



Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático para el Parque nacional Marino Las Baulas de Guanacaste 2015-2020

Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático para el Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste 2015-2020

Área de Conservación Tempisque
Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)
2015



Publicado por: SINAC. Sistema Nacional de Áreas de Conservación

Donado por: Proyecto BIOMARCC SINAC GIZ

Elaboración técnica: Sven Bratschke

Equipo de Planificación: Rotney Piedra y Ademar Rosales

Asesoría técnica: Rodrigo Villate (BIOMARCC-GIZ).

Copyright: © 2015. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)

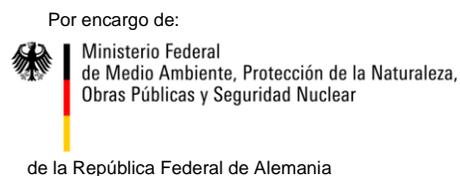
Esta publicación puede citarse sin previa autorización con la condición que se mencione la fuente

Citar como: SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2015. Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático para el Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste. Área de Conservación Tempisque. Guanacaste-Costa Rica. 73 p.

El proceso de facilitación de este Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático fue llevado a cabo mediante un acuerdo de donación con *Sven Bratschke* y fue posible gracias al apoyo técnico y financiero del Proyecto BIOMARCC-SINAC-GIZ, del personal del Área de Conservación Tempisque y el Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste

La elaboración de este Plan de Mitigación y Adaptación se enmarca dentro de la iniciativa de Gobierno “Costa Rica por Siempre”. El Programa Costa Rica Por Siempre es una iniciativa público-privada de conservación, desarrollada con el objetivo de consolidar un sistema de áreas protegidas marinas y terrestres que sea ecológicamente representativo, efectivamente manejado y con una fuente estable de financiamiento, permitiéndole a Costa Rica ser el primer país en desarrollo en cumplir las metas del Programa de Trabajo en Áreas Protegidas (“PTAP”) de la Convención sobre Diversidad Biológica (“CDB”) de las Naciones Unidas.

El proyecto BIOMARCC-SINAC-GIZ “Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica, Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático” es un proyecto de apoyo al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC-MINAE) ejecutado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) en el marco de su Iniciativa Protección del Clima (IKI).



Índice

Índice de cuadros y mapas	5
Índice de figuras	6
Abreviaciones.....	7
1. Introducción general y justificación	9
2. Descripción general del PNMLB	11
3. Marco Político y Legal	13
4. Objetivos y visión	15
5. Presentación del enfoque metodológico.....	16
6. Información climática del PNMLB	18
6.1 Precipitación.....	19
6.2 Temperatura atmosférica.....	21
6.3 Fenómenos de variabilidad climática y eventos extremos.....	23
7. Cambio Climático y los escenarios futuros en el PNMLB	24
7.1 Precipitación.....	25
7.2 Temperatura atmosférica.....	26
7.3 Temperatura oceánica y cambios oceánicos.....	28
7.4 Cambios en los eventos extremos.....	28
7.5 Aumento del nivel del mar.....	29
8. Impactos esperados del cambio climático en el PNMLB y su zona de amortiguamiento.....	32
8.1 Impactos en el litoral arenoso, vegetación costera y tortugas marinas	32
8.2 Impactos en el bosque seco tropical.....	34
8.3 Impactos en los humedales y manglares.....	35
8.4 Impactos en la parte marina.....	36
8.5 Recurso hídrico.....	38
9. Modelo conceptual.....	39
10. Plan de acción: Adaptación al cambio climático y mitigación del cambio climático.....	41
11. Control, monitoreo y seguimiento de las acciones y estrategias	53
12. Presupuesto.....	¡Error! Marcador no definido.
13. Glosario	61
Bibliografía:.....	64

Índice de cuadros y mapas

Cuadro 1: Descripción general del PNMLB	11
Cuadro 2: Actividades y tareas dentro del Plan Estratégico de SINAC	14
Cuadro 3: Amenazas y estreses relacionado con el cambio climático en el modelo conceptual	39
Mapa 1: Ubicación del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guancaste	12
Mapa 2: Área de influencia del PNMLB.....	12

Índice de figuras

Figura 1: Esquema del procedimiento ciclico de MARISCO.....	17
Figura 2: Precipitación promedia en el Pacífico Norte de 1961-1990	19
Figura 3: Precipitación media anual (mm) en el Pacífico Norte de Costa Rica entre 1961-1990.....	20
Figura 4: Precipitación media anual (mm) entre 1950-2000 en la Península de Nicoya usando el modelo global de WorldClim	20
Figura 5: Temperatura media anual (°C) para la region en el Pacífico Norte de Costa Rica entre 1961-1990	21
Figura 6: Temperatura media anual (°C) entre 1950 y 2000 en la Península de Nicoya usando el modelo global de WorldClim	22
Figura 7: Evapotranspiración media anual (mm) en el Pacífico Norte de Costa Rica entre 1961-1990.....	22
Figura 8: Déficit de precipitación promedia (%) durante sequías entre 1960-2005	23
Figura 9: Variabilidades climáticas y sus impactos en la precipitación en el Pacífico Norte.....	24
Figura 10: Precipitación media anual (mm) para 2071-2100 en la Península de Nicoya usando el modelo regional PRECIS y el escenario A2	25
Figura 11: Tasa de cambio (%) de la precipitación entre el período do 1961-1990 y el escenario para 2071-2100.....	26
Figura 12: Temperatura media anual en el escenario A2 para 2071-2100 en la Península de Nicoya usando el modelo regional PRECIS y el escenario A2.....	27
Figura 13: Tasa de cambio para la temperatura máxima (izquierda) y mínima (derecha) entre el período de 1961-1990 y el escenario para 2071-2100	27
Figura 14: Frecuencia de eventos extremos secos en Costa Rica de 1960-2004	29
Figura 15: Frecuencia de eventos extremos lluviosos en Costa Rica 1960-2004.....	29
Figura 16: Comparación del sector sur de Playa Grande en 2009 (izquierda) y con un aumento del nivel del mar de 100cm (derecha)	30
Figura 17: Comparación del sector norte de Playa Grande y Playa Ventanas en 2009 (izquierda) con un aumento del nivel del mar de 100 cm (derecha)	30
Figura 18: Proyección de Playa Grande con un aumento del nivel del mar de un metro y un desplazamiento de la playa por 50m hacía atras	31

Abreviaciones

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
ACT	Área de Conservación Tempisque
ASADA	Asociaciones Administradoras de Acueductos Rurales en Costa Rica
ASP	Área Silvestre Protegida
BIOMARCC	Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica, Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBD	Convention on Biological Diversity (<i>Convención de la Diversidad Biológica</i>)
CC	Cambio climático
CCr	Current Criticality (<i>Criticalidad actual</i>)
CIT	Convención Interamericana para la Protección de Tortugas Marinas
CMS	Convention on Migratory Species (<i>Convención sobre la conservación de Especies migratorias</i>)
CMP	Conservation Measures Partnership
CO ₂	Dióxido de carbono
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México
CRHH	Comité Regional de Recursos Hidráulicos
EFM	Elemento Focal de Manejo
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENSO	El Niño-Southern Oscillation
FCr	Future Criticality (<i>Criticalidad futura</i>)
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
GEI	Gases del efecto invernadero
GIAL	Gestión Integrada en Áreas Litorales
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (<i>Asociación alemana por la cooperación internacional</i>)
ICT	Instituto Costarricense de Turismo (<i>Costa Rican Tourism Board</i>)
IMN	Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (<i>Panel intergubernamental sobre el cambio climático</i>)
Ir	Irreversibility (<i>Irreversibilidad</i>)
IUCN	International Union for Conservation of Nature (<i>Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza</i>)
km ²	Kilómetro cuadrado
Kn	Knowledge (<i>Conocimiento</i>)
LoA	Level of Activity-Systemic Activity (<i>Nivel de actividad-actividad sistémica</i>)
m	Metros
mm	Milímetros
Ma	Manageability (<i>Manejabilidad</i>)
Mag	Magnitude (<i>Magnitud</i>)
MARISCO	Manejo Adaptativo de vulnerabilidad y Riesgo en Sitios de CONservación
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica

MINAET	Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica
NoE	Number of Elements influenced-Systemic Activity (<i>Número de elementos influenciados-Actividad sistémica</i>)
ONG	Organización no-gubernamental
PCr	Past Criticality (<i>Criticalidad pasada</i>)
PNMLB	Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste
PRETOMA	Programa Restauración de Tiburones y Tortugas Marinas
PSE	Pagos por los servicios ecosistémicos
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (<i>Reducir Emisiones de la Deforestación y la Degradación de los Bosques</i>)
RNVST	Refugio Nacional de Vida Silvestre Tamarindo
SA	Systemic Activity (<i>Actividad sistémica</i>)
Sc	Scope (<i>Alcance</i>)
Se	Severity (<i>Severidad</i>)
SENARA	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento
SETENA	Secretaria Técnica Nacional Ambiental
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica
SR	Strategic Relevance (<i>Relevancia estratégica</i>)
Tc	Current Trend of change (<i>Tendencia de cambio</i>)
TLT	The Leatherback Trust
TNC	The Nature Conservancy
TSM	Temperatura Superficial del Mar
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification
UNDP	United Nations Development Programme
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (<i>Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</i>)
WWF	World Wildlife Fund (<i>Fondo Mundial para la Naturaleza</i>)

1. Introducción general y justificación

El Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste (PNMLB) es conocido al nivel nacional e internacional como sitio de mayor importancia para la anidación de la tortuga baula (*Dermochelys coriacea*): especie en peligro de extinción en el océano pacífico (UICN 2015). El parque también alberga ecosistemas importantes como el estero de Tamarindo, declarado como sitio RAMSAR, y otros humedales, manglares, y remanentes de bosque seco tropical, litorales rocosos y playas arenosas de anidación entre otros. Así que una alta muestra de biodiversidad marino-costera se encuentra dentro de esta Área Silvestre Protegida (ASP). En las últimas décadas, amenazas como la creciente visitación, el desarrollo turístico y costero dentro del parque y en la zona de amortiguamiento o la pesca ilegal incrementaron la vulnerabilidad de sus ecosistemas y produjeron riesgos fundamentales para la funcionalidad e integridad del PNMLB.

El desarrollo socioeconómico de las sociedades en el siglo XX y XXI conjunto con un aumento de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) como el CO₂ resultan en lo que se conoce hoy como el cambio climático global. Con la creación del *Panel Intergubernamental del Cambio Climático* (IPCC por sus siglas en inglés) en 1988 se empezó a analizar los cambios climáticos, sus impactos y los potenciales escenarios futuros de una forma permanente. Consecuencias potenciales del Cambio Climático (CC) son entre otros: cambios en la temperatura atmosférica o la precipitación, la intensificación de los eventos extremos o el aumento del nivel del mar por la fusión de los glaciares en Groenlandia y Antártica.

Para el PNMLB y su biodiversidad, sus ecosistemas y el bienestar humano, el CC representará una amenaza adicional en el futuro. Entender la relación entre la biodiversidad y el cambio climático en Costa Rica tiene una alta importancia nacional y global por su riqueza de especies. Según INBio (2009) se registran 91.000 diferentes especies en Costa Rica lo que representa un 4,5% de las especies conocidas en el mundo. El PNMLB y sus ecosistemas diferentes como el bosque seco tropical, los humedales, los manglares o las playas de anidación son sitios con una alta biodiversidad que albergan también especies que ya se encuentran en peligro de extinción. El cambio climático como una de las principales amenazas globales acelerará los impactos negativos ya existentes y causará estreses futuros en los Elementos Focales de Manejo (EFM) del PNMLB. Ante esta situación de deterioro ambiental surge la necesidad de que la administración del parque, la sociedad civil y otros grupos de interés identifiquen los impactos potenciales del CC sobre los EFM, para así desarrollar estrategias para mitigar los impactos y aumentar la capacidad adaptativa y la resiliencia de los ecosistemas. Para que estas estrategias resulten exitosas y se logre la conservación del medio ambiente, es indispensable involucrar a los actores claves. De esta forma se espera que este plan tenga también un carácter educativo y sirva como herramienta para producir un cambio en las conductas y formas de uso de los recursos de los visitantes, vecinos y en la sociedad civil en general.

Para cumplir con estas metas, el siguiente plan muestra un análisis de vulnerabilidad del PNMLB ante el cambio climático y se presentan hipótesis de cambio en los diferentes ecosistemas y las especies claves. De igual manera, el plan presenta estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático en los límites del parque y la zona de amortiguamiento. Estas estrategias se basan en un principio precautorio o en un concepto de manejo adaptativo para incorporar las incertidumbres que todavía existen alrededor de las ciencias del cambio climático. El objetivo principal del plan y sus estrategias es aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa y así

reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas dentro del parque ante el cambio climático, contribuyendo así con la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales en el largo plazo. Además, la administración del PNMLB quiere reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y su contribución al cambio climático con la implementación del siguiente plan. Se reconoce que es un plan ambicioso dado la importancia de las estrategias relacionadas con el cambio climático como herramientas claves para promover la conservación de la naturaleza. La implementación de las estrategias será gradual en función de las posibilidades de personal y medios, con el objetivo de poder desarrollarlo por completo en un futuro cercano.

En la primera parte el plan presenta datos generales del PNMLB, el marco legal y político de este plan y los objetivos. En la siguiente parte se identifican las condiciones climáticas en la región así como los escenarios futuros del cambio climático para Costa Rica, la región de Guanacaste y el PNMLB. El enfoque geográfico de los estudios depende de la disponibilidad de los datos y de la resolución aplicada. Además, se analiza como los cambios podrían afectar a las tortugas marinas y los ecosistemas dentro del parque. Se incluyen también los resultados de los talleres participativos de MARISCO que se realizaron con los funcionarios del ASP y el Área de Conservación. El objetivo de los talleres MARISCO es la identificación de los factores y amenazas que generan estreses en los EFM y realizar un modelo conceptual que permita visualizar y priorizar los factores más relevantes. El modelo conceptual sirvió como la base para la identificación y valoración de las estrategias de adaptación al cambio climático. La parte siguiente del plan explica por lo tanto las estrategias y acciones que deberían desarrollarse para contribuir a la mitigación del cambio climático y la adaptación a los potenciales impactos. Al final se incluyen los capítulos de la implementación, el monitoreo y el requerido presupuesto. Los términos y conceptos importantes que sirven como la base para el siguiente plan están explicados en el glosario.

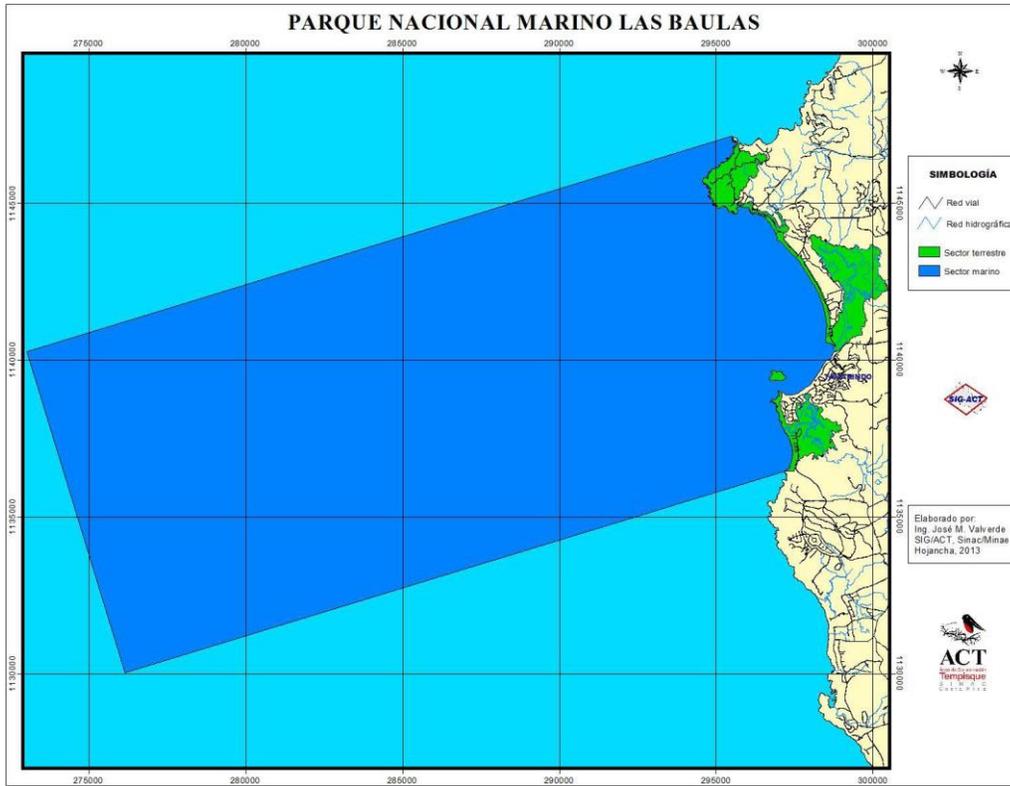
2. Descripción general del PNMLB

El siguiente cuadro resume los datos principales del PNMLB. Los siguientes mapas visualizan la ubicación y los límites del parque así que la zona de amortiguamiento.

