

PLAN PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

sobre la biodiversidad y servicios ecosistémicos
en el litoral Caribe de Guatemala



Plan para la reducción de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y servicios ecosistémicos en el litoral Caribe de Guatemala

Guatemala, septiembre de 2022



Citación (APA 7ª edición)

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación. (2022). *Plan para la reducción de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y servicios ecosistémicos en el litoral Caribe de Guatemala*.

La elaboración y publicación de este documento ha sido posible gracias a la coordinación y gestión del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN) en el marco del proyecto «Manejo integrado de la cuenca al arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano» (MAR2R), ejecutado por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) en coordinación con los ministerios de ambiente de Belice, Guatemala, Honduras y México, y con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) a través del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés). Asimismo, al apoyo de diferentes socios de gobierno, organizaciones no gubernamentales nacionales e internacionales, sociedad civil, academia y sector privado.

Esta publicación fue producida con el apoyo del proyecto MAR2R. Su contenido es responsabilidad de la Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (Fundaeo), y no refleja necesariamente las opiniones de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), el MARN y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF siglas en inglés)-Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF siglas en inglés).

Autoridades
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Mario Roberto Rojas Espino
Ministro de Ambiente

Ángel Ernesto Lavarreda Mazariegos
Viceministro de Recursos Naturales y Cambio Climático

Fredy Antonio Chiroy Barreno
Viceministro de Ambiente

Nery Martín Méndez y Méndez
Viceministro del Agua

Samuel Juan Gómez López
Viceministro Administrativo Financiero

Comité técnico del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Luisa María Fernández Luján, asesora del Departamento de Ecosistemas
Regina Sánchez Castañeda, especialista marino-costera del Departamento de Ecosistemas
Samuel Coloma, enlace de la Unidad de Ecosistemas (MARN-Fundaeco)
Bella Hernández, apoyo de la Unidad de Ecosistemas (MARN-Fundaeco)

Proyecto «Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano» (MAR2R)

Mario Escobedo, director del Proyecto MAR2R
Carlos Rodríguez Oivet, especialista marino-costero y salvaguardas

Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación

Silja Ramírez Yela, coordinadora de Fundaeco Costas
Guillermo Gálvez, subcoordinador del Programa Mares Vivos
Ingrid Arias, directora de desarrollo institucional

Equipo consultor

Mario Roberto Jolon Morales, líder de equipo y especialista en manejo y planificación estratégica
Sarah Gabriela Gómez Aju, especialista en planificación territorial y bases de datos
Sharon Janeth Torres Contreras, especialista en sistematización de información y coordinación
Claudio González, especialista en relaciones institucionales, de actores y planificación
Sara Michelle Catalán, especialista en análisis SIG para cambio climático
Estefany Ordoñez Sayle, especialista en biodiversidad marino-costera

Edición y diagramación

Cecilia Cleaves

Mapas

Sarah Gómez

Fotografías

Archivo Fundaeco (portada), archivo Fundaeco/Carol Guzy (contraportada), archivo Fundaeco, Guillermo Gálvez, Robin Moore (interiores)

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CONTEXTO DEL PLAN.....	5
2.1. Localización	5
2.2. Contexto biológico	6
2.3. Contexto sociocultural	8
2.4. Contexto económico	10
3. OBJETOS DE ESTUDIO.....	11
3.1. Objetos de conservación	11
3.1.1 Arrecifes de coral	11
3.1.2 Pastos marinos	12
3.1.3 Humedales costeros	13
3.1.4 Manglares	14
3.1.5 Playas y dunas	15
3.1.6 Bosque latifoliado	16
3.2. Objetos de bienestar humano	18
3.2.1 Pesca	18
3.2.2 Agricultura	20
3.2.3 Ganadería.....	22
3.2.4 Infraestructura	23
3.2.5 Turismo.....	24
3.2.6 Agua dulce para consumo.....	24
4. METODOLOGÍA.....	27
4.1. Análisis de amenazas.....	27
4.2. Análisis de vulnerabilidad al cambio climático.....	27
4.3. Análisis de escenarios futuros.....	30
5. ANÁLISIS DE AMENAZAS.....	31
5.1. Amenazas para los objetos de conservación.....	31
5.2. Amenazas para los objetos de bienestar humano.....	34
6. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	39

7. ESQUEMA DE GOBERNANZA.....	45
8. PLAN PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	47
8.1 Visión.....	47
8.2 Principios.....	47
8.3 Objetivos.....	47
8.3.1 General.....	47
8.3.2 Objetivos específicos.....	48
8.4 Ejes estratégicos.....	48
9. PLAN ESTRATÉGICO CLIMÁTICO.....	57
10. SISTEMA DE SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN Y APRENDIZAJE CLIMÁTICO.....	69
REFERENCIAS.....	75
ANEXOS.....	83

PRESENTACIÓN

Para el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) —a través del Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático—, es un gusto presentar el *Plan para la Reducción de la Vulnerabilidad e Impactos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos en el Litoral Caribe de Guatemala*. Esta herramienta estratégica es un trabajo colaborativo impulsado por diferentes socios de gobierno, organizaciones no gubernamentales nacionales e internacionales, sociedad civil, academia y sector privado; quienes a su vez, son actores clave para su implementación.

Este plan se constituye en un llamado a la acción para mitigar los impactos negativos del cambio climático a través de la adaptación, impulsando particularmente un fortalecimiento de las capacidades adaptativas de la zona marino-costera del Caribe; así como a la mitigación de amenazas que se verán exacerbadas por diversos factores climáticos, como el incremento de la temperatura superficial terrestre y del mar, cambios en los patrones de precipitación, intensificación de tormentas y huracanes, acidificación del mar, entre otros.

El documento cuenta con seis ejes estratégicos para su desarrollo y se encuentra armonizado y contextualizado con otros esfuerzos nacionales de planificación. A su vez, captura metas nacionales establecidas en los objetivos de desarrollo sostenible; el Plan Nacional de Desarrollo K'atún; las contribuciones determinadas a nivel nacional; el Sistema de monitoreo, evaluación y reportaje para la zona marino-costera y el PRVCC del Pacífico. Con base en ello, propone una actualización del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático para las zonas marino-costeras, en una futura tercera edición. El plan propone una ruta que permitirá alcanzar resultados ambiciosos a través del trabajo multiinstitucional, dentro de los marcos de trabajo de cada institución, como los que se han obtenido en la implementación del plan para el Pacífico.

Como producto de este esfuerzo, también se recopiló información documental, se compilaron bases de datos y se elaboraron mapas y documentos técnicos, que el MARN estará poniendo a disposición de la población en general a través de sus sistemas de información. Sea este esfuerzo una muestra fehaciente de nuestro compromiso como Ministerio de apoyar en la sostenibilidad de las zonas marino-costeras, a través de la articulación institucional y de políticas, que esfuerzos como este facilitan para alcanzar objetivos de país en abordajes relacionados con la adaptación al cambio climático.

Mario Roberto Rojas Espino
Ministro
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

RESUMEN EJECUTIVO

La zona marino-costera (ZMC) del Caribe de Guatemala se encuentra ubicada en los municipios de Livingston y Puerto Barrios del departamento de Izabal; colinda con los límites fronterizos de Belice y Honduras, por lo que representa un área de importancia económica para el país. Los habitantes del Caribe dependen, entre otras actividades, de la agricultura, ganadería, pesca y turismo como medios de vida. Estas actividades se basan en el uso de bienes y servicios provenientes de diferentes hábitats costeros y marinos, los cuales están seriamente perturbados por actividades humanas, como la expansión urbana, la sobrepesca, la contaminación y la degradación del hábitat, a lo cual se suman la variabilidad climática y el cambio climático, que se prevé empeoren sustancialmente esta condición.

Como parte del presente estudio se identificaron seis objetos de conservación, que corresponden a arrecifes, pastos marinos, humedales costeros, manglares, playas y dunas, y bosques latifoliados; así como seis objetos de bienestar humano: agricultura, ganadería, pesca, agua para consumo, turismo e infraestructura. Se priorizaron las amenazas que afectan a estos objetos y se valoraron según criterios de alcance, severidad e irreversibilidad, con base en la metodología de estándares abiertos, con lo cual se obtuvo una valoración actualizada de las mismas.

En cuanto al análisis de vulnerabilidad al cambio climático, se consideraron los factores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. La sobreposición de las variables permitió crear un modelo con las categorías de vulnerabilidad para la ZMC terrestre y marina. El análisis evidenció la importancia de las áreas protegidas dentro de la capacidad adaptativa al cambio climático, tanto para la zona terrestre como para la marina. El manejo y gestión adecuada de las áreas protegidas

salvaguarda la mayor parte de la ZMC y ayuda a la conservación y calidad de los bosques y la biodiversidad como, por ejemplo, bosques tropicales, manglares, corales y pastos marinos. También ayuda a mantener la integridad de las partes altas de las cuencas de la zona terrestre, al evitar la erosión del suelo por altas pendientes y los riesgos de deslizamientos y desprendimientos de tierra. La contaminación del agua es una variable de exposición a considerar en la zona marino-costera, debido a que las mayores zonas de vulnerabilidad corresponden con la desembocadura de Río Dulce. Al analizar las variables de sensibilidad, se encontró que las condiciones actuales de las zonas de pesca aumentan la vulnerabilidad en la región, pudiendo pasar de la categoría sensible a expuesta.

Para alcanzar estos resultados se realizaron 61 encuentros de trabajo (16 talleres y 45 reuniones internas/externas y entrevistas) en las cuales participaron 102 personas en total (54 mujeres y 48 hombres) de 38 organizaciones diferentes. Se ordenaron 998 documentos en una biblioteca virtual, los cuales fueron organizados por país y temática, y 400 son específicos de Guatemala, que respaldan el trabajo de revisión realizado; además se cuenta con el soporte de las bases de datos y un atlas de mapas generados, que el MARN puede poner a disposición del público en general en sus repositorios de información.

El presente plan se constituye en un instrumento de gestión para la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático a través de la mejora en el manejo, conservación e integridad de los ecosistemas naturales, así como la disminución de las amenazas sobre los aspectos de bienestar humano derivados de los bienes y servicios ecosistémicos, aumentando con ello la capacidad adaptativa y resiliencia ante los impactos de dicho fenómeno.



1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, las zonas marino-costeras (ZMC) están comprendidas entre los límites de la zona económica exclusiva (ZEE) y un límite terrestre que abarca los ecosistemas influidos por las mareas y el agua salobre, incluyendo los tres kilómetros correspondientes a las reservas territoriales del Estado (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap] y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN] 2009; Jolon-Morales y Pérez, 2007). Con base en estas definiciones, el espacio marino del país es mayor al terrestre, siendo aproximadamente de 120 229 km², lo cual representa cerca del 54 % del territorio guatemalteco.

En ese espacio marino existen más de 27 hábitats bénticos y varios ecosistemas terrestres a los cuales están vinculados directa o indirectamente cerca del 26% de la población guatemalteca. Por ello, las ZMC de Guatemala son de alta importancia, ya que en ellas coinciden una serie de actividades, tanto productivas como de conservación (Conap y MARN, 2009; MARN *et al.*, 2020).

Entre las diversas actividades económicas que confluyen en esta zona se pueden mencionar: turismo, puertos, pesca artesanal e industrial, cultivos de subsistencia (maíz, frijol, ajonjolí) y de exportación (banano, caña de azúcar, palma africana); que son de importancia para el desarrollo nacional, pues son una fuente clave de ingresos por comercio interno y externo, generando importantes divisas para el país (MARN y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2018).

Actualmente, tanto las actividades económicas como los medios de vida de las comunidades costeras están en riesgo debido a los efectos del cambio climático. El mantenimiento de la viabilidad ecológica de los ecosistemas de los litorales es vital para los medios de vida de las comunidades, así como para reducir la exposición ante los efectos del cambio climático, ya que brindan protección natural (Burden *et al.*, 2020). Sin embargo, estos ecosistemas se encuentran bajo presión, lo cual aumenta la vulnerabilidad de los habitantes de los litorales (MARN y PNUD, 2018; Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal] *et al.*, 2018).

La *Política para el Manejo Integral de las Zonas Marino-Costeras de Guatemala* admite y reconoce estas zonas en el país, y brinda las pautas de comportamiento y actuación de diferentes instancias del Gobierno y la sociedad civil involucradas para promover el uso y manejo sostenible de sus recursos asociados. En dicho instrumento se establece el componente de conservación y manejo integrado de la ZMC y su relación con lo forestal, lo agropecuario e hidrobiológico; así como los derechos de explotación, conservación y ordenamiento de los recursos naturales, en especial la pesca. El apartado sobre cambio climático pone énfasis especial en prevenir y reducir sus impactos a través de la adaptación (MARN, 2009).



2. CONTEXTO DEL PLAN

2.1. Localización

La zona marino-costera del Caribe de Guatemala (cuadro 1) se encuentra ubicada en los municipios de Livingston y Puerto Barrios del departamento de Izabal; colinda con los límites fronterizos de Belice y Honduras (mapa 1), por lo que representa un área de importancia económica para el país.

Se encuentra influenciada por tres cuencas (mapa 2): (I) río Sarstún, que desemboca en la Bahía de Amatique en el límite con Belice; (II) lago de Izabal-Río Dulce, que desemboca hacia el mar Caribe a través de Río Dulce y (III) río Motagua, que desemboca en Punta de Manabique, colindante con Honduras (Conap y MARN, 2009).

