95% de la población está en esa situación. Asimismo, el distrito de Colón tiene una relación relativamente equilibrada de 46 (el número de personas niños y ancianos es aproximadamente la mitad que el que de personas adultas o en edad productiva a su cargo) mientras que en los distritos de Kankintú y Kusapín tienen una relación de 100 (el número de personas dependientes y en edad productiva es similar).

Dependencia de los recursos vulnerables al cambio climático

La proporción de población económicamente activa (PEA) dedicada a la pesca o la agricultura varía mucho entre unidades administrativas y entre países. Es importante considerar que la pesca en el Caribe es artesanal, y que probablemente varios de los pescadores de este litoral tengan esta actividad como complementaria a otras fuentes de ingresos (Ilustración 26):

- En Nicaragua, la pesca tiene mayor importancia en los municipios de Puerto Cabezas, Laguna de Perlas y Desembocadura de Río Grande: el 14, 15 y 24% de su PEA está dedicada a esta actividad. La agricultura tiene mayor importancia en los municipios de Waspám, Prinzapolka y Kukra Hill (78, 73 y 72% de la PEA).
- En varios distritos de Panamá la proporción de población dedicada a la pesca es prácticamente nula, pero tiene aparente relevancia en los distritos de Bocas del Toro, Kusapín Santa Isabel y en la Comarca Kuna Yala (de 4 a 9%). Los distritos de Kankintú y Santa Fe tienen entre 63 y 70% de su PEA dedicada a la agricultura.

Acceso y uso de conocimientos relacionados con el clima

Otra vez, la proporción de población analfabeta es un parámetro altamente variable en la zona de estudio (Ilustración 26):

- En Nicaragua, varía entre 53% en Prinzapolka y 20% en Bluefields
- En Panamá, varía entre 42% en Kankintú y 2% en Colón

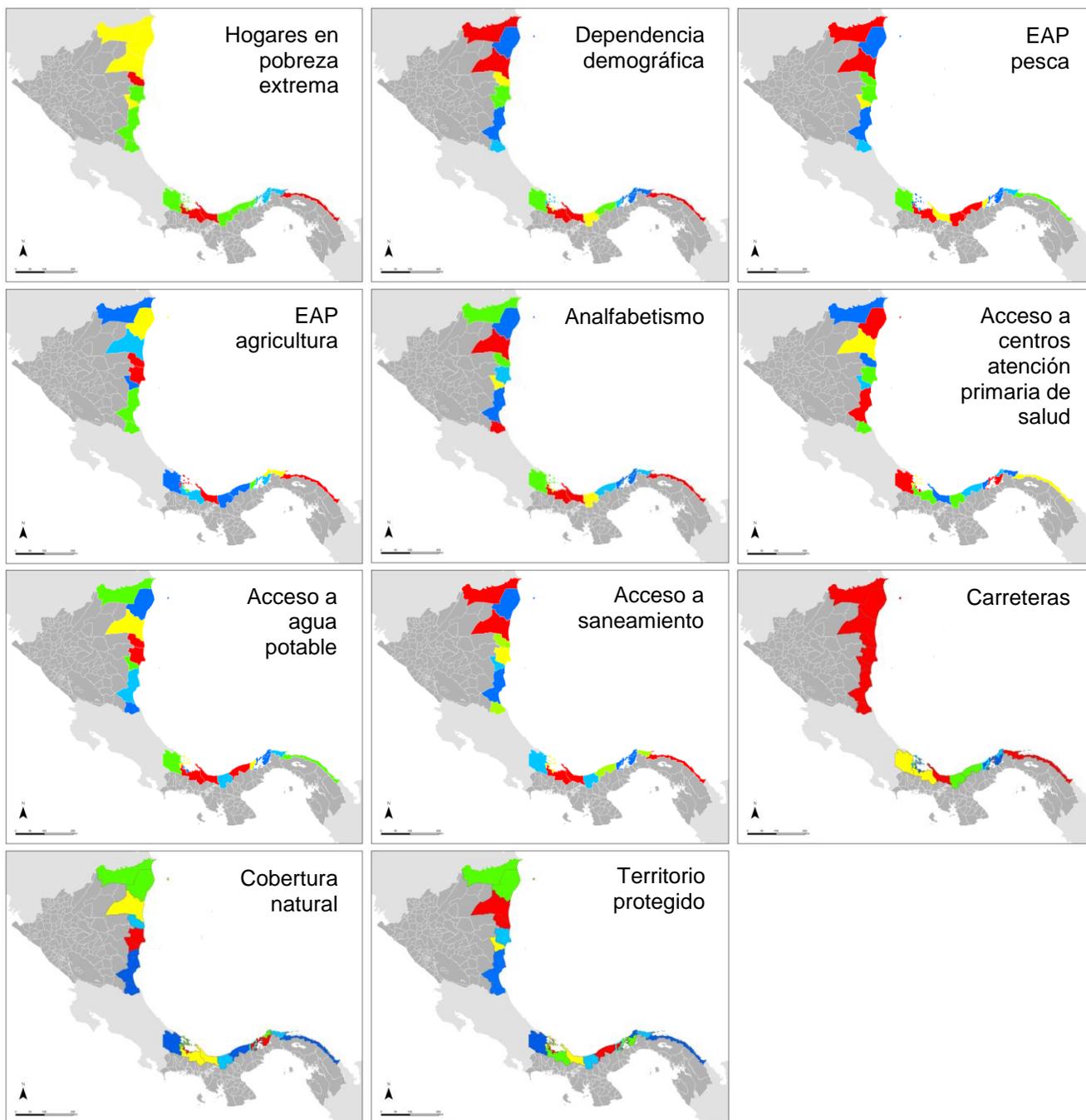


Ilustración 26. Categorización de la capacidad adaptativa de las unidades administrativas según la diferentes indicadores. Escala: azul o muy alta capacidad, celeste o alta capacidad, verde o capacidad media, amarillo o baja capacidad y rojo o muy baja

Acceso equitativo a los recursos y servicios

A pesar de la variabilidad de los indicadores de acceso a servicios es notable el esfuerzo de distribución de algunos de servicios en zonas rurales (principalmente puestos de salud primaria y agua potable), pero también su carencia (principalmente carreteras), clave para la respuesta ante emergencias y el desarrollo de los medios de vida actuales y complementarios (Ilustración 26):

Estrés ambiental

- El sur de Nicaragua (Bluefields y San Juan del Norte) tendría un bajo estrés ambiental por mantener alta proporción de su cobertura vegetal original, protegida por el conjunto de áreas protegidas Cerro Silva-Río Indio Maíz-Río San Juan.
- En Panamá, los extremos oeste (Changuinola y Bocas del Toro) y este (Comarca Kuna Yala) también mantienen una alta proporción de su cobertura vegetal original, protegida por San San Pond Sak-Isla Bastimento en el oeste y AS Narganá en el este.

Capacidad adaptativa de los municipios y distritos

La combinación final de estos indicadores define la capacidad adaptativa de las unidades administrativas del área de estudio (Ilustración 27). Se aprecia otra vez que la mayor proporción de población rural (p.e. Prinzapolka en Nicaragua) e indígena (p.e. Kankintú, Kusapín y Comarca Kuna Yala en Panamá) son factores que estarían condicionando el acceso a servicio y otros aspectos relevantes de la capacidad adaptativa local.

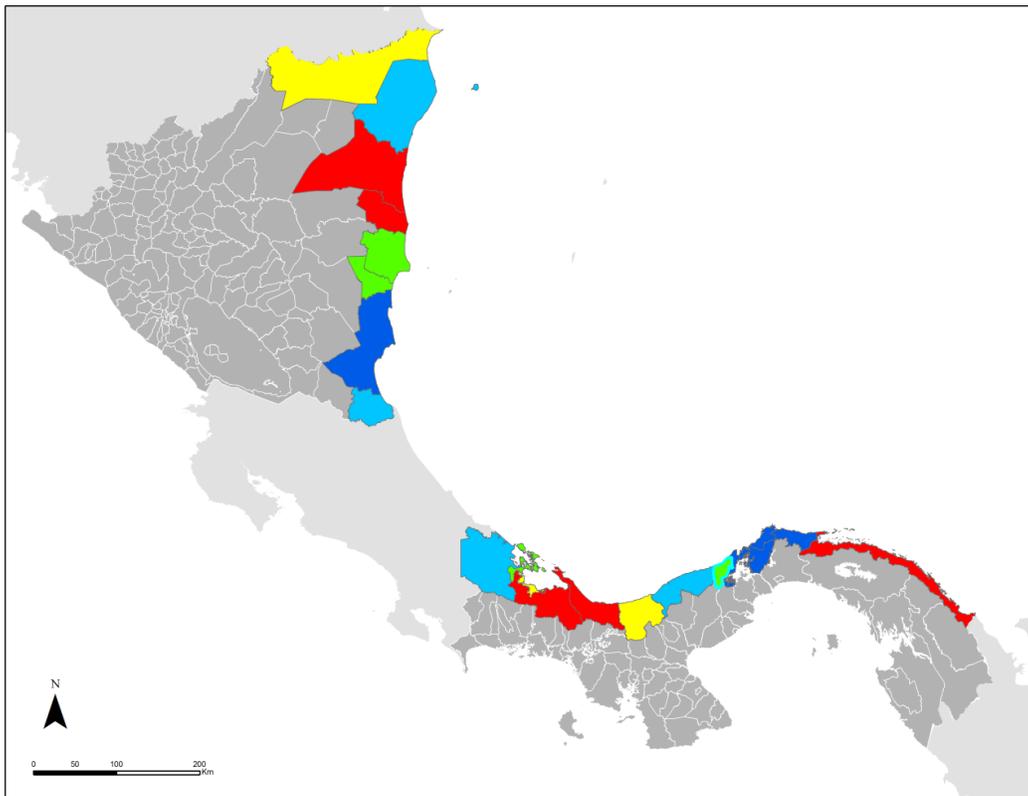


Ilustración 27. Capacidad adaptativa de las unidades administrativas del área de estudio. Escala: azul o muy alta capacidad, celeste o alta capacidad, verde o capacidad media, amarillo o baja capacidad y rojo o muy baja

La descripción de los indicadores y las fuentes utilizadas para su estimación se detallan en el Anexo 5.

Vulnerabilidad ante el cambio climático

Vulnerabilidad de las zonas oceánicas – costeras

Al integrar impacto potencial en arrecifes de coral, pastos marinos y manglares con la capacidad adaptativa de las unidades administrativas más cercanas, se aprecia que la mayor vulnerabilidad de las zonas oceánicas de las AP se concentra en el norte del área de estudio (Ilustración 28):

- En Nicaragua, la RB Cayos Misquitos tiene el 55% de la extensión de sus elementos oceánicos – costeros bajo vulnerabilidad alta y el 45% bajo vulnerabilidad media.
- En Panamá, el PP Isla Escudo de Veraguas está en la situación más crítica, con el 100% de la extensión de sus elementos oceánicos – costeros bajo vulnerabilidad media. Otras áreas protegidas, tienen el 100% de su zona oceánica bajo vulnerabilidad baja (PNM Isla Bastimento) muy baja (PN Portobelo).