Cuadro 1: Descripción general del PNMLB

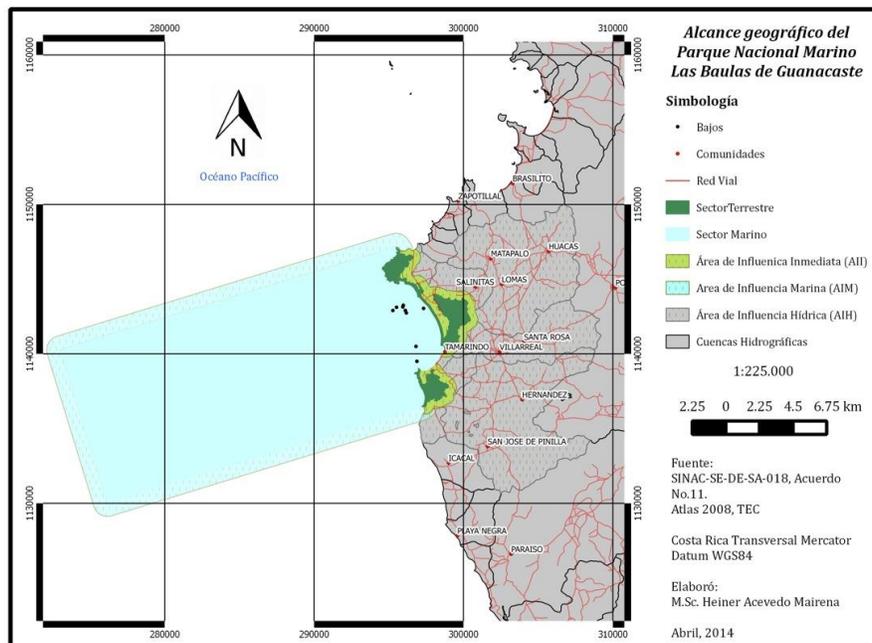
Indicador	Descripción
Nombre	Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste (PNMLB)
Creación	El 05 de junio de 1991 (<i>Decreto Ejecutivo N° 20518</i>) El 10 de julio de 1995 (<i>Ley 7524</i>)
Área de Conservación	Área de Conservación de Tempisque (ACT)
Ubicación	Región: Guanacaste Cantón: Santa Cruz Distritos: Cabo Velas y Tamarindo
Extensión	<p><u>Terrestre:</u> Extensión de 948,2 hectáreas continentales que se dividen en:</p> <ol style="list-style-type: none"> Playa Grande, Playa Ventanas, Playa Langosta y Playa Carbón Esteros de Tamarindo (RAMSAR), Ventanas y San Francisco Áreas de bosque seco del Cerro El Morro o Morro Hermoso Ecosistemas costeros y de acantilados <p><u>Marina:</u> 12 millas del Bahía de Tamarindo en el Océano Pacífico (25.180,7 hectáreas)</p>
Información relevante del PNMLB	Las áreas protegidas del PNMLB son playas Grande, Ventanas y Langosta, el estero de Tamarindo (RAMSAR), Ventanas y San Francisco, el ecosistema de bosque seco, los corredores biológicos, la biodiversidad botánica y faunística especialmente en lo que respecta a avifauna, peces y tortugas marinas. La especie clave del parque es la tortuga baula (<i>Dermochelys coriacea</i>) que anida entre los meses de octubre y marzo en las playas del parque.
Elementos Focales de Manejo según el Plan de Manejo (2014)	Bosque Seco Sector hídrico Manglar Litoral arenoso Sistema de la vegetación costera Sistema béntico, Sistema pelágico

Mapa 1: Ubicación del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guancaste



Fuente: SINAC, 2013

Mapa 2: Área de influencia del PNMLB



Fuente: SINAC, 2014

3. Marco Político y Legal

Al nivel internacional, Costa Rica forma parte como partido miembro en varias convenciones ambientales de mayor importancia como las siguientes:

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) | Entrada en vigor: 24.11.1994 (UNFCCC, 2013)
- Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD por sus siglas en inglés) | Entrada en vigor : 26.08.1994 (CBD, 2013)
- Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional de Ramsar | Entrada en vigor : 27.04.1992 (RAMSAR, 2013)
- Convención sobre Especies Migratorias Silvestres (CMS por sus siglas en inglés) | Entrada en vigor : 01.08.2007 (CMS, 2013)
- Convención de las Naciones Unidas sobre la Lucha contra la Desertificación (UNCCD por sus siglas en inglés) | Entrada en vigor: 08.04.1998 (UNCCD, 2012)

Para el desarrollo del Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, la UNFCCC es la convención internacional de mayor importancia. Con su aprobación, Costa Rica se compromete, entre otros puntos, a *formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático [...] y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático* (UNFCCC, 1992; Artículo 4b).

En el año 2009, Costa Rica publicó su Estrategia Nacional de Cambio Climática (ENCC). Según este documento el país *'se propone asumir un rol de liderazgo en el tema del cambio climático y continuar con una trayectoria que ya se ha venido desarrollando [...], para alcanzar la C-neutralidad en 2021'* (MINAET, 2009, p.36). Por lo tanto, el cambio climático fue también declarado como una de las áreas prioritarias de acción en la iniciativa nacional *Paz con la Naturaleza*. El Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático para el Parque Nacional Marino Las Baulas está también en línea del objetivo general de la ENCC, definido como:

Reducir los impactos sociales, ambientales y económicos del cambio climático y tomar ventaja de las oportunidades, promoviendo el desarrollo sostenible mediante el crecimiento económico, el progreso social y la protección ambiental por medio de iniciativas de mitigación y acciones de adaptación, para que Costa Rica mejore la calidad de vida de sus habitantes y de sus ecosistemas, al dirigirse hacia una economía carbono neutral competitiva para el 2021.
(MINAET, 2009, p.46)

La Estrategia Nacional se dirige a todos los sectores que afectan o están afectados al/por el cambio climático. Al nivel nacional, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC por sus siglas en español) está en carga de las actividades relacionadas con la mitigación y adaptación al cambio climático en las áreas protegidas.

Dentro del Plan de Acción 2013-2017 y del Plan quinquenio Estratégico 2010-2015 de SINAC (MINAET, 2012), el tema del cambio climático está incorporado en la estrategia siguiente:

Estrategia 1: Conservación y uso sostenible de la biodiversidad y los recursos naturales

Dentro de esta estrategia se encuentran varios objetivos, de los cuales el siguiente objetivo se dirige al aspecto del cambio climático:

Objetivo 2.2 Fortalecer la gestión para la adaptación y mitigación a los impactos del cambio climático en los ecosistemas.

Además, el objetivo está diferenciado en las tres (3) siguientes metas:

2.2.1 Analizar el nivel de vulnerabilidad de los efectos del cambio climático y de los riesgos a que está expuesta la biodiversidad en Costa Rica.

2.2.2 Diseñar e implementar la Estrategia para la adaptación de la biodiversidad al cambio climático, con su respectivo plan de acción.

2.2.3 Coordinar el programan institucional de actividades del SINAC dentro del marco de la Estrategia nacional REDD.

El indicador de resultados para las acciones de este objetivo está definido como *la cantidad de ecosistemas con acciones de adaptación y mitigación implementados y manteniendo los bienes y servicios*. Junto a las organizaciones que trabajan en los temas de las cuencas hidrográficas, del ordenamiento territorial, de los bosques y la biodiversidad, las áreas silvestres protegidas y sus administraciones son uno de los actores claves de las actividades y tareas dentro de las estrategias específicas.

El siguiente plan de adaptación y mitigación al cambio climático está entonces justificado y relacionado por/con las siguientes actividades y tareas.

Cuadro 2: Actividades y tareas dentro del Plan Estratégico de SINAC

Actividades	Tareas
2.2.1.1 Realizar estudios sobre la vulnerabilidad y los riesgos de la biodiversidad por los efectos del cambio climático.	Elaborar los estudios sobre la vulnerabilidad y los riesgos de la biodiversidad por los efectos del cambio climático. Priorizar las amenazas y los riesgos de los ecosistemas identificando la afectación negativa a los bienes y servicios que producen.
2.2.2.1 Diseñar la Estrategia para la adaptación de la biodiversidad y su respectivo plan de acción.	Elaborar la Estrategia para la adaptación de la biodiversidad y su respectivo plan de acción.

Fuente: MINAET, 2012

Aunque las actividades mencionadas en los planes de SINAC están enfocadas al nivel nacional, los estudios sobre la vulnerabilidad y las estrategias de adaptación en distintos áreas silvestres protegidas ayudarían a cumplir las metas generales del SINAC. La importancia que juegan las

ASP en la mitigación y adaptación al cambio climático fue también reconocida en la versión actualizada de las *Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica* (SINAC, 2010A). Entre las diferentes políticas, el SINAC define *las respuestas ante amenazas globales y locales* como una de las políticas más importantes. Según este documento, el objetivo específico de la política es *‘incorporar en los procesos de planificación y gestión de las ASP, herramientas técnicas, criterios, indicadores y metodologías que favorezcan la mitigación y la adaptación al cambio climático y otras amenazas’* (SINAC, 2010A, p. 28). Las siguientes estrategias del plan revelan otra vez la relevancia de un plan de cambio climático para el PNMLB:

8.1.1 Incorporar en la Estrategia Nacional de Cambio Climático el aporte de las ASP en los procesos de mitigación y adaptación al cambio climático.

8.1.3 Contribuir a la adaptación basada en ecosistemas, desarrollando herramientas metodológicas y criterios que contribuyan a aumentar la resiliencia de los ecosistemas.

Las tres herramientas presentadas, la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), el Plan de Acción y Estratégico del SINAC y las Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas del SINAC, muestran la importancia de las ASP en la mitigación y adaptación al cambio climático. Los estudios de vulnerabilidad, las estrategias y otras herramientas tienen que estar desarrollados para fortalecer estas áreas frente a los impactos y desafíos del cambio climático en los próximos años y décadas.

Además, como el PNMLB y sus playas son uno de los sitios más importantes para la anidación de la tortuga baula en las Américas, hay que mencionar que Costa Rica es también miembro en la Convención Interamericana para la Protección de Tortugas Marinas (CIT). En la cuarta conferencia de la convención en San José se aprobó la resolución CIT-COP4-2009-R5 en la cual los partidos miembros se ponían de acuerdo que la convención debería entre otros (CIT, 2009):

- Incluir a los hábitats marinos y costeros de los cuales dependen las tortugas marinas en los planes y programas de adaptación al cambio climático.
- Fortalecer el diseño, identificar e implementar medidas correctivas y de adaptación al cambio climático dentro de los planes de manejo, planes reguladores, así como programas de protección y conservación de tortugas marinas y sus hábitats.
- Identificar, interpretar, elaborar y ejecutar adicionalmente medidas de mitigación de amenazas no climáticas como una manera de mejorar el estado de conservación de las poblaciones de tortugas marinas y sus hábitats, para que estén en mejor condición de responder a los impactos del cambio climático.

La resolución de la CIT muestra por lo tanto otra vez la importancia y necesidad del siguiente plan con respecto a la protección de las tortugas marinas que llegan al PNMLB y sobre todo de la tortuga baula y la población del pacífico oriental que está en peligro de extinción.

4. Objetivos y visión

El objetivo prioritario del siguiente plan es la identificación de los potenciales impactos del cambio climático en los objetos de conservación y/o los ecosistemas del PNMLB y diseñar

estrategias de mitigación y adaptación de/al cambio climático para disminuir las propias contribuciones al cambio climático y para incrementar la resiliencia de los ecosistemas dentro del PNMLB ante los potenciales cambios. La implementación de las estrategias contribuye a la conservación del medio ambiente y los recursos marino-costeros del PNMLB.

Este plan de mitigación y adaptación al cambio climático se interrelaciona con el Plan General de Manejo, publicado en el 2014, y otros planes específicos. El siguiente plan complementa estos planes, sus estrategias y acciones por la incorporación de uno de los temas más importantes del siglo XXI: el cambio climático. Para su implementación se requiere la incorporación de actores claves y varios grupos de interés cuyo apoyo es de mayor importancia para el éxito de este plan. En este contexto se refiere a la sociedad civil, organizaciones, empresas, voluntarios y expertos que ayudan con la implementación de las estrategias propuestas o contribuyen con trabajos de investigación a un mejor entendimiento sobre los cambios climáticos y cómo pueden afectar al PNMLB y sus ecosistemas.

Por lo tanto, los objetivos específicos del plan son los siguientes:

1. Identificar el impacto potencial del cambio climático en la disminución del bienestar de los objetos de conservación, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano del PNMLB y su zona de amortiguamiento.
2. Contribuir a mantener los ecosistemas en PNMLB resilientes y funcionales ante el cambio climático y así prevenir la ocurrencia de nuevas amenazas o la exacerbación de amenazas actuales para los objetos de conservación del PNMLB.
3. Disminuir el impacto ecológico y las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades desarrolladas en el PNMLB y las que están realizadas por la administración para mitigar la propia contribución al cambio climático.
4. Identificar y desarrollar alianzas estratégicas con otros grupos de interés, instituciones, organizaciones y/o empresas privadas, que pueden participar en la implementación de las estrategias con el fin de fortalecer actividades de la mitigación y adaptación y educar e influenciar el comportamiento de otras personas.

La visión

La visión de este plan se refiere a la visión definida en el Plan General de Manejo para el PNMLB.

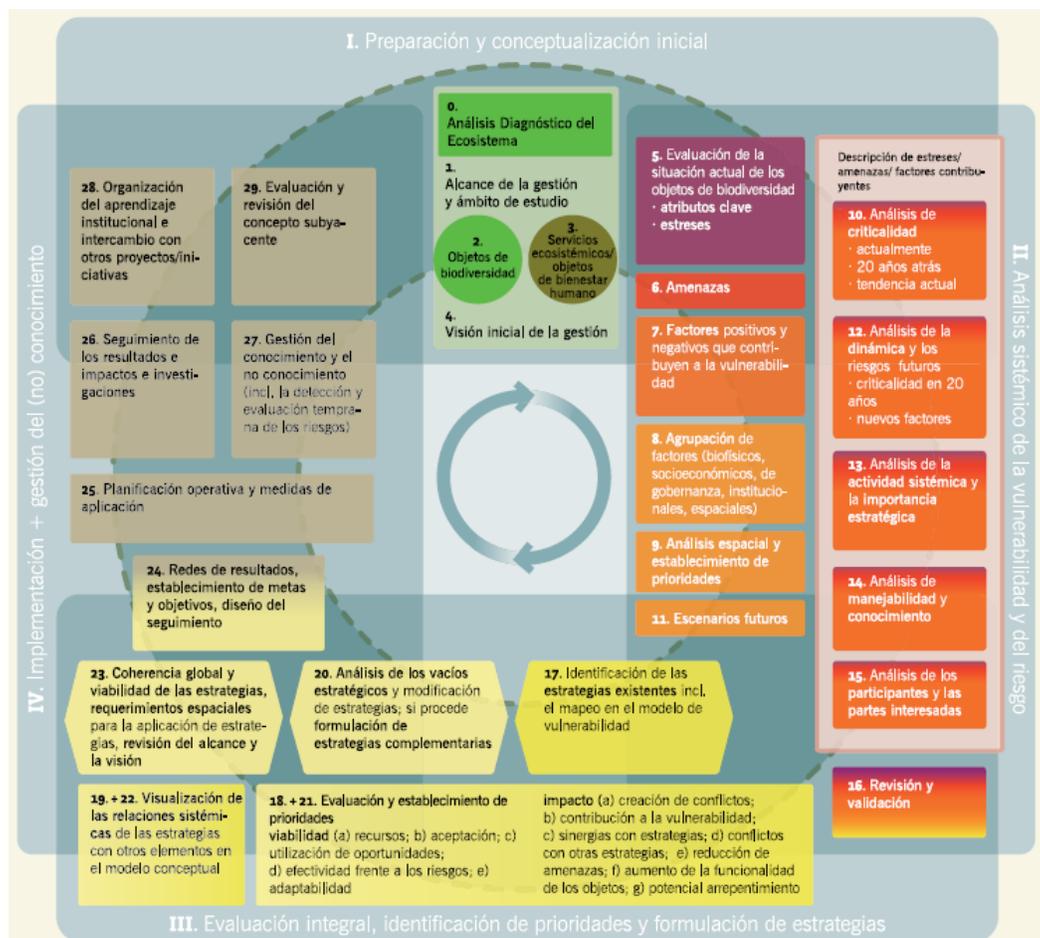
El PNMLB es un modelo de conservación de ecosistemas marinos y terrestres adaptados al cambio climático, con personal comprometido y capacitado que gestiona los ecosistemas y sus beneficios (servicios ecosistémicos), en cooperación e integración con los diferentes actores contribuyendo al desarrollo local sostenible.

5. Presentación del enfoque metodológico

Para el diseño del Plan de Manejo y el abordaje del tema del cambio climático, se implementó la metodología del Manejo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). La metodología captura la idea del manejo adaptativo y se basa en la herramienta de los Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación de CMP (Geiger, Kreft y Ibsch, 2012). El objetivo

general de la metodología MARISCO es la incorporación de los riesgos y la vulnerabilidad en el manejo de la conservación de un sitio a través de un enfoque gradual y participativo (Ibisch y Hobson, 2014, p.11). Otros objetivos específicos incluyen: 1) la representación de la situación y las relaciones complejas en los sitios de conservación en un modelo conceptual, 2) la sensibilización de los participantes sobre el pensamiento crítico en los aspectos de riesgo, la vulnerabilidad y los procesos del cambio global y climático, así como 3) promover y compartir conocimiento dentro de los talleres respectivos (Ibisch y Hobson, 2014, pp.41). MARISCO se basa en los conceptos del manejo adaptativo, la teoría de sistemas así como el manejo del riesgo y la vulnerabilidad (véase el glosario). Por otra parte, la metodología se compone de diferentes pasos metodológicos que se agrupan en cuatro fases principales.

Figura 1: Esquema del procedimiento cíclico de MARISCO



Fuente: Ibisch y Hobson, 2014, p.15

La metodología MARISCO se llevó a cabo en un proceso participativo, centrándose en las tres primeras fases del ciclo metodológico. La aplicación de la metodología y sus pasos se modificó con el objetivo de centrarse en los pasos claves de MARISCO (comparar Ibisch y Hobson, 2014, pp.47) y entregar los siguientes resultados que se consideran elementales y necesarios para el establecimiento del Plan de Manejo y los Planes Específicos bajo la incorporación de los aspectos

del CC. Los siguientes resultados están representados y visualizados en la forma de un modelo conceptual (capítulo 9) y se generaron en diversos talleres participativos y técnicos:

- I. Definición del alcance geográfico y la visión para el PNMLB y su administración (*Taller participativo y técnico*)
- II. Definición de los objetos de conservación incluyendo los objetos de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano (*Taller participativo y técnico*)
- III. Realización de un análisis de la situación sistémica y dinámica que incorpora las amenazas, los riesgos y sus factores subyacentes que generan estrés y vulnerabilidad en los objetos de conservación (*Taller participativo y técnico*)
- IV. Establecimiento de una cartera estratégica y un marco que incluye la propuesta y evaluación de las estrategias y acciones específicas a lo largo de los indicadores relacionados con su impacto y viabilidad (*Taller técnico*)

Además se aplicó una investigación exhaustiva de los potenciales impactos del cambio climático en el PNMLB basado en la literatura, con el fin de diseñar hipótesis de cambio y complementar el modelo conceptual con elementos adicionales que no fueron identificados durante los talleres. El enfoque metodológico de la literatura de investigación y la formulación de hipótesis de cambio (ver glosario) se orientó en la '*Guía para la elaboración de la adaptación a los programas de cambio climático en las áreas protegidas*' establecidas a través de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP), el Fondo mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y The Nature Conservancy (TNC) (CONANP, el FMCN y TNC, 2011). Para la formulación de las hipótesis de cambio se identificaron las proyecciones del cambio climático para la región del Pacífico Norte/Península de Nicoya y se analizaron las informaciones con respecto a los cambios potenciales en los objetos de conservación. Por lo tanto, las hipótesis describen un escenario potencial y hay que seguir el concepto del manejo adaptativo para verificarlas, adaptarlas y modificar las acciones.