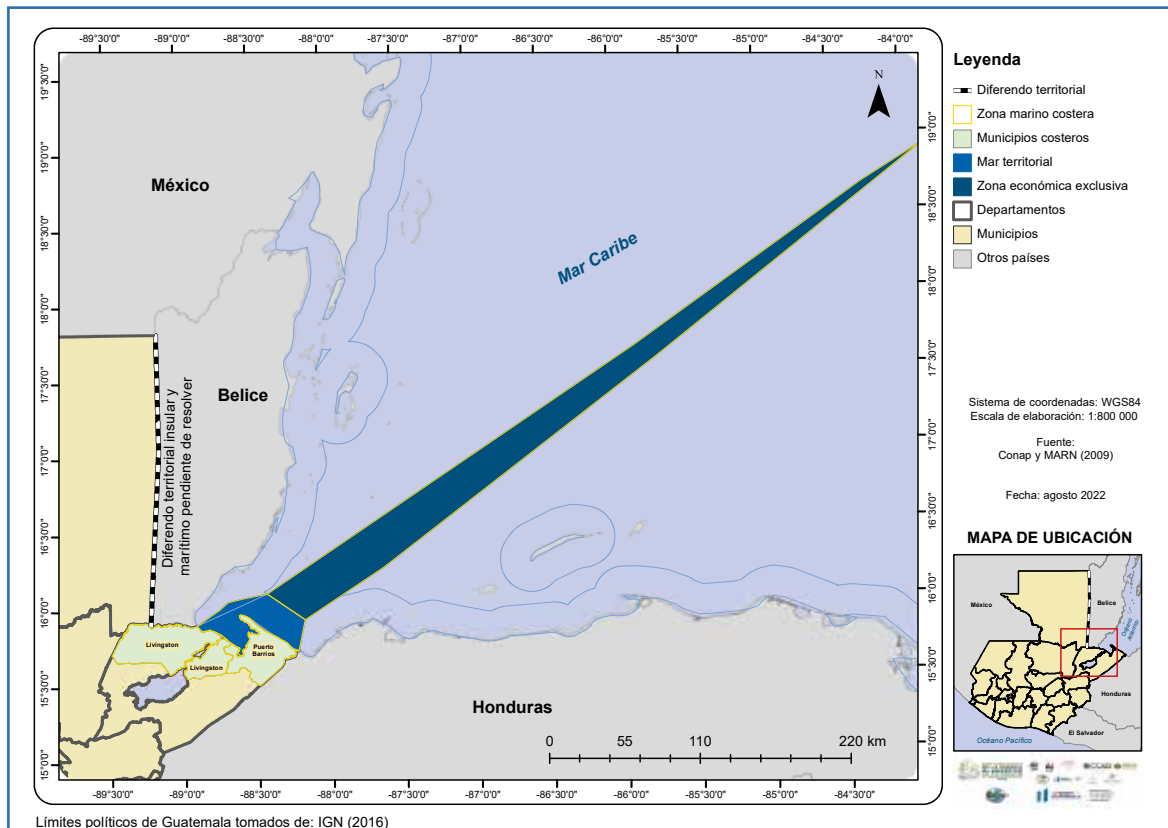
Cuadro 1

Información de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala

Nacional	
Territorio nacional (km ²)	108 889
Población (millones) 2018	14 901 286
Densidad poblacional (habitantes/km ²) 2018	159
Zona marino-costera del Caribe	
Población (%)	2.74
Longitud de la costa (km)	148
Extensión de la zona costera (km ²)	3550
Extensión marina protegida en el Caribe (ha)	102 589
Área vertiente Caribe (%)	31.0

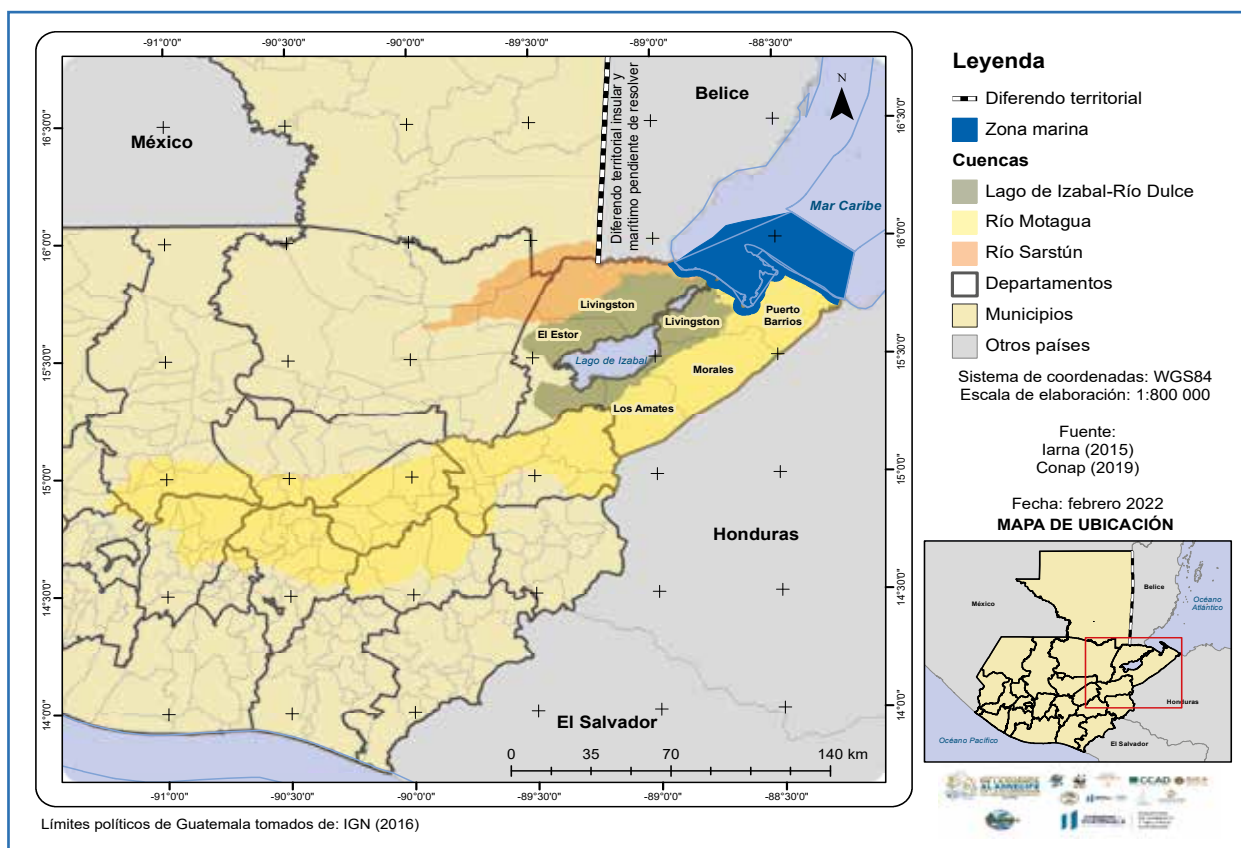
Fuente: MARN et al. (2020)

Mapa 1. Delimitación de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

Mapa 2. Área de influencia de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

Las condiciones climáticas del litoral Caribe son variables debido a la influencia de los vientos predominantemente del nordeste, y que se encuentran cargados de humedad proveniente del Golfo de Honduras (Fundación Mario Dary Rivera [Fundary] *et al.*, 2006). La temperatura media anual oscila entre los 24 y 26 °C en la costa del Caribe; sin embargo, el análisis histórico de tendencias muestra un aumento de 0.07 °C durante el periodo 1990-2019 (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [Insivumeh], 2018; MARN *et al.*, 2020).

2.2. Contexto biológico

Los habitantes del Caribe dependen, entre otras actividades, de la agricultura, ganadería, pesca y el turismo como medios de vida, las cuales se basan en el uso de bienes y servicios provenientes de diferentes hábitats costeros

y marinos. Debido a que las comunidades asentadas en las costas han construido viviendas, infraestructura urbana, de transporte y recreativa a lo largo del litoral y en las planicies costeras, son altamente vulnerables a fenómenos naturales como las tormentas, huracanes e inundaciones. Esta vulnerabilidad se ve contrarrestada por barreras naturales como los arrecifes, manglares y lagunas costeras en el área (United States Agency for International Development [Usaid], 2012).

Sin embargo, estos hábitats costeros y marinos están seriamente perturbados por actividades humanas, como la sobrepesca, la contaminación y la degradación del hábitat. Aunado a esto, se estima que la variabilidad y el cambio climático empeorarán sustancialmente estas condiciones (Usaid, 2012). Las regiones del Golfo de México y el Arrecife Mesoamericano son reconocidas

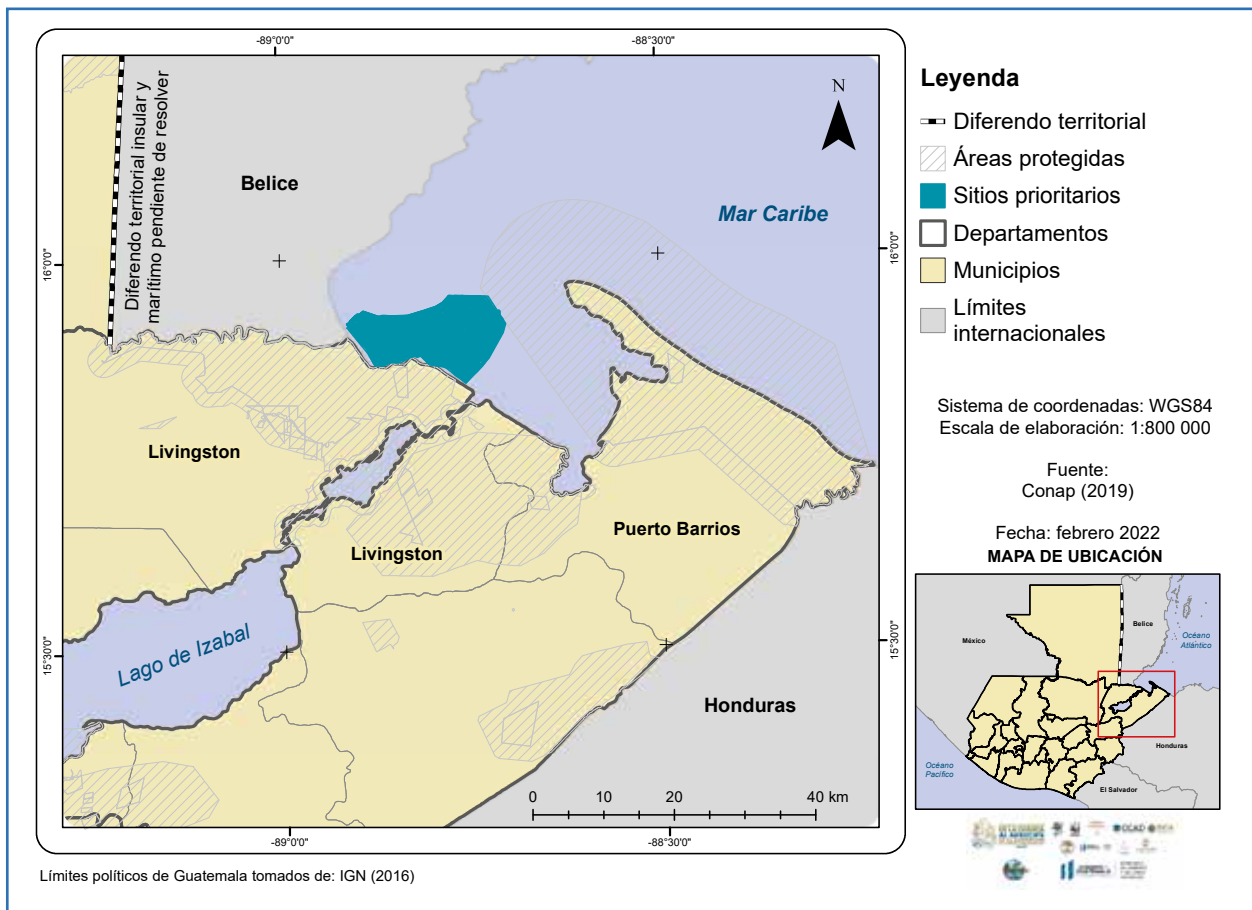
a nivel mundial dentro de las dieciocho áreas de prioridad para la conservación de la biodiversidad marina (Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación [Fundaecon], 2014).

La zona marino-costera del Caribe se encuentra en gran medida clasificada como un «área clave para la biodiversidad»¹, denominada «vertiente del Caribe de Guatemala». Esta clasificación se fundamenta en que es un área que contiene registros confirmados de especies dentro de las categorías de «crítico», «en peligro» y «vulnerable» de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

(Ramos *et al.*, 2007). Además, se encuentra clasificada como un «área de importancia para las aves»², pues en ella se resguardan especies restringidas a dicha vertiente y a la del Golfo de México, por lo que su conservación es prioritaria (BirdLife International, 2021).

En el contexto del Arrecife Mesoamericano, se han priorizado tres sitios en Guatemala: (1) La región de la Bahía de Amatique entre la desembocadura del río Sarstún y Punta de Manabique, (2) El Golfete (Río Dulce) y (3) El corredor desde la Bahía La Graciosa, el Canal Inglés y la costa frente a San Francisco del Mar (mapa 3). El análisis de vacíos de la biodiversidad marino-costera considera que

Mapa 3. Sitios prioritarios para la conservación de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

¹ Key Biodiversity Area (KBA), por sus siglas en inglés.

² Important Bird Areas (IBA), por sus siglas en inglés.

la región Caribe posee grandes extensiones protegidas, cubriéndola significativamente en comparación con el Pacífico. Para esta área se ha priorizado una zona marina entre río Sarstún y Punta de Manabique, que coincide con el sitio 1 priorizado para el Arrecife Mesoamericano (Conap y MARN, 2009).

Asimismo, el Caribe de Guatemala representa una zona de alta importancia por sus humedales, los cuales albergan una alta diversidad de especies, incluyendo amenazadas. En el área se han declarado tres sitios Ramsar: Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic, Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique y Área de Usos Múltiples Río Sarstún (PNUD, 2017). En el departamento de Izabal se encuentran dos sitios de la Alianza para la Cero Extinción: (1) Río Chajmaic-Sierra Santa Cruz-Semuy y áreas aledañas, que debe su declaratoria a la presencia de *Craugastor trachydermus*, una especie de rana endémica a esta zona y (2) Sierra de las Minas-Motagua, declarada por la presencia de la salamandra *Cryptotriton veraepacis* (Alliance for Zero Extinction, 2021).

El sistema Sierra de las Minas-Motagua-Polochic sobresale por ser considerado centro de diversidad de plantas y árboles tropicales, que corresponde a una de las áreas de concentración de especies endémicas de la flora y fauna de Guatemala y Mesoamérica. La afinidad de las especies que se encuentran en esta región es sobre todo neotropical, muchas de las cuales son exclusivamente mesoamericanas y algunas restringidas al país. Esto se debe a que la compleja geografía de la región genera una gran variedad de gradientes ambientales y ecológicos (Estrada, 2017).

Los endemismos se concentran en dos áreas que han sido más investigadas: Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, que reporta 15 especies de plantas endémicas, y la región de Bocas del Polochic con 22 especies (Barrios *et al.*, 2003; Véliz *et al.*, 2014). Asimismo, se han documentado al menos tres especies endémicas de salamandras (*Nototriton brodiei*,

N. stuarti y *Cryptotriton nasalis*) y una especie de rana (*Quilticohyla sanctaecrucis*), todas ellas continentales (Ojeda, 2006; Naturalista, 2021). No existen reportes disponibles sobre especies endémicas para las zonas litorales.