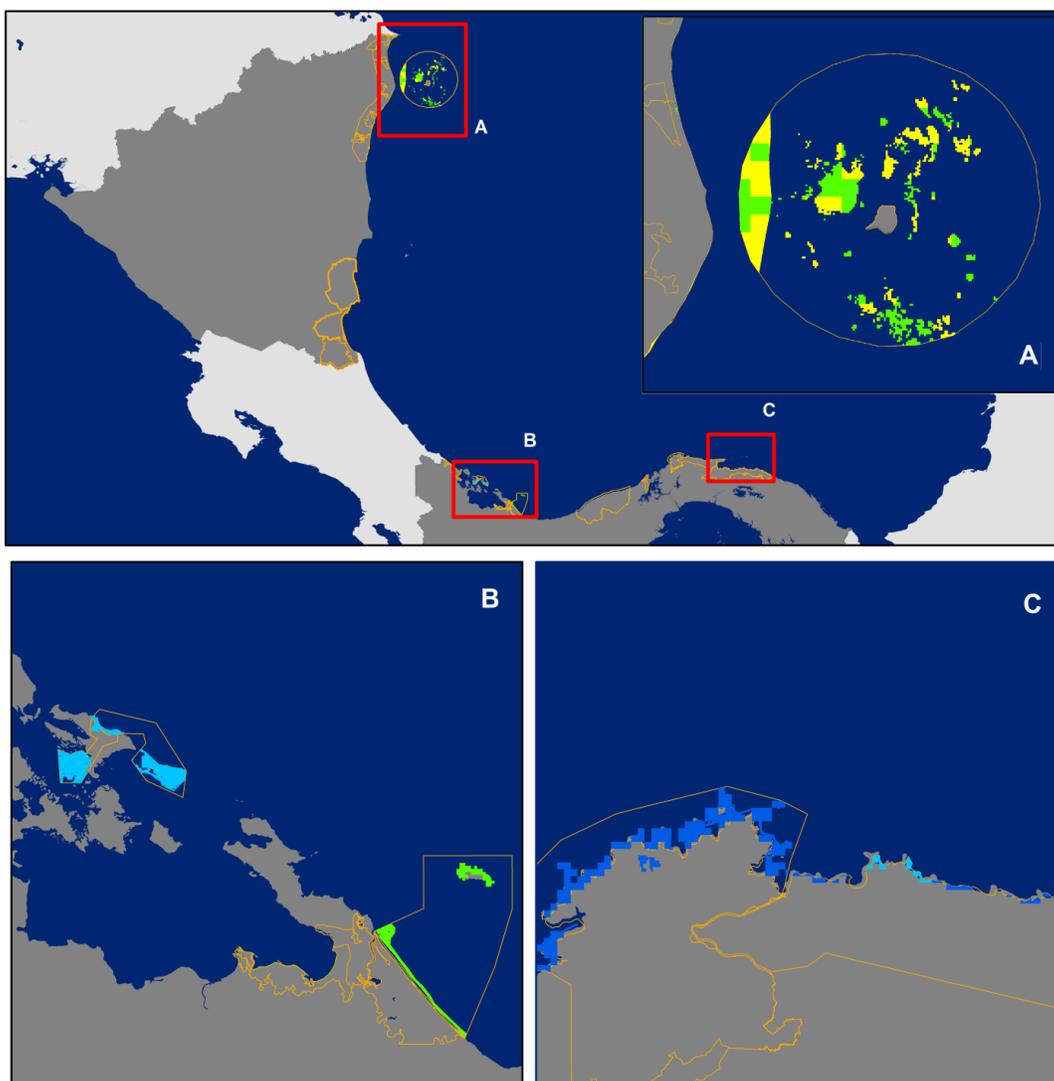


Ilustración 28. Vulnerabilidad de las áreas protegidas (zonas oceánicas) del área de estudio. Escala: azul o muy baja vulnerabilidad, celeste o baja vulnerabilidad, verde o vulnerabilidad media, amarillo o vulnerabilidad alta y rojo o vulnerabilidad muy alta

Vulnerabilidad de las zonas terrestres

La mayor vulnerabilidad de las zonas terrestres de las AP se concentra también en el norte del área de estudio (Ilustración 29):

- En Nicaragua, la RB Cayos Misquitos y algunas de las RN asociadas (Lagua Layasiksa y Laguna Kukalaya), son las AP con mayor proporción de sus elementos terrestres bajo vulnerabilidad alta y muy alta.
- En Panamá, el HI Damani-Guariviara, el AS Narganá y el AUM Donoso son las AP con mayor proporción de sus elementos terrestres bajo vulnerabilidad media y alta.

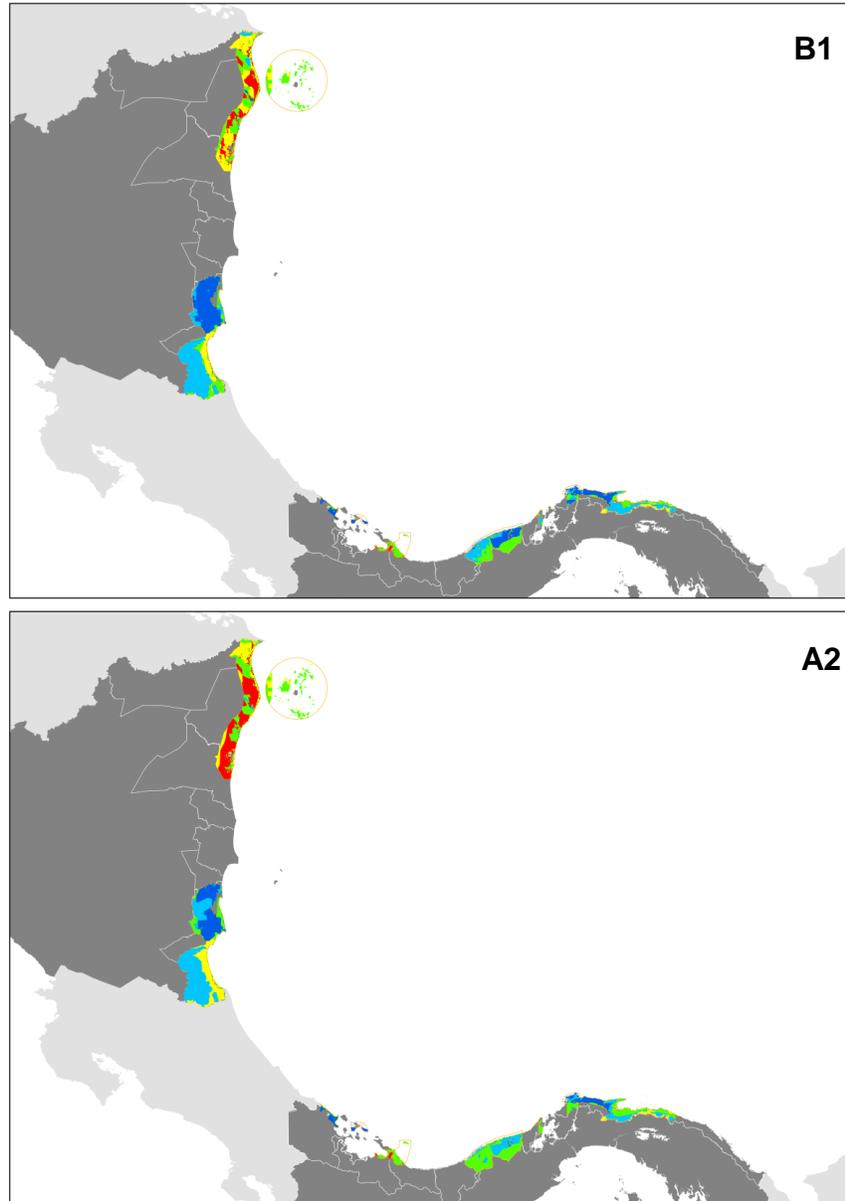


Ilustración 29. Vulnerabilidad de las áreas protegidas (zonas terrestres) del área de estudio, según escenarios de emisiones B1 y A2. Escala: azul o muy baja vulnerabilidad, celeste o baja vulnerabilidad, verde o vulnerabilidad media, amarillo o vulnerabilidad alta y rojo o vulnerabilidad muy alta

El Anexo 14 muestra un índice de vulnerabilidad para las zonas oceánicas-costeras y terrestres de las AP del área de estudio.

Considerando las divisiones administrativas, la mayor vulnerabilidad se concentra en los municipios de Prinzapolka y Kukra Hill en Nicaragua y en los distritos de Kankintú y Kusapín en Panamá (Ilustración 30). Estas zonas tienen la capacidad adaptativa muy baja, lo que se combina con la el alto impacto potencial en los bosques y suelos de capacidad agrícola a los cambios en temperatura y precipitación, así como la susceptibilidad al aumento del nivel del mar de la planicie costera del Atlántico en el caso de Nicaragua. Esta llanura sufre actualmente inundaciones frecuentes y se estima que aumentarían su frecuencia o serían permanentes.

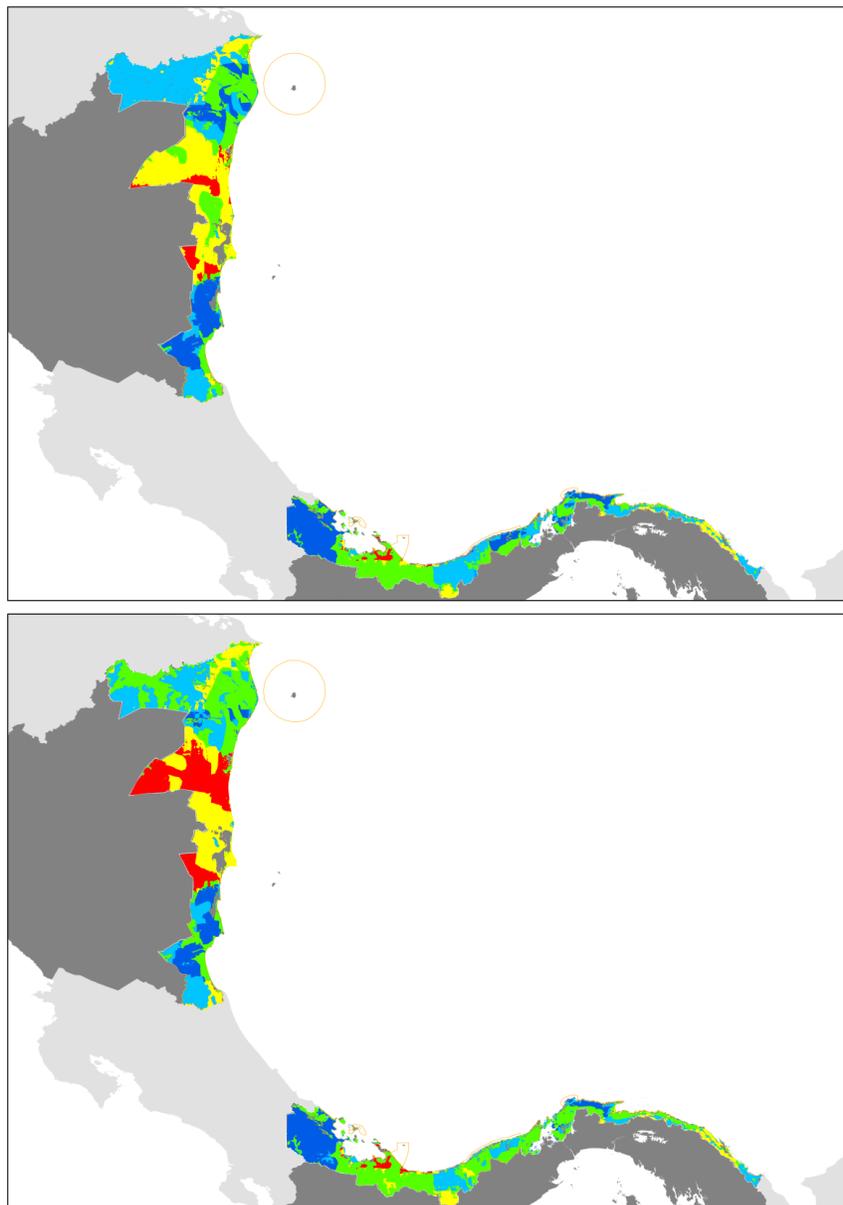


Ilustración 30. Vulnerabilidad de las unidades administrativas, según los escenarios de emisiones B1 y A2. Escala: azul o muy baja vulnerabilidad, celeste o baja vulnerabilidad, verde o vulnerabilidad media, amarillo o vulnerabilidad alta y rojo o vulnerabilidad muy alta

El Anexo 15 muestra un índice de vulnerabilidad para los municipios de Nicaragua y distritos de Panamá del área de estudio.

CONCLUSIONES

Esta evaluación de vulnerabilidad deber ser interpretada dentro del contexto de los modelos, escenarios y la información disponibles al momento del análisis, de los supuestos e hipótesis utilizadas. En todo caso, vale la pena recordar que la adaptación al CC es un proceso local, y que esta herramienta busca proveer información para el establecimiento de prioridades para la adaptación al CC. Puede ser actualizada, ampliada y ciertamente mejorada; siempre considerando su función de poner al servicio de los tomadores de decisiones la mejor información científica y técnica disponible para iniciar el diseño de estrategias locales de adaptación.

Es recomendable considerar que esta evaluación consta de diferentes niveles de agregación. Cada nivel es útil, dependiendo del propósito específico. La información específica presentada en mapas y anexos para los diferentes elementos de la biodiversidad marino costera de manera desagregada será de mayor utilidad para tomadores de decisiones a nivel local. Por ejemplo, la diferente sensibilidad de los manglares a cada uno de los procesos del CC será de utilidad para el personal de un área protegida que le interese actualizar su plan maestro o iniciar un plan de adaptación del área. La información agregada a nivel regional, que combina información de la vulnerabilidad de diferentes elementos será más útil para establecer prioridades a nivel regional.

A manera general, podemos concluir del análisis lo siguiente:

- Los resultados de este análisis muestran que la vulnerabilidad al CC varía de manera significativa a través del Caribe, determinada por las diferencias en la exposición, por la presencia de los objetos sensibles y por la diferente capacidad adaptativa de las comunidades.
- La mayoría de los distritos y municipios presentan algunas zonas de vulnerabilidad crítica que se deben utilizar como punto de partida para iniciar las actividades de adaptación.
- Las áreas identificadas con mayores impactos están estrechamente relacionados con el desarrollo humano; en consecuencia las medidas de adaptación deben comenzar con los cambios en los patrones de desarrollo.
- Las mejoras en aspectos sociales y económicos constituye el enfoque más efectivo para reducir la vulnerabilidad al CC. La exposición actual de la infraestructura o las poblaciones solo puede ser reducida a un costo elevado. Sin embargo es relativamente más fácil evitar que la expansión futura sea construida en zonas expuestas. De igual forma se puede evitar continuar deteriorando los sistemas naturales de protección como manglares y arrecifes.
- Actualmente nada puede hacerse para reducir la exposición al CC, y las medidas de adaptación para reducir la presión sobre la biodiversidad marino-costera están relacionadas con la reducción de presiones sobre las cuales sí es posible actuar, como las malas prácticas en extracción de recursos y establecimiento de asentamientos costeros, la contaminación proveniente de los asentamientos y de la actividad agropecuaria.
- Todos los municipios y distritos costeros requieren desarrollar estrategias de adaptación a nivel de gobierno local en asociación con las otras instancias gubernamentales relacionadas con la disminución de la pobreza, la diversificación de medios de vida y el acceso a información y servicios básicos; así como con las organizaciones locales.