6. Información climática del PNMLB

El PNMLB se encuentra en la zona del Pacífico Norte de Costa Rica que está caracterizado, como el resto del país, por una época lluviosa y una época seca. La época seca va de diciembre a marzo, mientras que el mes de abril es el mes de transición que lleva a la época lluviosa que se extiende de mayo hasta noviembre (IMN y CRHH, 2008, p.11) (ver figura dos). Los diferentes períodos están influenciados por distintos vientos. En la época seca y el período del veranillo, los vientos Alisios de dirección noreste son los vientos predominantes; mientras que en los meses lluviosos el viento suroeste predomina en la zona. Según la clasificación de clima elaborado por Köppen (1918), el clima de PNMLB está caracterizado como clima de sabana (Aw por sus siglas en inglés – Clima trópico con un invierno (meses de diciembre a febrero) seco).

Figura 2: Precipitación promedio en el Pacífico Norte de 1961-1990



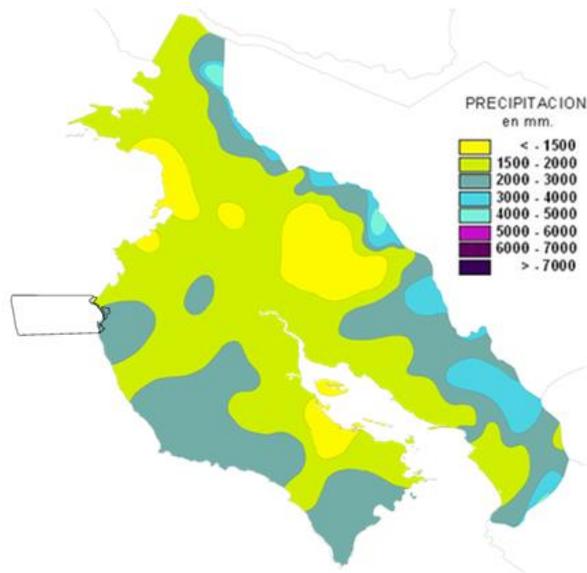
Fuente: IMN y CRHH, 2008, p. 11

6.1 Precipitación

Las estaciones meteorológicas de Santa Cruz y Cartagena están utilizadas en el siguiente apartado como puntos de referencia para el PNMLB. Entre las ocho estaciones meteorológicas de la zona del Pacífico Norte, Santa Cruz recibió, con un promedio de 1517mm de precipitación al año, la menor cantidad para el período de 1961-1990. Además, se registraron solamente 89 días con lluvias al año (IMN y CRHH, 2008). La estación meteorológica de Cartagena, a 10km al este de Huacas, registró una precipitación media anual de 1811.2mm de 1968-1996 (Tiffer-Sotomayor *et al.*, 2003). Según esta estación el mes más lluvioso es setiembre, mientras los meses con la menor cantidad de lluvia son enero y febrero. Sobre todo la segunda mitad de junio y los meses de setiembre y octubre son los meses donde *se producen los excesos de agua presentes en esta región* (Tiffer-Sotomayor *et al.*, 2003).

Según el atlas climático del Instituto Meteorológico Nacional los límites del PNMLB se encuentran entre zonas de precipitación de 1500-2000mm y 2000-3000mm al año (ver figura tres). Estos datos se basan en el período entre 1961 y 1990. Todos los mapas del atlas son proyecciones que están basadas en los datos de las diferentes estaciones meteorológicas. Sin embargo, los modelos solo muestran una resolución muy gruesa de los datos actuales para el PNMLB.

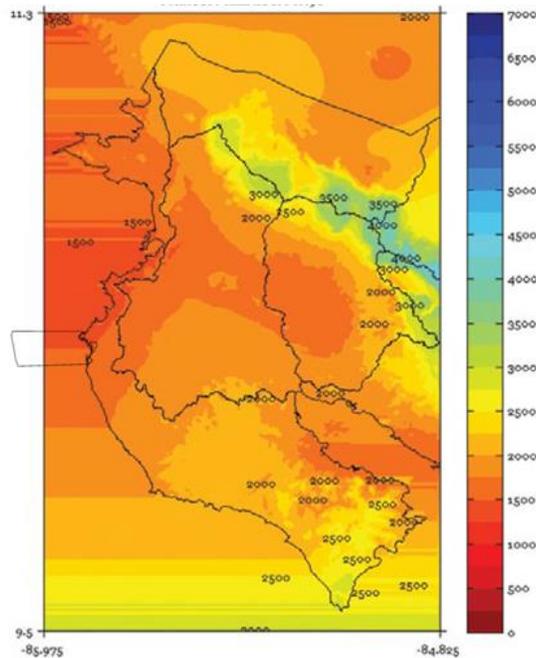
Figura 3: Precipitación media anual (mm) en el Pacífico Norte de Costa Rica entre 1961-1990



Fuente: IMN, 2005

La figura cuatro presenta una proyección de la precipitación media anual de la Península de Nicoya para el periodo de 1950 hasta 2000 basados en datos históricos y el modelo WorldClim (Alvarado *et al.*, 2012). El modelo indica que la precipitación anual alrededor de PNMLB llegó a niveles entre 1500 y 1750mm. Los datos de este estudio indican que los meses entre mayo y octubre reciben la mayoría de la precipitación anual.

Figura 4: Precipitación media anual (mm) entre 1950-2000 en la Península de Nicoya usando el modelo global de WorldClim

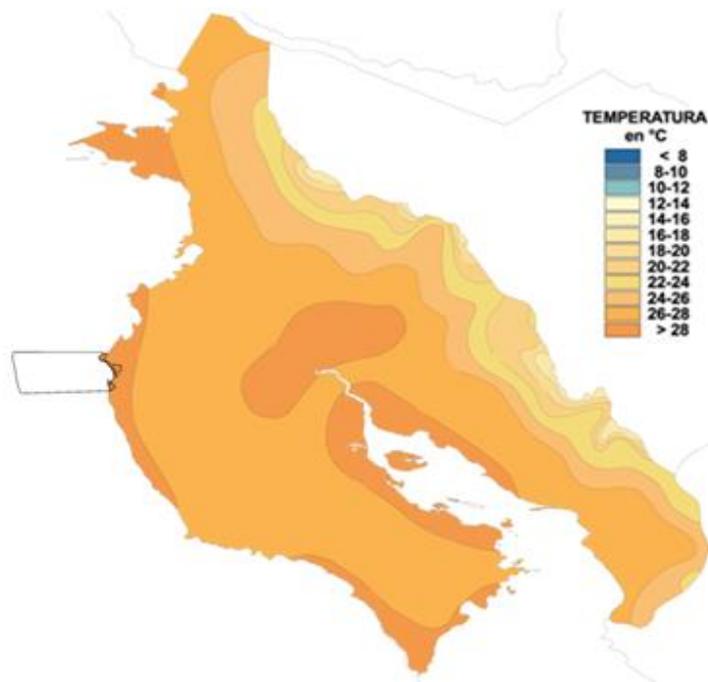


Fuente: Alvarado *et al.*, 2012, p. 234

6.2 Temperatura atmosférica

Entre 1961 y 1990 se registraron para la estación meteorológica de Santa Cruz una temperatura máxima de 33°C, mientras la temperatura mínima llegó a un nivel de 22.1°C (IMN y CRHH, 2008, p. 12). Además, la temperatura media anual entre 1971 y 1994 llegó a niveles entre 26.9°C y 29.7°C (Tiffer-Sotomayor *et al.*, 2003). Para el período de 1961-1990, el atlas climático del IMN muestra una temperatura media anual de 28°C para el área del PNMLB y sus alrededores (ver figura cinco). Según la estación meteorológica el mes con la temperatura máxima promedio es abril (35.8°C), mientras que el mes con la temperatura mínima promedio es febrero (21.1°C) (Tiffer-Sotomayor *et al.*, 2003).

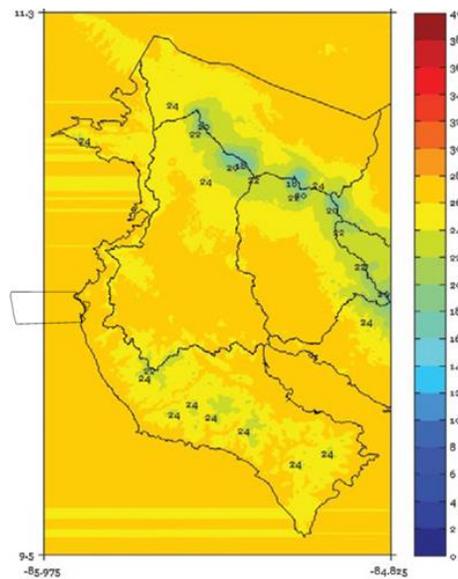
Figura 5: Temperatura media anual (°C) para la región en el Pacífico Norte de Costa Rica entre 1961-1990



Fuente: IMN, 2005

Comparado con el modelo del atlas climático (ver figura cinco), el modelo de Alvarado y otros (2012) indica una temperatura media de 26°C para el período de 1950 a 2000 (ver figura seis).

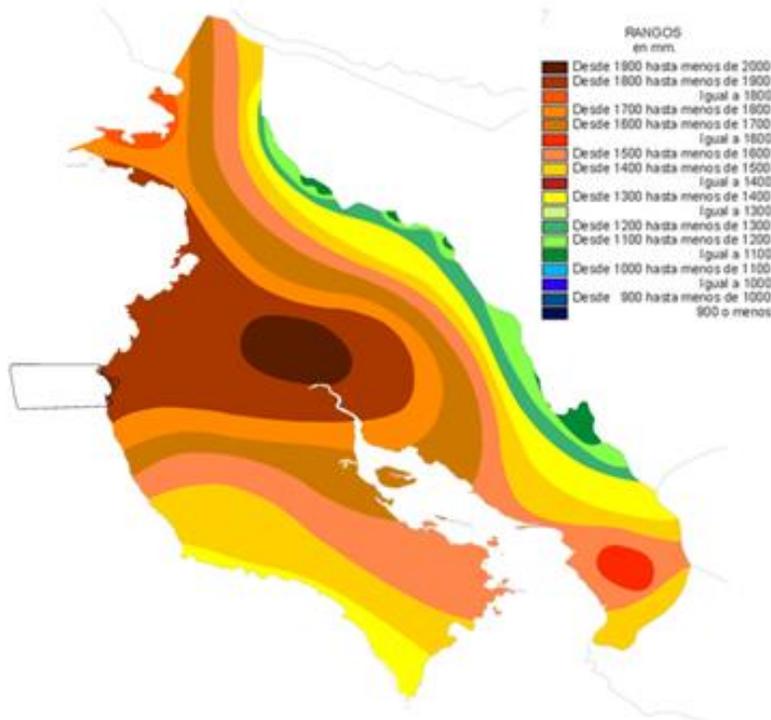
Figura 6: Temperatura media anual (°C) entre 1950 y 2000 en la Península de Nicoya usando el modelo global de WorldClim



Fuente: Alvarado *et al.*, 2012

Las altas temperaturas resultan en una alta tasa de evapotranspiración en la zona del PNMLB (ver figura siete). En el caso de la zona del PNMLB y sus alrededores la evapotranspiración media anual llega a niveles entre 1800mm-1900mm al año.

Figura 7: Evapotranspiración media anual (mm) en el Pacífico Norte de Costa Rica entre 1961-1990

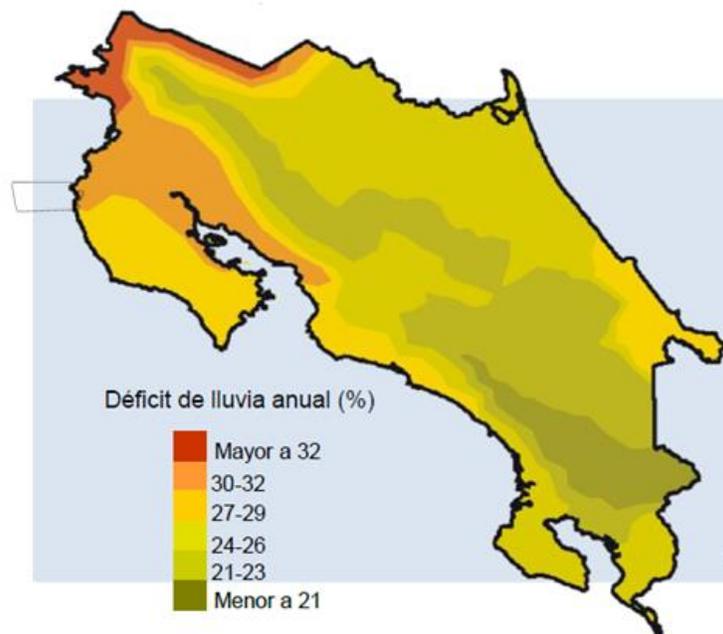


Fuente: IMN, 2005

6.3 Fenómenos de variabilidad climática y eventos extremos

Como otras partes del país, la región del Pacífico Norte está también influenciada por fenómenos de variabilidad climática y los eventos meteorológicos extremos. El Instituto Meteorológico Nacional muestra que *la mayor recurrencia de las sequías se encuentra en la región del Pacífico Norte* (IMN y CRHH, 2008). La figura 8 indica que en el caso de la área del PNMLB las sequías produjeron un déficit de precipitación anual promedio de 30-32% entre 1960-2005.

Figura 8: Déficit de precipitación promedio (%) durante sequías entre 1960-2005



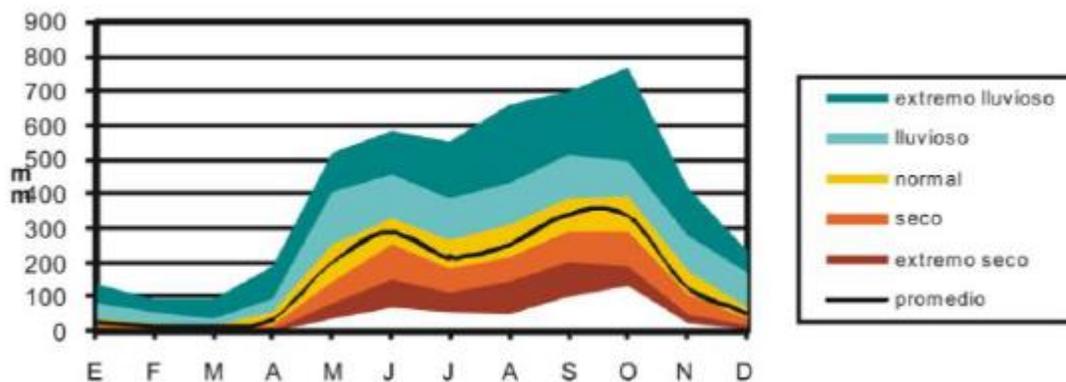
Fuente: IMN y CRHH, 2008 mapa realizado por Retana, 2008.

El fenómeno con mayor impacto en la variabilidad climática de la región es el fenómeno ENOS, un ciclo oceánico-atmosférico que se divide en las fases de El Niño y de La Niña. En años de El Niño muchas regiones en América del Sur tienen que enfrentar precipitaciones más intensas, mientras la costa pacífica de Costa Rica sufre de condiciones más secas. Al contrario, años de La Niña resultan en condiciones más lluviosas en la región.

Entre 1961-1990 ocho fenómenos de El Niño y ocho fenómenos de La Niña impactaron a Costa Rica. El periodo de mayor magnitud de El Niño fue registrado durante los meses de septiembre a diciembre, mientras que para la fase de La Niña la mayor magnitud fue detectada entre marzo y junio (IMN y CRHH, 2008). Según un informe del IMN y CRHH (2008) un 79% de los extremos secos en el Pacífico Norte está asociado con el Niño y un 60% de los extremos lluviosos en esta región está relacionado con el fenómeno de la Niña (IMN y CRHH, 2008). Sin embargo, eso significa también que no todos los eventos pueden estar explicados por fenómenos de ENSO. El fuerte impacto que los eventos ENSO pueden tener fue notable en la región del Pacífico Norte en 2007 cuando El Niño duró desde junio de 2006 hasta abril de 2007 y produjo una sequía extrema con un déficit de lluvia desde septiembre y una reducción de 58 días con

lluvia (IMN y CRHH, 2008). La magnitud de los fenómenos de la variabilidad climática pueden tener muy fuertes consecuencias en la temperatura y la precipitación anual de la región del Pacífico Norte. La figura 9 muestra la variabilidad climática de 1961-1990 en el Pacífico Norte con respecto a la precipitación, teniendo en cuenta diferentes rangos del clima de años extremos secos hasta años extremos lluviosos.

Figura 9: Variabilidades climáticas y sus impactos en la precipitación en el Pacífico Norte



Fuente: IMN y CRHH, 2008.

En el caso de los datos para Santa Cruz, un evento extremo seco resultó en una disminución de la precipitación anual de aproximadamente 604mm y 23 días de lluvia menos en comparación con años promedios. Eso resulta en una disminución de un 33% de la precipitación y en un aumento de la temperatura máxima (+0.8°C) y mínima (+0.9°C). Al contrario, un evento extremo lluvioso lleva a un aumento de la precipitación anual de 516mm y tiene como consecuencia 13 días de lluvia más que en los años normales. Este aumento resulta en una disminución de la temperatura máxima (-0.7°C) y mínima (-1.1°C) (IMN y CRHH, 2008, p. 13).

Según los datos del Instituto Meteorológico Nacional, las sequías como evento extremo son de una forma recurrente pero aperiódica que ocurrieron entre 1960 y 2009 en promedio cada 8 años (Retana et al., 2011). Normalmente las sequías se presentan cuando se observan algunas características meteorológicas que varían de lo que se puede observar en años normales/promedios. Entre estas características se encuentran por ejemplo el fortalecimiento de vientos Alisios, una ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical más al sur de lo normal o la falta de eventos lluviosos.