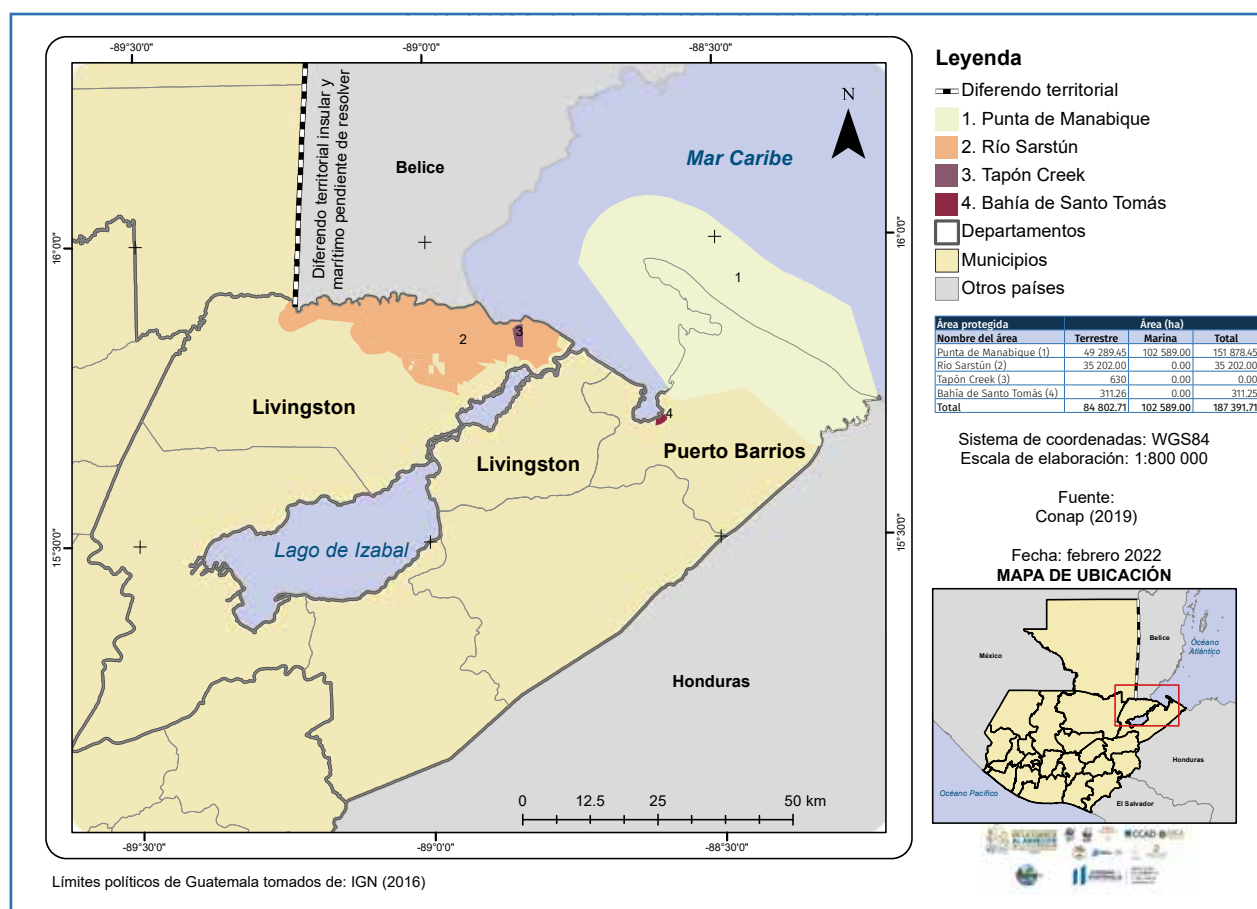
A nivel nacional, el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap) abarca el 32 % del territorio nacional bajo algún esquema de protección. Las áreas costeras representan el 5.8 % de dicha extensión, de la cual el 93 % pertenece al Caribe. Según la base de datos del Sigap (2019), el departamento de Izabal cuenta con 43 áreas protegidas, de las cuales 35 son reservas naturales privadas, con una extensión total de 314 540.62 ha.

Además, se encuentran 2 parques nacionales, 1 biotopo protegido, 2 refugios de vida silvestre, 1 área de usos múltiples, 1 reserva protectora de manantiales, 1 reserva hídrica y forestal y 1 parque regional municipal (mapa 4). Por su extensión, las principales áreas son: Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVSPM) y Área de Usos Múltiples Río Sarstún (AUMRS). La primera se encuentra en el municipio de Puerto Barrios y es administrada por el Conap. Fue declarada como área protegida en el año 2005 (Decreto 23-2005), constituyéndose en la primer área marino-costera protegida del Sigap. La segunda es administrada por el Conap, a través de una administración conjunta con el Consorcio Asociación Indígena Campesina Amantes de la Tierra y Fundaeco. Fue declarada como área protegida por el Decreto 12-2005 de la Ley de Declaratoria del Área de Usos Múltiples Río Sarstún.

2.3. Contexto sociocultural

El último Censo Nacional de la Población y Vivienda reporta un total de 408 688 habitantes para el departamento de Izabal, con un crecimiento poblacional del 34 %, comparado con el censo realizado en el 2002. Para el departamento se reporta una densidad poblacional de 54.56 habitantes/km², la cual se encuentra por debajo del promedio

Mapa 4. Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas de la zona-marino costera del Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

nacional (cuadro 2). Para la zona marino-costera del Caribe, la población ladina representa un 70.43 %, la de origen maya un 28.21 %, la garífuna un 0.73 % y el restante 0.60 % corresponde a población de origen extranjero, xinca o afrodescendientes. En cuanto al idioma, predomina el español, seguido del q'eqchi'. Además, la mayor parte de la población de Livingston habla garífuna (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2002 y 2019).

Con base en la *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida* (Encovi)

Cuadro 2
Información poblacional del departamento de Izabal

Departamento de Izabal				Área	
Municipio	Población total	Hombre	Mujer	Urbana	Rural
Puerto Barrios	100 593	49 144	51 449	100 593	-
Morales	100 361	49 191	51 170	23 855	76 506
Livingston	73 492	36 456	37 036	17 923	55 569
El Estor	73 328	36 947	36 381	20 489	52 839
Los Amates	60 914	30 121	30 793	4 793	56 121
Total	408 688	201 859	206 829	167 653	241 035
Densidad poblacional				54.56 ha/km ²	

Fuente: elaboración propia con datos de INE (2019)

realizada en el 2011, en el área urbana de los municipios de la ZMC-Caribe, dos de cada diez habitantes vive en condiciones de pobreza, mientras que en el área rural la proporción es de cuatro por cada diez (INE, 2011). Según el Índice de Pobreza Multidimensional de Guatemala, la incidencia de este tipo de pobreza en el área rural es el doble que en el área urbana (82.5 % y 40.3 %, respectivamente) (Ministerio de Desarrollo Social, 2019).

El municipio de Livingston presenta el mayor índice de desnutrición crónica (57.17 %) a nivel departamental, principalmente en menores de cinco años, lo que representa una de las principales manifestaciones de inseguridad alimentaria y nutricional (Comisión Nacional para la Reducción de la Desnutrición Crónica, 2016; INE, 2011 y 2019). Por otro lado, en el periodo 2012-2018 se reportó un total de 7173 casos de personas infectadas por vectores, siendo el dengue la enfermedad más común (58.38 %); seguida de malaria (22.16 %); chikungunya (17.71 %) y dengue hemorrágico, chagas y zika (1.68 %) (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2018).

2.4. Contexto económico

En la ZMC-Caribe la mayor producción agrícola se concentra en las industrias de exportación. Entre estos cultivos se pueden encontrar: hule, café, palma aceitera, cardamomo y banano (MARN *et al.*, 2020). En general, la zona tiene un potencial agrícola que aún no está plenamente aprovechado. Las parcelas agrícolas de los hogares no se explotan en su totalidad debido a la falta de acceso a financiamiento y a la recurrencia de sequías e inundaciones. Por otra parte, el cambio en el uso de la tierra desde producción de maíz a

palma aceitera (en sistema de monocultivos) tiene un impacto negativo en la producción de cultivos alimentarios y en la cantidad de tierra disponible para los pequeños productores (Famine Early Warning System Network [FEWS NET], 2016).

La pesca es una actividad productiva importante para la ZMC, ya que genera una significativa cantidad de divisas por exportaciones y es una fuente valiosa de empleo y alimentos de alto valor nutricional, que contribuyen a la seguridad alimentaria de las poblaciones. Entre las actividades pesqueras principales se encuentra la de especies de escama provenientes de sistemas estuarios y de mar abierto para su comercialización a través del procesamiento seco-salado. Su importancia económica en el país es relativamente pequeña, alcanzando un valor estimado del 0.2 % del Producto Interno Bruto (PIB) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018; MARN *et al.*, 2020).

La industria del turismo también es importante en el área. Dentro de las actividades más requeridas por los turistas, tanto nacionales como internacionales, se encuentra el buceo recreativo en arrecifes, el cual se realiza principalmente en la Bahía de Amatique, Punta de Manabique, Bajos Sea Mounts, Cabo Tres Puntas y Río Dulce. Livingston ofrece productos y servicios para el mercado nacional e internacional. Se cuenta con fincas y comunidades que actualmente trabajan en el desarrollo turístico comunitario y agroturismo, lo cual contribuye a la sostenibilidad ambiental de los recursos naturales y a esta actividad económica. Para el año 2015 se reportó un ingreso de 145 646 visitantes internacionales a Guatemala vía cruceros (Inguat, 2018).

3. OBJETOS DE ESTUDIO

Para poder realizar el análisis de vulnerabilidad al cambio climático en el área estudiada, se definieron seis objetos de conservación (OdC) y seis de bienestar humano (OdBH), que son percibidos como los bienes y servicios ecosistémicos utilizados para satisfacer las necesidades de la población, y cuya afectación puede verse incrementada por los efectos de este fenómeno.

3.1. Objetos de conservación

El Caribe de Guatemala posee variedad de ecosistemas y representa un área importante para la conservación por su alta diversidad biológica y por la presencia de especies amenazadas y endémicas. Mediante el presente

análisis se identificaron seis ecosistemas como objetos de conservación, debido a su importancia ecológica, social y económica. Estos corresponden a arrecifes, pastos marinos, humedales costeros, manglares, playas y dunas, y bosques latifoliados (cuadro 3).

3.1.1 Arrecifes de coral

Los arrecifes del Caribe de Guatemala forman parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), que abarca una región de aproximadamente 1000 km de costa desde el extremo noreste de la Península de Yucatán, México, hasta las Islas de la Bahía en Honduras. La ecorregión presenta más de 66 especies de corales pétreos y más de

Cuadro 3

Extensión de los ecosistemas terrestres y marinos de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala

Tipo de ecosistema	Extensión	Unidad de medida	Fuente
Ecosistemas terrestres			
Playas, dunas o arenales	10.24	hectáreas (ha)	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra [Gimbut] (2020).
Humedales con bosque y con vegetación	31 623.82	ha	Gimbut (2020).
Lago, laguna o laguneta	2789.22	ha	Gimbut (2014).
Bosques latifoliados	101 445.9	ha	Gimbut (2020).
Manglares	1169.52	ha	Gimbut (2020).
Ecosistemas marinos			
Arrecifes de coral	4	unidades	Consorcio para la Coadministración, la Conservación de los Recursos Naturales y el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Área Protegida Río Sarstún (2009).
Arrecifes de coral	6193.77	ha	Fundary <i>et al.</i> (2006).
Arrecifes de coral Corona Caimán	20 594.31	ha	Acuerdo Ministerial 85-2020.
Pastos marinos	3931.77	ha	Fundary <i>et al.</i> (2006).

Fuente: elaboración propia

500 especies de peces, conformando uno de los sistemas de arrecifes de coral más diversos en el hemisferio occidental. Debido a su alta conectividad, se considera como una zona fundamental para el desarrollo de los procesos ecológicos (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).

En Guatemala, el área de arrecife atraviesa la bahía de Amatique y se extiende hacia el sudeste a través del golfo de Honduras. Se encuentra especialmente alrededor de Punta de Manabique. Está conformada por numerosos parches aislados, divididos por planicies de arena y pastos marinos; por tanto, no se observa una barrera continua de arrecifes. Posee una riqueza moderada, con cobertura baja de corales pero alta de algas carnosas. Proporciona un hábitat para innumerables especies marinas, como tortugas marinas, meros y manatíes; además es un recurso natural vital para las comunidades costeras de toda la región (Fonseca y Arrivillaga, 2003; Ramírez y Ortiz, 2019; Usaid, 2016).

Esta zona cuenta con 26788.08 hectáreas de arrecifes de coral, donde se reportan 29 especies de corales, siendo las más frecuentes: *Orbicella faveolata*, *O. annularis*, *Montastraea cavernosa*, *Undaria agaricites*, *U. tenuifolia*, *U. humilis*, *Helioseris cucullata*, *Colpophyllia natans* y *Pseudodiploria strigosa*. Asimismo, es un área para el reclutamiento y alimentación de peces juveniles y adultos, lo que la convierte en sustento de las principales pesquerías locales (Ramírez y Ortiz, 2019; Usaid, 2016).

Corona Caimán constituye una de las partes del arrecife mejor conservadas del sistema y del país (A. Giro, comunicación personal, diciembre de 2021), lo que la convierte en una de las áreas más resilientes y sujetas a especial estudio dentro del SAM, por su colindancia con el Motagua, uno de los ríos que está generando los mayores problemas de contaminación en el Golfo de Honduras.

Según el informe de evaluación de la salud del arrecife mesoamericano, el índice de salud arrecifal para Guatemala se clasifica como

«malo», siendo el más bajo a nivel regional. La baja biomasa de peces comerciales es la principal preocupación (204 g/100 m²), probablemente relacionada al uso de artes de pesca insostenibles, vigilancia deficiente y falta de zonas de recuperación. Los peces herbívoros se duplicaron (después de su protección en 2015), pero continúan en estado «crítico» (873 g/100 m²). La cobertura de coral disminuyó a 22 %, pero su condición aún se considera como «buena» (Healthy Reefs, 2020). Los arrecifes de coral son ecosistemas extremadamente vulnerables a los cambios físicoquímicos que ocurren en su entorno; lo cual se puede intensificar debido a los efectos del cambio climático, como el aumento de temperatura, acidificación de los océanos, cambios en los niveles del mar y a los eventos meteorológicos extremos, entre otros factores (Ramírez y Ortiz, 2019).

La pérdida de tejido duro, conocida también como el síndrome blanco, es la enfermedad de coral más letal conocida a la fecha. En 2018 se reportó por primera vez en el Caribe mexicano y se ha propagado a lo largo de sus 450 km de costa. Más del 90 % de los corales pilar han desaparecido, llevándolos al borde de la extinción local. Durante el verano de 2019, fue reportada en el norte de Belice, confirmando su propagación en el SAM (Healthy Reefs, 2020). Actualmente los arrecifes de coral ubicados en el Caribe de Guatemala presentan un 33 % de blanqueamiento, siendo las especies de los géneros *Undaria* y *Porites* las más afectadas (Ramírez y Ortiz, 2019).

3.1.2 Pastos marinos

Los pastos marinos son ecosistemas característicos, por ser las únicas plantas con flores (angiospermas) que crecen en el mar, en áreas poco profundas a lo largo de la costa (Martínez-Daranas *et al.*, 2007; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [Pnuma], 2019). Las praderas de pastos marinos tienden a ser monoespecíficas o con altos niveles de dominancia (MacDonald, 2011). Estos ecosistemas asimilan y reciclan nutrientes y

otras sustancias químicas. Su extensa biomasa atrapa sedimentos por encima y debajo del suelo, lo que reduce la turbidez costera y la erosión, además de proporcionar un hábitat para otros organismos, tanto adheridos como de vida libre.

Son ecosistemas altamente productivos y forman extensos hábitats que sustentan comunidades muy diversas; sin embargo, debido a que se encuentran en la interfaz tierra-mar, son particularmente vulnerables al impacto antropogénico. Aunque su principal forma de reproducción es el crecimiento clonar, sus flores se polinizan sobre o debajo de la superficie del agua y producen frutos y semillas que son importantes para mantener el hábitat (Duarte *et al.*, 2008). Aportan buena parte de la energía y nutrientes para diferentes organismos como peces, invertebrados, tortugas marinas e incluso el manatí. Además, son indispensables para la dinámica de poblaciones de peces e invertebrados que los utilizan como sitios de alimentación, refugio, desove y zona de crianza para estadios juveniles, incluyendo especies de interés comercial (MacDonald, 2011).