LITERATURA CITADA

- ADGER, W.N., N. BROOKS, G. BENTHAM, M. AGNEW, AND S. ERIKSEN, 2004. *New indicators of vulnerability and adaptive capacity*, Norwich, UK.
- AGUILAR, E. ET AL., 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *Journal of Geophysical Research* 110: . Available at: <http://www.agu.org/pubs/crossref/2005/2005JD006119.shtml> [Accessed February 29, 2012].
- AVISO (ARCHIVING, V. AND I. OF S.O. DATA), 2012. Mean Sea Level rise. Available at: <http://www.aviso.oceanobs.com/en/news/ocean-indicators/mean-sea-level/> [Accessed September 30, 2012].
- CAMBERS, G., R. CLARO, R. JUMAN, AND S. SCOTT, 2008. *Climate change impacts on coastal and marine biodiversity in the insular Caribbean: Report of Working Group II, Climate Change and Biodiversity in the Insular Caribbean*,
- CASEY, K.S., T.B. BRANDON, P. CORNILLON, AND R. EVANS, 2010. The past, present and future of the AVHRR Pathfinder SST Program. In V. Barale, J. Gower, and L. Alberotanza (Eds.) *Oceanography from space: revisited*. pp. 323–341, Dordrecht: Springer Netherlands. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-90-481-8681-5> [Accessed April 9, 2012].
- CAZENAVE, A., AND B. MEYSSIGNAC, 2012. Mean Sea Level issues: questions in discussion. 1950: . Available at: [en/news/ocean-indicators/mean-sea-level/msl-science-issues/print.html](http://www.aviso.oceanobs.com/en/news/ocean-indicators/mean-sea-level/msl-science-issues/print.html).
- CIFUENTES-JARA, M., 2010. *ABC del cambio climático en Mesoamérica*,
- DONNER, S., 2009. Coping with commitment: projected thermal stress on coral reefs under different future scenarios. *PLoS ONE* 4: p.e5712.
- FISH, M.R., I.M. COTÉ, J.A. GILL, A.P. JONES, S. RENSHOFF, AND A.R. WATKINSON, 2005. Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat. *Conservation Biology* 19: p.482–491.
- FITZGERALD, D.M., M.S. FENSTER, B.A. ARGOW, AND I. V BUYNEVICH, 2008. Coastal impacts due to sea-level rise. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 36: p.601–647. Available at: <http://arjournals.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.earth.35.031306.140139>.
- FUENTES, M., J. MAYNARD, M. GUINEA, I. BELL, P. WERDELL, AND M. HAMANN, 2009. Proxy indicators of sand temperature help project impacts of global warming on sea turtles in northern Australia. *Endangered Species Research* 9: p.33–40. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/esr/v9/n1/p33-40/> [Accessed February 14, 2013].
- GALLEGOS MARTÍNEZ, M., 2010. Efectos del cambio climático sobre las praderas de pastos marinos. In A. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez, and J. Rojas (Eds.) *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. pp. 189–210, SERMANAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche.

- GIORGI, F., 2006. Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters* 33: .
- GLYNN, P., AND L. D’CROZ, 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño coincident coral mortality. *Coral Reefs* 8: p.181–191.
- HARLEY, C.D.G., A. RANDALL HUGHES, K.M. HULTGREN, B.G. MINER, C.J.B. SORTE, C.S. THORNBER, L.F. RODRIGUEZ, L. TOMANEK, AND S.L. WILLIAMS, 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology letters* 9: p.228–41. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16958887>.
- HAUPT, A., AND T.T. KANE, 2003. *Guía rápida de población*, Washington, DC: Population Reference Bureau.
- HAWKES, L., A. BRODERICK, M. GODFREY, AND B. GODLEY, 2009. Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research* 7: p.137–154. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/esr/v7/n2/p137-154/> [Accessed July 6, 2011].
- HERR, D., AND G.R. GALLAND, 2009. *The ocean and climate change: tools and guidelines for action*, Gland: UICN.
- HIJMANS, R., S. CAMERON, J. PARRA, P. JONES, AND A. JARVIS, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: p.1965–1978.
- HOFFMAN, J., A. FONSECA, AND C. DREWS eds., 2009. *Cetaceans and other marine biodiversity of the Eastern Tropical Pacific: options for adapting to climate change*, San José, CR.
- IH-UC (INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA - ES), 2011. *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: dinámicas, tendencias y variabilidad climática*, Santiago de Chile: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Available at: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/2/45542/W.447.pdf>.
- IH-UC (INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA - ES), 2012a. *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: impactos*, Santiago de Chile: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe).
- IH-UC (INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA - ES), 2012b. *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: vulnerabilidad y exposición*, Santiago de Chile: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe).
- IMBACH, P., L. MOLINA, B. LOCATELLI, O. ROUPSARD, G. MAHÉ, R. NEILSON, L. CORRALES, M. SCHOLZE, AND P. CIAIS, 2012. Modeling potential equilibrium states of vegetation and terrestrial water cycle of Mesoamerica under climate change scenarios. *Journal of Hydrometeorology* 13: p.665–680.
- INBIO (INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD CR), 2009. *Biodiversidad y cambio climático en Costa Rica Informe Final*, Santo Domingo de Heredia, CR.

- INEC PANAMÁ (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSO), 2010. *Censos de Población y Vivienda de Panamá*, Available at: http://estadisticas.contraloria.gob.pa/inec/Redatam/index_censospma.htm.
- INIDE NICARAGUA (INSITUTO NACIONAL DE INFORMACIÓN DE DESARROLLO), 2005. *VIII Censo Nacional de Población y IV de Vivienda*, Managua, NI. Available at: <http://www.inide.gob.ni/redatam/censo05/index.html>.
- IPCC (PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO), 1997. *Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad*,
- IPCC (PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO), 2001. *Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad Resúmenes del Grupo de Trabajo II*,
- IPCC (PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO), 2007. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A., Ginebra, Suiza: IPCC.*
- KLEIN, R.J.T., AND R.J. NICHOLLS, 1999. Assessment of change climate coastal vulnerability to climate change. *Ambio* 28: p.182–187.
- KOKOT, R.R., J.O. CODIGNOTTO, AND M. ELISSONDO, 2004. Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: p.477–487.
- LIU, G., L.E. MATROSOVA, C. PENLAND, D.K. GLEDHILL, C.M. EAKIN, AND R.S. WEBB, 2008. NOAA Coral Reef Watch Coral Bleaching Outlook System. *In* 11th International Coral Reef Symposium. pp. 7–11, Ft. Lauderdale, FL.
- MACLEOD, C.D., 2009. Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. *Endangered Species Research* 7: p.125–136. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/esr/v7/n2/p125-136/> [Accessed July 26, 2011].
- MALCZEWSKI, J., 2000. On the use of weighted linear combination method in GIS : common and best practice approaches. *Transactions in GIS* 4: p.5–22.
- MARSHALL, N., P. MARSHALL, J. TAMELANDER, D. OBURA, D. MALLERET-KING, AND J. CINNER, 2010. *A Framework for Social Adaptation to Climate Change Sustaining Tropical Coastal Communities and Industries*, Gland.
- MCCARTHY, J.J., O.F. CANZIANI, N.A. LEARY, D.J. DOKKEN, AND K.S. WHITE, 2001. *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* J. McCarthy, O. Canziani, N. Leary, D. D, and K. White (Eds.), Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- MCLEOD, E., AND R. V SALM, 2006. *Managing mangroves for resilience to climate change*, Gland: UICN.
- NEELIN, J.D., M. MÜNNICH, H. SU, J.E. MEYERSON, AND C.E. HOLLOWAY, 2006. Tropical drying trends in global warming models and observations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103: p.6110–5. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1435369&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
- NICHOLLS, R.J., F.M.J. HOOZEMANS, AND M. MARCHAND, 1999. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change* 9, Supplem: p.S69–S87. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378099000199>.
- NICHOLLS, R.J., AND R.S.J. TOL, 2006. Impacts and responses to sea-level rise: a global analysis of the SRES scenarios over the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences* 364: p.1073–95. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16537156> [Accessed March 21, 2012].
- NOAA CORAL REEF WATCH, 2011. NOAA Coral Reef Watch 5-km Satellite Virtual Station Time Series Data for Caribbean, Jan. 1, 2001-March. 31, 2011. Available at: <http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/vs/index.html>.
- ORR, J.C., K. CALDEIRA, V. FABRY, J.-P. GATTUSO, P. HAUGAN, P. LEHODEY, S. PANTOJA, H.-O. PÖRTNER, U. RIEBESELL, T. TRULL, M. HOOD, E. URBAN, AND W. BROADGATE, 2009. Research priorities for ocean acidification. *In* Second Symposium on the Ocean in a High-Co2 World. p. 25, Monaco.
- PEARSON, Y.T., AND M.J. KOLEN, 2010. Scaling: An ITEMS Module. *Educational Measurement: Issues and Practice* 29: p.39–48.
- PNUD (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO), 2011. *Informe sobre Desarrollo Humano 2011 Sostenibilidad y equidad: un mejor futuro para todos*, New York: Ediciones Mundi-Prensa. Available at: <http://hdr.undp.org/es/informes/mundial/idh2011/descargar/>.
- PRESTON, B.L., T.F. SMITH, C. BROOKE, R. GORDDARD, T.G. MEASHAM, G. WITHYCOMBE, B. BEVERIDGE, C. MORRISON, K. MCINNES, AND D. ABBS, 2008. *Mapping climate change vulnerability in the Sydney Coastal Councils Group*, Canberra: Sydney Coastal Councils Group (SCCG).
- PRESTON, B.L., T.F. SMITH, C. BROOKE, R. GORDDARD, T.G. MEASHAM, G. WITHYCOMBE, K. MCINNES, D. ABBS, B. BEVERIDGE, AND C. MORRISON, 2008. Mapping climate change vulnerability in the Sydney Coastal Councils Region. p.6.
- RAUSCHER, S.A., F. GIORGI, N.S. DIFFENBAUGH, AND A. SETH, 2008. Extension and intensification of the Meso-American mid-summer drought in the twenty-first century. *Climate Dynamics* 31:

p.551–571. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00382-007-0359-1> [Accessed April 20, 2012].

RETANA, J., M. CAMPOS, AND D. DEFORD, 2008. *Efectos del clima, su variabilidad y cambio climático sobre la salud humana en Costa Rica*, San José, CR.

ROJAS, M., M. CAMPOS, E. ALPÍZAR, J. BRAVO, AND R. CÓRDOBA, 2003. *El cambio climático y los humedales en Centroamérica: implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región*, San José, CR: UICN.

SCHRÖTER, D., C. POLSKY, AND A.G. PATT, 2005. Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10: p.573–596.

SNEDAKER, S.C., 1995. Mangroves and climate change in the Florida and Caribbean region: scenarios and hypotheses. *Hydrobiologia* 295: p.43–49. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00029109>.

TNC, 2008. *Evaluación de ecorregiones marinas en Mesoamérica: sitios prioritarios para la conservación en las ecorregiones Bahía de Panamá, Isla del Coco y Nicoya del Pacífico Tropical Oriental, y en el Caribe de Costa Rica y Panamá*, San José, CR: Programa de Ciencias Regional, Región de Mesoamérica y El Caribe. The Nature Conservancy.

URIBE, J., AND L.E. URREGO, 2009. Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar: aproximación al caso colombiano. *Gestión y Ambiente* 12: p.57–72.

VALLIS, G.K., 2012. *Climate and the oceans*, Princeton, US: Princeton University Press.

WONGBUSARAKUM, S., AND C. LOPER, 2011. *Indicators to assess community-level social vulnerability to climate change: An addendum to SocMon and SEM-Pasifika regional socioeconomic monitoring guidelines*, CRISP; SPREP; TNC; SocMon; NOAA. Available at: http://www.socmon.org/regions.aspx?region=Pacific_Islands¢erpoint=-10.0,167.0&zoomlevel=4.