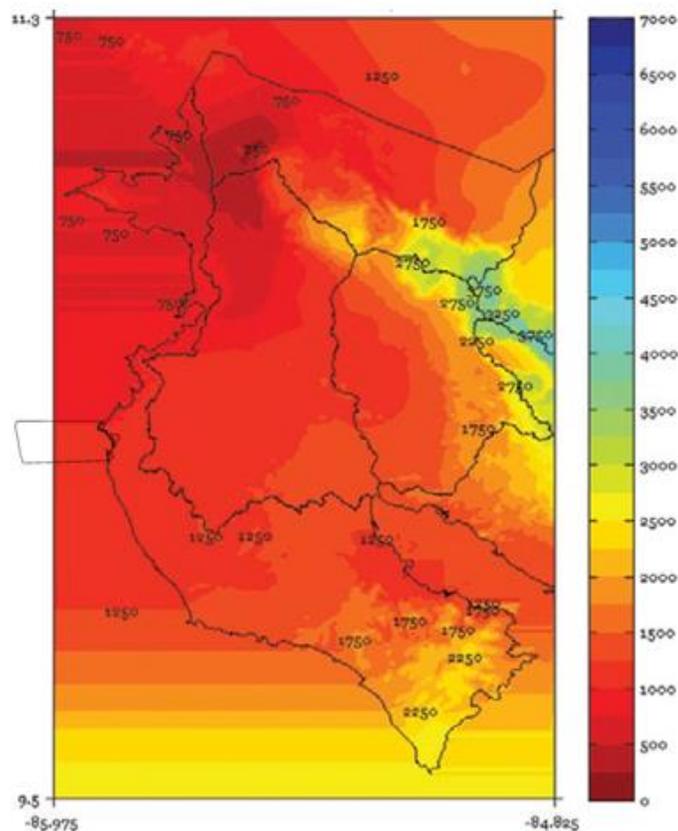
7. Cambio Climático y los escenarios futuros en el PNMLB

En los siguientes capítulos se presentan los diferentes escenarios y modelos del cambio climático para la región del PNMLB y sus alrededores. Los capítulos están divididos en la precipitación, la temperatura, eventos extremos y el aumento del nivel del mar. Sin embargo, escenarios regionales del cambio climático son aún escasos y la mayoría de los estudios están realizados por el IMN. Por lo tanto, la necesidad de realizar estudios adicionales y puntuales existe para los próximos años. La descripción de la siguiente parte se basa en la literatura existente hasta el año 2014.

7.1 Precipitación

Para el área del PNMLB y sus alrededores las proyecciones de Alvarado y otros (2012) muestran una fuerte disminución de la precipitación anual en comparación con la línea base para 1950-2000. Según los modelos, la precipitación media anual disminuirá de 1500mm-1750mm a aproximadamente 1000mm-1250mm en el PNMLB y sus alrededores (ver figura seis y diez). Además, la disminución de la precipitación se realizará sobre todo en la época lluviosa del año. En el periodo de mayo a julio la precipitación disminuirá de 600mm a aproximadamente 300mm, mientras que en los meses de agosto, setiembre y octubre la disminución será todavía más pronunciada con una reducción de 800mm a 400mm.

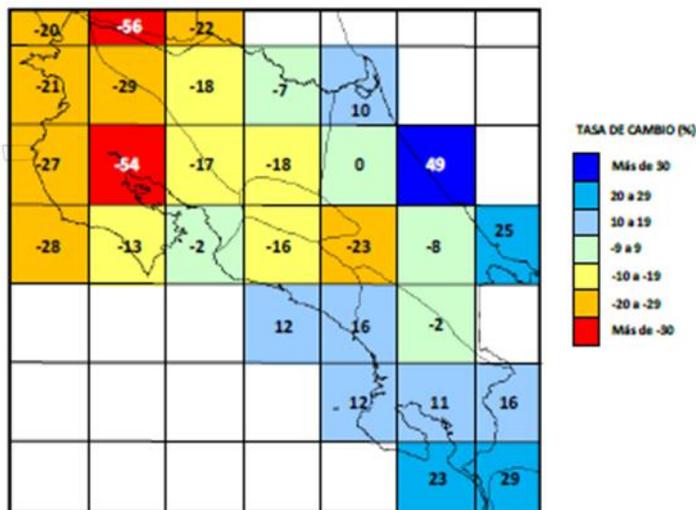
Figura 10: Precipitación media anual (mm) para 2071-2100 en la Península de Nicoya usando el modelo regional PRECIS y el escenario A2.



Fuente: Alvarado *et al.*, 2012.

Esta disminución representará una tasa de cambio de aproximadamente un 29% de precipitación. El estudio publicado por BIOMARCC-SINAC-GIZ (2013a) pronostica también una alta probabilidad (66-90%) en la disminución de la precipitación en la región, hasta en un 50% tanto en el escenario B1 como A2. Otro estudio del IMN llega a resultados que prevén un cambio negativo de un 27% de la precipitación promedio entre 1961-1990 y el escenario para 2071-2100 (ver figura 11). En su análisis Alvarado y otros (2012) compararon también los resultados de diferentes escenarios (A2 y B2). Las proyecciones basadas en los dos escenarios pronostican que el Pacífico Norte sería la región más seca del país a finales del siglo XXI.

Figura 11: Tasa de cambio (%) de la precipitación entre el período do 1961-1990 y el escenario para 2071-2100



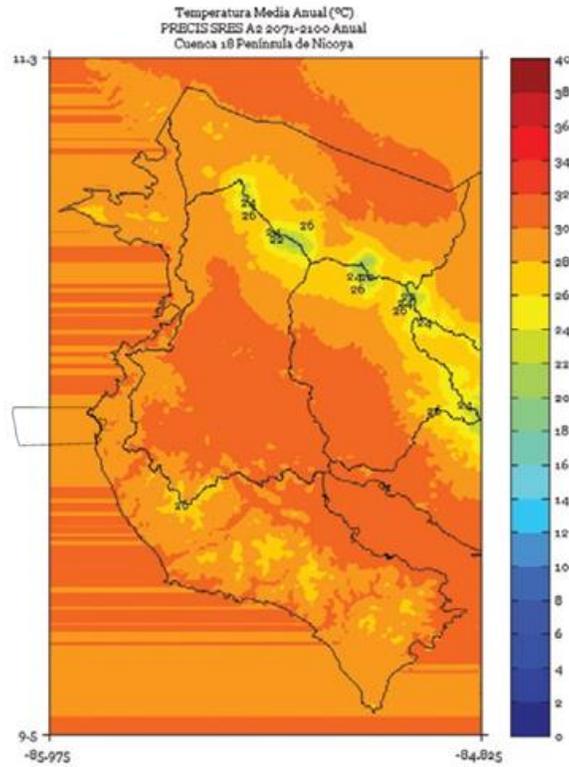
Fuente: IMN y CRHH, 2008.

Una consecuencia de estos cambios podría ser *un inicio más temprano o una intensificación de los veranillos de julio y agosto* (Alvarado *et al.*, 2012) que resulta también en una prolongación de su duración y la fuerte disminución de la precipitación en los meses de setiembre y octubre. Según las proyecciones el clima promedio a los finales del siglo XXI para la región del PNMLB sería muy parecido a las condiciones climáticas actuales en el caso de eventos extremos de El Niño.

7.2 Temperatura atmosférica

El aumento de la temperatura global o el calentamiento global es una de las consecuencias más discutidas con respecto al cambio climático. Modelos regionales del cuarto reporte del IPCC proyectan un aumento de la temperatura promedio para la region de Centroamerica entre 1.8°C y 5.0°C con un número medio de 3.2°C (Christensen *et al.*, 2007). Sin embargo, el estudio de vulnerabilidad ante el cambio climático realizado reveló que la probabilidad de un aumento de la temperatura de 3°C para el período 2070-2099 tanto en el escenario B1 como A2 es muy baja o baja, respectivamente, en la región del PNMLB y en casi todos las regiones marino-costeras del país (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a).

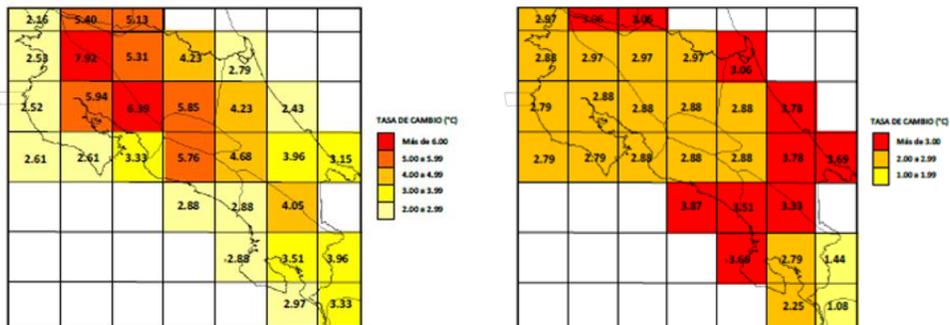
Figura 12: Temperatura media anual en el escenario A2 para 2071-2100 en la Península de Nicoya usando el modelo regional PRECIS y el escenario A2



Fuente: Alvarado *et al.*, 2012.

El modelo regional de Alvarado y colaboradores (2012) pronostica un aumento de la temperatura promedio anual de aproximadamente 2°C en la zona del PNMLB para el período de 2071-2100. Al nivel trimestral, los modelos muestran también cambios hasta 4°C por los periodos Noviembre-Diciembre-Enero, Febrero-Marzo-Abril y Mayo-Junio-Julio. Según un estudio del IMN y CRHH (2008), la temperatura máxima y mínima aumentarán entre 2.50°C y 2.80°C en la zona del PNMLB.

Figura 13: Tasa de cambio para la temperatura máxima (izquierda) y mínima (derecha) entre el período de 1961-1990 y el escenario para 2071-2100



Fuente: IMN y CRHH, 2008

7.3 Temperatura oceánica y cambios oceánicos

Cambios en las circulación oceánicas, incluyendo la temperatura oceánica superficial, son difíciles de evaluar y representan uno de las incertidumbres más grandes de los cambios climáticos futuros (IPCC, 2007b). Además, la representación y visualización se basa sobre todo en modelos globales lo que resulta en dificultades para determinar las tendencias de una región específica. Según el último reporte del IPCC (2013) el aumento de la temperatura oceánica superficial será lo más marcado en el trópico, entre 0,6°C y 2,0° entre la superficie y una profundidad de 100 metros (IPCC, 2013).

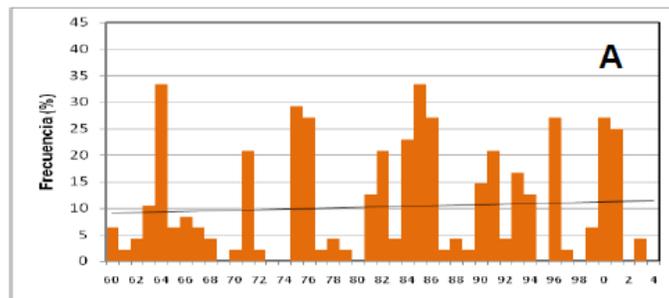
Según BIOMARCC-SINAC-GIZ (2013a) la temperatura superficial del mar en la costa pacífica de Costa Rica no tuvo estrés térmico entre 2003-2011 según la clasificación de NOAA Coral Reef Watch. Es decir los valores de la temperatura superficial del mar no sobrepasaron los valores promedios. El análisis reveló que el estrés térmico aumentará con la influencia del cambio climático en las próximas décadas resultando en un nivel muy alto del estrés térmico (gran diferencia de valores promedios actuales y sobrepaso del umbral de blanqueamiento) en toda la parte pacífica del país para el periodo 2090-2099. Sin embargo, las proyecciones de este estudio muestran también que el aumento del estrés térmico no pasará de una forma abrupta sino de una forma lenta. Adicionalmente, el aumento de la temperatura superficial del mar resultará también en una expansión térmica del agua y por lo tanto en una contribución al aumento relativo del nivel del mar (Harley *et al.*, 2006).

Sin embargo, hay también muchas incertidumbres sobre el impacto del calentamiento de los océanos en las aguas del Pacífico de Costa Rica y alrededor del PNMLB debido a las influencias de fenómenos de ENSO (ver capítulo 6.3) o procesos de surgencia o afloramiento cerca de la costa que consisten en intercambios verticales de masas de agua profundas y superficiales. La particularidad en la parte pacífica en el norte de Costa Rica es el Domo Térmico donde hay un gran afloramiento de aguas frías y donde existe una alta productividad (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a). El Domo Térmico tiene por lo tanto un impacto fuerte en la región pacífica y también alrededor de los límites marinos del PNMLB. Por lo cual, es de gran importancia entender la relación entre clima y afloramiento.

7.4 Cambios en los eventos extremos

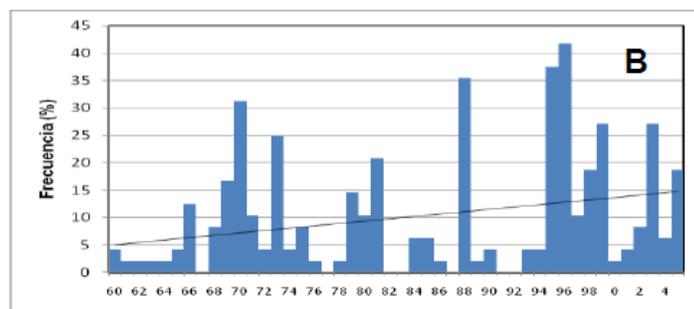
Las observaciones del IPCC al nivel mundial están parecidas a las observaciones y los datos del IMN que revelan que la mayoría de los eventos extremos secos y lluviosos aumentaron en su frecuencia en los últimos años (IMN y CRHH, 2008). Los datos de 1960 a 2004 indican un aumento ligero en los eventos extremos secos y un aumento más pronunciado en los eventos extremos lluviosos durante este período de tiempo (ver las figuras 14 y 15).

Figura 14: Frecuencia de eventos extremos secos en Costa Rica de 1960-2004



Fuente: IMN y CRHH, 2008

Figura 15: Frecuencia de eventos extremos lluviosos en Costa Rica 1960-2004



Fuente: IMN y CRHH, 2008.

La comparación al nivel global de los eventos de El Niño y La Niña entre los años 1961-1990 y 1991-2007 muestra que los eventos de El Niño incrementaron en la época de 1991-2007, mientras que eventos de La Niña se mantuvieron (IMN y CRHH, 2008). La duración de ambos eventos se redujo en esta época, aunque su magnitud se mantuvo constantemente. Sin embargo, hay que destacar que estos registros de los últimos años con respecto a eventos extremos tienen una corta extensión y pueden ser también simplemente resultados de oscilaciones o cambios naturales. Aunque está esperado que el fenómeno de ENSO sea uno de los factores más pronunciados a influenciar la variabilidad climática interanual en el Pacífico tropical, la confianza en los modelos y cambios previstos es aún baja (IPCC, 2013, p.21).

Aunque los modelos de los cambios en eventos extremos mejoraron en los últimos años (IPCC, 2013, p.13), las proyecciones al nivel global y regional requieren más investigación y desarrollo. Por lo tanto, los eventos extremos secos y lluviosos, así como los impactos del fenómeno ENSO, tienen que estar incorporados como riesgos potenciales.

7.5 Aumento del nivel del mar

El quinto reporte del IPCC (2013, pp.23) pronostica que el nivel del mar aumentará entre 0,26m y 0,82m hasta el 2100 en comparación con la línea de base entre 1986 y 2005. Además, la exposición del aumento del nivel del mar no será uniforme en todos los océanos. En el año 2009, el WWF Centroamérica hizo, en colaboración con el PNMLB, un estudio sobre el impacto del aumento en el nivel del mar por el cambio climático en Playa Grande (Drews y Fonseca, 2009). El escenario de un aumento del nivel del mar de 1 metro resultó en el estudio en *una inundación*

de Playa Grande desde atrás (Drews y Fonseca, 2009, p. 8). Es decir que el avance del agua empecerá desde la boca del estero de Tamarindo hacia los humedales (ver figura 16).

Figura 16: Comparación del sector sur de Playa Grande en 2009 (izquierda) y con un aumento del nivel del mar de 100cm (derecha)



Fuente: Drews y Fonseca, 2009, p.12.

Igual al estero de Tamarindo, el estero de Ventanas *será inundada significativamente* (Drews y Fonseca, 2009, p.8) causando que parte de la infraestructura y edificios estén en peligro por las inundaciones (ver figura 17).

Figura 17: Comparación del sector norte de Playa Grande y Playa Ventanas en 2009 (izquierda) con un aumento del nivel del mar de 100 cm (derecha)



Fuente: Drews y Fonseca, 2009, p. 14.

Además, se identificó que un aumento del nivel del mar por 1 m llevará también a un aumento del tiempo donde los pleamares están anegando la playa. Según el estudio la tasa aumentará de un 8% en 2009 a un 51% bajo el escenario de un aumento del nivel del mar por un metro.

Figura 18: Proyección de Playa Grande con un aumento del nivel del mar de un metro y un desplazamiento de la playa por 50m hacia atrás



Fuente: Drews y Fonseca, 2009, p. 15.

En general, se puede resumir que estos escenarios prevén consecuencias graves como la pérdida de las playas (de anidación), inundaciones, intrusión salina en los acuíferos, daños a la infraestructura y una reducción del atractivo turístico (Drews y Fonseca, 2009). Sin embargo, los factores limitantes de este estudio son el enfoque en la topografía del área sin considerar factores importantes como la batimetría, oleaje y la respuesta del litoral ante el aumento del nivel del mar. Estos aspectos son importantes para generar una imagen más detallada y más concreta sobre el retroceso potencial de la playa tierra adentro. Además, un modelo dinámico podría revelar también cambios en las mareas altas, inundaciones y probabilidades de los eventos extremos (Drews y Fonseca, 2009). Para entender los procesos y desarrollar otros modelos, se requiere un estudio más detallado en el futuro próximo que incorpore también los procesos tectónicos que son de gran importancia para la costa de la Península de Nicoya.

En el Pacífico norte de Costa Rica la interacción entre las placas tectónicas Coco y Caribe, en conjunto con las placas de Panamá y Nazca, están consideradas como el factor determinante de los cambios en el nivel del mar (Fonseca, 2011; Protti *et al.*, 2010). Datos altimétricos y de mareógrafos para el período entre 1992 y 2011 muestran que el nivel del mar en la costa pacífica de Costa Rica estuvo disminuyendo 1mm/año (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a). La tasa de subsidencia y levantamiento depende de la localidad y varía mucho entre el norte y el sur de la Península de Nicoya (Protti *et al.*, 2010). Según Fonseca (2011), en este momento la costa pacífica de la península de Nicoya se encuentre en un ciclo de subsidencia de aproximadamente 5mm/año. Debido a los fenómenos naturales de los cambios en el nivel del mar, en conjunto con los procesos de subsidencia de la costa, se estima que el nivel del mar sube actualmente 4mm/año en la región (Fonseca, 2011; Protti *et al.*, 2010). El cambio climático y la fusión de los glaciares será, independiente del impacto y su magnitud en el pacífico occidental, por lo tanto un factor adicional para el aumento del nivel del mar. Según un estudio que incorpora también el impacto del fenómeno ENSO, el nivel del mar en el pacífico de Centroamérica aumentará en el período de 2010-2040 aproximadamente 2mm/año (IH-UC, 2011, p.102). Datos históricos muestran que los fenómenos de ENSO influyen el nivel del mar en una magnitud de 10-20mm/año. Por lo tanto, ENSO tendrá un impacto más fuerte que el aumento del nivel del mar promedio global (Protti *et al.*, 2010). En conclusión procesos tectónicos o factores antropogénicos pueden exacerbar o reducir el aumento del nivel del mar a escala local y van a determinar la magnitud de los cambios en el nivel del mar de la costa pacífica (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a).