Por esta razón, los pastos marinos juegan un papel importante para el mantenimiento de la estructura de los ecosistemas acuáticos. También contribuyen en la mineralización de la materia orgánica depositada y a su oxigenación; amortiguan la corriente y la energía de las olas y la turbulencia debido a sus cubiertas densas que impiden el movimiento del agua, reduciendo la re-suspensión de sedimentos y el impacto de las olas; producen oxígeno; y limpian el océano, ya que absorben nutrientes contaminantes que llegan desde la tierra (Duarte *et al.*, 2008; MacDonald, 2011; Pnuma, 2019).

El pasto marino del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique se encuentra distribuido en profundidades de 0.2 a 2 metros, con fondos de arena fina. Se tiene evidencia de que la abundancia de pastos disminuye a partir de los 2 metros de profundidad. Esto, debido a distintos elementos naturales y antropogénicos, entre

los que se pueden mencionar: mayor turbidez; presencia de sólidos en suspensión; cambios en la salinidad, temperatura y pH; saturación de oxígeno y nutrientes, y pesca de arrastre (Conap *et al.*, 2006; McDonald, 2011).

El *Plan Maestro de Punta de Manabique 2007-2011* reportaba 3750 hectáreas de pastos marinos para el Caribe de Guatemala, contrario a lo indicado en el documento técnico para el proceso de actualización del *Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique* (Conap, 2016), el cual establece 481 ha distribuidas en la costa. Durante la revisión de las amenazas para este objeto de conservación, se evidenció la necesidad de actualizar los estudios de cobertura actual y profundizar más en la ecología del ecosistema.

Los estudios realizados sobre pastos marinos en el Caribe de Guatemala se han desarrollado principalmente en el cayo de la Graciosa, dentro del área protegida Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique. Allí se reportan seis especies: *Thalassia testudinum*, *Halophila baillonii* y *H. engelmannii* de la familia Hydrocaritaceae; *Halodule wrightii* y *H. beaudettei* de la familia Cymodoceaceae; y *Ruppia maritima* de la familia Ruppiaceae. Además, para el Caribe de Guatemala también se reportan *Halophila decipiens* y *Syringodium filiforme*, siendo las especies más abundantes *T. testudinum* y *S. filiforme*, (MacDonald, 2011).

3.1.3 Humedales costeros

Las lagunas costeras y estuarios se encuentran entre los ecosistemas más productivos, junto con los manglares y humedales dulceacuícolas. Su elevada fertilidad mantiene una rica y compleja cadena alimenticia, que se caracteriza por la alta producción pesquera. Usualmente, una parte de esta fertilidad es exportada a otros ambientes marinos cercanos y contribuye a la riqueza pesquera de la zona costera adyacente (Flores *et al.*, 2007).

El mapa de cobertura forestal y uso de la tierra (MAGA, 2020a) clasifica a las zonas húmedas

en praderas pantanosas, zonas inundables, humedales con vegetación y humedales con bosque; estas tres últimas se pueden encontrar en el Caribe de Guatemala. El área de humedales en el Caribe de Guatemala tiene una extensión de 32 961.57 ha.

Estos ecosistemas sirven como trampas de sedimento y nutrientes, protegiendo arrecifes y pastos marinos aledaños; asimismo, son áreas de cría para peces e invertebrados que las utilizan durante diferentes fases de su ciclo de vida. Estos hábitats juegan un papel importante en los ecotonos gracias a la vegetación costera que poseen y al balance hídrico entre agua dulce y salobre (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008; Flores *et al.*, 2007).

Existe una alta presión derivada de la pesca, especialmente para autoconsumo. Dentro de las especies aprovechadas están: róbalo, mojarra, palometa y lisas. Las comunidades que realizan actividad pesquera en Laguna Grande son Blue Creek, Barra Sarstún y la Coroza, para lo cual utilizan trasmallos con una longitud aproximada de cien metros y cordel (Fundaeo, 2017). Otras amenazas son la contaminación hídrica por desechos sólidos y líquidos, y problemas derivados por asolvamiento.

Entre los sistemas de agua salobre más importantes en el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique se identifican las lagunas Santa Isabel, Escondida, Estero Lagarto, Quetzalito, San Francisco y Jabalí; los esteros Motagua Viejo, Motagüilla, Guinea Playa; y la Barra Jaloa. Además, se identifican zonas de pantanos permanentes, como Bahía La Graciosa, el Canal de los Ingleses y la Laguna Santa Isabel (Conap, 2016).

Uno de los sistemas estuarinos más relevantes es la Bahía La Graciosa, la cual alberga praderas importantes de pasto marino, y es fuente clave de recurso pesquero. Colinda con la Bahía de Amatique, y el agua que es drenada hacia ella proviene de la laguna Santa Isabel, que corresponde a un sistema de agua salobre con alta densidad de manglar. Estudios sobre

la calidad del agua evidencian presencia de compuestos que generan condiciones anóxicas y demandas elevadas de oxígeno. En esta laguna desembocan el Canal de los Ingleses y 3 quíneles (Conap, 2016).

El sistema Sarstún se comporta como medio fluvial y como estuario. Debido a su baja topografía, forma parte del ciclo de mareas y crecidas continentales. Esto ha permitido el desarrollo de manglares en la parte oriental de su ribera. El segundo cuerpo de agua de gran importancia en el área es la Laguna Grande, la cual forma parte de los estuarios presentes en el Área de Uso Múltiple Río Sarstún (Consortio para la Coadministración, la Conservación de los Recursos Naturales y el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Área Protegida Río Sarstún, 2009; Fundaeo, 2017).

La laguna grande tiene un área 150 ha, con una profundidad de tres metros y un metro de transparencia, y se encuentra aproximadamente a 6.5 km de la desembocadura del río Sarstún. Se caracteriza por su alta riqueza y diversidad de especies. En la laguna también se encuentran pastos marinos, por lo que es un sitio óptimo para el apareamiento y alimentación manatís (Fundaeo, 2017).

3.1.4 Manglares

Los ecosistemas de mangle, además de contar con una enorme diversidad biológica y con alta productividad, proporcionan protección contra la erosión, fuertes vientos producidos por huracanes, tormentas tropicales e incluso por maremotos (Hernández *et al.*, 2012). Las especies de manglar se distribuyen en función de la presencia de los cuerpos de agua (esteros) y de la salinidad, que limita su desarrollo. Regularmente, frente a los cuerpos de agua es característico visualizar el mangle rojo, y detrás de este las especies de mangle blanco, negro y botoncillo sucesivamente (Zacarías-Coxic *et al.*, 2019).

La función ecológica dominante de los manglares es el mantenimiento de hábitats

costero-marinos y la provisión adicional de alimento y refugio para una gran variedad de organismos a diferentes niveles tróficos. Además, ayudan a mantener la calidad del agua y la estabilidad de la línea de costa al controlar la concentración y distribución de nutrientes y sedimentos en aguas estuarinas. En estos pantanos forestados las mareas modulan el intercambio de agua, nutrientes, sedimentos y organismos entre ecosistemas costeros intermareales tropicales (Yáñez-Arancibia *et al.*, 2014).

Este ecosistema es altamente productivo, sirve de sustrato o refugio para una alta diversidad de especies de fauna terrestre y acuática de importancia ecológica y comercial (Ramírez y Ortiz, 2019). Existe un uso constante del ecosistema manglar para diferentes fines, siendo la pesca la actividad económica más importante del área y, por lo tanto, la que mayor presión ejerce. Asimismo, se identifican otros usos como: material para construcción, combustible (leña o carbón) y turismo (Gálvez *et al.*, 2017).

Esto ha provocado una fuerte presión durante los últimos años, la cual se ha intensificado debido a la urbanización y el aumento de la población, así como al avance de la frontera agropecuaria (crecimiento de áreas de agricultura, ganadería y acuicultura). Los distintos planes maestros de las áreas protegidas del Caribe han reflejado que la disminución en la cobertura del ecosistema manglar está causando una fragmentación y deterioro del hábitat, provocando erosión y pérdida genética, así como de especies de flora y fauna (Ramírez y Ortiz, 2019).

Asimismo, el paisaje costero donde se desarrollan los manglares es vulnerable ante las fuerzas naturales episódicas de alto impacto, como huracanes, deslizamientos de tierras, subsidencia, diapiroismo de lodo, aumento acelerado del nivel medio del mar y el cambio climático global. Las acciones antrópicas, la deforestación, la contaminación y el cambio de uso del suelo, acrecientan las

amenazas y riesgos naturales (Yáñez-Arancibia *et al.*, 2014).

Se estima que la zona de manglar abarca aproximadamente 1169.52 hectáreas (601.38 ha en el municipio de Livingston y 567.70 ha en Puerto Barrios), de las cuales 88 % se encuentra dentro de áreas protegidas. En Sarstún, las comunidades de manglar están dominadas por *Rhizophora mangle* (mangle rojo), y en menor medida se registra la presencia de *Laguncularia recemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (botoncillo) (MARN, 2013; Gálvez *et al.*, 2017).

Dentro de la fauna asociada a los bosques de manglar del área protegida se han identificado aproximadamente 22 especies hidrobiológicas, que contribuyen de manera directa a la generación de ingresos y a la seguridad alimentaria de las poblaciones pesqueras del área protegida, así como del casco urbano de Livingston. Una especie de importancia es el manatí (*Trichechus manatus*), donde los manglares son potenciales puntos de crianza y reproducción para la especie (Gálvez *et al.*, 2017).

3.1.5 Playas y dunas

Estos ecosistemas terrestres son únicos y están situados en la transición entre ambientes continentales y marinos. Constituyen un área dinámica porque su forma cambia continuamente debido al transporte de arena por acción de las olas, corrientes, mareas y viento (Ramírez y Ortiz, 2019). El mapa de uso del suelo de 2010 reportaba un total de 47 ha del ecosistema playas y dunas en Guatemala; sin embargo, para 2020 esta cifra se redujo a 10.24 ha (MAGA, 2010 y 2020a).

Las dunas son un componente integral de los sistemas costeros de arena. Proveen barreras naturales ante la erosión del suelo, inundaciones, viento, azolvamiento y dispersión de la sal que ocurren durante pequeñas tormentas. Las variaciones en la

topografía dentro de estas desencadenan diferencias en la exposición a estos procesos, lo que crea una gran variedad de microhábitats (Nordstrom, 2008).

A nivel mundial, los sistemas dunares costeros han sido uno de los ecosistemas más alterados a causa de la presión humana. Adicionalmente, son extremadamente frágiles, ajustados en su formación, desarrollo y evolución a procesos naturales, y fácilmente vulnerables frente a la acción humana (Martínez y Valverde, 1992; Maun, 2008; Prieto, 2016).

Ecológicamente, las playas proveen áreas de anidación, alimentación y descanso para tortugas marinas, aves, crustáceos y otras especies. Asimismo, proveen hábitat críticos para aves migratorias, roedores, reptiles, cangrejos y otros organismos que solo se encuentran en estos ecosistemas (Ramírez y Ortiz, 2019).

Las playas de la ZMC del Caribe son ecosistemas muy importantes para la anidación de tortugas marinas, principalmente de *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) y *Caretta caretta* (tortuga caguama), aunque eventualmente también se pueden encontrar *Dermochelys coriacea* (tortuga baule) y *Chelonia mydas* (tortuga verde) (Conap, 2015). En el caso de la tortuga carey, la cobertura vegetal en las playas es esencial para su anidación (MARN *et al.*, 2020).

Diferentes amenazas que se ejercen sobre las playas y dunas (como la contaminación por desechos sólidos y la construcción de quíneles que modifican la estructura de las playas y aumentan el riesgo de erosión por escorrentía), tienen importantes implicaciones en la conservación de las tortugas marinas, ya que limitan su acceso, reproducción y anidación, impactando sus poblaciones. Aunado a esto, estas especies se encuentran altamente amenazadas por el saqueo de nidos y la alteración y pérdida de hábitats de anidación y alimentación (Conap *et al.*, 2006).

La vegetación puede llegar a ser muy escasa, pero aun así juega un papel muy importante. Las plantas incrementan la rugosidad de la superficie de la arena y absorben la energía del transporte de sedimento, provocando que algunas dunas avancen a una velocidad mayor que las otras y adquieran mayor altura (Martínez y Valverde, 1992). A medida que el transporte de la arena disminuye, aumenta la deposición de arena alrededor de la vegetación, favoreciendo la sedimentación (Maun, 2009).

La erosión progresiva de las playas y la construcción de infraestructura fija frente a la orilla, ocasionan una fuerte pérdida parcial o completa de ambientes de playa y dunas (Nordstrom, 2008). Los factores climáticos intensos y alterados pueden incrementar amenazas latentes, como erosión y pérdida de playas.

3.1.6 Bosque latifoliado

El área terrestre de la ZMC del Caribe está conformada principalmente por bosques tropicales latifoliados siempreverdes. Este es hábitat de especies terrestres emblemáticas y altamente amenazadas, como el jaguar, el tapir y el loro cabeza amarilla. El mapa de ecosistemas de Centro América reporta una extensión de bosque de 164 170.33 ha (Meyrat *et al.*, 2002); sin embargo, según el mapa de uso de la tierra, en 2020 se contaba con una extensión de 101 445.9 ha para los municipios de Livingston y Puerto Barrios, contrario a las 118 602.74 ha existentes en 2010, lo cual representa una pérdida de 17 156.84 ha en 10 años (MAGA, 2020a y 2010) (cuadro 4).

El mapa de ecosistemas de Centro América reconoce, por su extensión, seis principales ecosistemas boscosos entre los municipios de Puerto Barrios y Livingston (mapa 5). La mayor parte de esta área se encuentra cubierta por sistemas agropecuarios que abarcan un total de 170 590.34 ha. El ecosistema boscoso más representativo es el «bosque tropical siempreverde latifoliado de tierras bajas, bien

drenado en colinas kársticas escarpadas», que se encuentra sobre rocas calcáreas en áreas con precipitaciones de 2500-4000 mm anuales con períodos secos de febrero a mayo (Meyrat et al., 2002).