ANEXO 1. ESCENARIOS CLIMÁTICOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El texto de este anexo ha sido tomado de Cifuentes-Jara (2010)

Escenarios climáticos

Las proyecciones del clima futuro tienen un cierto nivel de incertidumbre debido a la naturaleza cambiante del clima y a la dificultad para establecer cuáles serán las emisiones futuras de GEI. Las concentraciones de los GEI dependen de muchos supuestos y factores con diferentes grados de incertidumbre, tales como el crecimiento de la población, el desarrollo y uso de energías alternativas, el desarrollo tecnológico y económico y las políticas y actitudes humanas acerca del ambiente. Por estas razones, se utilizan escenarios que contemplan diferentes rangos de estos factores para investigar las consecuencias potenciales del CC antropogénico. Un escenario climático es una representación lógica y generalmente simplificada de un posible clima futuro, basada en el entendimiento de cómo funciona el clima y de los distintos factores que lo influyen. Los escenarios están típicamente contruidos como insumo para evaluar los posibles efectos de impacto del CC sobre los sistemas naturales y sociales.

Los escenarios de emisiones de CO₂ del IPCC

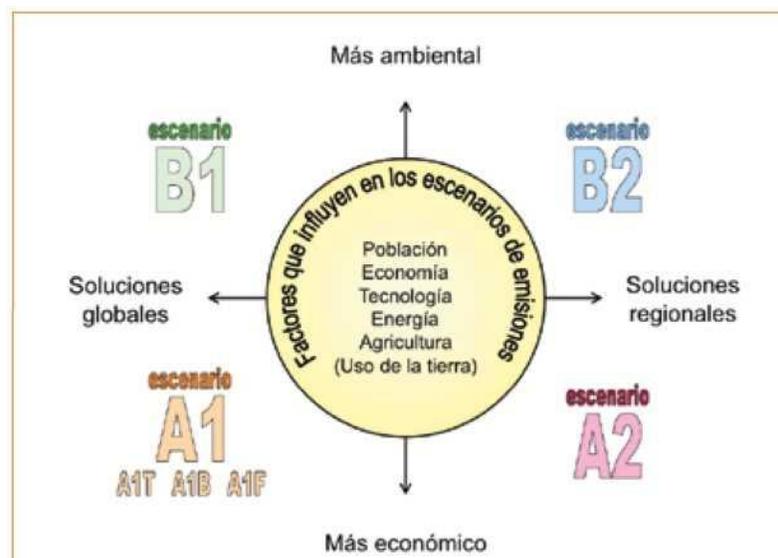
El Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones contiene 40 escenarios diferentes agrupados en cuatro familias (ver cuadro) que exploran alternativas de desarrollo. Estas alternativas incorporan factores demográficos, sociales, económicos, tecnológicos y ambientales, junto con las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes, para conjeturar el CC a futuro. La lógica detrás de estos escenarios es que las sociedades tienen la opción de colaborar para solucionar los problemas globales mediante soluciones conjuntas y comprensivas, o pueden permanecer aisladas e intentar solucionar sus problemas de manera independiente. Asimismo, los objetivos de desarrollo pueden orientarse hacia el aumento de la riqueza humana o hacia la conservación del medio ambiente. Además de los ya existentes, los escenarios del IPCC no contemplan explícitamente políticas climáticas enfocadas directamente en la reducción de emisiones de GEI ni en maximizar el tamaño de los sumideros de CO₂. La intención, más bien, es que los escenarios sirvan de referencia para analizar las posibles consecuencias de la implementación de políticas adicionales. Todos los escenarios se consideran igualmente válidos y probables. Esto deja la puerta abierta para que se realicen discusiones políticas acerca de los posibles cursos de acción como respuestas al CC.

La importancia de considerar varios escenarios

Para cuantificar el efecto probabilístico de los escenarios es útil establecer comparaciones entre conjuntos de modelos similares o entre modelos con diferentes estructuras. Es necesario, además, disponer de varios escenarios climáticos futuros para cuantificar la incertidumbre de las estimaciones. En términos de políticas, en lugar de decidir si un determinado modelo es el más representativo de ciertas condiciones futuras, la consideración de varios modelos amplía las opciones que permiten desarrollar una gama de opciones de adaptación. Por este motivo, en cualquier análisis de CC, el IPCC recomienda considerar al menos dos familias de escenarios y una diversidad de

supuestos. En las últimas simulaciones de CC a nivel global realizadas para el IPCC se utilizaron los escenarios B1, A1B y A2, correspondientes a posibles niveles de emisiones ‘bajo’, ‘medio’ y ‘alto’, respectivamente.

Características de las familias de escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC		
Familia	Número de escenarios	Características
A1	17	Rápido crecimiento económico, baja tasa de crecimiento de población y rápido cambio hacia tecnologías más eficientes. Ocurre una convergencia entre regiones y se reducen significativamente las diferencias de ingreso personal . Esta familia se divide en tres grupos basados en el sistema energético a utilizar: uso intensivo de combustibles fósiles (A1F), energías de origen no fósil (A1T) y equilibrio entre diferentes fuentes (A1B) .
A2	6	Un mundo heterogéneo, autosuficiente y que mantiene las identidades locales . Las tasas de crecimiento de población convergen lentamente, lo cual resulta en un elevado crecimiento de la población . El crecimiento económico per cápita es más lento y fragmentado que en otras familias
B1	9	Un mundo convergente, con bajo crecimiento de la población y con rápidos cambios en las estructuras económicas . Ocurre un movimiento hacia una economía basada en los servicios y en la tecnología de la información . Se reduce la intensidad en el uso de materiales y se introducen tecnologías limpias y eficientes. El énfasis es en soluciones globales para la sostenibilidad ambiental, económica y social, incluyendo aumentos en la equidad .
B2	8	Un mundo con énfasis en soluciones locales a la sostenibilidad ambiental, social y económica . El crecimiento de la población y el desarrollo económico son moderados . El cambio tecnológico es menos rápido pero más diverso que en B1 y A1. Pese a estar orientada a la protección ambiental y la equidad social, esta familia se enfoca en los niveles regional y local .



Marco conceptual de las familias de escenarios de cambio climático del IPCC. En el eje horizontal se representa la forma de adaptarse a los problemas; en el eje vertical el tipo de desarrollo

ANEXO 2. CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN AL AUMENTO EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR Y DE SU IMPACTO POTENCIAL

La exposición del área de estudio al cambio de la TSM se evaluó utilizando datos globales de la TSM a una resolución de 4 km² y resolución temporal de un día de la base de datos Advanced Very High Resolution Radiometer Pathfinder v5.2 (Casey et al. 2010) en el periodo 1983- 2010. Una pequeña sección del litoral Caribe de Panamá no cubierta por el conjunto de datos anterior se evaluó utilizando datos a una resolución espacial de 30 km² y resolución temporal de un día, de la base de datos NOAA Optimum Interpolation Sea Surface Temperature en el periodo 1981 – 2010.

El uso de otras fuentes de datos, de mayor resolución espacial o mayor cobertura, se descartó por diferentes limitaciones que impiden la aplicación rigurosa de la metodología para cálculo de estrés térmico actual:

Fuente	Resolución espacial	Periodo disponible	Limitaciones
GHRSSST (<i>Group for High Resolution Sea Surface Temperature</i>)	1 km ²	2006 en adelante	Alcance temporal muy corto para la aplicación de la metodología
Coast Watch - NOAA ⁴	5 km ²	2001 en adelante	La cobertura espacial no incluye Panamá y parte de Nicaragua
Coral Reef Watch - NOAA ⁵	50 km ²	2000 en adelante	Resolución espacial muy gruesa

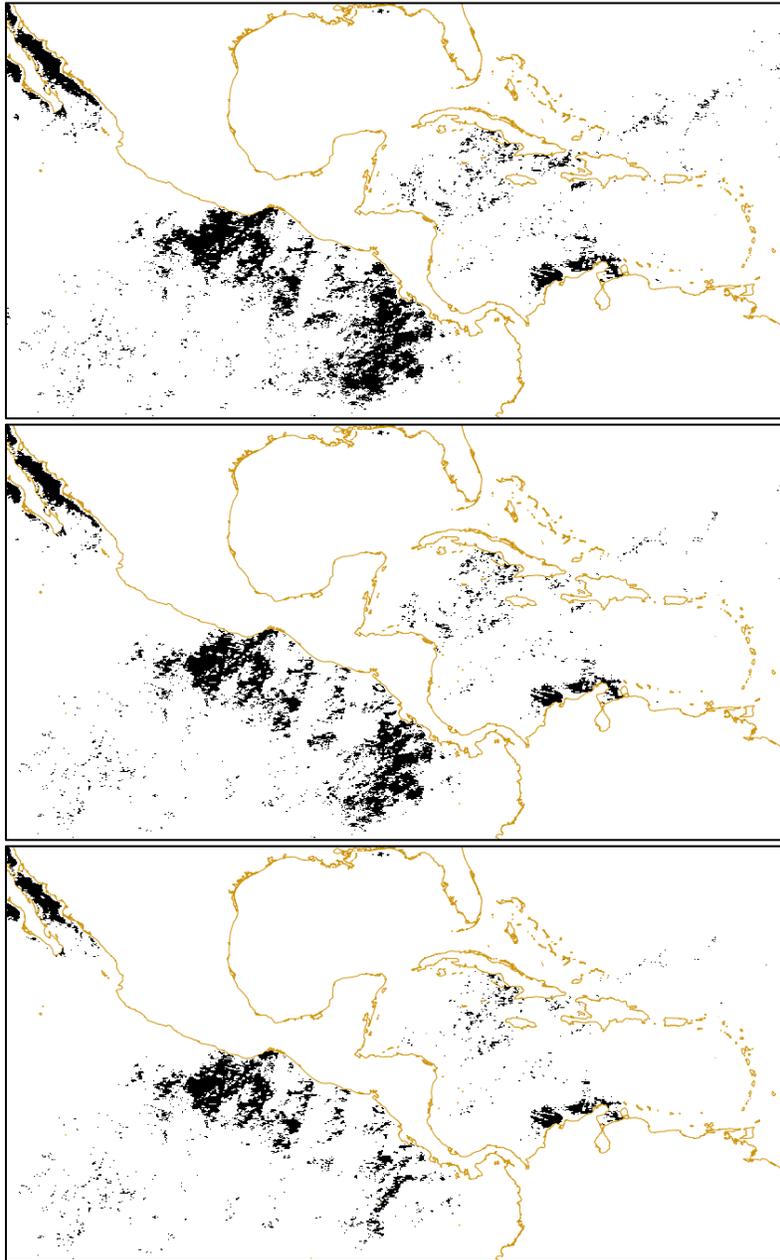
Se evaluó la agregación de información a nivel semanal, agrupando los datos de cada semana de la siguiente manera: Semana 1: promedio de los días 1 al 7; Semana 2: promedio de los días 2 a 8; y así sucesivamente, para un total de 357 semanas al año. Dados los vacíos de información, se intentó identificar valores semanales con los valores de al menos cuatro días, pero aun así todos los píxeles tuvieron información incompleta para las 357 semanas del año.

Las imágenes siguientes muestran la distribución de los puntos con información, agregando las semanas progresivamente. Se puede apreciar cómo se va perdiendo la información mientras se completa el registro.

La escala para evaluar la exposición al cambio de la TSM se definió en función al rango de la variación actual observada y futura prevista, y fue la siguiente: 27°C o menos - nivel muy bajo de exposición, 27°C a 28°C - nivel bajo, 28°C a 29°C - nivel medio, 29°C a 30°C - nivel alto y 30°C o más - nivel muy alto de exposición.

⁴ <http://coastwatch.noaa.gov/>

⁵ <http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/hdf/index.html>



Agregación de datos para las semanas 1 (arriba), 2 (centro) y 3 (abajo) de 1983.

Para el cálculo del estrés térmico actual de arrecifes de coral, se usó la propuesta desarrollada por la NOAA (CRW, <http://coralreefwatch.noaa.gov/>) para el análisis del comportamiento de la TSM, la cual consiste en: la selección de datos nocturnos de la base de datos, para eliminar el efecto de deslumbramiento solar y reducir la variación de la TSM causada por el calentamiento diurno; el cálculo de la media mensual de la TSM; y la evaluación de los niveles de estrés térmico mediante la comparación de la media mensual máxima de la climatología base (MMM, periodo 1983 – 2002) contra la

temperatura mensual del periodo de estudio (TSM, periodo 2003 – 2011) según su efecto de blanqueamiento en los corales (NOAA Coral Reef Watch, 2011, ver cuadro siguiente).

Escala de evaluación del indicador de estrés térmico de las áreas marinas al aumento de la temperatura superficial del mar (NOAA Coral Reef Watch, 2011)

Estado	Interpretación	Definición
1 - Sin estrés	Sin estrés térmico	$Hotspot^1 = 0$
2 - Atención	Bajo nivel de estrés térmico	$Hotspot^1 > 0$, TSM < umbral de blanqueamiento
3 - Advertencia	El estrés térmico se está acumulando	TSM > umbral de blanqueamiento; $DHW^2 > 0$ y < 4
4 - Nivel de alerta 1	Se espera blanqueamiento	TSM > umbral de blanqueamiento; $DHW^2 \geq 4$ y < 8
5 - Nivel de alerta 2	Blanqueamiento generalizado y se espera cierta mortalidad	TSM > umbral de blanqueamiento; $DHW^2 \geq 8$

Notas: (1) *Hotspot*: áreas donde los datos de TSM son mayores al valor medio observado en el mes más caluroso del año. (2) DHW (*Degree Heating Weeks* o Grados-Semana de Calentamiento): muestra la cantidad de estrés por calor que se ha acumulado en un área en las últimas 12 semanas, es la suma de los valores de un *Hotspot* cuando la temperatura supera el umbral de blanqueamiento.