8. Impactos esperados del cambio climático en el PNMLB y su zona de amortiguamiento

Información y literatura sobre los impactos potenciales del cambio climático en los elementos focales de manejo definidos por el PNMLB son escasos al nivel local y regional. La investigación se concentró sobre todo en la población de la tortuga baula del pacífico oriental. Por lo tanto, la evaluación de vulnerabilidad para los diferentes elementos focales de manejo se presenta en una forma de hipótesis individuales basadas en datos a nivel local, nacional, regional (Centroamérica) e internacional. En los siguientes capítulos se analizan cuáles son los principales cambios esperados en estos EFM y los correspondientes atributos ecológicos claves causados por el cambio climático. En general, se utiliza un enfoque ecosistémico en el sentido de como el ecosistema, su dinámica y su extensión pueden cambiar. Las incertidumbres, falta de información, necesidades de investigación y literatura de referencia están destacados.

8.1 Impactos en el litoral arenoso, vegetación costera y tortugas marinas

Playas arenosas y el sistema de la vegetación costera están expuestos a la amenaza de un aumento de la temperatura atmosférica, la disminución de la precipitación, los fenómenos climáticos extremos y el aumento del nivel del mar. De acuerdo con la publicación por BIOMARCC-SINAC-GIZ (2013b, p.89 y 92) el aumento del nivel del mar será el factor del cambio climático más severo para los elementos focales de manejo (las playas arenosas y la vegetación costera) en PNMLB. Se espera que los impactos del aumento del nivel del mar generará una vulnerabilidad muy alta en algunas partes de los ecosistemas.

La población de la tortuga baula anidante (*Dermochelys coriacea*) en el PNMLB experimentó una disminución fuerte durante las dos últimas décadas. Diferentes estudios sobre el impacto del cambio climático en la población de la tortuga baula del pacífico oriental concluyen que *el cambio climático y sus impactos podrían causar la extirpación de esta especie en Costa Rica, incluso en ausencia de la mortalidad pesquera y otros factores que contribuyen a la disminución de la población* (Saba *et al.*, 2012; Santidrián Tomillo *et al.*, 2012). Adicionalmente, un reporte de la organización IUCN (2009) declara que la tortuga baula forma parte de las especies más amenazadas por el cambio climático en el mundo.

Hipótesis de cambio	Referencia y Fuentes
<i>Playas arenosas, vegetación costera y tortugas marinas</i> El aumento del nivel del mar obligará a las playas a moverse hacia atrás (tierra adentro), lo que sin embargo será obstaculizada en algunas zonas urbanizadas principalmente. Por lo tanto, la extensión de las playas arenosas y sus dunas en PNMLB, que representan los sitios de anidación de las tortugas marinas, se verá reducida. Por otra parte, es probable que la zona pública de 50 metros medidos desde la marea alta promedio se inundará, generando un retroceso de la zona marítimo terrestre. Los eventos	<u>Sandy beaches and coastal vegetation:</u> BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a (Nacional) Defeo <i>et al.</i> , 2009 (Internacional) Drews y Fonseca, 2009 (Local)
	<u>Tortugas Marinas:</u> BIOMARCC-SINAC-GIZ,

climáticos extremos y las mareas altas agravan los impactos negativos. La reducción del tamaño de las playas conjunto con el aumento del nivel del mar causará la reducción de la vegetación costera a través de procesos de erosión, alteración de dunas y un cambio en el contenido de agua salada en los suelos.

Por otra parte, los cambios climáticos (aumento de la temperatura ambiental y superficial del mar) previstos van a reducir de forma significativa el éxito de eclosión y el éxito de emergencia de las tortugas marinas.

Además, los cambios alterarán la proporción de sexo entre las crías. La mortalidad de huevos aumentará debido a los cambios en las condiciones atmosféricas y el aumento del nivel del mar. Mientras que eventos de El Niño exacerbarán los cambios generales en temperatura y precipitación; eventos de La Niña van a crear condiciones ambientales favorables (alta disponibilidad de recursos y presa así como temperaturas más bajas de la temperatura promedio) con respecto a la reproducción, re migración y la incubación de los huevos.

Las condiciones oceánicas más cálidas llevarán a alteraciones y reducciones en los intervalos de re migración de las tortugas marinas, tanto como la disponibilidad de presa. La combinación de estos impactos esperados podría llevar a la extinción de la población de la tortuga baula en el Pacífico Oriental. Se estima que los impactos en otras especies de tortugas marinas serán parecidos.

Las incertidumbres y vacíos de conocimiento son en su mayoría relacionados con aspectos del aumento del nivel relativo del mar y el **comportamiento actual de la línea de costa a lo largo de PNMLB**. Los actuales procesos de subsidencia y levantamiento deben ser analizados y evaluados en detalle, conjunto con un **establecimiento de perfiles individuales** de la playa, con el fin de comprender mejor los posibles impactos del aumento del nivel del mar en las playas de anidación. Por otra parte, los nuevos estudios sobre el impacto del aumento relativo del nivel del mar y los cambios oceánicos a lo largo de la costa de PNMLB tienen que incorporar más **factores dinámicos** (por ejemplo, el régimen de olas, procesos tectónicos, perfiles de profundidad oceánica, la topografía, los cambios en los patrones de viento, etc). Además, estudios específicos podrían centrarse en aspectos de la **abundancia, distribución e interacción** de las especies, las playas arenosas y el sistema de vegetación costera para comprender mejor los posibles cambios estructurales de los ecosistemas.

Incertidumbres con respecto al impacto en las tortugas marinas y sobre todo en la población de la tortuga baulas existen sobre todo en las condiciones oceánicas y las proyecciones del cambio climático en la parte oceánica (Saba *et al.*, 2012). Aunque datos mensuales de la precipitación y

2013a (Nacional)
Bailey *et al.*, 2012 (Local)
Drake y Spotila, 2002 (Local)
Drews y Fonseca, 2009 (Local)
Fonseca, 2011 (Internacional)
Hawkes *et al.*, 2009 (Internacional)
IUCN, 2009 (Internacional)
Piedra, 2011 (Local)
Reina *et al.*, 2009 (Local)
Saba *et al.*, 2012 (Local)
Saba *et al.*, 2008 (Local)
Saba *et al.*, 2007 (Local)
Santidrián-Tomillo *et al.*, 2012 (Local)
Santidrián-Tomillo, 2011 (Local)
Santidrián-Tomillo *et al.*, 2009 (Local)
Santidrián-Tomillo, 2007 (Local)
Sieg, 2010 (Local)
WWF, 2009 (Internacional)

la temperatura son buen indicador para los análisis del cambio climático en el éxito de eclosión y emergencia, se deberían también analizar variaciones meteorológicas de una extensión temporal y especial más fina (Santidrián-Tomillo *et al.*, 2012).

8.2 Impactos en el bosque seco tropical

El bosque seco tropical está expuesto a las siguientes amenazas relacionadas con el cambio climático: aumento de la temperatura atmosférica, reducción de la precipitación y aumento en los eventos extremos (por ejemplo sequías). Diferentes estudios muestran que la disponibilidad de agua, la humedad y la capacidad de los árboles y los suelos de almacenar agua son los factores limitantes para la producción primaria, el crecimiento de árboles y los procesos fenológicos en el bosque seco tropical. Por lo tanto, la reducción de la precipitación sería el factor más crítico entre los cambios climáticos. Años extremos secos o lluviosos pueden agravar o reducir los impactos negativos, respectivamente. Según el estudio publicado por BIOMARCC-SINAC-GIZ (2013b, p.91) la vulnerabilidad de la vegetación natural de PNMLB con respecto a los cambios en la precipitación y la temperatura es, sin embargo, *muy baja*.

Hipótesis de cambio	Referencia y Fuentes
— <i>Bosque seco tropical</i>	
<i>El aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación resultarán en una alteración e intensificación de los regímenes de incendios forestales. En consecuencia, estos cambios pueden impactar el ciclo de nutrientes, las especies de flora y fauna, la capa de subsuelo, la disponibilidad de semillas y sobre todo la conectividad del ecosistema. Además, incendios forestales liberan CO2 que ésta secuestrado en los árboles y contribuyen al aumento de los gases de efecto invernadero.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a (Nacional) - BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013b (Nacional) - Borchert, 1994 (Nacional) - Dale <i>et al.</i>, 2001(Internacional)
<i>Además, se espera que los cambios climáticos resulten también en alteraciones y cambios en la fenología y la producción primaria de las plantas y los árboles del ecosistema bosque seco tropical. Por lo tanto, algunas especies pueden cambiar su abundancia y distribución en el área. Sin embargo, la respuesta ante los cambios sería diferente entre las especies. La respuesta dependerá de la disponibilidad de agua, así como de la capacidad de mantener agua en las hojas y el tallo. Especies que ya están adaptados a condiciones secas disponen de una resiliencia más alta ante los cambios previstos. Las especies caducifolias serán reemplazados a través de las especies con hojas más suculentas (cactus, Agavaceae) lo que reduce el índice general de área foliar. Por lo tanto,</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Enquist y Leffler, 2001 (Nacional) - Fleming y Williams, 1990 (Nacional) - Imbach <i>et al.</i>, 2012 (Regional) - Murphy y Logo, 1986 (International y Nacional)

*el bosque seco tropical a transición húmedo cambiará
posiblemente su estructura hacia un bosque seco tropical
con una riqueza reducida en especies de árboles.*

Se asume que la resiliencia de un bosque seco tropical es más alta que la de otros bosques debido a la estructura pequeña, el predominio de bosquecillos y la presencia de especies adaptadas a condiciones secas (Murphy y Logo, 1986; Dale *et al.*, 2001). Según Murphy y Logo (1986) estas características permiten que el bosque seco tropical llegue a un estado de madurez más rápidamente después de alteraciones o impactos que otros ecosistemas. Sin embargo, existen todavía varias incertidumbres sobre los cambios potenciales en el bosque seco causado por el cambio climático. Además, no hay estudios detallados sobre el bosque seco tropical, su fenología y procesos ecológicos al nivel local del PNMLB. Por lo tanto, las hipótesis del impacto se basan en informaciones biológicas generales de diferentes lugares en Guanacaste y otras regiones. Por otra parte, los diferentes estudios muestran que las especies individuales de árboles del bosque tropical seco presentan respuestas variables significativas en relación con las variaciones climáticas (Enquist y Leffler, 2001, pp.47). Por lo tanto, se necesita más información sobre **la estructura y la abundancia de las especies** específicas en las zonas restantes del bosque seco tropical, tanto como **las condiciones del suelo** y la **disponibilidad de agua** en el suelo en el PNMLB y sus alrededores. Además, sería interesante incorporar un análisis sobre las alteraciones en la **distribución de especies invasoras o introducidas** o patógenos por el cambio climático y sus impactos en el bosque seco tropical

8.3 Impactos en los humedales y manglares

Los humedales del PNMLB están teóricamente expuestos a todas las amenazas del cambio climático presentados en el capítulo 4.2.1. Sin embargo, se supone que el aumento del nivel del mar será el factor más crítico de la vulnerabilidad de los manglares en el PNMLB (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a, pp.86). Por el contrario, la vulnerabilidad general de los manglares de PNMLB en relación a los cambios en las condiciones atmosféricas y la temperatura de la superficie del mar se evalúa como bajo y muy bajo, respectivamente. Sin embargo, los resultados deben ser considerados con precaución ya que la evaluación de la sensibilidad de los manglares no incorporó las respuestas de especies individuales o datos específicos de Costa Rica (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a, p.28). Por otra parte, el estudio predice que el estrés térmico en los estuarios será muy alto para el período entre 2090-2099.

Hipótesis de cambio	Referencia y Fuentes
— <i>Humedales y Manglares</i>	
<i>El grado de salinidad aumenta en todos los estuarios de PNMLB debido al aumento relativo del nivel del mar previsto y la reducción de la afluencia de agua dulce. El aumento de la salinidad y la reducción de la entrada de agua dulce afectará a los componentes y procesos ecológicos dentro del ecosistema y causa cambios en el hábitat, alteraciones en la abundancia y distribución de</i>	BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a (nacional) Bravo Chaves, 2009 (local) Day <i>et al.</i> , 2008 (internacional)

especies, cambios en las condiciones del agua del estuario (por ejemplo, reducción de la saturación de oxígeno; eutrofización) y un aumento en la infiltración de agua salada en los acuíferos. Si los procesos de formación del suelo y la acumulación de sedimentos en los manglares de PNMLB no pueden seguir el ritmo de la velocidad e intensidad de la elevación del nivel del mar, los procesos de erosión del suelo y la mortalidad de los manglares en algunas zonas incrementarán. En consecuencia, los procesos y ciclos químicos, biológicos e hidrológicos se verán alterados, lo que impactará negativamente la producción primaria y las redes tróficas que se basan en la producción de hojas marchitas y detritus. Las áreas que están caracterizadas por la infraestructura, la agricultura u otros usos de la tierra dominados por los humanos reducirán el potencial de la migración de los manglares.

Gilman *et al.*, 2008
(internacional)

Herrera-Silveira *et al.*, 2010
(regional)

Kennish, 2002 (internacional)

Kjerfve y Macintosh, 1997
(internacional)

McLeod y Salm, 2006
(internacional)

Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998
(regional)

Zamora-Trejos y Cortes, 2009
(nacional)

La respuesta de los manglares frente al aumento del nivel del mar dependerá de una combinación de los tres siguientes factores: la magnitud del aumento del nivel del mar, la acumulación de sedimentos y el potencial de migración hacia tierra adentro (Gilman *et al.*, 2008). Incertidumbres centrales y los vacíos de conocimiento relacionados con la respuesta de los manglares del PNMLB se centran en el **potencial de acumulación de sedimentos** con respecto al aumento del nivel relativo del mar. Por lo tanto, se requieren más investigaciones sobre los procesos de acumulación de sedimentos, la erosión, la producción primaria bajo el suelo y la contribución de los procesos bióticos. Datos sobre la magnitud de estos cambios podrían ser útiles para futuras evaluaciones de la vulnerabilidad al cambio climático, con el fin de analizar específicamente la capacidad adaptativa de los manglares. Por otra parte, estudios sobre el estado actual de los humedales, incluyendo **medidas permanentes de las condiciones generales** (salinidad, turbidez, oxígeno, nutrientes, contaminantes) (comparar Bravo Chaves, 2009), podrían ser útiles para mejorar las proyecciones de los impactos potenciales en los humedales. Es muy probable que los procesos del cambio climático pueden exacerbar los cambios en la columna de agua de los esteros y en el ecosistema de los humedales causados por acciones antropogénicas (por ejemplo, la contaminación). Por otra parte, la investigación en el pasado se centró principalmente en el estuario y manglar de Tamarindo que implica un vacío de investigación para todos los otros estuarios del PNMLB (compare Zamora-Trejos y Cortés, 2009).

8.4 Impactos en la parte marina

El ecosistema marino estará expuesto a las amenazas climáticas de un aumento de la temperatura de la superficie del mar, la subida del nivel del mar, los fenómenos climáticos extremos y la acidificación de los océanos. Como el PNMLB no incorpora ecosistemas de arrecifes de coral o pastos del mar, el estudio de BIOMARCC-SINAC-GIZ (2013b) no evaluó la vulnerabilidad de los ecosistemas marinos ante estas amenazas. Sólo pocos datos locales y regionales están

disponibles. En consecuencia, todos los cambios potenciales identificados se basan en los resultados generales de la investigación sobre la relación entre el cambio climático y los ecosistemas marinos.

Hipótesis de cambio	Referencia y Fuentes
— <i>Humedales y Manglares</i>	
<i>El calentamiento del océano lleva a alteraciones en la estratificación del agua. En consecuencia, estos cambios influyen en la frecuencia y la productividad de los procesos de surgencias a lo largo de la costa del Pacífico, en la generación potencial de un desequilibrio en la disponibilidad de presa y nutrientes y en la abundancia y distribución de las especies marinas. Se puede asumir que los procesos de surgencias serán en general menos frecuentes pero más productivas e intensas. Por lo tanto, el riesgo de enfermedades o la proliferación de algas (por ejemplo, mareas rojas) aumentarán. Alteraciones potenciales en el régimen de vientos y su fuerte influencia en las corrientes oceánicas en la región serán importantes con respecto a los posibles cambios del ecosistema. Por otra parte, los procesos de acidificación de los océanos inducen cambios en el nivel de pH y reducen los procesos de calcificación y el adecuado desarrollo de conchas y otros organismos calcáreos.</i>	<p>BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a (Nacional)</p> <p>BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013b (Nacional)</p> <p>Harley <i>et al.</i>, 2006 (Internacional)</p> <p>Moore <i>et al.</i>, 2008 (Internacional)</p> <p>Snyder <i>et al.</i>, 2003 (Regional)</p>

Incertidumbres sobre el impacto del cambio climático en los océanos existen sobre todo debido a la falta de información y conocimiento sobre los procesos ecológicos marinos en general. Por lo tanto, es difícil proyectar como los estreses climáticos resultarán en cambios importantes para las poblaciones, comunidades y ecosistemas (Harley *et al.*, 2006). Además en el caso de PNMLB, la falta general de información básica en la parte marina, a excepción de las tortugas marinas, muestra la importancia de intensificar los esfuerzos de investigación en la **abundancia y distribución de especies** y las **condiciones generales del agua**. Especialmente los efectos sinérgicos de los contaminantes existentes y las condiciones cambiantes del agua debido al cambio climático son de una gran importancia para una evaluación más completa de la vulnerabilidad. Por lo tanto, los estudios deberían centrarse en la determinación de la **existencia de contaminantes** en el mar. El enfoque geográfico debería ser sobre todo los áreas cerca de la costa y las desembocaduras de los ríos como principales puntos de entrada. Sin embargo, una variable fundamental en los cambios potenciales es el comportamiento desconocido del Domo Térmico de Costa Rica. El domo térmico es responsable por los grandes procesos de surgencias y la alta productividad del fitoplancton en la región (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a, p.3; ver capítulo 7.3).