Los incendios ocasionan daños considerables a este tipo de vegetación. Cuando las llamas trepan las laderas, sus ápices, que son la parte más caliente, destruyen los árboles ubicados en las cimas. Una vez destruido el bosque es muy difícil que se reestablezca, ya que los suelos delgados se erosionan fácilmente; y por el contrario, se cubren de bejucos y hierbas como: *Bidens squarrosa* y *Calea* sp., o más comúnmente con el helecho *Pteridium caudatum*. También se encuentra el «bosque tropical siempreverde latifoliado, submontano», el cual tiene 40 965 ha de extensión. Presenta un relieve accidentado

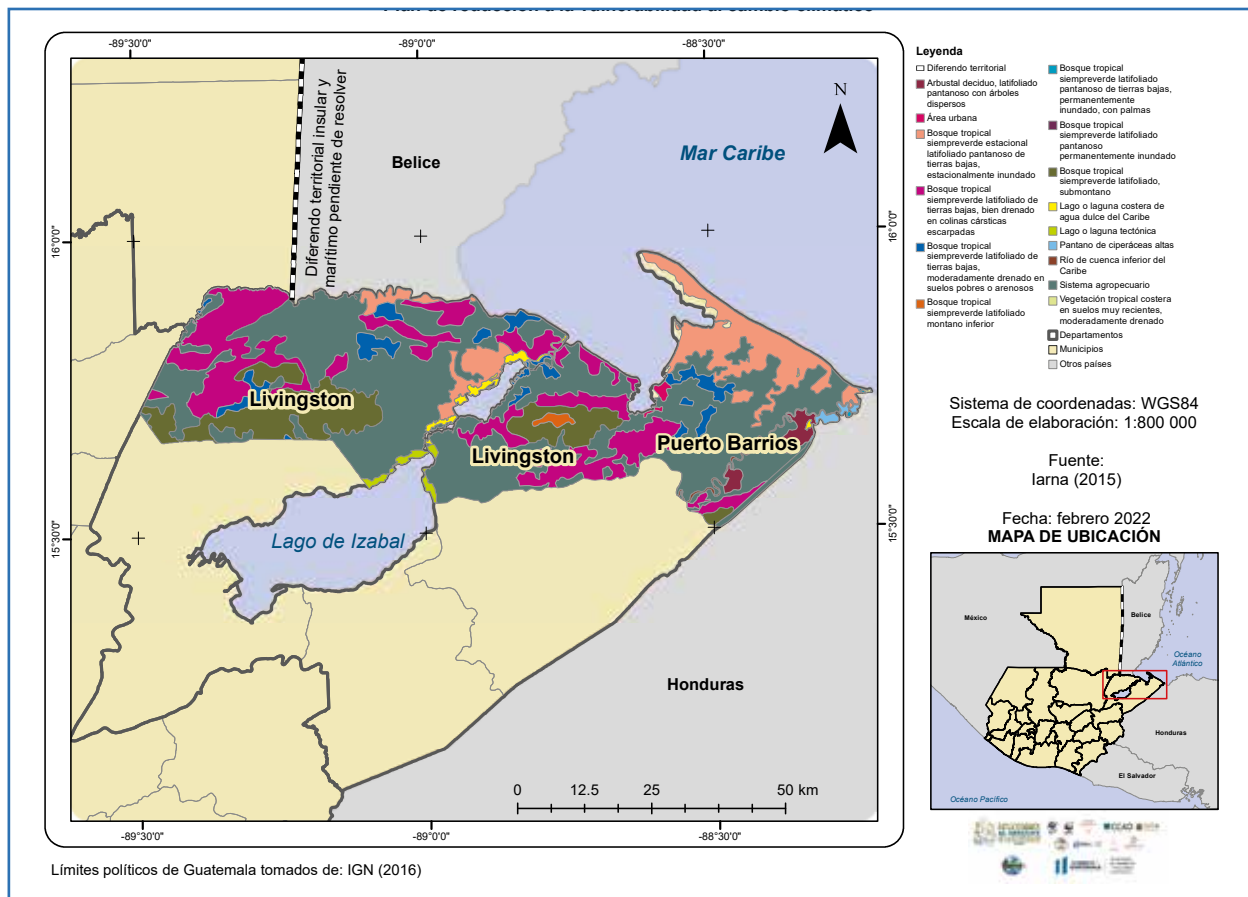
a escarpado, bien drenado. Las especies más frecuentes en el área son *Clusia* sp., *Vismia camparaguey*, *Vochysia hondurensis*, *Schizolobium parahybum*, *Amphitecna macrophylla*, *Pithecellobium* sp. y *Tonduzia longifolia* (Meyrat et al., 2002).

Cuadro 4
Comparación de reportes sobre extensión de bosque para la zona marino-costera del Caribe de Guatemala

Reporte	Hectáreas	Fuente
Ecosistemas de bosque latifoliado	164 170.33	Meyrat et al. (2002)
Uso de la tierra 2010	118 602.74	Gimbut (2010)
Uso de la tierra 2020	101 445.9	Gimbut (2020)

Fuente: elaboración propia

Mapa 5. Ecosistemas boscosos de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

El «bosque tropical siempreverde estacional latifoliado pantanoso de tierras bajas, estacionalmente inundado» tiene una extensión de 35999.4 ha. Se encuentra en tierras bajas, de 0-200 m s.n.m., bajo estrés de inundación. Entre los árboles más frecuentes se encuentran *Acacia* sp., *Acoelorrhaphe wrightii*, *Bucida buceras*, *Calliandra* sp., *Calyptanthes* sp., *Cameraria latifolia*, entre otros. Además, se reportan el «bosque tropical siempreverde latifoliado de tierras bajas, moderadamente drenado en suelos pobres o arenosos» y el «arbustal decíduo, latifoliado pantanoso con árboles dispersos» (Meyrat *et al.*, 2002).

3.2 Objetos de bienestar humano

La ZMC del Caribe de Guatemala es considerada como un sector económico importante, debido a que abre las vías comerciales hacia el Caribe y el Atlántico (MARN *et al.*, 2020). Todas las actividades económicas que se desarrollan en la zona constituyen una fuente clave de ingresos por comercio interno y externo, lo que genera importantes divisas para el país (MARN y PNUD, 2018a).

La costa del Caribe de Guatemala es una región dedicada, en su mayoría, a servicios hoteleros, restaurantes, pesca, agricultura, venta de

artesanías, entre otros. El comercio informal también tiene una gran relevancia en toda la región (cuadro 5, mapa 6) (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia [Segeplán], 2018).

El puerto de Puerto Barrios es potencialmente una zona comercial por su ubicación privilegiada que le permite la vinculación económica con El Salvador, Belice, Honduras, México, la costa este de Estados Unidos, el Caribe y Europa; por lo que se constituye en un lugar estratégico para el comercio nacional e internacional. Sin embargo, de acuerdo con el *Censo Nacional 2018*, existen altos índices de desempleo (62154 personas pertenecen a la población económicamente activa entre Puerto Barrios y Livingston, y 56890 corresponden a la población económicamente inactiva), por lo que los habitantes optan por migrar a otros municipios o departamentos de forma permanente o temporal (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios y Segeplán, 2018).

3.2.1 Pesca

Las actividades pesqueras en el Caribe se desarrollan en los 2100 km² de plataforma y

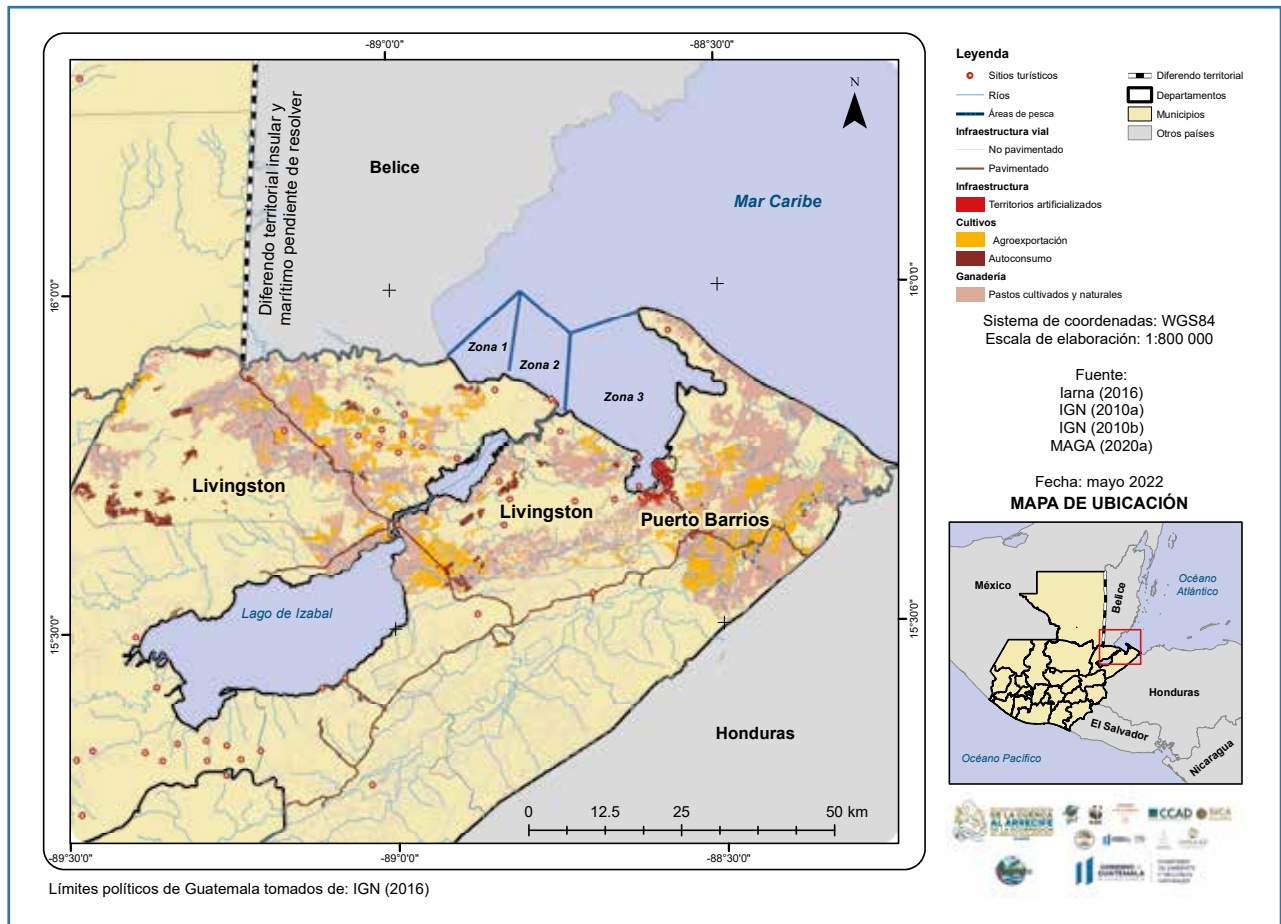
Cuadro 5

Extensión de los objetos de bienestar humano para los municipios de Puerto Barrios y Livingston, en hectáreas

Objeto	Puerto Barrios		Livingston		Total	
	Extensión	%	Extensión	%	Extensión	%
Agua	-	-	-	-	-	-
Cultivos de autoconsumo (arroz, coco, granos básicos [frijol, maíz] y piña)	1001.54	12.76	6844.73	87.23	7846.27	100
Cultivos de agroexportación (banano, hule, palma africana)	15 010.44	40.96	21 629.06	59.03	36 640.40	100
Ganadería	52 439.11	46.66	59 925.40	53.33	112 364.51	100
Infraestructura	658.79	45.90	776.31	54.09	1435.10	100
Pesca	-	-	-	-	-	-
Turismo	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia con datos de Gimbut (2020)

Mapa 6. Objetos de bienestar humano en el litoral Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

148.1 km de costa en las aguas marinas (MAGA y Unidad para el Manejo de la Pesca y Acuicultura [Unipesca], 2008). Las pesquerías solo están parcialmente reguladas en cuanto a quienes pueden participar (acceso) y/o cómo pescar (uso); este esquema de gestión ha llevado a una sobreexplotación de la mayoría de pesquerías. Entre las actividades pesqueras principales se encuentra la comercialización de especies de escama provenientes de sistemas estuarios y de mar abierto a través del procesamiento seco-salado. Su importancia económica en el país es relativamente pequeña, alcanzando un valor estimado del 0.2 % del PIB (FAO, 2018; MARN *et al.*, 2020).

Datos históricos sobre pesca de camarón reflejan su sobreexplotación, pues desde 2013 se ha observado una disminución en la captura,

la cual pasó de 186 toneladas a 93 en el 2019, una reducción del 50 % en seis años (MARN *et al.*, 2020, López-Selva, 2022). La manjúa³ es el grupo de especies con el índice de pesca más alto del total de Guatemala, con 27500 00 libras/año. Estas son comercializadas como producto seco-salado, lo cual representa una actividad económica relevante en el área. El producto procesado se vende principalmente en los mercados de diversos pueblos en el altiplano occidental de Guatemala (Conap, 2016; FAO, 2018; Gudiel, 2016).

³ Se han identificado un total de nueve especies: (1) manjúa canche (*Anchovia clupecies*), (2) anchoa de cayo (*Anchoa cayorum*), (3) anchoa banda estrecha (*Anchoa colonensis*), (4) anchoa cubana (*Anchoa cubana*), (5) anchoa ojona (*Anchoa lamprotaenia*), (6) anchoa chiquita (*Anchoa parva*), (7) anchoa rabo amarillo (*Cetengraulis edentulus*), (8) anchoa dentona (*Lycengraulis grossidens*) y (9) anchoa alargada (*Anchoiella elongata*).

En cuanto a las especies de escama, se muestra una disminución en la captura de bagre, la cual superaba las 100 000 libras por año; sin embargo, se redujo a 8635 libras en 2018. La captura de curvina (o curvina) y colorado se ha mantenido a lo largo de los años y supera las 100 000 libras anuales; mientras que la de calamar presenta una tendencia a la baja, ya que en 2007 el máximo de captura fue de 30 801 libras y para el 2018 fue de 8629 libras (MARN *et al.*, 2020).

Este tema es de vital importancia, ya que se ha estimado que para el litoral existe un subreporte de capturas de hasta el 19.4% de lo que realmente se extrae. Por lo tanto, es necesario sistematizar y documentar pesquerías de relevancia como la de caracol reina (*Lobatus gigas*), langosta (*Panulirus argus*) y manjúa (Lindop *et al.*, 2015; MARN *et al.*, 2020).

Según la *Encuesta Estructural de la Pesca Artesanal y la Acuicultura en Centroamérica 2009-2011*, la captura total realizada a través de este tipo de pesca se estimó en 19 500 toneladas, de las cuales 2600 eran capturas en el litoral Caribe, equivalente al 13% (Organización del Sector Pesquero y Acuicultura del Istmo Centroamericano [Ospesca], 2011).

La pesca artesanal o de subsistencia es la de mayor presencia en los cuerpos de agua continentales, a excepción del lago de Izabal, donde existe pesca comercial. Dentro de los principales problemas que afectan a esta actividad se pueden mencionar la contaminación del agua y el uso de artes de pesca ilegales, así como el cultivo de palma africana, por lo que es necesaria la presencia institucional de la autoridad pesquera y de acciones de ordenamiento, con el fin de evitar conflictos en el área (FAO, 2018).

3.2.2 Agricultura

El sector económico más grande en Guatemala es la agricultura, especialmente la producción de cultivos comerciales para los mercados

mundiales, como el banano, la palma africana, el cardamomo, el hule, las frutas y las hortalizas. Cultivos como el maíz y frijol son de vital importancia desde un punto de vista de la seguridad alimentaria; sin embargo, su producción es deficitaria, ya que los agricultores buscan cultivos que les sean más rentables (FEWS NET, 2016; Turcios, 2021).

En noviembre de 2020 ingresó a Guatemala la depresión tropical ETA, seguida del fenómeno tropical IOTA, que llevaron a declarar al país en estado de calamidad según los Decretos Gubernativos 20-2020 y 21-2020, incluyendo al departamento de Izabal, donde se reportaron daños en cultivos de granos básicos, hortalizas y cultivos industrializables debido a las lluvias y vientos, lo que representó un alza del 31 % en los productos afectados (MAGA, 2020b).