Para el cálculo del estrés térmico de arrecifes de coral en escenarios futuros de aumento de la TSM, se utilizaron los propuestos por Donner (2009). La base de datos presentada por este autor contiene simulaciones para dos escenarios de emisiones (B1 y A2). Se evaluaron dos umbrales temporales (período 2030-2039 y período 2090-2099), para un total de cuatro simulaciones de clima futuro. Para poder definir las zonas de mayor impacto potencial en dicho periodo, se hizo un conteo por pixel de eventos en que la TSM superaría el umbral de nivel de alerta 2, volviendo a cero cada vez que se alcanzaba dicho umbral y definiendo tres categorías (1 a 3 veces, 4 a 6 veces y 7 a 9 veces).

El cálculo de estrés térmico de pastos marinos asumió los mismos umbrales utilizados para los arrecifes de coral, porque no existe suficiente información en la literatura científica para definir umbrales de sensibilidad para este elemento.

Para el cálculo del estrés térmico de manglares se consideraron los umbrales identificados en la literatura:

umbral manglares	justificación
1- sensibilidad muy baja: TSM < 35°C	No hay fuentes de estrés térmico reportadas para TSM inferior a 35°C
3 - sensibilidad media: TSM ≥ 35°C, < 38 °C	TSM superior a 35°C puede causar estrés térmico a <i>Rhizophora mangle</i> (Banus, 1983 citado por Cambers, Claro, Juman, & Scott, 2008)
5 - sensibilidad muy alta: TSM ≥ 38°C	La diversidad en las comunidades de invertebrados que habitan en las raíces de los manglares se reduce drásticamente, no hay establecimiento de plántulas cuando la TSM supera los 38°C (Banus, 1983 citado por Cambers et al., 2008)

En este caso, la escala de calificación sigue siendo la misma (de 1 a 5), pero para este elemento se asume que no hay zonas con impacto potencial en los niveles 2 y 4.

ANEXO 3. CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN AL CAMBIO EN LOS PATRONES DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DEL AIRE Y DE SU IMPACTO POTENCIAL

Se utilizaron las siguientes bases de datos y modelos y escenarios de CC:

- Datos climáticos de línea base. Se utilizaron los datos de WorldClim (Hijmans et al. 2005) provenientes de un conjunto de datos climáticos globales a una resolución espacial de 1 km² y un período de 1960-1990.
- Datos climáticos futuros. Los escenarios de CC utilizados provienen del Programa de Investigación Mundial sobre el Clima (WCRP), del grupo CMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project phase 3), usados en el reporte AR4 del IPCC. Estos escenarios fueron reducidos de escala a una resolución de aproximadamente 5 km por The Nature Conservancy en tres grupos de forzamiento radiativo (IPCC-SRES), B1 y A2 con 48, 52 y 36 escenarios respectivamente para el período 2070-2100, para 136 simulaciones de clima futuro en total (cuadro siguiente).

Simulaciones utilizadas de Modelos de Circulación General Atmósfera-Océano (AOGCM)

AOGCM	Siglo XX	Bajas emisiones (B1)	Altas emisiones (A2)
BCC-CM1	1	1	0
BCCR-BCM2.0	1	1	1
CCSM3	8	8	4
CGCM3.1(T47)	5	5	5
CGCM3.1(T63)	1	1	0
CNRM-CM3	1	1	1
CSIRO-Mk3.0	1	1	1
ECHAM5/MPI-OM	4	3	3
ECHO-G	3	3	3
FGOALS-g1.0	3	3	0
GFDL-CM2.0	1	1	1
GFDL-CM2.1	1	1	1
GISS-AOM	2	2	0
GISS-EH	3	0	0
GISS-ER	5	1	1
INM-CM3.0	1	1	1
IPSL-CM4	1	1	1
MIROC3.2(hires)	1	1	0
MIROC3.2(medres)	3	3	3
MRI-CGCM2.3.2	5	5	5
PCM	4	3	4
UKMO-HadCM3	2	1	1
UKMO-HadGEM1	1	1	0
Total	58	48	36

Para la precipitación, la exposición fue medida según la cantidad de simulaciones que predicen una disminución en precipitación superior a 50%. Respecto al norte de América Central donde la certidumbre de la disminución de la precipitación es bastante alta (Nicaragua), Panamá está en una zona de relativa incertidumbre en escenarios futuros de precipitación. Sin embargo, solo 3 de 36 escenarios evaluados mostraron un aumento

significativo (mayor al 10%), por lo que se consideró en este estudio solo los escenarios con reducción de precipitación (al menos 67% de los escenarios).

Se tomó como base la metodología del IPCC sobre probabilidad de cambio, la cual evalúa la cantidad de simulaciones que superan el umbral establecido (disminución superior a 50% de precipitación). Cuando <33% del total de simulaciones por escenario de emisiones (B1 o A2) supera el umbral entonces la exposición es muy baja, de 33 a 50% baja, de 50 a 66% media, de 66 a 90% alta y de 90 a 100% muy alta.

Para la temperatura, la exposición está medida según la cantidad de simulaciones que predicen un aumento en temperatura superior a 3 °C. Se eligió este umbral porque establece diferencias claras entre los escenarios futuros de emisiones B1 y A2. Se utilizó la misma metodología empleada para evaluar la exposición de cambio de precipitación.

Para el cálculo de los niveles de sensibilidad de las playas de anidamiento de tortugas al aumento de la temperatura del aire se asumió su equivalencia con los niveles de exposición, ya que no se cuenta con una calibración in situ para establecer la relación entre las temperatura del aire y de la arena sugerida por Fuentes et al. (2009) .

Para el cálculo de los niveles de sensibilidad de los manglares al aumento de la temperatura del aire se asumieron los siguientes umbrales basados en la literatura:

umbrales	justificación
sensibilidad muy baja: T° aire < 25°C	La mayoría de especies de mangle producen una máxima densidad de tallos cuando la temperatura del aire es cercana a 25°C (Hutchings y Saenger 1987 citados por Mcleod & Salm 2006).
sensibilidad media: T° aire ≥ 25°C, < 35°C	A temperaturas mayores a 25°C, algunas especies de mangle muestran un declinamiento en la tasa de formación de hojas (Saenger y Moverly 1985 citados por Mcleod & Salm 2006).
sensibilidad muy alta: T° aire ≥ 35°C	Temperaturas mayores a 35°C causan un estrés térmico que afecta a las estructuras radiculares de los mangles y el establecimiento de plántulas (UNESCO 1992 citado por Mcleod & Salm 2006). At temperaturas superiores a 38-40°C, casi no ocurre fotosíntesis (Clough et al. 1982 y Andrews et al. 1984, citados por Mcleod & Salm 2006)

Los cambios en el tipo de vegetación fueron simulados empleando el Modelo MAPSS (Mapped Atmosphere-Plant-Soil System), un modelo que simula el saldo promedio de agua a largo plazo, los tipos de vegetación potencial, y los parámetros biofísicos como el índice de área foliar, en base a la escasez de agua y energía (Neilson, 1995). Para el análisis se utilizó la metodología propuesta en Imbach et al (2010). Los cambios en el tipo de vegetación fueron calculados comparando el escenario de línea base contra los escenarios futuros mencionados. El cambio se consideró de manera binaria (0 no hay cambio y 1 sí hubo cambio) para cada pixel, posteriormente se contó la cantidad de escenarios con cambios para cada uno. La escala de probabilidad empleada usa la terminología recomendada por el IPCC (2005) y está relacionada con cuantas veces las simulaciones bajo cada escenario de emisiones coinciden. Para evitar inconsistencias en el análisis espacial se consideró solo las áreas con potencial forestal según el mapa de capacidad de uso de la tierra. Los cambios en los suelos de capacidad de uso agrícola

fueron simulados también el modelo MAPPS, considerando los cambios en la escorrentía y las áreas con potencial agrícola en el mapa de capacidad de uso de la tierra.

ANEXO 4. CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN AL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR Y DE SU IMPACTO POTENCIAL

Los indicadores de exposición considerados fueron:

- tendencia de cambio de nivel absoluto y relativo
- extensión (km) de costa expuesta
- área (km²) de costa propensa a inundación

La determinación de las tendencias de cambio de nivel del mar en la región de interés se utilizó dos fuentes de datos:

- datos de estaciones mareográficas disponibles localizadas en la costa del Atlántico de Nicaragua y Panamá, para definición de nivel relativo, registradas en la base de datos PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level). Se contó solo una estación en Cristóbal (Panamá), pues no hay registrados mareógrafos en esta costa de Nicaragua.
- datos de mediciones realizadas por sensores remotos Topex/Poseidon, Jason I y Jason II), para determinación de nivel absoluto (respecto al geoide) del mar, obtenidos de la base de datos AVISO (Altimetry data center, Centre National d'Etudes Spatiales, Toulouse, Francia), correspondientes a Cristóbal (Panamá), Bilwi y Bluefields (Nicaragua). La ubicación de las series de datos altimétricos correspondientes se obtienen de las coordenadas de los puntos en la grilla de AVISO más cercanos a los puntos de interés (los datos de altimetría tienen una resolución espacial de 1/3 de grado en latitud y longitud.).

La estimación de la extensión de costa expuesta y área de costa propensa a inundación utilizó un modelo digital de elevación (MED) de 90 m.

El análisis de tendencias de cambio del nivel del mar se basa en la estimación de los cambios absolutos y relativos del nivel del mar. Las mediciones relativas se basan en mareógrafos instalados en la superficie de la tierra desde hace décadas, los cambios absolutos son mediciones a nivel global con altímetros de alta precisión (5 mm) instalados en satélite. Estas mediciones iniciaron en 1992 y se realizan cada 10 días. Los altímetros miden la distancia entre el satélite y la superficie mediante pulsos de radar, y conociendo con gran precisión la posición del satélite respecto a una superficie elipsoidal de referencia, se obtiene la altura de la superficie del mar. A diferencia de las mediciones mareográficas, donde se mide el nivel relativo del mar, la altimetría permite obtener las variaciones absolutas del nivel del mar en forma global, con una precisión de décimas de mm/año. La variación del nivel del mar medio global medida de esta forma incluye: la expansión o contracción debida a variaciones en la densidad del agua (determinadas por variaciones de temperatura y salinidad); el intercambio de agua con los continentes, la atmósfera y las capas polares; y las variaciones de baja frecuencia de la circulación oceánica.

La estimación de la extensión de playas expuesta al aumento en el nivel del mar consideró solamente aquellas formadas por arena fina o arena gruesa, ya que son estos

tipos de playa los utilizados como sitios de anidamiento por diferentes tipos de tortugas marinas. El procedimiento consiste en sobreponer las capas de playas contra la de exposición (SRTM 30m).

La estimación de área de costa propensa a inundación utilizó un modelo espacial para medir la distribución de área distribuida a diferentes niveles, según una escala potencial de riesgo de ascenso del nivel del mar:

Escala de calificación del indicador de elevación del nivel del mar en la costa		
Elevación	Calificación	Descripción
< 1 m	Muy alta	Áreas altamente expuestas a inundación y erosión por mareas, lluvias extremas y tormentas de todas las categorías con el actual nivel del mar. Áreas cubiertas con el aumento del nivel de mar previsto para 2090
1 a 2 m	Alta	Áreas expuestas inundación por tormentas con el actual nivel del mar. Áreas altamente expuestas a inundación y erosión por mareas, lluvias extremas y tormentas de todas las categorías con el aumento del nivel del mar previsto para 2090
2 - 4 m	Media	Áreas expuestas a eventos extremos (3, 4, 5) con condiciones actuales. Áreas expuestas a inundación por tormentas y mareas con el aumento del nivel del mar previsto para 2090
4 - 8 m	Baja	Áreas expuestas a eventos extremos categoría 5 con condiciones actuales. Áreas expuestas a inundación por eventos extremos con el aumento del nivel del mar
8 – 16 m	Muy baja	Áreas no expuestas actualmente y poco expuestas con el aumento del nivel del mar

Los indicadores de sensibilidad al aumento del nivel del mar fueron:

- área de manglares expuesta
- extensión de playas de anidamiento de tortugas marinas expuesta
- área de bosques naturales expuesta
- área de suelo de capacidad de uso agrícola expuesta
- área urbana expuesta
- extensión de carreteras y camino expuesta

La distribución de cada uno de los elementos considerados por los indicadores de sensibilidad fue evaluada con la misma escala exponencial del riesgo de ascenso del nivel del mar y calificada de acuerdo a la escala mostrada en el cuadro anterior.

ANEXO 5. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA DE LAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS

Descripción de los indicadores, variables y fuentes de información utilizadas

Indicador 1 Grupos demográficamente vulnerables

Variable 1A Proporción de hogares con máximo número de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Este método de estimación de la pobreza, promovido por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), considera cuatro necesidades materiales básicas, así como las condiciones para considerar si cada necesidad está satisfecha o no (ver cuadro en la página siguiente).