8.5 Recurso hídrico

Los recursos hídricos están expuestos a las amenazas del cambio climático de un aumento de la temperatura atmosférica, la disminución de la precipitación, los fenómenos climáticos extremos y el aumento del nivel del mar. Según un estudio realizado por Retana, *et al.* (2011, pp.56), los recursos hídricos en Guanacaste muestran el mayor riesgo con respecto a los eventos secos extremos de las siete provincias de Costa Rica. El riesgo de eventos extremadamente secos para Santa Cruz se evalúa como alto a muy alto en términos de infraestructura, servicios y condiciones humanas. Por el contrario, el riesgo con respecto a los eventos de lluvias extremas en Guanacaste y Santa Cruz está evaluado como medio. De este modo, el sector del agua del cantón de Santa Cruz se enfrenta a un mayor riesgo de eventos extremos secos que de eventos extremos lluviosos.

Hipótesis de cambio	Referencia y Fuentes
<i>Recurso hídrico</i>	
<i>El aumento de la temperatura atmosférica y la reducción de la precipitación inducirán cambios en el régimen hidrológico, con una disminución significativa del caudal. Eventos extremos secos como las sequías exacerbaban las condiciones secas, mientras que los eventos extremos lluviosos compensarán la tendencia general. Se espera que la recarga de agua de los acuíferos sea reducida. En consecuencia, la disponibilidad de agua se reducirá, lo que tendrá consecuencias negativas para los ecosistemas y la disponibilidad de agua potable. Por otra parte, el aumento del nivel del mar y una sobreexplotación de los recursos hídricos como una forma de mala adaptación aumentan el riesgo de salinización de los acuíferos locales. Estos aspectos negativos impactan especialmente los acuíferos en la proximidad de la costa, que ya están caracterizados además por una alta vulnerabilidad a la contaminación.</i>	Agudelo Arango, 2013 (local) Arellano <i>et al.</i> , 2010 (local) Arias Salguero, 2010 (local) Retana <i>et al.</i> , 2011

Estudios anteriores sobre el sector del agua y el acuífero de Huacas-Tamarindo se centraron principalmente en la vulnerabilidad con respecto a la contaminación, la hidrogeología y la hidrogeoquímica. Estos estudios revelaron algunas informaciones sobre la situación actual del acuífero y sus características generales (compárese el capítulo 2.4). A la luz del cambio climático sería de importancia analizar cómo **los escenarios actuales de cambio climático se traducen en consecuencias para los recursos hídricos de la zona**. Por otra parte, los estudios sobre el nivel de **contaminación en los arroyos y ríos de apoyo** en el ámbito definido entregarían más informaciones relevantes.

9. Modelo conceptual

El modelo conceptual visualiza los resultados de los talleres MARISCO y los factores adicionales que fueron incorporados según las hipótesis de cambio basados en los escenarios del cambio climático. Los cambios climáticos representan una de las principales amenazas actuales y futuras de los EFM en PNMLB según el modelo y la valoración de los participantes. Es decir que las amenazas del cambio climático son los factores más críticos con una baja manejabilidad y que llevan o contribuyen a una gran cantidad de estreses. Además, otros factores antropogénicos, como la contaminación, la extracción de los recursos naturales (por ejemplo, especies marinas o agua), el desarrollo descontrolado del turismo y la infraestructura incluyendo las correspondientes malas prácticas representan otras amenazas críticas actuales y futuras que influyen negativamente en los objetos de conservación. Un factor contribuyente en el centro de todos los problemas que persiste es la falta de recursos dentro de la administración local. El plan de manejo presenta las diferentes amenazas antropogénicas y biológicas, mientras que el siguiente cuadro resume las amenazas y estreses del modelo conceptual relacionados con el cambio climático.

Cuadro 3: Amenazas y estreses relacionado con el cambio climático en el modelo conceptual

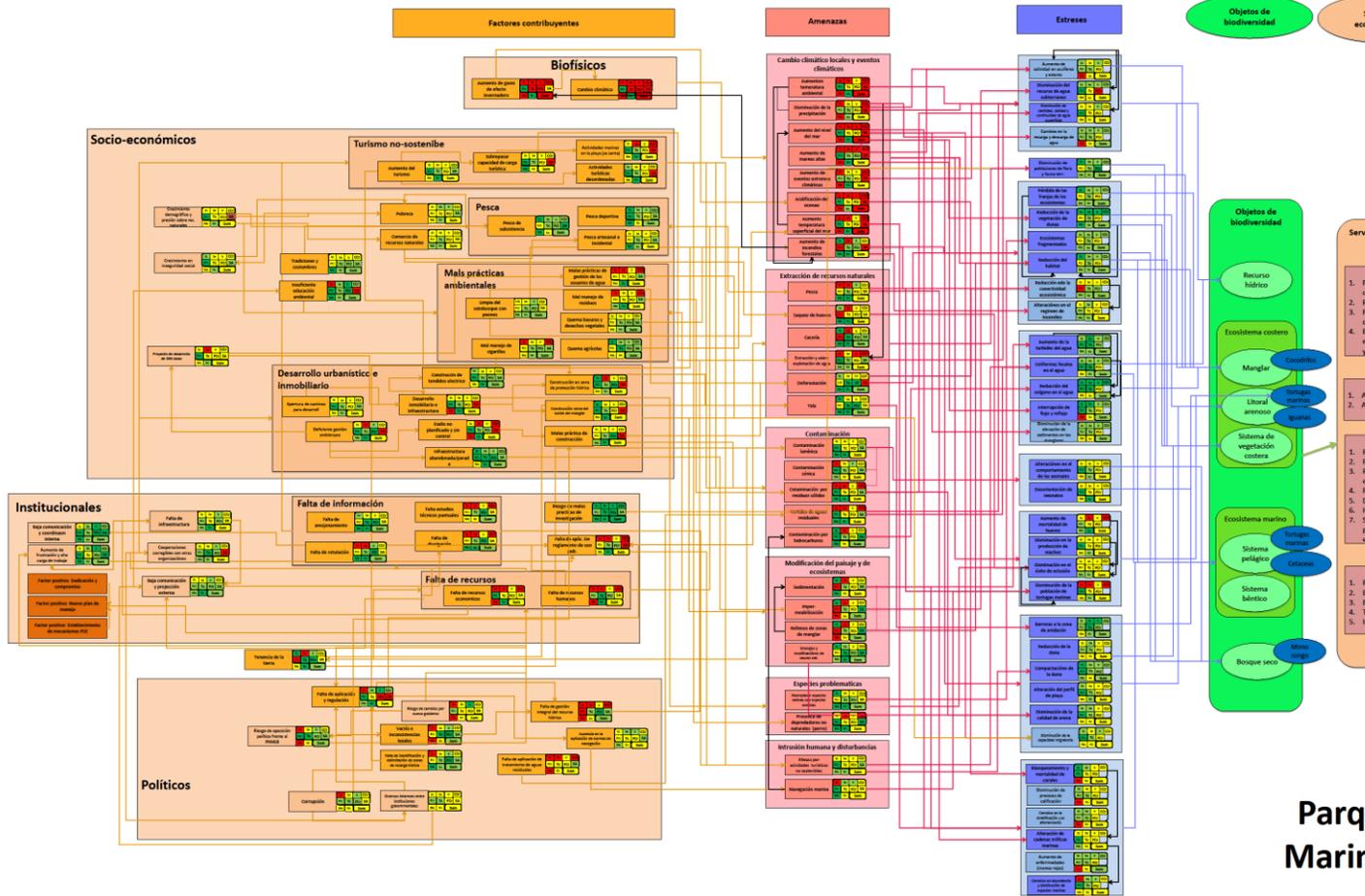
Amenazas	Estreses	Objetos de biodiversidad
Caja de todas las amenazas del cambio climático	Reducción del hábitat	Bosque seco, Ecosistemas costeros, Ecosistemas marinos
	Aumento de mortalidad de huevos	Litoral arenoso
	Disminución en la producción de machos	
	Disminución en el éxito de eclosión	
Aumento temperatura atmosférica	Disminución de la población de tortugas marinas	
	Aumento de salinidad en acuíferos y esteros	Recurso hídrico, Manglar
	Disminución del recurso de agua subterráneo	Recurso hídrico
Disminución de cantidad, calidad y continuidad de agua superficial		
Disminución de la precipitación	Cambios en la recarga y descarga de agua	
	Aumento de salinidad en acuíferos y esteros	Recurso hídrico, Manglar

	Disminución del recurso de agua subterráneo Disminución de cantidad, calidad y continuidad de agua superficial Cambios en la recarga y descarga de agua	Recurso hídrico
	Alteraciones del régimen de incendios	Bosque Seco, Sistema de vegetación costera
Aumento del nivel del mar	Aumento de salinidad en acuíferos y esteros	Recurso hídrico, Manglar
	Interrupción de flujo y reflujo Disminución de la elevación de sedimentos en los manglares	Manglar Manglar
	Disminución de la capacidad migratoria (playa y manglares)	Manglar, Litoral arenoso
	Cambios en la estratificación y el afloramiento	Sistema pelágico y béntico
	Reducción de la duna Alteración del perfil de playa	Litoral arenoso Litoral arenoso
Mareas altas	Aumento de salinidad en acuíferos y esteros	Recurso hídrico, Manglar
	Interrupción de flujo y reflujo	Manglar
	Reducción de la duna	Litoral arenoso
	Reducción de la vegetación de dunas	Litoral arenoso
Aumento de eventos extremos climáticos	Aumento de salinidad en acuíferos y esteros	Recurso hídrico, Manglar
	Disminución del recurso de agua subterráneo Disminución de cantidad, calidad y continuidad de agua superficial Cambios en la recarga y descarga de agua	Recurso hídrico
Acidificación del océano	Blanqueamiento y mortalidad de corales Disminución de procesos de calificación	Sistema pelágico y béntico
Aumento temperatura superficial (mar)	Blanqueamiento y mortalidad de corales Disminución de procesos de calificación Cambios en la estratificación y el afloramiento Alteración de cadenas tróficas marinas Aumento de enfermedades (mareas rojas) Cambios en abundancia y distribución de especies marinas	Sistema pelágico y béntico

Aumento de incendios forestales

Alteraciones en el régimen de incendios
Fragmentación del paisaje

Bosque seco,
Sistema de vegetación costera



10. Plan de acción: Adaptación al cambio climático y mitigación del cambio climático

1) Manejo del riesgo de incendios forestales

Objetivo 1.1: Reducir el riesgo de ocurrencia y el daño causado por los incendios forestales mediante la implementación de un concepto de manejo del riesgo y la creación de brigadas locales.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Meta	Socios
<p>Conformar una brigada de bomberos forestales a nivel comunitario en las zonas aledañas durante la época seca</p> <p>Inventariar y analizar los recursos disponibles para fortalecer la capacidad interna para afrontar los incendios forestales</p> <p>Elaborar un plan de rutas de patrullaje de acuerdo a los sitios propensos de incendios</p>	<p>2015-2017</p> <p>2015-2017</p> <p>2015-2017</p>	<p>Número de brigadas formadas</p> <p>Reporte sobre el estado de los recursos y necesidades Adquisición de recursos necesarios (vestimenta especial, herramientas)</p> <p>Plan de ruta de patrullaje</p>	Funcionarios	<i>1.1.1 Al 2017 se ha creado una brigada de bomberos forestales</i>	Comunidades Empresas ONG
<p>Realizar acciones educativas en las comunidades sobre los incendios forestales y las buenas conductas durante la época seca</p>	2015-2020	<p>Número de charlas/workshops sobre la prevención de incendios forestales</p> <p>Materiales preparados para la campaña de sensibilización</p>	Funcionarios ACT/SINAC Brigadas	<i>1.1.2 La brigada de incendios forestales apoya en acciones de sensibilización y divulgación de los incendios forestales, a partir del 2018</i>	Escuelas Empresas

Fortalecer la cooperación entre la administración del PNMLB y otras autoridades importantes con respecto a un sistema de alerta rápida y la lucha contra incendios	2015-2020	Convenios de cooperación o reporte sobre las cooperaciones establecidas Sistema de alerta rápida establecido	Funcionarios	<i>1.1.3 Al 2020 cooperaciones entre el SINAC y otras autoridades importantes están establecidas para el control de incendios forestales</i>	Empresas Instituciones gubernamentales (IMN; Bomberos forestales)
Apoyar la propuesta de ley para el control de incendios en las instancias que la requieren	2015	Propuesta de ley establecido	Funcionarios ACT	<i>1.1.4 Al 2015 se ha creado una comisión de apoyo por parte del ACT en la propuesta de ley</i>	Brigadas Comunidades

2) Restauración de la vegetación costera y manglares modificados, establecimiento de corredores de migración de manglares y promoción de conectividad ecológica

Objetivo 2.1: Garantizar la conectividad ecológica y restaurar zonas naturales modificadas para aumentar la resiliencia de los ecosistemas ante cambios climáticos y antropogénicos.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Metas	Socios
Identificación de los sitios críticos en el PNMLB que requieren restauración y analizar las causas por estas condiciones	2015-2016	Mapa con sitios críticos establecidos	Funcionarios ACT	<i>2.1.1 A finales del 2016 se ha establecido una lista y un mapa de los sitios que requieren programas de restauración</i>	SINAC Universidades
Implementación de medidas directas para restaurar los sitios críticos o acciones que permiten la	2017-2020	Plan de restauración establecido Número de medidas de restauración	Funcionarios ACT	<i>2.1.2 A finales del 2017 se ha establecido un plan de restauración</i>	SINAC Universidades Voluntarios

restauración natural de los ecosistemas (reforestación, reducción de infraestructura desaprovechada)		Hectáreas reforestados o recuperados		<i>de sitios críticos y se implementan acciones específicas hasta los finales del 2020</i>	
Realizar un estudio sobre el potencial migratorio de los manglares y tomar medidas necesarias que permiten una zona de amortiguamiento para el movimiento de los manglares	2015-2020	Reporte final del estudio incluyendo un mapa con las zonas de manglar y el uso de la tierra que limite el potencial migratorio	Funcionarios	<i>2.1.3 A finales del 2020 se ha establecido un plan de corredores migratorios de manglares frente al aumento del nivel del mar conjunto con las comunidades</i>	Universidades Voluntarios Centro de investigación
Iniciar el intercambio con otras áreas protegidas para promover la conectividad ecológica por el establecimiento de corredores biológicos marinos y terrestres	2015-2020	Creación del foro con representantes de diferentes Áreas protegidas Número de talleres sobre el establecimiento de corredores biológicos y la promoción de la conectividad ecológica Estudio sobre los potenciales corredores biológicos	Funcionarios ACT Otras Áreas protegidas	<i>2.1.3 A finales del 2020 se ha establecido una ruta para realizar corredores biológicos entre los Áreas protegidas para la promoción de la conectividad ecológica y la adaptación al cambio climático</i>	Universidades y otros centros de investigación SINAC

3) Investigación de temas relacionados con el cambio climático

Objetivo 3.1: Fortalecer el conocimiento sobre el cambio climático y los impactos potenciales en los ecosistemas de PNMLB siguiendo el concepto del manejo adaptativo para adaptar acciones y estrategias de adaptación.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Meta	Socios
Identificar temas de investigación relacionados con el cambio climático e incorporarlos en el plan de investigación	2015	Lista con temas de investigación Plan de investigación actualizado	Funcionarios Investigadores SINAC / ACT	<i>3.1.1 A finales del 2015 se identificaron los temas principales relacionados con el cambio climático y se incorporan en el plan de investigación</i>	NGOs Universidades
Promocionar la investigación en la academia nacional e internacional y establecer cooperaciones con instituciones de investigación enfocado en la investigación del cambio climático	2015-2020	Número de cooperaciones de investigación establecidos Número de estudios e (nuevas) investigaciones realizadas	Funcionarios	<i>3.1.2 En el 2015 se ha iniciado la promoción de la investigación y monitoreo de la biodiversidad en el PNMLB</i>	Universidades Institutos de investigación Voluntarios GIZ
Implementar sistemas de monitoreo permanente con respecto a los cambios en la temperatura, precipitación y el aumento del nivel del mar	2015-2020	Número de puntos fijos en la costa monitoreados y estaciones meteorológicas Sistemas de monitoreo permanente en función Archivo de datos con respecto a los cambios climáticos	Funcionarios	<i>3.1.3 A finales del 2019 el PNMLB ha establecido un plan de investigación y monitoreo de variables climáticas permanente</i>	NGOs Voluntarios Guías

Seguimiento permanente de la investigación y utilización de los resultados para la evaluación y modificación de las estrategias existentes y el diseño de nuevas estrategias según el modelo conceptual	2015-2020	Número de reportes finales El modelo conceptual actualizado (MARISCO)	Funcionarios SINAC/ACT	3.1.4 El PNMLB ha establecido un sistema de seguimiento consecutivo de los resultados de la investigación y actualice periódicamente el modelo conceptual	Investigadores Participantes de los talleres MARISCO
--	-----------	--	------------------------	---	--

4) Construcción de estaciones meteorológicas

Objetivo 4.1: Se construye una estación meteorológica para mejorar la investigación específica en los ecosistemas del Parque Nacional Marino Las Baulas y obtener datos detallados sobre los cambios climáticos al largo plazo.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Meta	Socios
Identificar un sitio para la construcción de la estación meteorológica según los diferentes requerimientos meteorológicos y datos necesarios (Temperatura, precipitación etc.)	2015	Parámetros de evaluación meteorológicos identificados y definidos Sitio para la estación identificado	Funcionarios	4.1.1 A finales del 2016 se estableció un plan para la construcción de una estación meteorológica y los recursos están disponibles	ONG Universidades Empresas
Analizar las necesidades y los recursos requeridos para la construcción de la estación y adquirir los fondos necesarios	2015-2016	Inventario de los materiales y recursos requeridos para monitorear los parámetros Cooperación con actores	Funcionarios	4.1.1 A finales del 2016 se estableció un plan para la construcción de una estación meteorológica y los recursos están	ONG Empresas Universidades

		externos establecido para la construcción de la estación		<i>disponibles</i>	
Construcción de la estación y monitoreo permanente de los datos meteorológicos	2017-2020	Estación meteorológica construida y en función Permanente registro y archivo de los datos	Funcionarios	<i>4.1.2 A finales del 2019 el PNMLB ha establecido un plan de investigación y se monitorea diferentes variables climáticas en una forma permanente</i>	Empresas Universidades Voluntarios

5) Planificación e implementación de proyectos REDD y Pagos por Servicios Ecosistémicos