3.2.2.1 Agroexportación

La mayor producción agrícola se concentra en las industrias de exportación. Entre estos cultivos se encuentra el hule, la palma aceitera africana y el banano (mapa 7).

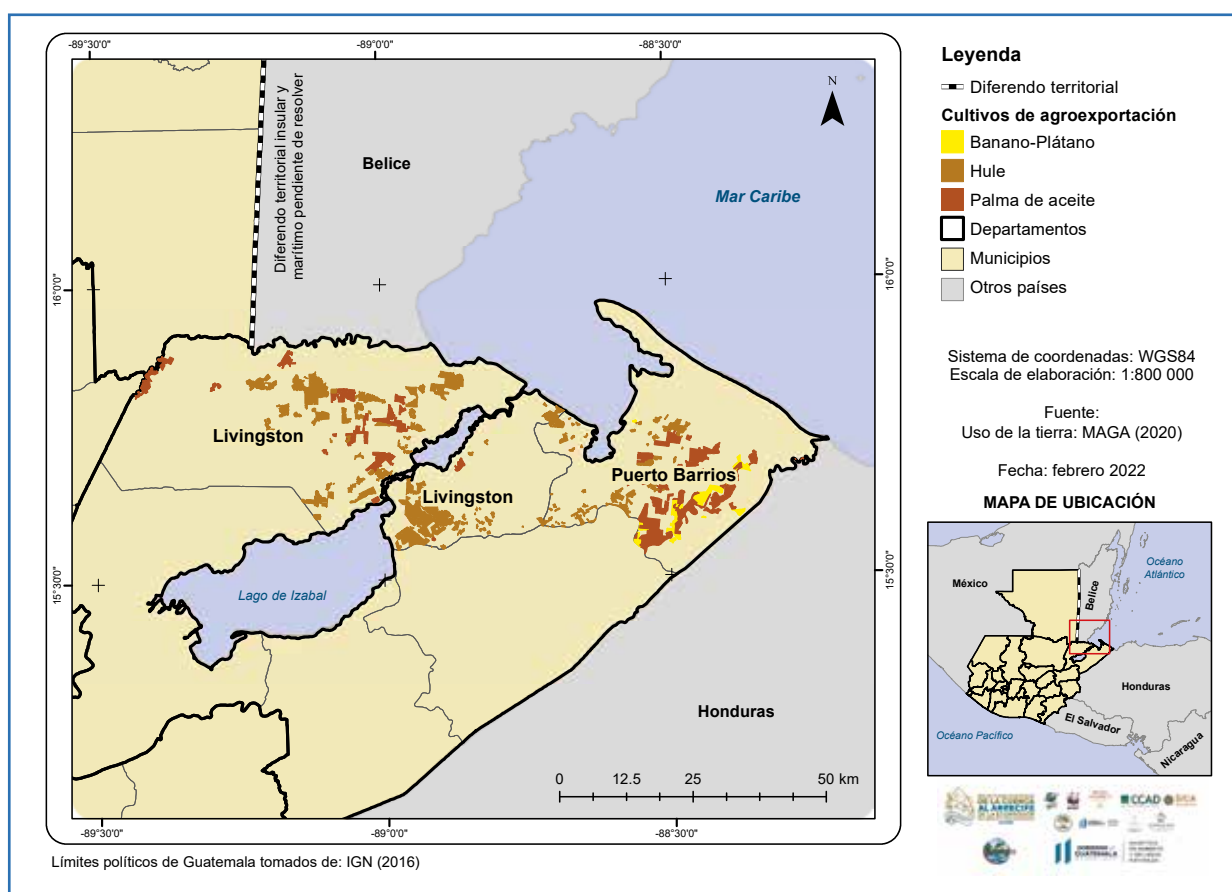
Izabal es el segundo departamento con mayor producción de banano en el país. Según MAGA (2015 y 2016), la producción nacional de este cultivo en el departamento durante el periodo 2009-2016, fue del 33%. Su precio se había mantenido estable a nivel de consumo interno y no presentaba cambios desde hace ocho años, hasta el mes de noviembre de 2020, donde se registró un incremento debido a las pérdidas provocadas por las tormentas ETA e IOTA, causando una variación del 6% (MAGA, 2020a).

Para 2016, en el departamento de Izabal se contaba con un área sembrada de 26 862.16 ha de palma aceitera africana, de las cuales 10 481.16 ha correspondían a Puerto Barrios y 2 804.60 ha a Livingston (Grepalma, 2016). Para el 2020, el área sembrada abarcaba un total de 180 614 ha a nivel nacional. La distribución de plantaciones de palma de aceite y plantas de beneficio de aceite de palma para la región

nororiente corresponde al 18.81%, lo cual representa el 10% del área cultivable de Izabal y aporta el 6.4% del PIB del departamento (Grepalma, 2020). El Conap desarrolló un análisis sobre los impactos causados por este monocultivo en las áreas protegidas y

la biodiversidad, así como su avance por ser especie exótica invasora, y estimó que más de 1743 ha de dicho monocultivo se ubican en las áreas protegidas de la región nororiente del país (Conap, s. f.).

Mapa 7. Cultivos de agroexportación en la zona marino-costera del Caribe



Fuente: elaboración propia

3.2.2.2 Autoconsumo

Los cultivos de autoconsumo y comercio local representan un total de 30117.16 ha de la ZMC del Caribe. Entre los cultivos de autoconsumo se encuentran los granos básicos (maíz y frijol), arroz, piña y coco, que ocupan una extensión de 7846.27 hectáreas (mapa 8) (Gimbut, 2020; Consejo Municipal de Desarrollo de Livingston y Segeplán, 2010). Además, se cultiva chile, ayote, malanga, yuca y frutas, que son utilizadas para complementar la dieta alimenticia

familiar (Consortio para la Coadministración, la Conservación de los Recursos Naturales y el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Área Protegida Río Sarstún, 2009).

Para el año agrícola 2019-2020, se estimó la presencia de 1003 ha cultivadas con maíz y 193.6 mil ha con frijol a nivel nacional. Izabal representó el 3.4 % y 2 % de la producción nacional de estos cultivos, respectivamente (MAGA, 2016). Para 2010, se reportaba una extensión de 555.71 ha de coco, 348.78 ha de

piña y 137.64 ha de arroz en los municipios de Puerto Barrios y Livingston.

Según el MAGA (2020b), se reportaron pérdidas en los cultivos de maíz de los municipios de Puerto Barrios, Livingston, Los Amates, El Estor y Morales ocasionados por las tormentas ETA e IOTA. Tras estos fenómenos, 16711.14 hectáreas resultaron dañadas, lo que afectó a 24 989 familias, con una estimación de pérdida económica de GTQ 188 791 392.08 (MAGA, 2016).

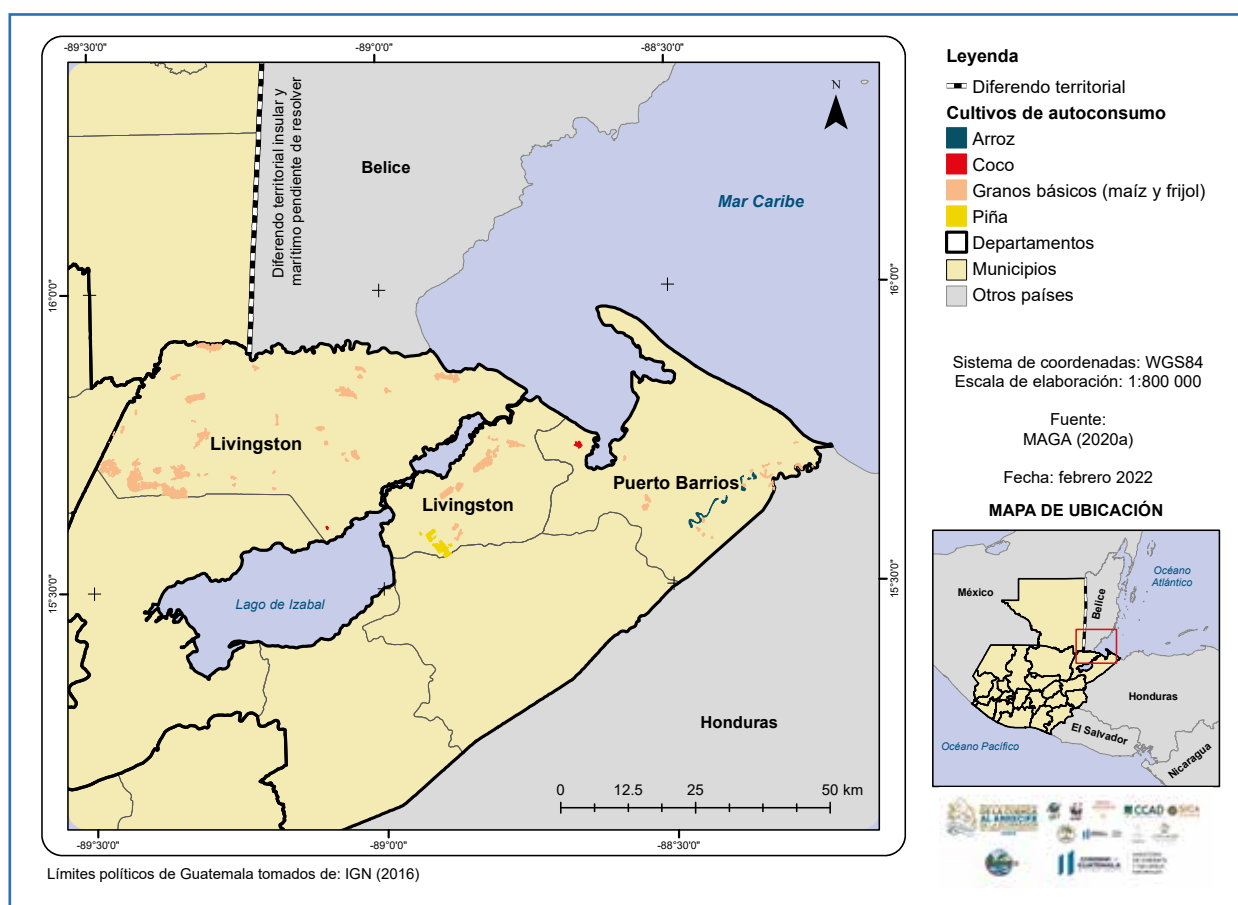
3.2.3 Ganadería

Puerto Barrios posee una actividad agropecuaria de alto valor. La producción bovina es una de las actividades más importantes del municipio por la riqueza de sus recursos naturales, como suelo, agua, bosque y localización

geográfica. De las personas que poseen fincas ganaderas, el 90 % cuenta con finca propia y el 9.76 % la arrienda (Paiz, 2017). Según la estimación de impactos por el paso de las tormentas tropicales ETA y IOTA, la ganadería bovina sufrió pérdidas en nueve departamentos del país. En Izabal se reportó una estimación de daños del 47 % (MAGA, 2020b).

Del total de los propietarios con fincas en el municipio de Puerto Barrios, el uso actual de la propiedad está distribuido de la siguiente manera: 38.10% cuenta con ganadería como única actividad; 19.05% con ganadería y áreas de reserva forestal; 7.14% con ganadería y áreas de cultivos anuales; 2.38% con ganadería, cultivos y área forestal; 9.52% con cultivos, principalmente anuales como granos y hortalizas de clima cálido; y el 23.81 %

Mapa 8. Cultivos de autoconsumo en la zona marino-costera del Caribe



Fuente: elaboración propia

corresponde a fincas comerciales de banano y palma africana, lo cual es un indicador de la ocupación actual de la tierra del municipio (Paiz, 2017).

Al analizar la cadena de valor del sector ganadero del departamento de Izabal, se encontró que Guatemala tiene las condiciones edafoclimáticas favorables para aumentar la producción de ganado bovino para poder satisfacer la demanda de carne interna del país y además, convertirse en un potencial proveedor de carne para México. Esto sería de gran ayuda para la regulación de la actividad, toda vez se normen las dinámicas de tráfico de ganado hacia el país vecino (InSightCrime, 2022; Nerio, 2015). La producción lechera con apoyo de ternero para el ordeño es del 17.07 %, lo que lo identifica como un sistema de doble propósito; y un 82.93 % corresponde a ganado de engorde, principalmente de machos y hembras en pastoreo puro, pastoreo semi-estabulado y estabulado con alimentación suplementaria (Nerio, 2015; Paiz, 2017).

Dicho análisis también identifica dos sistemas de producción en la región. El primero es el sistema de pastoreo rotativo, que es el más utilizado y donde el ganado bovino se encuentra por tiempo completo en los potreros donde se desplaza libremente por el terreno, lo cual le brinda autonomía para la selección de su alimento y consumo de agua; en este sistema, el ganado es rotado periódicamente en los potreros. El segundo sistema es el semi-estabulado, que mantiene confinado al ganado por ciertas horas para brindarle alimento y la otra parte de su tiempo obtiene alimentación de los potreros; de esta manera la demanda de mano de obra es menor (Nerio, 2015; Paiz, 2017).

3.2.4 Infraestructura

En Guatemala, alrededor del 55 % de la población vive en centros urbanos. El proceso acelerado de urbanización en el que se encuentra actualmente el país prevé que en los próximos 20 años el 75 % de la

población habitará en las ciudades. Las dinámicas generadas provocarán importantes impactos, tanto negativos como positivos, que se relacionan con la transformación del territorio, y con dinámicas económicas, sociales y ambientales; lo cual provocará una mayor presión en los ecosistemas (Fundaeo e Innovaterra, 2021). Esta situación ya ocurre en el Caribe, principalmente en la cabecera del departamento de Puerto Barrios; así mismo, en los centros urbanos de Morales, Amates, El Estor, Río Dulce y Livingston, donde el proceso de urbanización es fuerte, con una tasa de crecimiento de entre 5 % al 8 % de población urbana (INE, 2019).

Para la región existen importantes zonas urbanas; sin embargo, no se han logrado consolidar como un sistema urbano funcional. Las cabeceras municipales funcionan aún de manera aislada, debido a la precariedad en la que se encuentra la red vial que las conecta. Existe una dependencia de la carretera CA-9 entre las conexiones de Los Amates, Morales y Puerto Barrios, ya que es la única opción de relación entre estas cabeceras. Sin embargo, esta arteria se ve colapsada frecuentemente por las dinámicas del transporte de carga que se dirige hacia los puertos de Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios (Fundaeo e Innovaterra, 2021).

Las vías acuáticas inherentes a las condiciones naturales del área y a que el río es navegable en toda su extensión, constituyen uno de los medios de transporte más utilizados en el lugar. Por ello existen numerosos muelles privados y dos municipales, uno en Fronteras y otro en Livingston. Las vías acuáticas, principalmente las de Río Dulce y el Golfete, son utilizadas comúnmente para el transporte comercial local y para el turismo (Conap, 2004).

La movilidad acuática es poco aprovechada, considerando la posibilidad de conectividad entre el lago de Izabal, Río Dulce y el mar Caribe, y es utilizada principalmente para conectar a la población de Livingston, debido a la falta de vías pavimentadas de acceso.