La información a nivel de unidad administrativa fue tomada de los resultados de los censos nacionales de población y vivienda (VIII censo de población y IV de vivienda 2005 en Nicaragua, y Censo de Población y vivienda 2010 en Panamá, los datos están disponibles en línea). En el caso de Nicaragua no estuvo disponible la proporción de hogares con máximo número de NBI, por lo que se consideró la proporción de hogares en pobreza extrema, un índice derivado de la medición de la NBI elaborado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

Necesidad material básica	Dimensión	Condiciones para considerar que la necesidad básica está insatisfecha
Albergue digno	Calidad de la vivienda	El tipo de la vivienda corresponde a “tugurio” o al menos dos partes de la vivienda (piso, paredes y techo) están construidos de material de desecho o su estado aparente es “malo”
	Hacinamiento	El número de personas en la vivienda por cada dormitorio es mayor a 3
Vida saludable	Servicios básicos	El agua potable proviene de río, quebrada o naciente, o de la lluvia. En la zona urbana se añade la obtenida de pozo. No tiene Disposición de excretas o el sistema es diferente a alcantarillado o cloaca, tanque séptico o pozo negro o letrina. El alumbrado no es eléctrico en zona urbana, no es eléctrico o con canfín en zona rural.
Conocimiento	Educación	En el hogar hay niños y jóvenes de 7-15 años que no asisten a algún centro educativo en zona urbana, y de 7-12 años en zona rural.
Otros bienes y servicios	Características de los perceptores de ingresos de los hogares	La razón de dependencia económica del hogar (miembros del hogar entre ocupados) es mayor a 3, y el jefe del hogar tiene menos de 6° grado en zona urbana o 3° grado o menos en zona rural

Variable 1B Dependencia demográfica. La razón de dependencia demográfica es la relación del número de personas en edades dependientes (personas menores de 15 y mayores de 64 años de edad) entre el número de personas en edades “económicamente productivas” (entre 15 y 64 años de edad) en una población. Se utiliza como indicador de la carga económica de la que es responsable la porción productiva de una población (Haupt & Kane 2003). La información se obtuvo de los censos citados.

Indicador 2 Dependencia de los recursos vulnerables a los impactos del cambio climático

Variable 2A Proporción de personas cuya actividad económica principal es la pesca.

Se calculó considerando el número de personas de la población económicamente activa (PEA) dedicadas a actividades de servicios relacionadas con la pesca, incluyendo la explotación de criaderos de peces y granjas piscícolas, entre la población total de la unidad administrativa.

Variable 2B Proporción de personas cuya actividad económica principal es la agricultura. Se calculó de la misma manera que el indicador anterior, considerando el número de personas de la PEA dedicadas a las actividades relacionadas con la agricultura, incluyendo la ganadería, caza y silvicultura.

La información fue obtenida de la variable “Rama de actividad” de los censos citados, que identifica el rubro específico de la actividad económica de las personas que trabajan en cada hogar, mediante códigos estandarizados.

Indicador 3 Acceso y uso de conocimientos relacionados con el clima

Variable 3 Proporción de población analfabeta. Es el número de personas que no saben leer ni escribir un texto breve, por cada cien personas mayores de 15 años. La información por municipio fue obtenida de la variable “Alfabetismo Población de 15 años y más” de los censos citados.

Indicador 4 Acceso equitativo a los recursos y servicios

Variable 4A Número de centros de salud de atención primaria por cada 1000 personas. A partir del inventario de centros de salud de atención primaria suministrado por los ministerios de salud, se definió su ubicación espacial en los distritos costeros; el número de centros de salud se dividió entre el número de habitantes de cada distrito y se multiplicó por mil.

Variable 5B Proporción de hogares sin abastecimiento de agua por tubería. La variable “Abastecimiento de agua” registra el tipo de abastecimiento que tienen los hogares (1: Tubería dentro de la vivienda, 2: Tubería fuera de la vivienda, 3: Tubería fuera de lote o edificio, o 4: No tiene agua por tubería). Se consideró solo la proporción de hogares dentro de la última categoría, consultada en el registro censal de viviendas de los censos citados.

Variable 5C Media ponderada del tipo de instalación sanitaria utilizada en los hogares. La variable “Tenencia de servicio sanitario” registra el tipo de instalación sanitaria que tienen los hogares (1: Conectado a alcantarilla pública, 2: Conectado a tanque séptico, 3: De pozo negro o letrina, 4: Con otro sistema y 5: No tiene). Se calculó una media ponderada (tipo de servicio x número de hogares), considerando la columna “V12” del registro censal de viviendas.

Indicador 5 Estrés ambiental

Variable 5A Proporción de territorio bajo uso agrícola y Variable 5B Proporción de territorio con áreas protegidas. Estas variables fueron calculadas utilizando un programa de SIG, combinando las capas de límites de las unidades administrativas con las capas proporcionadas por el ANAM (Panamá) y SIGAP (Nicaragua).

Categorización de los datos

Para su posterior comparación en análisis multicriterio, los datos de todas las variables fueron escalados en el rango de 1 a 5 con la fórmula propuesta por Pearson & Kolen (2010) para transformaciones lineares y asignados a cinco categorías, de acuerdo a la distribución de sus valores escalados en los percentiles 20, 40, 60, 80 y 100, siguiendo la propuesta de Malczewski (2000).

Cálculo de la capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa de cada unidad administrativa (municipio en el caso de Nicaragua y distrito en el caso de Panamá) se calculó considerando:

- El valor promedio de las categorías de las variables definió la categoría de cada indicador
- El valor promedio de los indicadores definió el valor de la capacidad adaptativa. Este valor fue nuevamente categorizado para evitar la concentración de valores de capacidad adaptativa en las categorías medias (2, 3 y 4).

ANEXO 6. IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ARRECIFES DE CORAL

6.1 Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en los arrecifes de coral, 2003-2011

Área Protegida	Área arrecifes		Niveles de impacto potencial									
	ha	muy bajo	bajo		medio		alto		muy alto			
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
RB Cayos Miskitos	41,241	21,128	51	14,296	35	5,508	13	309	1			
NICARAGUA	41,241	21,128	51	14,296	35	5,508	13	309	1			
HI San San Pond Sak	62	62	100									
PN Marino Isla Bastimento	4,123	4,123	100									
HI Damani-Guariviara	1	1	100									
PP Isla Escudo de Veraguas	1,108	1,108	100									
BP San Lorenzo	36	36	100									
PN Portobelo	2,433	2,433	100									
RH Santa Isabel	528	381	72	147	28							
AS Nargana	1,708	1,110	65	311	18	288	17					
PANAMÁ	10,000	9,254	93	458	5	288	3					

6.2 Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en los arrecifes de coral, 2030-2039

Área Protegida	Área arrecifes		Niveles de impacto potencial, escenario B1										Niveles de impacto potencial, escenario A2								
	ha	muy bajo	bajo		medio		alto		muy alto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto		
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
RB Cayos Miskitos	41,241	16,653	40	12,883	31	8,139	20	3,344	8	222	1	14,995	36	10,723	26	10,769	26	4,533	11	222	1
NICARAGUA	41,241	16,653	40	12,883	31	8,139	20	3,344	8	222	1	14,995	36	10,723	26	10,769	26	4,533	11	222	1
HI San San Pond Sak	62	62	100									62	100								
PN Marino Isla Bastimento	4,123					4,123	100								4,123	100					
HI Damani-Guariviara	1					1	100								1	100					
PP Isla Escudo de Veraguas	1,108					1,108	100								1,108	100					
BP San Lorenzo	36	31	86			5	14					31	86			5	14				
PN Portobelo	2,433	2,177	89			256	11					1,756	72	147	6	530	22				
RH Santa Isabel	528	279	53	249	47							269	51	249	47	20	2				
AS Nargana	1,708	1,058	62	362	21	288	17					1,058	52	362	21	288	17				
PANAMÁ	10,000	3,607	36	612	6	4,417	58					3,175	32	758	8	6,066	61				

6.3 Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en los arrecifes de coral, 2090-2099

Área Protegida	Área arrecifes		Niveles de impacto potencial, escenario B1										Niveles de impacto potencial, escenario A2								
	ha	muy bajo	bajo		medio		alto		muy alto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto		
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
RB Cayos Miskitos	41,241									41,241	100									41,241	100
NICARAGUA	41,241									41,241	100									41,241	100
HI San San Pond Sak	62									62	100									62	100
PN Marino Isla Bastimento	4,123									4,123	100									4,123	100
HI Damani-Guariviara	1									1	100									1	100
PP Isla Escudo de Veraguas	1,108									1,108	100									1,108	100
BP San Lorenzo	36									36	100									36	100
PN Portobelo	2,433									2,433	100									2,433	100
RH Santa Isabel	528									528	100									528	100
AS Nargana	1,708									1,708	100									1,708	100
PANAMÁ	10,000									10,000	100									10,000	100

ANEXO 7. IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PASTOS MARINOS

7.1 Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en los pastos marinos, 2003-2011

Área Protegida	Área pastos		Niveles de impacto potencial									
	ha	muy bajo	bajo		medio		alto		muy alto			
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	677	288	42			372	55	18	3			
RB Cayos Miskitos	31,443	11,103	35	8,306	26	11,326	36	225	1	482	2	
RN Laguna Yulu Karat	307	205	67	102	33							
NICARAGUA	32,427	11,595	36	8,408	26	11,698	36	243	1			
HI San San Pond Sak	19	19	100									
PN Marino Isla Bastimento	2,470	2,470	100									
HI Damani-Guariviara	109	109	100									
PP Isla Escudo de Veraguas	1,809	1,809	100									
AUM Donoso	1,452	466	32	986	68							
PP Isla Galeta	5	5	100									
PN Portobelo	382	382	100									
RH Santa Isabel	3	3	100									
AS Narganá	1	1	100									
PANAMA	6,250	5,264	84	986	16							

7.2 Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en los pastos marinos, 2030-2039

Área Protegida	Área arrecifes			Niveles de impacto potencial, escenario B1										Niveles de impacto potencial, escenario A2									
	ha	muy bajo	%	bajo		medio		alto		muy alto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto			
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	677			278	41	381	56			18	3			278	41	381	56			18	3		
RB Cayos Miskitos	31,443	626	2	9,310	30	8,855	28	11,417	36	1,234	4	626	2	9,205	29	5,263	17	14,664	47	1,686	5		
RN Laguna Yulu Karat	307	299	97	8	3							299	97	8	3								
NICARAGUA	32,427	925	3	9,597	30	9,236	28	11,417	35	1,252	4	925	3	9,213	28	5,263	16	14,664	45	1,686	5		
HI San San Pond Sak	19	19	100									19	100										
PN Marino Isla Bastimento	2,470					2,470	100									2,470	100						
HI Damani-Guariviara	109	109	100									109	100										
PP Isla Escudo de Veraguas	1,809					1,809	100									1,809	100						
AUM Donoso	1,452	603	42			849	58					603	42			849	58						
PP Isla Galeta	5	5	100									5	100										
PN Portobelo	382	382	100									331	87			51	13						
RH Santa Isabel	3	3	100									3	100										
AS Narganá	1	1	100									1	100										
PANAMA	6,250	1,121	18			5,129	82					1,070	17			5,180	83						

7.3 Impacto potencial del aumento de la temperatura superficial del mar en los pastos marinos, 2090-2099

Área Protegida	Área arrecifes			Niveles de impacto potencial, escenario B1										Niveles de impacto potencial, escenario A2									
	ha	muy bajo	%	bajo		medio		alto		muy alto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto			
	ha	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	677									677	100									677	100		
RB Cayos Miskitos	31,443									31,443	100									31,443	100		
RN Laguna Yulu Karat	307									307	100									307	100		
NICARAGUA	32,427									32,427	100									32,427	100		
HI San San Pond Sak	19									19	100									19	100		
PN Marino Isla Bastimento	2,470									2,470	100									2,470	100		
HI Damani-Guariviara	109									109	100									109	100		
PP Isla Escudo de Veraguas	1,809									1,809	100									1,809	100		
AUM Donoso	1,452									1,452	100									1,452	100		
PP Isla Galeta	5									5	100									5	100		
PN Portobelo	382									382	100									382	100		
RH Santa Isabel	3									3	100									3	100		
AS Narganá	1									1	100									1	100		
PANAMA	6,250									6,250	100									6,250	100		

ANEXO 8. IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS MANGLARES

8.1 Impacto potencial del aumento la temperatura superficial del mar en los manglares, periodo actual, periodo 2030-2039 y 2090-2099, escenarios B1 y A2