Objetivo 5.1: Establecimiento de mecanismos para la valoración de los valores ecosistémicos del PNMLB y la obtención de fondos externos para la implementación de las acciones específicas de la adaptación al cambio climático.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Meta	Socios
Realizar estudios sobre el diseño de mecanismos de pagos por los servicios ecosistémicos y establecimiento de cooperaciones con actores claves	2015	Estudio realizado sobre los potenciales sistemas de PSE	Funcionarios Centro de Investigación	<i>5.1.1 A finales del 2017, el PNMLB cuenta con un mecanismo financiero para la consecución de fondos externos</i>	BIOMARCC Empresas privadas y organizaciones
Gestionar con los actores locales y/o nacionales la creación del mecanismo financiero que apoye la	2015-2017	Número de cooperaciones establecidos con actores locales y/o nacionales	Funcionarios ACT Actores que inviertan en el fondo	<i>5.1.1 A finales del 2017, el PNMLB cuenta con un mecanismo</i>	FUNDECOCES Empresas privadas Organizaciones

generación de recursos para mejorar la gestión del PNMLB		Monta de recursos financieros		<i>financiero para la consecución de fondos externos</i>	
Elaborar un plan de acción para la gestión e implementación de los fondos y un mecanismo de transparencia para el manejo de estos fondos	2015-2017	Plan de acción establecido, aprobado e implementado	Funcionarios ACT Actores que inviertan en el fondo	<i>5.1.1 A finales del 2017, el PNMLB cuenta con un mecanismo financiero para la consecución de fondos externos</i>	FUNDECODES Empresas privadas Organizaciones
5.4 Realizar un estudio específico para la identificación del potencial y la efectividad de proyectos REDD en el PNMLB	2017-2020	Reporte final sobre el potencial de un proyecto REDD y su potencial impacto en las comunidades	Funcionarios ACT	<i>5.1.2 A finales del 2020 se identificó el potencial para implementar un proyecto REDD</i>	Universidades y centros de investigación ONGs

6) **Uso adecuado y consciente del recuso de agua**

Objetivo 6.1: Reducir el uso inadecuado del agua por la implementación de acciones de sensibilización sobre la fragilidad del recurso hídrico y el impacto de las medidas inadecuadas.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Meta	Socios
Realizar acciones específicas de sensibilización sobre el uso adaptado y consciente del agua en la región y durante la época seca	2015-2020	Número de acciones de sensibilización y campañas de prevención	Funcionarios ACT	<i>6.1.1 A finales del 2020 se ha reducido el uso de agua potable individual al nivel del año 2014 por al menos de un 10%</i>	Voluntarios y miembros de las comunidades ASADAS Asociaciones de desarrollo de las comunidades

Realización de acciones específicas para sensibilizar las personas a sembrar plantas autóctonas y/o reemplazar las plantas exóticas	2015-2020	Número de acciones y campañas de sensibilización	Funcionarios ACT	<i>6.1.1 A finales del 2020 se ha reducido el uso de agua potable individual en comparación con el nivel del año 2014 por al menos de un 10%</i>	Voluntarios y miembros de las comunidades ASADAS Asociaciones de desarrollo de las comunidades
--	-----------	--	------------------	--	--

7) Promoción de la Gestión Integrada en Áreas Litorales (GIAL)

Objetivo 7.1: Establecer un foro o una mesa para el desarrollo sostenible permanente y participativo en la zona costera que planifica y realiza acciones conjuntas de la protección de la naturaleza y la mitigación y adaptación al cambio climático en coordinación con las municipalidades y otras instituciones gubernamentales.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Meta	Socios
Identificar los actores claves de la región e iniciar y establecer el foro/la mesa para el desarrollo sostenible con estos actores de la zona	2015-2016	Foro/Mesa para el desarrollo sostenible establecido	Funcionarios ACT Participantes del foro/mesa	<i>7.1.1 A finales del 2016 se ha establecido un foro interdisciplinario en la zona que discute preguntas del desarrollo sostenible local y realiza a partir de 2017 acciones conjuntas para la mitigación del y la adaptación al cambio climático</i>	Empresas privadas Asociaciones ONGs Miembros de las comunidades Sector turístico ASADAS Municipalidades
Desarrollar acciones específicas y conceptos para programas de mitigación y adaptación al cambio climático	2016-2020	Número de workshops y meetings del foro/mesa Acciones y programas	Funcionarios ACT Participantes del foro/mesa	<i>7.1.1 A finales del 2016 se ha establecido un foro interdisciplinario en la zona que discute preguntas del</i>	Empresas privadas Asociaciones ONGs Miembros de las comunidades Sector turístico ASADAS

en el foro/mesa para el desarrollo sostenible		realizadas de mitigación y adaptación al cambio climático		<i>desarrollo sostenible local y realiza a partir de 2017 acciones conjuntas para la mitigación del y la adaptación al cambio climático</i>	Municipalidades
--	--	---	--	---	-----------------

8) Mitigar las emisiones del efecto invernadero y la contribución al cambio climático en la administración del PNMLB

Objetivo 8.1: Reducir el impacto ambiental y las emisiones del efecto invernadero causados por la administración del PNMLB y sus acciones.

Acción específica	Duración	Indicador de monitoreo	Responsables	Meta	Socios
Promover y fortalecer la separación de residuos dentro y fuera del PNMLB y las comunidades mediante diferentes acciones de sensibilización	2015-2020	Número de acciones de sensibilización Cantidad de residuos separados y recolectados	Funcionarios	<i>8.1.1 A finales del 2020 se ha aumentado el grado de reciclaje en el PNMLB por un 20% en comparación con el nivel del 2014</i>	Voluntarios Miembros de las comunidades
Realizar un estudio sobre las emisiones de los gases del efecto invernadero causado por la administración del PNMLB incluyendo recomendaciones de actuación	2015-2016	Reporte final del estudio con una lista de recomendaciones	Funcionarios ACT Universidades, Centro de investigación	<i>8.1.2 A finales del 2016 se ha realizado un estudio sobre la contribución de la administración del PNMLB con respecto a las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI)</i>	GIZ Organizaciones especializadas en el tema del balance de emisiones de GEI
Establecer cooperaciones e	2016-2020	Lista detallada con las acciones	Funcionarios ACT	<i>8.1.3 A finales del 2020 se</i>	Universidades Empresas

<p>implementar un plan específico para reducir la contribución de los GEI mediante el mejoramiento de la eficiencia energética (incluyendo las medidas de transporte y el centro de la administración) y la implementación de tecnología de energías renovables (sistemas solares)</p>		<p>realizadas y su impacto para mejorar la eficiencia energética</p> <p>Capacidad instalada de energías renovables</p>		<p><i>han implementado s medidas para aumentar la eficiencia energética y se aumentó la capacidad energética de las energías renovables en la administración del PNMLB</i></p>	<p>privadas enfocados en las energías renovables y la eficiencia energética</p>
---	--	--	--	--	---

11. Control, monitoreo y seguimiento de las acciones y estrategias

Objetivo	Meta	Verificador	% Cumplimiento Anual									
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1.1: Reducir el riesgo de ocurrencia y el daño causado por los incendios forestales mediante la implementación de un concepto de manejo del riesgo y la creación de brigadas locales.	<i>1.1.1 Al 2017 se ha creado una brigada de bomberos forestales</i>	Número de brigadas formadas	50	50								
		Reporte sobre el estado de los recursos y necesidades	50	50								
		Adquisición de recursos necesarios (vestimenta especial, herramientas)		100								
		Plan de ruta de patrullaje establecido		100								
	<i>1.1.2 La brigada de incendios forestales apoya en acciones de sensibilización y divulgación de los incendios forestales, a partir del 2018</i>	Número de charlas/workshops sobre la prevención de incendios forestales			25	25	25	25				
		Materiales preparados para la campaña de sensibilización	50	50								
	<i>1.1.3 Al 2020 cooperaciones entre el SINAC y otras autoridades importantes están establecidas para el control</i>	Convenios de cooperación o reporte sobre las cooperaciones establecidas			25	25	25	25				

	<i>de incendios forestales</i>	Sistema de alerta rápida establecido						50	50				
	<i>1.1.4 Al 2015 se ha creado una comisión de apoyo por parte del ACT en la propuesta de ley</i>	Propuesta de ley establecido	100										
Objetivo	Meta	Verificador	% Cumplimiento Anual										
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
2.1: Garantizar la conectividad ecológica y restaurar zonas naturales modificadas para aumentar la resiliencia de los ecosistemas ante cambios climáticos y antropogénicos	<i>2.1.1 A finales del 2016 se ha establecido una lista y un mapa de los sitios que requieren programas de restauración</i>	Mapa con sitios críticos establecidos	50	50									
	<i>2.1.2 A finales del 2017 se ha establecido un plan de restauración de sitios críticos y se implementan acciones específicas hasta los finales del 2020</i>	Plan de restauración establecido		50	50								
		Número de medidas de restauración			25	25	25	25					
		Hectáreas reforestados o recuperados					50	50					
	<i>2.1.3 A finales del 2020 se ha establecido un plan de corredores migratorios de manglares frente al aumento del nivel del mar conjunto con las comunidades</i>	Creación del foro con representantes de diferentes áreas protegidas	25	25	25	25							
		Número de talleres sobre el establecimiento de corredores biológicos y la promoción de la	25	25	25	25							

		conectividad ecológica											
		Estudio sobre los potenciales corredores biológicos			50	50							
		Reporte final del estudio incluyendo un mapa con las zonas de manglar y el uso de la tierra que limite el potencial migratorio			50	50							
Objetivo	Meta	Verificador	% Cumplimiento Anual										
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
3.1 Fortalecer el conocimiento sobre el cambio climático y los impactos potenciales en los ecosistemas de PNMLB siguiendo el concepto del manejo adaptativo para adaptar acciones y estrategias de adaptación	<i>3.1.1 A finales del 2015 se identificaron los temas principales relacionados con el cambio climático y se incorporan en el plan de investigación</i>	Lista con temas de investigación	100										
		Plan de investigación actualizado	100										
	<i>3.1.2 En el 2015 se ha iniciado la promoción de la investigación y monitoreo de la biodiversidad en el PNMLB</i>	Número de cooperaciones de investigación establecidos	20	20	20	20	20						
		Número de estudios e (nuevas) investigaciones realizadas	20	20	20	20	20						
	<i>3.1.3 A finales del 2019 el PNMLB ha establecido un plan de investigación y monitoreo de variables climáticas permanente</i>	Número de puntos fijos en la costa y estaciones meteorológicas		25	25	25	25						

valores ecosistémicos del PNMLB y la obtención de fondos externos para la implementación de las acciones específicas de la adaptación al cambio climático.		nacionales										
		Monta de recursos financieros		50	50							
		Plan de acción establecido, aprobado e implementado	25	25	50							
	<i>5.1.2 A finales del 2020 se identificó el potencial para implementar un proyecto REDD</i>	Reporte final sobre el potencial de un proyecto REDD y su potencial impacto en las comunidades			25	25	25	25				
Objetivo	Meta	Verificador	% Cumplimiento Anual									
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
6.1: Reducir el uso inadecuado del agua por la implementación de acciones de sensibilización sobre la fragilidad del recurso hídrico y el impacto de las medidas inadecuadas	<i>6.1.1 A finales del 2020 se ha reducido el uso de agua potable individual al nivel del año 2014 por lo menos un 10%</i>	Número de acciones y campañas de sensibilización	20	20	20	20	20					
Objetivo	Meta	Verificador	% Cumplimiento Anual									
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024

7.1: Establecer un foro o una mesa para el desarrollo sostenible permanente y participativo en la zona costera que planifica y realiza acciones conjuntas de la protección de la naturaleza y la mitigación y adaptación al cambio climático en coordinación con las municipalidades y otras instituciones gubernamentales	7.1.1 A finales del 2016 se ha establecido un foro interdisciplinario en la zona que discute preguntas del desarrollo sostenible local y realiza a partir del 2017 acciones conjuntas para la mitigación del y la adaptación al cambio climático	Foro/Mesa para el desarrollo sostenible establecido	50	50								
		Número de workshops y meetings del foro/mesa	20	20	20	20	20					
		Acciones y programas realizadas de mitigación y adaptación al cambio climático			25	25	50					
Objetivo	Meta	Verificador	% Cumplimiento Anual									
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
8.1: Reducir el impacto ambiental y las emisiones de gases de efecto invernadero causados por la administración del PNMLB y sus acciones	8.1.1 A finales del 2020 se ha aumentado el grado de reciclaje en el PNMLB por un 20% en comparación con el nivel del 2014	Número de acciones de sensibilización	10	20	20	20	20	10				
		Cantidad de residuos separados y recolectados	10	20	20	20	20	10				

	<p>8.1.2 A finales del 2016 se ha realizado un estudio sobre la contribución de la administración del PNMLB con respecto a las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI)</p>	<p>Reporte final del estudio con una lista de recomendaciones</p>	50	50								
	<p>8.1.3 A finales del 2020 se han implementados medidas para aumentar la eficiencia energética y se aumentó la capacidad energética de las energías renovables en la administración del PNMLB</p>	<p>Evaluación detallada con las acciones realizadas y su impacto para mejorar la eficiencia energética</p>			25	25	25	25				
		<p>Capacidad instalada de energías renovables</p>			25	25	25	25				

12. Glosario

Adaptación basada en Ecosistemas: *La participación de un rango más amplio de actividades de la gestión de los ecosistemas con el objetivo de aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático mediante la conservación, el mantenimiento y la restauración de la funcionalidad del ecosistema y la protección de los servicios ecosistémicos. El objetivo general es ayudar a los ecosistemas y las personas a adaptarse a los efectos adversos de los procesos de cambio climático y los factores antropogénicos. (Definición desarrollada según y basado en: Munang et al., 2013, pp.49; CBD, 2009, pp. 41; IUCN, 2009, p.1; Kay and Schneider, 1994, pp.33).*

Área protegida: *Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales o de otro tipo, para lograr la conservación de la naturaleza, de sus servicios ecosistémicos y los valores culturales asociados al largo plazo (IUCN, 2010 in SINAC, 2010Aa, p.31).*

Atributos ecológicos claves: *Elementos integrales y las propiedades de los sistemas ecológicos que mantienen la función y proporcionan la adaptación y la resiliencia necesaria para hacer frente a las perturbaciones. [...] Los sistemas vivos se caracterizan en términos de biomasa, conectividad e información, elementos que representan atributos ecológicos clave fundamentales (Ibisch and Hobson, 2014, p. 74).*

Biodiversidad: *Variabilidad entre los organismos vivientes de toda procedencia, incluidos los terrestres y los acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales forman parte. Esto incluye la diversidad dentro de las especies, entre especies y de los ecosistemas. (United Nations, 1992, p.3).*

Cambio climático: *Cualquier cambio en el clima a través del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana (IPCC, 2007a, p.871).*

Capacidad adaptativa: *Capacidad de un sistema para ajustarse a los impactos/estreses a fin de arreglar con sus consecuencias (Scholz, Blumer and Brand, 2012, pp.318; IPCC, 2007a, p.883).*

Clima: *En sentido estricto, se suele definir el clima como 'estado medio del tiempo' o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante períodos que pueden ser de meses a miles o millones de años. El periodo normal es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las cantidades aludidas son casi siempre variables de la superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un sentido más amplio el 'clima' es una descripción (incluso una descripción estadística) del estado del sistema climático (IPCC, 2007a, p.871).*

Ecosistema: *Ecosistema significa un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente, interactuando como una unidad*

funcional (United Nations, 1992, p.3).

Exposición: *El tipo y grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas importantes* (Scholz, Blumer and Brand, 2012, pp.318; IPCC, 2007a, p.883).

Evapotranspiración: *Proceso combinado de la evaporación del agua desde la superficie de la tierra y la transpiración de la vegetación* (IPCC, 2007a, p.874).

Fenómenos meteorológicos extremos: *Un evento que es raro dentro de su distribución estadística de referencia en un lugar determinado. [...] Un evento extremo que normalmente sería tan raro como o más raro que el 10 o el 90 percentil'(IPCC, 2007a, p.875). / Un evento extremo que está causando alteraciones significativas en el estado del tiempo o el clima de una zona específica que en consecuencia conduce a impactos negativos en actividades sociales o productivas* (IMN, 2009, p.127).

Funcionalidad: *Concepto que describe el estado de un sistema cuyas propiedades emergentes contribuyen a la auto-organización y el mantenimiento de los procesos que facilitan la resiliencia y capacidad adaptativa* (Geiger, Kreft and Ibisch, 2012, pp.166).

Hipótesis de cambio: *Suposición de cómo un (eco-) sistema cambia potencialmente basada en su exposición a los cambios climáticos identificados y las (posibles) impactos resultantes en el sistema. Están formulados con base en información científica, así como en las teorías de un manejo adaptativo de riesgo y vulnerabilidad. La hipótesis de cambio representa el punto de partida para una mayor investigación siguiendo los principios del manejo adaptativo (definición propia).*

Manejo adaptativo: *El manejo adaptativo combina la investigación y la acción. En concreto, es la integración del diseño, manejo y monitoreo para probar sistemáticamente suposiciones con el fin de adaptarse y aprender* (Salafsky et al., 2002, p.1471).

Manejo adaptativo y colaboratvivo de riesgo: *Enriquece la gestión de riesgos convencional con las características críticas del manejo adaptativo (la colaboración y la adaptación). Reúne a los aspectos técnicos y sociales y asegura la colaboración, en oposición a la consulta y la comunicación, y el co-desarrollo del conocimiento y el aprendizaje compartido, a diferencia del seguimiento y revisión* (May and Plummer, 2011, pp.1).

Parque Nacional (Costa Rica): *Área con rasgos de carácter singular de interés nacional o internacional. El área debe incluir muestras representativas de ecosistemas de significación nacional, mostrar poca evidencia de la actividad humana, ofrecer importantes atractivos para los visitantes y tener capacidad para un uso recreativo y educativo en forma controlada* (ver: <http://www.sinac.go.cr/Paginas/PreguntasFrecuentes.aspx>).

Refugio de vida silvestre (Costa Rica): *Es un área que por sus condiciones geográficas, de ecosistemas especiales y de variada o exclusiva biodiversidad el Poder Ejecutivo declara como tal, para la protección e investigación de la flora y la fauna silvestres, en*

especial de las que se encuentren en vías de extinción (ver: <http://www.sinac.go.cr/Paginas/PreguntasFrecuentes.aspx>).