La economía concentrada en los puertos marítimos y en los centros trasfronterizos es precaria, lo cual afecta la competitividad y el desarrollo económico de la región (Fundaeo e Innovaterra, 2021).

El litoral Caribe se caracteriza por la construcción de viviendas sobre pilotes entre el agua, o bien a la orilla de cuerpos de agua; las cuales quedan dentro del río o del mar durante periodos de marea alta, dependiendo de su ubicación. Para su construcción utilizan materiales como madera aserrada para las paredes, hojas de palma (manaca, confra, capuca, entre otras) para techo y tierra compactada en el piso. En algunos hogares el techo es de lámina, aunque la salinidad en el viento las corroe fácilmente y también utilizan madera para el piso (Consorcio para la Coadministración, la Conservación de los Recursos Naturales y el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Área Protegida Río Sarstún, 2009).

Según datos del índice de competitividad local de la Fundación para el Desarrollo de Guatemala (Fundesa), más del 50 % de los hogares en la zona marino-costera presenta un déficit de vivienda, por lo que se les considera en situación precaria (Fundesa, 2018). Los datos del INE (2019) muestran que el 78.13 % corresponde a vivienda propia, con un 67.86 % de hogares que cuentan con un cuarto exclusivo para cocinar. El 98.65 % de las viviendas tiene estufa, el 51.26 % refrigerador y el 19.36 % lavadora. De estos hogares, el 21.30 % posee un tanque de agua y el 2.91 % un sistema de agua caliente.

3.2.5 Turismo

El turismo es considerado como una industria significativa de la economía global y de alta importancia para algunos países en desarrollo, donde puede contribuir a reducir la pobreza (Instituto Guatemalteco de Turismo [Inguat], 2018). Según Burke & Maidens (2005), esta actividad es el medio de vida de muchos países en el Caribe, contribuyendo con más del 20 % del PIB en 10 países o territorios de la región.

El turismo se ha desarrollado en la zona Caribe del país, e incluye actividades como el buceo de recreación para turistas nacionales e internacionales, de pesca con arpón y de investigación para la conservación (Fundary *et al.*, 2006; MARN *et al.*, 2020). Livingston ofrece productos y servicios para el mercado nacional e internacional. Existen fincas y comunidades que trabajan actualmente en el desarrollo turístico comunitario y agroturismo, que contribuyen a la sostenibilidad ambiental de los recursos naturales y a esta actividad económica (Inguat, 2018).

Según Dávila *et al.* (2018), dentro de las actividades más requeridas por los turistas, tanto nacionales como internacionales, está el buceo recreativo en arrecifes, el cual se realiza principalmente en la Bahía de Amatique, Punta de Manabique, Bajos Sea Mounts, Cabo Tres Puntas y Río Dulce. La temporada en la que ingresan visitantes provenientes de los cruceros que atracan en el Puerto Santo Tomás de Castilla, es de octubre a mayo (Inguat, 2014).

Para el año 2021 se reportó un ingreso de 299 800 visitantes internacionales (cuadro 6), los cuales provenían principalmente de Estados Unidos, Reino Unido y Dinamarca (Dávila *et al.*, 2018; Inguat, 2022). El ingreso de turistas vía marítima en el Caribe de Guatemala representa cerca del 33 % del total ingresado en esos años, oscilando desde un 14 % a un 74 % durante el periodo indicado.

3.2.6 Agua dulce para consumo

El lago de Izabal cuenta con 18 ríos tributarios, siendo los más importantes el Polochic y el Cahabón. A través del primero ingresa cerca del 70 % de agua al lago y su principal zona de “amortiguamiento” es el área de Bocas del Polochic. La información proveniente de los estudios limnológicos del área indica que el lago se encuentra en un acelerado proceso de eutrofización desde hace cerca de 45 años. Valores recientes lo ubican como un lago hipertrofiado (Dix *et al.*, 1999; Medina, 2009; Robledo *et al.*, 2014; Aguirre *et al.*, 2016).

Cuadro 6

Puertos de ingreso a la costa del Caribe de Guatemala y número de visitantes internacionales vía marítima (en miles de personas)

Puerto de ingreso	Año										Total
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Santo Tomás de Castilla	13.6	20.8	24.4	20.4	35	38.7	51.6	33.1	11.6	2.9	252.1
Puerto Barrios	6	5.9	5.4	4.5	4.5	0	0	0	0	0	26.3
Livingston	4.1	4.3	5	4.4	3.6	0	0	0	0	0	21.4
Total	23.7	31	34.8	29.3	43.1	38.7	51.6	33.1	11.6	2.9	299.8

Fuente: Inguat (2022)

El lago de Izabal ha sido sujeto a eventos de afloramientos de microalgas, conocidos en años recientes. Desde inicios de este siglo y finales del pasado ya se habían realizado llamados de atención con relación a los diversos factores que están afectando el lago (Dix *et al.*, 1999; Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal *et al.*, 2006) y cómo la contaminación de los diferentes afluentes puede ser determinante para la calidad del agua en el mismo. Sin embargo, los distintos trabajos no han podido vincular de manera directa los cambios en la calidad del agua con los afloramientos reportados de *Hydrilla verticillata* en su momento (Arrivillaga, 2002; Hernández, 2007) o casos como el afloramiento de microalgas ocurrido en marzo-abril de 2017.

Se considera que la cuenca del río Motagua está severamente contaminada por desechos químicos y biológicos. Las poblaciones descargan sus aguas de origen doméstico e industrial sin ningún tipo de tratamiento a esta cuenca y a las vertientes que desembocan

en el mar Caribe. La escorrentía es mayor en época lluviosa, pues se arrastran productos agroquímicos que tienen como destino final las vertientes de agua (De León-Fajardo, 2003).

Además de aguas servidas, la cuenca del río Motagua recibe desechos sólidos acumulados en los sistemas de drenajes de aguas pluviales, la basura de algunas poblaciones, arena, tierra, sedimentos, plásticos, etc. La contaminación aumenta en época de calor, ya que se elevan los niveles de contaminación en términos de demanda biológica y química de oxígeno; mientras que en época de lluvia se recibe la misma cantidad de contaminación, pero esta decrece ya que su caudal es mayor (De León-Fajardo, 2003). El uso del agua para consumo, tanto para la industria como para el consumo humano, causa la reducción de las reservas de los mantos acuíferos. La pérdida de la calidad del agua superficial es otra causa más de disminución de disponibilidad, ya que no es recomendable para su consumo en la ganadería, acuicultura, riego y especialmente para consumo humano.



4. METODOLOGÍA

4.1 Análisis de amenazas

Para la identificación de las amenazas que afectan a los objetos de conservación y de bienestar humano se revisaron diferentes estudios e informes técnicos realizados en la ZMC del Caribe. Las amenazas asociadas al cambio climático fueron identificadas e integradas, lo cual permitió elaborar un análisis para definir cómo los factores climáticos pueden exacerbar otras amenazas (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008; Conap, 2016; Consorcio para la Coadministración, la Conservación de los Recursos Naturales y el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Área Protegida río Sarstún, 2009; Fundaeco y TNC, 2012 a, b y c; Caviedes *et al.*, 2021).

Con base en ese análisis se realizó una priorización inicial de amenazas, considerando únicamente las que se encontraban en categorías de «muy alto» y «alto». Ello permitió establecer modelos conceptuales sobre las mismas, tomando en cuenta los factores que normalmente actúan sobre los objetos evaluados (de conservación y de bienestar humano), así como bajo la afectación del cambio climático.

Posteriormente, se volvió a valorar la afectación según criterios de alcance, severidad e irreversibilidad, empleando la metodología de estándares abiertos, con lo cual se obtuvo una valoración actualizada para las amenazas. Se desarrollaron siete talleres con expertos temáticos, quienes cuentan con amplia experiencia y conocimiento sobre los objetos evaluados. Las ponderaciones del análisis de amenazas fueron revisadas y validadas a través de un formulario virtual y los insumos obtenidos fueron incorporados en los resultados finales. El listado de participantes en este proceso puede observarse en el anexo 1.

4.2 Análisis de vulnerabilidad al cambio climático

Los niveles de riesgo frente al cambio climático se encuentran condicionados por una serie de factores, entre los que se pueden destacar la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]), define la *vulnerabilidad* como el grado en el que un sistema es susceptible de o incapaz de soportar efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los extremos climáticos (McCarthy *et al.*, 2001). La mayor utilidad de conocer la vulnerabilidad de un sistema consiste en establecer su vínculo con la estimación de riesgos.

La *exposición* es la naturaleza y grado en que un sistema experimenta estrés ambiental o sociopolítico; entre sus características se incluye la magnitud, frecuencia, duración y extensión superficial del riesgo, o bien de una amenaza. La *sensibilidad* es el grado en el que un sistema se modifica o afecta por perturbaciones. En tanto que la *capacidad adaptativa* se refiere a la habilidad de un sistema de evolucionar para responder a riesgos ambientales o cambios en políticas, y de expandir el rango de variabilidad que puede soportar (Burton y Peoples, 2008).

La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud e índice de la variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad adaptativa. A partir de esta definición, la vulnerabilidad ante el cambio climático puede ser estimada por medio de un análisis de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de las poblaciones sujetas a estos cambios. Por lo tanto, la fórmula utilizada para realizar el análisis geoespacial en este estudio fue la siguiente (IPCC, 2001):

Vulnerabilidad = (exposición + sensibilidad) - capacidad adaptativa

Para la identificación y análisis de la vulnerabilidad climática en el área de estudio fue necesario preparar capas de datos espaciales, las cuales fueron trabajadas en el sistema de coordenadas Guatemala Transversal Mercator (GTM) y normalizadas según el caso particular de cada una de las variables a trabajar.

Posteriormente, con base en las variables previamente colectadas y normalizadas, se realizó un análisis a partir de la suma de capas por medio de sistemas de información geográfica (SIG), tomando en consideración el universo de datos. Como resultado, se obtuvieron las zonas potenciales y/o la identificación de los niveles de vulnerabilidad con el método de lógica booleana.

Los criterios de análisis de las variables fueron definidos con base en la clasificación de colecta de datos en el área de estudio y a través de la consulta a expertos, principalmente en cuanto al tema de tenencia de tierra o de derechos sobre la tierra. Esto, con el objetivo de evitar incluir zonas que no cumplieran con las características deseadas. Con estos datos también fue posible determinar una tabla de priorizaciones de zonas, indicando las más y menos factibles.

Se inventariaron todas aquellas variables que se estimaba podían influir, sin embargo, no todas podían modelarse (no se encontraban disponibles o las resoluciones de trabajo eran demasiado grandes para la escala local-municipal que se trabajó). El cuadro 7 muestra las variables consideradas para el análisis de la vulnerabilidad climática, algunas de las cuales se encontraban disponibles en canales oficiales de capas geospaciales y otras fueron creadas a partir del análisis de sensores remotos.

Para el tratamiento de variables se propuso un esquema o sistema para la expresión simplificada de problemas lógicos a través de

dos estados (falso o verdadero) mediante un procedimiento matemático, con la metodología de lógica booleana. A través del sistema ideado por Boole, se utilizan símbolos para el desarrollo de las operaciones lógicas “SI”, “NO”, “O” y “Y” (o “YES”, “NOT”, “OR” e “IF” en inglés), que de este modo pueden esquematizarse.

El álgebra booleana apela a nociones algebraicas para el tratamiento de enunciados de la lógica proposicional. Las operaciones más habituales son las binarias, que requieren de dos argumentos; en este caso se utilizaron 0 y 1; donde 0 significa que no ocurre el fenómeno y 1 que sí. Las variables fueron calificadas por igual y se trabajó bajo el supuesto de que todas tenían el mismo peso sobre el modelo, con el objetivo de no introducir subjetividad en su calificación.

El análisis SIG utilizó diferentes variables, tanto para los distintos municipios, como para la parte terrestre y marina, debido a que las condiciones climáticas, ecológicas y socioeconómicas varían entre estos. Esta diferenciación es importante para no caer en generalizaciones.

Para elaborar las capas de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, así como la capa final de vulnerabilidad climática, se utilizó la evaluación multicriterio (EMC) de lógica booleana, es decir que se utilizó 1 para definir las zonas que interesan y 0 para las que no, debido a dos razones: (1) disminuir el volumen de información para poder procesarla en el SIG y (2) que las zonas que presentan una exposición, una sensibilidad y una adaptación considerable fueran las más próximas a los criterios seleccionados. En este estudio de caso, las variables físicas se encontraban íntimamente relacionadas con las sociales y económicas; por ello fueron incluidas dentro del análisis multicriterio desarrollado, y de esa manera se creó la capa final de vulnerabilidad climática para el área de estudio.

Cuadro 7

Variables consideradas para el cálculo de la capacidad adaptativa, exposición y sensibilidad del análisis de vulnerabilidad climática para la zona terrestre y marino-costera del Caribe de Guatemala

Grupo	Variable	Terrestre	Marino-costero
Capacidad adaptativa	Analfabetismo	x	
	Áreas protegidas	x	x
	Corales		x
	Efectividad de manejo	x	x
	Mangle	x	
	Índice normalizado de vegetación (NDVI)	x	
	Pastos marinos		x
	Plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial (PDM-OT)	x	
	Biodiversidad	x	x
Exposición	Clorofila		x
	Contaminación marina		x
	Deforestación	x	
	Huracanes	x	x
	Inundaciones	x	
	Palma africana	x	
	Pendientes	x	
Sensibilidad	Densidad poblacional	x	
	NDVI	x	
	Pesca (camarón, escamas, langosta, caracol, manjúa, tiburón, pez león, trasmallo)		x
	Ranking municipal	x	
	Salud	x	
	Sequías	x	
	Zona de pesca		x

Fuente: elaboración propia

Se utilizaron mapas en formato *raster* en un procedimiento de álgebra de mapas (primero una suma entre las capas de exposición y sensibilidad, y posteriormente una resta entre el resultado de ambas y la capacidad adaptativa) para obtener los valores finales.

La probabilidad de ocurrencia de vulnerabilidad climática puede estimarse a través de una escala positiva y una negativa, en donde la

positiva indica una vulnerabilidad latente, y la negativa una vulnerabilidad que existe porque la exposición y la sensibilidad en el territorio existen. Por lo tanto, los valores negativos (representados por pixeles) indican mayor capacidad adaptativa.

El resultado del análisis siempre es mejorable, es decir que puede hacerse más detallado o bien analizar la inclusión o exclusión de

otras variables, siempre y cuando estas se encuentren disponibles.

4.3 Análisis de escenarios futuros

El análisis a futuro se trabajó con base en el escenario SSP1-2.6 del IPCC, bajo dos periodos de tiempo (2021-2040 y 2041-2060). En este escenario se consideran bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), suponiendo que las emisiones de CO₂ son reducidas a cero neto para 2075 (cuadro 8).

Para realizar las proyecciones a futuro de estos dos periodos de tiempo y escenario seleccionado se emplearon las proyecciones de los índices bioclimáticos de worldclim.org y el *software* MaxEnt, el cual modela las distribuciones potenciales de las especies usando el método de máxima entropía y se basa en métodos de estadística mecánica para realizar predicciones a partir de información incompleta. Asimismo, estima la organización más uniforme de la ocurrencia de puntos

en un área de estudio, bajo la restricción de que el valor esperado de cada variable ambiental de la distribución estimada está acorde a su promedio empírico (Phillips *et al.*, 2004).