Área Protegida	Área manglar			Niveles de impacto potencial						sin datos	
	ha	muy bajo ha	%	bajo ha	medio ha	%	alto ha	muy bajo ha	%	ha	ha
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	2,342	56	2							2,287	98
RB Cayos Miskitos	13,942	1,332	10							12,610	90
RN Laguna Bismuna-Raya	198									198	100
RN Laguna Kukalaya	1									1	100
RN Laguna Layasiksa	182									182	100
RN Laguna Pahara	19									19	100
RN Laguna Yulu Karat	914	49	5							865	95
RN Cerro Silva	3,159	775	25							2,384	75
RB Río Indio Maíz	200	103	52							97	48
RVS Río San Juan	226									226	100
NICARAGUA	21,182	2,315	11							18,867	89
HI San San Pond Sak	962									962	100
PN Marino Isla Bastimento	177	177	100								
BP San Lorenzo	8									8	100
PP Isla Galeta	438	438	100								
PN Portobelo	304	141	47							163	53
RH Santa Isabel	772	19	2							754	98
AS Narganá	1,966									1,966	100
PANAMÁ	4,627	775	13							2,287	83

8.2 Impacto potencial del aumento la temperatura del aire en los manglares, periodo 2070-2099, escenarios B1 y A2

Área Protegida	Área manglar			Niveles de impacto potencial						sin datos			
	ha	muy bajo ha	%	bajo ha	%	medio ha	%	alto ha	%	muy alto ha	%	ha	%
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	2,342			2,320	99							22	1
RB Cayos Miskitos	13,942			13,865	99							77	1
RN Laguna Bismuna-Raya	198			198	100								
RN Laguna Kukalaya	1			1	100								
RN Laguna Layasiksa	182			182	100								
RN Laguna Pahara	19			19	100								
RN Laguna Yulu Karat	914			909	99							5	1
RN Cerro Silva	3,159			2,725	86							434	14
RB Río Indio Maíz	200			172	86							28	14
RVS Río San Juan	226			226	100								
NICARAGUA	21,182			20,617	97							565	3
HI San San Pond Sak	962			962	100								
PN Marino Isla Bastimento	177			175	99							1	1
BP San Lorenzo	8			7	96							0	4
PP Isla Galeta	438			433	99							5	1
PN Portobelo	304			297	98							7	2
RH Santa Isabel	772			728	94							45	6
AS Narganá	1,966			1,905	97							61	3
PANAMÁ	4,627			4,508	97							119	3

8.3 Impacto potencial del aumento del nivel del mar en manglares

Área Protegida	Área manglar		Niveles de impacto potencial								
	ha	%	muy bajo	bajo	medio	alto	muy alto	ha	%	ha	%
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	2,342							2,342	100		
RB Cayos Miskitos	13,942							13,942	100		
RN Laguna Bismuna-Raya	198							198	100		
RN Laguna Kukalaya	1							1	100		
RN Laguna Layasiksa	182							182	100		
RN Laguna Pahara	19							19	100		
RN Laguna Yulu Karat	914							914	100		
RN Cerro Silva	3,159							3,159	100		
RB Río Indio Maíz	200							200	100		
RVS Río San Juan	226							226	100		
NICARAGUA	21,182							21,182	100		
HI San San Pond Sak	962							962	100		
PN Marino Isla Bastimento	177							177	100		
BP San Lorenzo	8							8	100		
PP Isla Galeta	438							438	100		
PN Portobelo	304							304	100		
RH Santa Isabel	772							772	100		
AS Narganá	1,966							1,966	100		
PANAMÁ	4,627							4,627	100		

ANEXO 9. IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN PLAYAS DE ANIDAMIENTO DE TORTUGAS

9.1 Impacto potencial del aumento de la temperatura del aire en playas de anidamiento de tortugas, periodo 2070 - 2099

Área Protegida	Ext. playa km	Niveles de impacto potencial, escenario B1								Niveles de impacto potencial, escenario A2												
		muy bajo km	%	bajo km	%	medio km	%	alto km	%	muy alto km	%	muy bajo km	%	bajo km	%	medio km	%	alto km	%	muy alto km	%	
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	40	40	100								40	100										
RB Cayos Miskitos	1,097	1,097	100								1,043	95	53	5								
RN Laguna Bismuna-Raya	10	10	100								10	100										
RN Laguna Pahara	7	7	100								7	100										
RN Laguna Yulu Karat	265	265	100								265	100										
RN Cerro Silva	519	519	100										519	100								
RB Río Indio Maíz	204	204	100										204	100								
RVS Río San Juan	295	295	100										295	100								
NICARAGUA	2,436	2,436	100								1,365	56	1,071	44								
HI San San Pond Sak	4	4	100										4	100								
PN Marino Isla Bastimento	2	2	100												2	100						
Damani -Guariviara	4	4	100										4	100								
AUM Donoso	85	85	100										85	100								
PN Portobelo	4	4	100										4	100								
AS Narganá	25	25	100										25	100								
PANAMÁ	124	124	100										122	99	2	1						

9.2 Impacto potencial del aumento del nivel del mar en playas de anidamiento de tortugas

Área Protegida	Ext. playa km	Niveles de impacto potencial										
		muy bajo km	%	bajo km	%	medio km	%	alto km	%	muy alto km	%	
RN Cabo Viejo-Tala Sulamas	40										40	100
RB Cayos Miskitos	1,097										1,097	100
RN Laguna Bismuna-Raya	10										10	100
RN Laguna Pahara	7										7	100
RN Laguna Yulu Karat	265										265	100
RN Cerro Silva	519										519	100
RB Río Indio Maíz	204										204	100
RVS Río San Juan	295										295	100
NICARAGUA	2,436										2,436	100
HI San San Pond Sak	4										4	100
PN Marino Isla Bastimento	2										2	100
HI Damani -Guariviara	4										4	100
AUM Donoso	85										85	100
PN Portobelo	4										4	100
AS Narganá	25										25	100
PANAMÁ	124										124	100

ANEXO 10. IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS BOSQUES NATURALES⁶

10.1 Impacto potencial de los cambios en los patrones de precipitación y de temperatura en los bosques naturales, periodo 2070-2099

Área Protegida	Área forestal		Niveles de impacto potencial, escenario B1										Niveles de impacto potencial, escenario A2									
			muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
RB Cayos Miskitos	40,853	21,752	53	76	0	8,941	22	1,269	3	8,797	22	12,494	31	4,433	11			4,825	12	19,082	47	
RN Laguna Pahara	2,731	378	14	109	4					2,244	82	378	14					109	4	2,244	82	
RN Cerro Silva	189,573	176,803	96	5,139	3	2,655	1					129,344	70	36,028	20	16,021	9	633	<1	2,571	1	
RB Río Indio Maíz	193,310	256,005	100									235,769	92	19,712	8	523	<1					
RVS Río San Juan	5,697	11,996	100									9,914	83	2,082	17							
NICARAGUA	432,165	466,934	94	5,324	1	11,596	2	1,269	<1	11,041	2	387,899	78	62,256	13	16,544	3	5,567	1	23,897	5	
HI San San Pond Sak	13,891	12,855	100									12,855	100									
HI Damani-Guariviara	19,586	18,651	100									15,104	81	3,547	19							
AUM Donoso	148,332	41,935	28	6,510	4	30,727	21	22,972	16	45,423	31	371	<1	32,479	22	9,404	6	2,165	1	103,148	70	
BP San Lorenzo	4,296	232	5			299	7	3,728	88			232	5							4,027	95	
PP Isla Galeta	153							79	91		8	9								87	100	
PN Portobelo	23,846	5,073	23	5,803	26	2,103	9	2,555	11	6,866	31	424	2	4,259	19	390	2	2,592	12	14,734	66	
RH Santa Isabel	40,061	30,536	78	3,790	10					5,054	13	6,023	15	22,254	57	2,312	6	3,738	9	5,053	13	
AS Narganá	77,473	38,272	49	16,880	21	7,873	10	66	<1	15,429	20	12,926	16	20,004	25	3,790	5	26,220	33	15,580	20	
PANAMÁ	327,637	147,553	46	32,983	10	41,002	13	29,400	9	72,780	22	47,935	15	82,542	25	15,896	5	34,716	11	142,629	44	

10.2 Impacto potencial del aumento del nivel del mar en los bosques naturales

Área Protegida	Área forestal		Niveles de impacto potencial											
			no expuesto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
RB Cayos Miskitos	40,853	28,585	70	7,518	18	2,336	6	1,555	4	525	1	335	1	
RN Laguna Pahara	2,731	343	13	1,559	57	636	23	154	6	34	1	4	<1	
RN Cerro Silva	189,573	120,886	64	28,147	15	17,512	9	13,347	7	5,544	3	4,138	2	
RB Río Indio Maíz	193,310	191,557	99	1,667	1	68	<1	13	<1	4	<1	1	<1	
RVS Río San Juan	5,697	5,256	92	296	5	144	3	1	<1					
NICARAGUA	432,165	346,627	80	39,187	9	20,697	5	15,070	3	6,107	1	4,477	1	
HI San San Pond Sak	13,891	1,874	13	7,350	53	3,453	25	822	6	230		162	1	
HI Damani-Guariviara	19,586	13,095	67	4,747	24	1,029	5	396	2	175		143	1	
AUM Donoso	148,332	144,035	97	3,215	2	867	1	186	<1	23		6	<1	
BP San Lorenzo	4,296	4,288	100	8	<1									
PP Isla Galeta	153	116	76	29	19	8	5	<1	<1					
PN Portobelo	23,846	22,267	93	972	4	387	2	180	1	26		13	<1	
RH Santa Isabel	40,061	36,125	90	3,047	8	748	2	124	<1	14		3	<1	
AS Narganá	77,473	73,628	95	2,550	3	992	1	223	<1	49		31	<1	
PANAMÁ	327,637	295,427	90	21,919	7	7,484	2	1,932	1	518		358	<1	

⁶ No incluye manglares

ANEXO 11. IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN SUELOS AGRÍCOLAS

11.1 Impacto potencial de los cambios en los patrones de precipitación y de temperatura en los suelos de capacidad de uso agrícola (CUA), 2070-2099

Unidad administrativa	Área CUA ha	Niveles de impacto potencial, escenario B1										Niveles de impacto potencial, escenario A2									
		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Waspám	373,911	329,125	88	2,676	1	750	<1	27,623	7	13,736	4	2,776	1	301,241	81	25,479	7	3,718	1	40,697	11
Puerto Cabezas	291,587	85,517	29	60,742	21	12,089	4	88,358	30	44,881	15			55,034	19	78,648	27	31,457	11	126,448	43
Prinzapolka	643,295	1,295	<1	68,729	11	55,558	9	435,890	68	81,823	13	1,232	<1			52,970	8	117,665	18	471,428	73
D. del Río Grande	160,642					84,732	53	24,643	15	51,267	32					90	0	563	<1	159,989	100
Laguna de Perlas	156,715					24,700	16	31,265	20	100,750	64					381	0			156,334	100
Kukra Hill	98,979							25,643	26	73,336	74									98,979	100
Bluefields	65,312					46,566	71	7,959	12	10,787	17					12	0	1,064	2	64,235	98
San Juan del Norte	31,602					51	<1	23,943	76	7,608	24									31,602	100
NICARAGUA	1,822,042	415,936	23	132,147	7	224,446	12	665,325	37	384,189	21	4,008	0	356,274	20	157,580	9	154,467	8	1,149,713	63
Changuinola	16,007							244	2	15,763	98									16,007	100
Chiriquí Grande	1,525			45	3	108	7			1,373	90							71	5	1,455	95
Kankintú	17,152			737	4	5,919	35			10,496	61							5,670	33	11,482	67
Kusapín	5,017					1,128	22	429	9	3,461	69							490	10	4,528	90
Colón	9,875	1,478	15			498	5	3,853	39	4,046	41	1,464	15					2,156	22	6,255	63
Chagres	5,586							5,233	94	353	6							4,214	75	1,372	25
Donoso	6,944			<1	<1	1,257	18	5,686	82							4,445	64	2,499	36		
Santa Isabel	3,868							1,915	50	1,953	50							1,889	49	1,979	51
Comarca Kuna Yala	468							467	100	1	<1							467	100	1	<1
PANAMÁ	66,443	1,478	2	782	1	8,910	13	17,827	27	37,445	56	1,464	2			4,445	7	17,455	26	43,078	65