Resiliencia: *La capacidad de un sistema para absorber perturbaciones y reorganizarse mientras se somete a un cambio de modo que aún conservan esencialmente la misma función, estructura, identidad, y evaluaciones (Walker et al., 2004, p.1).*

Riesgo: *Un evento futuro incierto que podría ocurrir con una cierta probabilidad y, potencialmente, generar impactos (negativos) en el sistema (Scholz, Blumer and Brand, 2012, pp.315).*

Sensibilidad: *Nivel en el que un sistema resulta estar afectado por los estreses y las amenazas climáticas y antropogénicas (Scholz, Blumer and Brand, 2012, pp.318; IPCC, 2007a, p.883).*

Sequía: *Fenómeno que se produce cuando la precipitación ha estado muy por debajo de los niveles normalmente registrados, causando unos serios desequilibrios hidrológicos que afectan de manera adversa a los sistemas terrestres de producción de recursos (IPCC, 2007a, p.873).*

Servicios ecosistémicos: *Beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Estos incluyen servicios de aprovisionamiento (por ejemplo, alimentos, agua), servicios reguladores (regulación del clima y enfermedades), servicios culturales (por ejemplo, la recreación, la plenitud espiritual) y los servicios de apoyo (por ejemplo, formación de suelos) (MEA, 2005, pp.1).*

Sistema: *Un conjunto de elementos o partes que está organizado coherentemente e interconectado en un patrón o estructura que produce un conjunto característico de comportamientos, clasifica a menudo como su "función" o "propósito" (Meadows, 2008, p.188).*

Vulnerabilidad: *La vulnerabilidad se define generalmente a través de la función de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Es el grado en que un sistema se ve afectada por el impacto (sensibilidad + exposición) de una amenaza y su capacidad de adaptarse a este impacto (Geiger, Kreft and Ibsch, 2012, p.165).*

Bibliografía:

Agudelo Arango, C.L., 2013. *Evaluación hidrogeológica, hidrogeoquímica e isotópica del acuífero Huacas Tamarindo*. San José: SENARA.

Alvarado, L., W. Contreras, M. Alfaro, E. Jimenez, 2012: Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica. Disponible en: <http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/escenarios_de_cambio_climático_digital_0.pdf>. [Acceso el 02 de febrero de 2013].

Arellano, F., A. Rodríguez, H. Zúñiga, M. Vásquez and J. Suárez, 2010. *Estudio hidrogeológico para la caracterización del acuífero Huacas-Tamarindo, Santa Cruz, Guanacaste*. San José: Hidrogeotecnia.

Arias Salguero, M.E., 2010. *Importancia del agua subterránea en el Parque Nacional Marino Las Baulas*. [PowerPoint Presentation]. San José: Centro de Investigación en Ciencias Geológicas de la Universidad de Costa Rica.

Bailey, H., S.R. Benson, G.L. Shillinger, S.J. Bograd, P.H. Dutton, S.A. Eckert, S.J. Morreale, F.V. Paladino, T. Eguchi, D.G. Foley, B.A. Block, R. Piedra, C. Hitipeuw, R.F. Tapilatu, 2012: Identification of distinct movement patterns in Pacific leatherback turtle populations influenced by ocean conditions. *Ecological Applications*, 22(3), 2012, pp. 735–747.

BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013a. *Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino-costeras de Costa Rica frente al cambio climático*. San José: BIOMARCC-SINAC-GIZ.

BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013b. *Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con énfasis en áreas silvestres protegidas: Síntesis del estado del arte 2009-2011*. San José: BIOMARCC-SINAC-GIZ.

Borchert, R., 1994: Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*, Vol. 75, No. 5, pp. 1437-1449.

Bravo Chaves, F.M., 2009: Determinación de la calidad de agua y sedimentos del Estero Tamarindo, Guanacaste. Tesis de Licenciatura en Química Industrial. Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), 2013: Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino-costeras de Costa Rica frente al cambio climático: informe final – nivel distrital. Documento preparado para el Proyecto “Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica –Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático (BIOMARCC)”. Turrialba, Costa Rica.

CBD (Convención de la Diversidad Biológica), 2013: List of parties. Disponible en <<http://www.cbd.int/convention/parties/list/>>. [Acceso el 22 de mayo de 2013].

CBD. Convention on Biological Diversity, 2009. *Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: Report of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change. Technical series N° 41*. Montréal: CBD.

Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton, 2007: Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

CIT (Convención Interamericana para la protección de las Tortugas Marinas), 2009: Resolución CIT-COP4-2009-R5 de la Convención Interamericana para la protección y conservación de las Tortugas

Marinas. Cuarta Conferencia de las Partes. Adaptación de hábitats de las tortugas marinas al cambio climático. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www.iacseaturtle.org/docs/resolucionesCOP4CIT/CIT-COP4-2009-R5ESP_Final.pdf> [Acceso el 25 de mayo de 2013].

CMP (The Conservation Measures Partnership), 2007: Estándares abiertos para la práctica de la conservación. Versión 2.0. Disponible en: <http://www.conservationmeasures.org/wp-content/uploads/2010/04/CMP_Open_Standards_Version_2_Spanish.pdf>. [Acceso el 01 de junio de 2013].

CMS (Convención sobre Especies Migratorias Silvestres), 2013: Partes de la convención sobre especies migratorias silvestres y sus acuerdos. Disponible en: <http://www.cms.int/about/partylist_s.pdf>. [Acceso el 23 de mayo de 2013].

CONANP, FMCN and TNC. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza and The Nature Conservancy, 2011. *Guía para la elaboración de programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas*. [pdf] Available at: <http://www.conanp.gob.mx/contenido/pdf/guia_cc_areas_naturales_protegidas.pdf> [Accessed 25.11.2013].

Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, F.J. Swandon, B.J. Stocks, B.M. Wotton, 2001: Climate change and forest disturbances. *BioScience*, Vol. 51, pp. 723-734.

Day, J.W., R.R. Christian, D.M. Boensch, A. Yáñez-Aranciaba, J. Morris, R.R. Twilley, L. Naylo, L. Schaffner, C. Stevenson, 2008: Consequences of climate change on the ecogeomorphology of coastal wetlands. *Estuaries and Coasts*, 31, pp. 477-491

Defeo, O., A. McLachlan, D.S. Schoeman, T.A. Schlacher, J. Dugan, A. Jones, M. Lastra and F. Scapini, 2009. Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(1), pp.1-12.

Drake, D.L., J.R. Spotila, 2002: Thermal tolerances and the timing of sea turtle hatchling emergence. *J. Therm. Biol.*, 27, p. 71-81.

Drews, C., A. Fonseca, 2009: Aumento del nivel del mar por cambio climático en Playa Grande, Parque Nacional Las Baulas, Costa Rica. Simulación de inundación basada en un modelo de elevación digital de alta resolución e implicaciones para el manejo del parque. Informe técnico, WWF/Stereocarto, San José, Costa Rica, 20p.

Enquist, B.J., A.J. Leffler, 2001: Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry-forest trees: individualistic responses to climatic variation. *Journal of Tropical Ecology*, 17, pp. 41-60.

Fleming, T.H., C.F. Williams, 1990: Phenology, seed dispersal and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rican tropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology*, 6, pp. 163-178.

Fonseca, A., 2011: Efectos del cambio climático en la anidación de las tortugas marinas. In: Universidad Nacional de Costa Rica (eds.): Tortugas marinas en Costa Rica: “enemigos” y protección. *Ambientales*, 41, p.11-18.

Geiger, L., S. Kreft, P.L. Ibsch, 2012: Reducing blindspots: MARISCO, a planning approach that integrates risk management into biodiversity conservation. In: P.L. Ibsch, L. Geiger, F. Cybulla, ed. 2012. *Global Change Management: Knowledge Gaps, Blindspots and Unknowable*. Baden-Baden: Nomos, pp. 153-211.

Gilman, E.L., Ellison, J., Duke, N.C., Field, C., 2008: Threats to mangroves from climate change and adaptation options. *Aquatic Botany*, Volume 89, Issue 2, pp. 237-250.

Harley, C. D. G., A. R. 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(2), pp.228-241.

Hawkes, L.A., A.C. Broderick, M.H. Godfrey, B.J. Godley, 2009: Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research*, Vol 7, p. 137-154.

Herrera-Silveira, J.A., A. Zaldivar-Jimenez, C. Teutli-Hernandez, R. Pérez-Ceballos, J. Caamal-Sosa, 2010: Los manglares de Yucatán y el cambio climático global. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual, G.J. Villalobos-Zapata (eds.): *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche CetyS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. p. 421-436.

Ibisch, P.L. and P. Hobson, 2014. *MARISCO. Adaptive Management of vulnerability and RISK at COnservation sites. A guidebook for risk-robust, adaptive and ecosystem-based conservation of biodiversity*. Eberswalde: Center for Econics and Ecosystem Management.

IH-UC (Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria), 2011: Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe. Dinámicas, tendencias y variabilidad climática. Santiago de Chile, Chile.

Imbach, P., L. Molina, B. Locatelli, O. Roupsard, G. Mahe, 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(2), pp.665-680.

IMN. Instituto Meteorológico Nacional, 2009. Costa Rica 2009. *Segunda comunicación nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. [pdf] San José: Instituto Meteorológico Nacional and Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Available at: <<http://unfccc.int/resource/docs/natc/cornc2.pdf>> [Accessed 23 October 2013].

IMN (Instituto Meteorológico Nacional) y CRHH (Comité Regional de Recursos Hídricos), 2008: Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica. Proyecto segunda comunicación sobre cambio climático en Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www.clas.ufl.edu/users/prwaylen/geo3280articles/el_clima_variabilidad_y_cambio_climático_en_c_r_version_final.pdf>. [Acceso el 28 de mayo de 2013].

IMN (Instituto Meteorológico Nacional), 2005: Atlas Climatológico de Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía, San José, Costa Rica. Disponible en: <<http://www.imn.ac.cr/especial/atlasIMN.zip>> [Acceso 28 de mayo de 2013].

INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad), 2009: Biodiversidad y cambio climático en Costa Rica. Informe final. Disponible en: <http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/biodiversidad_y_cambio_climático_cr.pdf>. [Acceso el 30 de mayo de 2013].

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. Climate change 2013: *The physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC 5th Assessment Report. Summary for policymakers*. [pdf] Available at: <http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf> [Accessed 08.11.2013].

IPCC, 2007a: Anexo 1 Glosario. En: Parry, M. et. al. *Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. Aportes del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. [En línea] Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-annex-sp.pdf> [Consulta: 31/10/2011].

IPCC, 2007b: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IUCN (International Union for Conservation of Nature), 2009: Species and climate change. More than just the polar bear. Disponible en: < https://cmsdata.iucn.org/downloads/species_and_climate_change_1.pdf>. [Acceso el 05 de junio de 2013].

IUCN. 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **10 January 2015**.

Kennish, M.J., 2002: Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation, Volume 29, Issue 01, pp. 78-107*.

Kjerfve, B., D.J. Macintosh, 1997: [The impact of climatic change on mangrove ecosystems](#). In: Kjerfve B., L. D. Lacerda, E. S. Diop (eds.): Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa. UNESCO/International Society for Mangrove Ecosystems; UNESCO/International Society for Mangrove Ecosystems. pp.1-7.

Köppen, W., 1918: Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. In: *Petermanns Geog. Mitt., Band 64, S.193-203*.

McLeod, E., R.V. Salm, 2006: Managing mangroves for resilience to climate change. IUCN, Gland, Switzerland, 64pp.

MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones), 2012: Sistema Nacional de Áreas de Conservación Plan de Acción 2013-2017. Plan Estratégico / Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). San José, Costa Rica.: SINAC, 122p.

MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones), 2009: Estrategia Nacional de Cambio Climático. 1ed. San José, Costa Rica: Editorial Calderón y Alvarado S.A. 109p.

Moore, S.K., V.L. Trainer, N.J. Mantua, M.S. Parker, E.A. Laws, L.C. Backer, L.E. Fleming, 2008: Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health. *Environmental Health, 7(Suppl 2), doi:10.1186/1476-069X-7-S2-S4*.

Murphy, P.G., A.E. Lugo, 1986: Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 17, pp. 67-88*.

Piedra Chacón, R., 2011: Evaluación del éxito de incubación de los huevos de tortuga baula (*Dermochelys coriacea*) en dos áreas de anidación del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste y su aporte a la conservación de la especie en el pacífico oriental tropical. MSc. Universidad Nacional de Costa Rica.

Protti, M., D. Ballester, A. Fonseca, 2010: Tectónica, nivel del mar y ciclo sísmico en playa Junquillal y el Pacífico Norte costarricense. Disponible en: < <http://de.scribd.com/doc/45348023/Tectonica-nivel-del-mar-y-ciclo-sismico-en-Playa-Junquillal-y-el-Pacifico-norte-costarricense>>. [Acceso el 08 de julio de 2013].

RAMSAR, 2013: Partes Contratantes en la Convención de Ramsar. Disponible en: < http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-parties-parties/main/ramsar/1-36-123%5E23808_4000_2__>. [Acceso el 22 de mayo de 2013].

Reina, D., J.R. Spotila, F.V. Spotila, A.E. Dunham, 2009: Changed reproductive schedule of eastern Pacific leatherback turtles *Dermochelys coriacea* following the 1997-98 El Niño to La Niña transition. *Endangered Species Research, 7, doi: 10.3354/esr00098*.

Retana, J., Araya, C., Sanabria, N., Alvarado, L., Solano, J., Barrientos, O., Solera, M., 2011: Análisis del riesgo actual del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático. Para contribuir a mejorar el desarrollo humano. Disponible en: < http://cgloba.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/analisis_del_riesgo_actual_del_sector_hidrico_de_co

sta_rica_ante_el_cambio_climático.pdf>. [Acceso el 02 de abril de 2013].

Saba, V.S., C.A. Stock, J.R. Spotila, F.V. Paladino, P. Santidrián Tomillo, 2012: Projected response of an endangered marine turtle population to climate change. *Nature Climate Change*. DOI: 10.1038/NCLIMATE1582.

Saba, V.S., G.L. Shillinger, A.M. Swithenbank, B.A. Block, J.R. Spotila, J.A. Musick, F.V. Paladino, 2008: An oceanographic context of the foraging ecology of the eastern Pacific leatherback turtles: Consequences of ENSO. *Deep-Sea Research*, 55, p. 646-660.

Saba, V.S., P. Santidrián-Tomillo, R.D. Reina, J.R. Spotila, J.A. Musick, D.A. Evans, F.V. Paladino, 2007: The effect of the El Niño Southern Oscillation on the reproductive frequency of eastern Pacific leatherback turtles. *Journal of Applied Ecology*, 44, p. 395-404.

Salafsky, N., R. Margoluis, K. Redford, J. Robinson, 2002: Improving the practice of conservation: A conceptual framework and agenda for conservation science. *Conservation Biology*, 16 (6), pp. 1469-1479.

Santidrián Tomillo, P., V.S. Saba, G.S. Blanco, C.A. Stock, F.V. Paladino, J.R. Spotila, 2012: Climate driven egg and hatchling mortality threatens survival of eastern Pacific leatherback turtles. PLoS ONE 7(5): e37602. doi:10.1371/journal.pone.0037602.

Santidrián Tomillo, P., 2011: Cambio climático y tortugas marinas. En: Universidad Nacional de Costa Rica (eds.): Tortugas marinas en Costa Rica. "Enemigos" y protección. *Ambientales* 41, Artículo 1, p. 5-10.

Santidrián Tomillo, P., J.S. Suss, B.P. Wallace, K.D. Magrini, G. Blanco, F.V. Paladino, J.R. Spotila, 2009: Influence of emergence success on the annual reproductive output of leatherback turtles. *Marine Biology*, 156, DOI 10.1007/s00227-009-1234-x.

Santidrián Tomillo, P., 2007: Nest success and reproductive success of leatherback turtles are driven by environmental variability. In: Santidrián Tomillo, P.: Factors affecting population dynamics of Eastern Pacific Leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*). (Tesis de doctorado). Universidad de Drexel, Estados Unidos.

Scholz, R.W., Y.B. Blumer and F.S. Brand, 2012. Risk, vulnerability, robustness, and resilience from decision theoretic perspective. *Journal of risk research*, 15(3), pp.313-330.

Sieg, A., 2010: Climate, not conservation, controls leatherback turtle primary sex ratios in Pacific Costa Rica. In: Sieg, A.: Physiological constraints on the ecology of activity-limited ectotherms. (Tesis de doctorado). Universidad Drexel, Estados Unidos.

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). 2014. Propuesta de Plan General de Manejo del Parque Nacional Marino Las Baulas 2015-2024. Eds H. Acevedo y E. Vargas. Santa Cruz, Costa Rica.

SINAC. Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio de Ambiente y Energía, 2013c. Parque Nacional Marino Las Baulas. 1:50000, Hojanca: SINAC.

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), 2010: Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación. SINAC 2011-2015. San José, Costa Rica. 44pp.

SINAC. Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, 2010b. *Plan Estratégico Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC 2010-2015*. San José: SINAC.

Snyder, M.A., L.C. Sloan, N.S. Diffenbaugh, J.L. Bell, 2003: Future climate change and upwelling in the California current. *Geophysical Research Letters*, Vol.30, No.15, doi:10.1029/2003GL017647.

Tiffer-Sotomayor, R., A. Mata, M. Losilla, S. Cervantes, M.V. Cajiao, M. Adamson, R. Araúz, M. Marín, 2003: Diagnóstico Ambiental del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste. Plan de Manejo del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste – ACT. Centro Científico Tropical. Para la Asociación The Leatherback Trust.

UNCCD (Convención de las Naciones Unidas sobre la Lucha contra la Desertificación), 2012: Country detail. Basic info: Costa Rica. Disponible en:< <http://www.unccd.int/en/regional-access/Pages/countries.aspx?place=50>>. [Acceso el 23 de mayo de 2013].

UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), 2013: Costa Rica. Disponible en:< <http://maindb.unfccc.int/public/country.pl?country=CR>>. [Acceso el 22 de mayo de 2013].

UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), 1992: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en:< <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>>. [Acceso el 22 de mayo de 2013].

United Nations, 1992. *Convention on biological diversity*. [pdf] Available at:< <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>>. [Accessed 07.11.2013].

Walker, B., C.S. Holling, S.R. Carpenter and A. Kinzig, 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5, [online] Available at: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>> [Accessed 29.12.2013].

WWF (World Wildlife Fund), 2009: Comprendiendo los impactos del cambio climático en las tortugas marinas y sus hábitats. Informe del *Adaptation to climate change toolkit* y el programa *Adaptation to Climate change for marine Turtles* (ACT).

Yáñez-Arancibia, A., R.R. Twilley, A.L. Lara-Domínguez, 1998: Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*, 4(2), pp. 3-19

Zamora-Trejos, P. and J. Cortés, 2009. Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), pp.473-488.