11.2 Impacto potencial del aumento del nivel del mar en los suelos de capacidad de uso agrícola (CUA)

Unidad administrativa	Área CUA ha	Niveles de impacto potencial											
		no expuesto		muy bajo		bajo		medio		alto		muy alto	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Waspám	384,167	309,137	80	1,741	0	2,387	1	18,105	5	30,414	8	22,385	6
Puerto Cabezas	332,726	156,484	47	24,654	7	18,979	6	33,856	10	43,466	13	55,287	17
Prinzapolka	678,082	401,163	59	9,924	1	18,551	3	46,183	7	70,204	10	132,057	19
D. del Río Grande	174,177	112,032	64	1,863	1	3,230	2	11,699	7	19,112	11	26,241	15
Laguna de Perlas	196,299	133,738	68	1,587	1	3,995	2	14,093	7	21,620	11	21,267	11
Kukra Hill	101,316	82,431	81	829	1	615	1	1,937	2	4,310	4	11,194	11
Bluefields	108,439	72,712	67	115	0	172	0	1,480	1	5,035	5	28,925	27
San Juan del Norte	41,275	28,690	70	152	0	21	0	302	1	1,220	3	10,889	26
NICARAGUA	2,016,481	1,296,387	64	40,865	2	47,949	2	127,656	6	195,380	10	308,245	15
Changuinola	25,853	11,826	46	480	2	679	3	2,053	8	5,174	20	5,641	22
Bocas del Toro	14,040	9,743	69	197	1	205	1	502	4	1,114	8	2,279	16
Chiriquí Grande	4,861	3,372	69	24	0	28	1	107	2	443	9	888	18
Kankintú	28,180	21,690	77	37	0	57	0	239	1	1,643	6	4,514	16
Kusapín	19,103	14,667	77	65	0	147	1	482	3	1,467	8	2,276	12
Santa Fe	4,061	3,070	76	31	1	46	1	133	3	291	7	490	12
Colón	16,892	15,128	90	34	0	40	0	160	1	559	3	972	6
Chagres	8,090	7,741	96	1	0	0	0	4	0	44	1	300	4
Donoso	21,893	20,068	92	6	0	10	0	80	0	421	2	1,308	6
Portobelo	3,029	1,544	51	12	0	27	1	139	5	400	13	907	30
Santa Isabel	5,246	4,022	77	0	0	1	0	26	0	298	6	899	17
Comarca Kuna Yala	32,757	27,195	83	13	0	28	0	175	1	1,560	5	3,786	12
PANAMÁ	184,005	140,065	76	898	0	1,270	1	4,100	2	13,414	7	24,258	13

ANEXO 12. IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN VÍAS Y ZONAS URBANAS

12.1 Sensibilidad de carreteras y caminos al aumento del nivel del mar

Unidad administrativa	Extensión vías			Niveles de impacto potencial									
	km	no expuesto km	%	muy bajo km	%	bajo km	%	medio km	%	alto km	%	muy alto km	%
Waspám	726	726	100										
Puerto Cabezas	1,279	887	69	214	17	100	8	51	4	17	1	11	1
Prinzapolka	83	74	89	5	6	1	1	2	3	1	1		
Bluefields	20	10	52	6	31	3	14	1	3			<1	1
NICARAGUA	2,108	1,697	80	225	11	104	5	54	3	17	1	11	1
Bocas del Toro	340	260	76	36	11	23	7	13	4	4	1	4	1
Changuinola	2,052	1,536	75	240	12	174	9	62	3	20	1	19	1
Chiriquí Grande	394	278	71	54	14	40	10	15	4	4	1	3	1
Kankintú	1,009	951	94	39	4	15	1	3	<	1	<1	1	<1
Kusapín	671	584	87	51	8	24	4	7	1	2	<1	2	<1
Santa Fe	936	918	98	9	1	5	1	2	<1	1	<1	1	<1
Colón	2,080	1,778	85	141	7	119	6	31	1	7	<1	4	<1
Chagres	743	654	88	64	9	20	3	5	1	1	<1		
Donoso	883	802	91	59	7	19	2	3	<1	1	<1		
Portobelo	356	279	78	47	13	25	7	4	1	1	<1		
Santa Isabel	253	192	76	46	18	13	5	2	1				
Comarca Kuna Yala	18	18	100										
PANAMÁ	9,734	8,249	85	787	8	477	5	147	2	41	<1	33	<1

12.2 Sensibilidad de zonas urbanas al aumento del nivel del mar

Unidad administrativa	Extensión zonas urb			Niveles de impacto potencial									
	ha	no expuesto ha	%	muy bajo ha	%	bajo ha	%	medio ha	%	alto ha	%	muy alto ha	%
Puerto Cabezas	6,266	2,627	42	1,618	26	943	15	600	10	276	4	202	3
Bluefields	9,869	6,257	63	1,366	14	1,230	12	641	6	234	2	140	1
NICARAGUA	16,135	8,884	55	2,984	18	2,173	13	1,242	8	510	3	342	2
Changuinola	24,112	6,777	28	7,161	30	6,207	26	2,485	10	841	3	641	3
Bocas del Toro	786	361	46	148	19	136	17	81	10	34	4	25	3
Chiriquí Grande	3,851	1,782	46	1,378	36	485	13	137	4	46	1	23	1
Colón	46,450	43,335	93	1,925	4	827	2	260	1	68	<1	35	<1
Portobelo	5,939	3,924	66	966	16	762	13	223	4	44	1	20	<1
PANAMÁ	81,138	56,179	69	11,578	14	8,418	10	3,187	4	1,033	1	744	1

ANEXO 13. INDICADORES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Municipio / Distrito	Área	Población	Población rural	1A Proporción hogares con máximo número de NBI o pobreza extrema		1B Proporción de dependencia demográfica (< 13 y ≥ 65)		2A Proporción de personas cuya AEP es la pesca		2B Proporción de personas cuya AEP es la agricultura		3 Proporción de personas analfabetas		4A Número de centros de salud por cada 1000 personas		4B Proporción de hogares sin agua potable		4C Proporción de hogares sin instalación sanitaria		4D Densidad de carreteras asfaltadas		5A Proporción de territorio bajo uso agrícola		5B Proporción de territorio protegido (áreas protegidas)		Capacidad adaptativa (media ponderada)	
	km ²	hab	%	%	cat	%	cat	%	cat	%	cat	%	cat	%	cat	%	cat	%	cat	km/ km ²	cat	%	cat	%	cat	x	cat
NICARAGUA																											
Waspám	8,951	47.231	85	67	5	88	5	2	1	78	5	36	3	0.9	1	43	3	37	5	0	5	10	4	36	3	3.7	4
Puerto Cabezas	6,204	66.169	40	64	5	70	1	14	4	19	1	24	1	0.5	5	34	1	24	1	0	5	6	3	37	3	2.8	2
Prinzapolka	6,956	16.105	90	78	5	94	5	5	2	73	5	53	5	0.6	4	44	4	67	5	0	5	29	5	11	5	4.5	5
D. del Rio Grande	1,793	3.585	36	85	5	78	4	24	5	39	3	34	3	1.1	1	45	5	32	3	0	5	0	1	1	5	3.8	5
Laguna de Perlas	2,585	10.676	59	60	5	77	3	15	5	57	3	32	2	0.7	3	44	5	36	4	0	5	3	2	47	2	3.4	3
Kukra Hill	1,215	8.789	69	69	5	76	3	0	1	72	4	40	4	0.9	2	42	3	30	2	0	5	25	5	11	4	3.6	3
Bluefields	4,804	45.547	15	58	5	61	1	9	3	16	1	20	1	0.4	5	42	2	12	1	0	5	6	3	91	1	2.5	1
San Juan del Norte	1,663	1.307	25	59	5	75	2	10	3	33	2	41	5	0.8	3	17	1	31	3	0	5	2	1	100	1	2.8	2
PANAMA																											
Changuinola	4.020	98.310	56	46	3	66	3	0	1	36	3	12	3	0.3	5	23	3	12	2	0.4	4	14	1	77	1	2.6	2
Bocas del Toro	427	16.135	67	55	3	64	2	4	5	19	1	10	3	0.6	4	44	4	38	4	0.6	2	20	2	17	4	3.1	2
Chiriquí Grande	214	11.016	86	59	3	73	4	1	3	24	2	17	4	0.5	5	13	1	38	4	1.3	1	60	5	3	5	3.6	4
Kankintú	2.436	33.121	100	95	5	100	5	0	2	63	5	42	5	0.7	3	69	5	86	5	0.4	4	42	5	31	3	4.4	5
Kusapín	1.760	20.909	100	92	5	100	5	3	5	47	4	30	5	1.6	1	70	5	70	5	0.3	5	37	4	10	4	4.5	5
Santa Fe	1.943	15.585	100	52	3	74	4	0	1	70	5	23	4	0.7	3	22	2	13	2	0.5	3	22	3	37	2	3.2	4
Colón	1.201	206.553	20	11	2	46	1	0	2	2	1	2	1	0.1	5	3	1	2	1	1.5	1	33	4	29	3	2.1	1
Chagres	452	10.003	100	42	3	61	2	0	3	46	4	5	1	1.3	1	32	4	5	1	1.5	1	42	5	0	5	3.2	3
Donoso	1.849	12.810	100	53	3	68	3	0	1	54	5	10	2	1.2	2	45	5	14	3	0.4	3	15	1	3	5	3.2	3
Portobelo	402	9.126	100	21	2	47	1	1	4	9	1	4	1	1.0	2	9	1	5	1	0.7	2	29	3	67	1	1.9	1
Santa Isabel	751	3.436	100	25	2	54	1	3	4	29	2	5	2	2.3	1	15	2	19	3	0.3	5	21	2	37	2	2.6	1
Comarca Kuna Yala	2.466	33.109	100	91	5	77	5	9	5	37	3	28	5	0.6	4	22	3	94	5	0.0	5	8	1	39	1	3.9	5

Nota 1: NBI: necesidades básicas insatisfechas; AEP: actividad económica principal, AVL: Análisis de Vulnerabilidades y Capacidades.

Nota 2: La categorización de cada indicador se ha realizado según el método detallado en el Anexo 5.

Nota 3: Fuentes: 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 5B, 5C: Censos de Población y Vivienda de Panamá 2010, VIII Censo de Población y IV de Vivienda 2005 de Nicaragua; 3B: encuestas telefónicas a comités locales de la Cruz Roja de Nicaragua y Panamá; 5A: estadísticas de salud de los ministerios de salud de Nicaragua y Panamá; 5D, 6A: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) de Panamá, CATHALAC; 6B: Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas (SICAP), ANAM

ANEXO 14. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE ÁREAS PROTEGIDAS

14.1 Índice de vulnerabilidad de áreas protegidas (hábitats terrestres) de Nicaragua y Panamá, escenarios B1 y A2

Área Protegida	Vulnerabilidad B1					Vulnerabilidad A2				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Cabo Viejo-Tala Sulamas		23		77			2	22	76	
Laguna Bismuna-Raya		93	1	6			0	94	6	
Laguna Pahara		22	53	25			22	1	77	
Laguna Yulu Karat		4	24	72			4	2	94	
Cerro Silva		97	1	2			87	2	11	
Río Indio Maíz		86	4	11			86		14	
Río San Juan		27		73			27		73	
Cayos Miskitos			24	45	31			8	28	65
Laguna Layasiksa				73	27				33	66
Laguna Kukalaya				70	30				22	78
San Lorenzo	4	85	10			4		96		
Isla Galeta	1	46	53			1	32	67		
Portobelo	22	47	31			2	34	65		
Santa Isabel	70	13	17			14	69	17		
San San Pond Sak		78	8	14			78	8	14	
Damani-Guariviara			100					81	19	
Narganá		71	10	19			42	5	53	
Donoso		52	19	29			30	3	67	

Nota: El rango de valor del índice varía entre 0 y 100 y representa el porcentaje de área conjunta de bosques sometido a cada nivel de vulnerabilidad.

14.2 Índice de vulnerabilidad de áreas protegidas (hábitats marinos) de Nicaragua y Panamá, escenarios B1 y A2

Área Protegida	Vulnerabilidad B1					Vulnerabilidad A2				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Cayos Miskitos			45	54	1			45	54	1
Portobelo	100					100				
Marino Isla Bastimento		100					100			
Donoso		100					100			
Escudo de Veraguas			100					100		

Nota: El rango de valor del índice varía entre 0 y 100 y representa el porcentaje de área conjunta de arrecifes, pastos marinos y manglares sometido a cada nivel de vulnerabilidad.

ANEXO 15. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS

15.1 Vulnerabilidad de municipios de Nicaragua, escenarios B1 y A2

Municipio	Vulnerabilidad escenario B1					Vulnerabilidad escenario A2				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Muy baja	Baja	Med	Alta	Muy alta
Waspám		87	1	12			1	79	20	
Bluefields		93	3	4			78	1	21	
San Juan del Norte		79		21			79		21	
Puerto Cabezas		56	27	17			45	12	43	
D. del Río Grande				100					100	
Laguna de Perlas				100					100	
Prinzapolka				87	13				27	73
Kukra Hill			1	26	73			1		99

15.2 Vulnerabilidad de distritos de Panamá, escenarios B1 y A2

Distrito	Vulnerabilidad escenario B1					Vulnerabilidad escenario A2				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Muy baja	Baja	Med	Alta	Muy alta
Santa Isabel	70	13	17			14	69	17		
Portobelo	24	41	36			2	36	62		
Colón	9	61	31			9	20	71		
Chagres		1	92	6			0	74	26	
Bocas del Toro		27	30	43			27	30	43	
Changuinola		39	16	45			39	15	46	
Comarca Kuna Yala		71	10	19			42	5	53	
Donoso		52	19	29			30	3	67	
Chiriquí Grande		3	7	90			2	4	94	
Santa Fe		21	63	16					100	
Kusapín			75	8	18			56	21	23
Kankintú			19	32	50			19	27	54

Nota: El rango de valor del índice varía entre 0 y 100 y representa el porcentaje de área del distrito medido a cada nivel de vulnerabilidad.