La salida principal de los modelos obtenidos con MaxEnt son superficies de probabilidad acumulada con valores entre 0-100 que se asignan a cada celda del área de estudio (municipios de Livingston y Puerto Barrios, Izabal). Esta salida representa la distribución potencial aproximada de la variable modelada. Los mapas generados tienen la probabilidad de que las áreas sean vulnerables en un rango de 0-100 % en ambos municipios.

Por lo tanto, para obtener las probabilidades de ocurrencia de vulnerabilidad futura en el área de estudio se tomaron en cuenta los puntos de vulnerabilidad media, alta y muy alta -que fueron utilizados como puntos de presencia de especies-, y las variables bioclimáticas de cada uno de los periodos de tiempo (2021-2040 y 2041-2060).

Cuadro 8
Escenario teórico

Trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP)*	Escenario	Periodo de tiempo	
		Calentamiento estimado (2021-2040)	Calentamiento estimado (2041-2060)
SSP1-2.6	Bajas emisiones de GEI: emisiones de CO ₂ reducidas a cero neto para 2075	1° C	1.7° C

*Por sus siglas en inglés: *shared socioeconomic pathways*. Fuente: IPCC (2021)

5. ANÁLISIS DE AMENAZAS

Los ecosistemas marino-costeros son clave para los medios de vida de las poblaciones locales, y además reducen la exposición ante los efectos del cambio climático, al proveer protección natural. Sin embargo, se encuentran bajo presión, aumentando la vulnerabilidad de las comunidades (MARN *et al.*, 2020). Estas presiones menoscaban los esfuerzos para proteger los objetos de conservación y de bienestar humano, que han sido definidos para la ZMC del Caribe.

5.1 Amenazas para los objetos de conservación

Se identificaron ocho amenazas principales para los objetos de conservación de la ZMC del Caribe (cuadro 9). La principal, clasificada como «muy alta», es la sedimentación y azolvamiento. La combinación de la deforestación junto con la presión agrícola acelera la erosión de suelo, lo que a su vez aumenta el volumen de sedimento cargado por los arroyos y degrada la calidad del agua en la parte alta de la cuenca hasta llegar a la parte baja. Al haber más erosión, se incrementa el régimen hidráulico de los ríos y los vuelve más empinados, aumentando también la escorrentía y disminuyendo la infiltración (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América, 2000).

El cambio de uso del suelo para fines agrícolas y ganaderos incrementa la erosión y el aporte de sedimentos a las aguas costeras. Los elevados niveles de turbidez limitan la penetración de luz e impiden el crecimiento de algas, lo cual impacta la reproducción de especies de pastos marinos y afecta su diversidad. Esta alteración de los ecosistemas puede provocar deterioro de las pesquerías, degradación de la calidad del agua y disminución de otros recursos vivos (Fundary *et al.*, 2006).

Además, la reducción de la cantidad de luz merma la capacidad de las zooxantelas

para fotosintetizar, poniendo en peligro la supervivencia de corales juveniles por pérdida de sustrato, e incluso puede asfixiarlos completamente. Esto se intensifica con la disminución de manglares y pastos marinos que funcionan como filtradores de sedimentos y nutrientes que vienen de la tierra (Burke & Maidens, 2005).

Asimismo, se clasifican siete amenazas con grado «alto»:

1. Cambio de uso del suelo, que es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel mundial. Durante el periodo 2010-2016 se presentó una tasa de cambio anual de 1.24 %, con un cambio neto de 4788 ha para los municipios de Livingston y Puerto Barrios. Según datos de uso de la tierra, en 2010 existían 105355 ha de bosque latifoliado en Livingston y 13 247 ha en Puerto Barrios; mientras que para 2020 habían 90 464 y 10981 ha, respectivamente; lo que representa una disminución del 14.5 % de bosque latifoliado (MAGA, 2010 y 2020a).
2. Desarrollo de infraestructura costera, que representa un riesgo para los procesos naturales de la zona y puede resultar en mayor erosión e inundaciones por la eliminación de las defensas naturales, como los humedales. Si está mal ubicada, se corre el riesgo de que aumente la erosión, inundaciones, daños por viento e incremento local del nivel del mar. El desarrollo costero mal diseñado también puede contribuir a la mala calidad del agua y puede requerir la construcción de defensas costeras, lo cual representa costos importantes para el país (Atlantic Network for Coastal Risks Management, s. f.).
3. Desechos sólidos. Existe una inadecuada gestión y manejo debido a que no hay

infraestructura para su tratamiento y destino final, y la presencia de basureros clandestinos es frecuente. Es importante señalar la contaminación en playas derivada del arrastre de basura desde los ríos, principalmente de la cuenca del Motagua (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Livingston y Segeplán, 2018; Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios y Segeplán, 2018).

4. Contaminación hídrica, que se origina a partir de diferentes fuentes, principalmente aguas servidas, que representa una amenaza por la ausencia de plantas de tratamiento de aguas grises y negras provenientes de uso doméstico, industrial, comercial, turístico, agrícola, ganadero, etc. Esto se debe a la baja cobertura del sistema de alcantarillado en los principales centros urbanos y a la contaminación proveniente de las cuencas que drenan hacia los municipios costeros, en particular de la cuenca del Motagua (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Livingston y Segeplán, 2018; Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios y Segeplán, 2018).

Además, la actividad agrícola contribuye a incrementar el escurrimiento de sedimentos, nutrientes y plaguicidas. La eutrofización causada por estos nutrientes puede provocar florecimientos algales, cambios en la estructura de las comunidades acuáticas y disminución de la diversidad biológica. La presencia de algas sobre el sustrato puede inhibir la colonización por larvas reclutas, lo que provoca la reducción de la cobertura de coral vivo y el aumento del recubrimiento de algas u otras cubiertas. También puede ocasionar la acumulación de plaguicidas tóxicos en organismos costeros y favorecer la incidencia de enfermedades (Burke & Maidens, 2005).

5. Malas prácticas de pesca que han afectado, tanto a los recursos pesqueros, como a

aspectos sociales y económicos de las comunidades pesqueras que dependen de la actividad (Fundaece, 2014). Se cuenta con reportes que indican que las tallas y abundancia de peces, invertebrados y otras especies marinas han disminuido en Guatemala en los últimos años (MARN *et al.*, 2020; Ramírez y Ortiz, 2019). Existe una serie de malas prácticas de pesca, las cuales incluyen: uso de artes de pesca no permitidos, irrespeto a la época de veda, sobreexplotación del banco de pesca, captura de tallas menores y en áreas no permitidas o artes de pesca altamente impactantes. Con relación a esto último, la pesca de arrastre y la de manjúa causan los mayores impactos negativos (Boix, 2008; Heyman y Granados-Dieseldorff, 2011; Polanco, 2015).

6. Enfermedades de corales, que han aumentado significativamente durante las últimas décadas como consecuencia de los cambios por la exposición a agentes externos. Según la base mundial de enfermedades de corales, en el Caribe existen 23 enfermedades y síndromes que los afectan. La mayoría de reportes de todo el mundo han venido de esta región (Burke & Maidens, 2005; Gil-Agudelo *et al.*, 2009; Juárez, 2021). Así mismo, en el Caribe de Guatemala se reportan más plagas y enfermedades producto del incremento de tormentas y huracanes, pues al subir los caudales disminuye la salinidad, repercutiendo negativamente en ecosistemas, como el manglar.
7. Práctica de dragado, que se realiza con el fin de mejorar la navegación interior. Generalmente se practica para la construcción, mejora y mantenimiento de canales; desarrollo de puertos y bahías; y la fabricación de esclusas, canales y vías fluviales. La alteración de las aguas naturales y el desarrollo de los canales artificiales puede ocasionar cambios físicos, químicos y biológicos en los cuerpos de agua, generando impactos directos e indirectos sobre los ecosistemas

y comunidades que se encuentran en el área de influencia. La contaminación resultante de las operaciones de dragado, la eliminación de materiales, las actividades

de construcción y el mayor tránsito marítimo, pueden resultar en la liberación de contaminantes naturales y antrópicos en el ambiente (Fernández, 2010).

Cuadro 9

Evaluación de amenazas para los objetos de conservación de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala

Amenazas/Objetos	Pastos marinos	Arrecifes de coral	Manglares	Playas y dunas	Bosque latifoliado siempre-verde	Humedales costeros	Calificación de cada amenaza para cada objeto
Sedimentación / azolvamiento	Muy alto	Alto	Muy alto			Alto	Muy alto
Cambio de uso del suelo			Medio		Muy alto		Alto
Desarrollo de infraestructura costera				Muy alto			Alto
Contaminación por desechos sólidos	Medio		Alto	Alto		Alto	Alto
Contaminación por desechos líquidos	Alto	Alto	Alto		Medio	Alto	Alto
Malas prácticas de pesca	Alto	Alto	Alto			Alto	Alto
Aumento de enfermedades		Muy alto	Medio				Alto
Dragado	Alto	Alto					Alto
Cacería y extracción de fauna					Alto		Medio
Incendios forestales					Alto		Medio
Erosión y pérdida de playas				Alto			Medio
Extracción insostenible de mangle			Alto				Medio
Especies exóticas invasoras	Medio	Alto	Medio		Medio	Bajo	Medio
Calificación de cada objeto con base en todas sus amenazas	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Muy alto

Fuente: elaboración propia

5.2 Amenazas para los objetos de bienestar humano

Se identificaron siete amenazas principales para los objetos de bienestar humano de la ZMC del Caribe dentro de la clasificación «alta» (cuadro 10), entre las que se encuentran:

1. Contaminación hídrica, la cual ya fue descrita anteriormente.
2. Reducción de la disponibilidad y calidad del agua. La disponibilidad per cápita de agua para el país es mayor al promedio mundial; sin embargo, es desigual en el territorio. Además, varía en el tiempo debido a los periodos de lluvia y sequía. También existe una variación en cuanto a la demanda, por ejemplo, es más alta en asentamientos humanos densos, áreas de desarrollo de industria o con producción agrícola de riego. Estos aspectos, aunados al cambio climático, podrían aumentar la intensidad del uso de agua en un 8.6 % para el año 2030, 19.9 % para 2050 y 251 % en 2100 (Basterrechea y Guerra, 2019).

Por otro lado, a nivel nacional se generan alrededor de 1540 millones de m³ de aguas residuales, las cuales en su mayoría son vertidas sin tratamiento a cuerpos de agua receptores. Alrededor del 5 % de estas aguas son tratadas, esto, a pesar de que se cuenta con una normativa específica desde 1989, actualizada en 2006, que exige el cumplimiento de cierta calidad del efluente que se descarga a los cuerpos de agua. El deterioro de la calidad del agua es un problema grande en el país, que afecta la salud pública, los ecosistemas acuáticos y las actividades económicas (Ramírez y Ortíz, 2019).

3. Incremento de enfermedades y plagas (vectores) como producto del calentamiento global. Las variaciones climáticas tienen una incidencia en las plagas, la cual está asociada a eventos de periodos de sequía y combinación de sequía y humedad relativa,

provocando problemas fitosanitarios como: la manifestación de plagas ocasionales y/o habituales, el incremento de arvenses, la reducción de reguladores naturales, los cambios en los ciclos de vida de las plagas y la aparición de nuevas plagas a nivel regional. El sector agrícola es uno de los más impactados por este fenómeno, pudiendo llegar a afectar entre el 12 % y 13 % del rendimiento en los ocho cultivos de mayor importancia para la alimentación y la industria, los cuales ocupan más de la mitad de la superficie cultivada en el mundo (Quiroga, 2022).

4. Pérdida o daño a infraestructura portuaria. Una de las principales amenazas a las que se enfrenta este tipo de infraestructura son las inundaciones, que se consideran como uno de los eventos más costosos y uno de los fenómenos con más probabilidad de aumentar como efecto del cambio climático (Flores y Cifuentes, 2019).
5. Pérdida de suelo, que se define como un cambio en la salud de los suelos, que conlleva una disminución de la capacidad del ecosistema edáfico para producir bienes y prestar servicios para sus beneficiarios. La pérdida absoluta de la capa superficial y nutrientes del suelo ocurre de forma natural en zonas montañosas, pero se puede incrementar por malas prácticas de manejo. Se estima que alrededor de 2000 millones de hectáreas en el mundo sufren algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades humanas (FAO, 2009; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022).
6. Disminución de tallas en peces. A medida que aumenta la temperatura bajo un clima global cambiante, los organismos ectotérmicos —como los peces— pueden experimentar consecuencias fisiológicas, como la reducción de su tamaño corporal. Recientemente, varios estudios han documentado que esta disminución se encuentra asociada al calentamiento

climático. Sin embargo, la exposición a temperaturas más altas durante los primeros años de vida también puede alterar el desarrollo y cambiar otros rasgos fenotípicos no relacionados al crecimiento, como el comportamiento, la historia de vida y la morfología (Lema *et al.*, 2019). Aunado a esto, también se encuentra la sobrepesca, que también influye en las tallas de peces y provoca una recuperación lenta de las poblaciones (Zupan *et al.*, 2018).

7. Pérdida de sitios de visitación a causa de factores como el uso de materiales de mala calidad y el mal diseño de infraestructura o su construcción en zonas vulnerables a deslizamientos e inundaciones. Otro factor relevante es el mal manejo de desechos sólidos, que provoca un impacto paisajístico negativo, y sus efectos se ven exacerbados por factores como el aumento de la temperatura superficial terrestre o el incremento de inundaciones, producto del cambio climático.

Cuadro 10

Evaluación de amenazas para los objetos de bienestar humano en la zona marino-costera del Caribe de Guatemala

Amenaza/ Objeto	Turismo	Pesca	Ganadería	Agricultura	Agua para consumo	Infraestructura	Calificación de la amenaza
Contaminación hídrica	Alto		Alto		Muy alto		Alto
Reducción de la disponibilidad y calidad del agua	Alto		Alto		Muy alto		Alto
Incremento de enfermedades y plagas (vectores)	Medio		Alto	Muy alto			Alto
Pérdida o daño a la infraestructura portuaria						Muy alto	Alto
Pérdida de suelo				Muy alto			Alto
Disminución de tallas en peces		Muy alto					Alto
Pérdida de sitios de visitación	Muy alto						Alto
Aumento de la cuña salina (salinización del manto freático)					Alto		Medio
Malas prácticas pesqueras		Alto					Medio
Contaminación por desechos				Alto			Medio
Cambios en la dinámica de distribución		Alto					Medio

Continúa...

Continuación cuadro 10

Amenaza/ Objeto	Turismo	Pesca	Ganadería	Agricultura	Agua para consumo	Infraestructura	Calificación de la amenaza
Enfermedades gastrointestinales, de la piel, otras	Alto						Medio
Disminución en la productividad			Alto	Medio			Medio
Pérdida o daño de infraestructura vial	Alto						Medio
Cambios en la dinámica de stocks de pesca		Alto					Medio
Pérdida de la infraestructura hotelera y para la visitación	Medio						Bajo

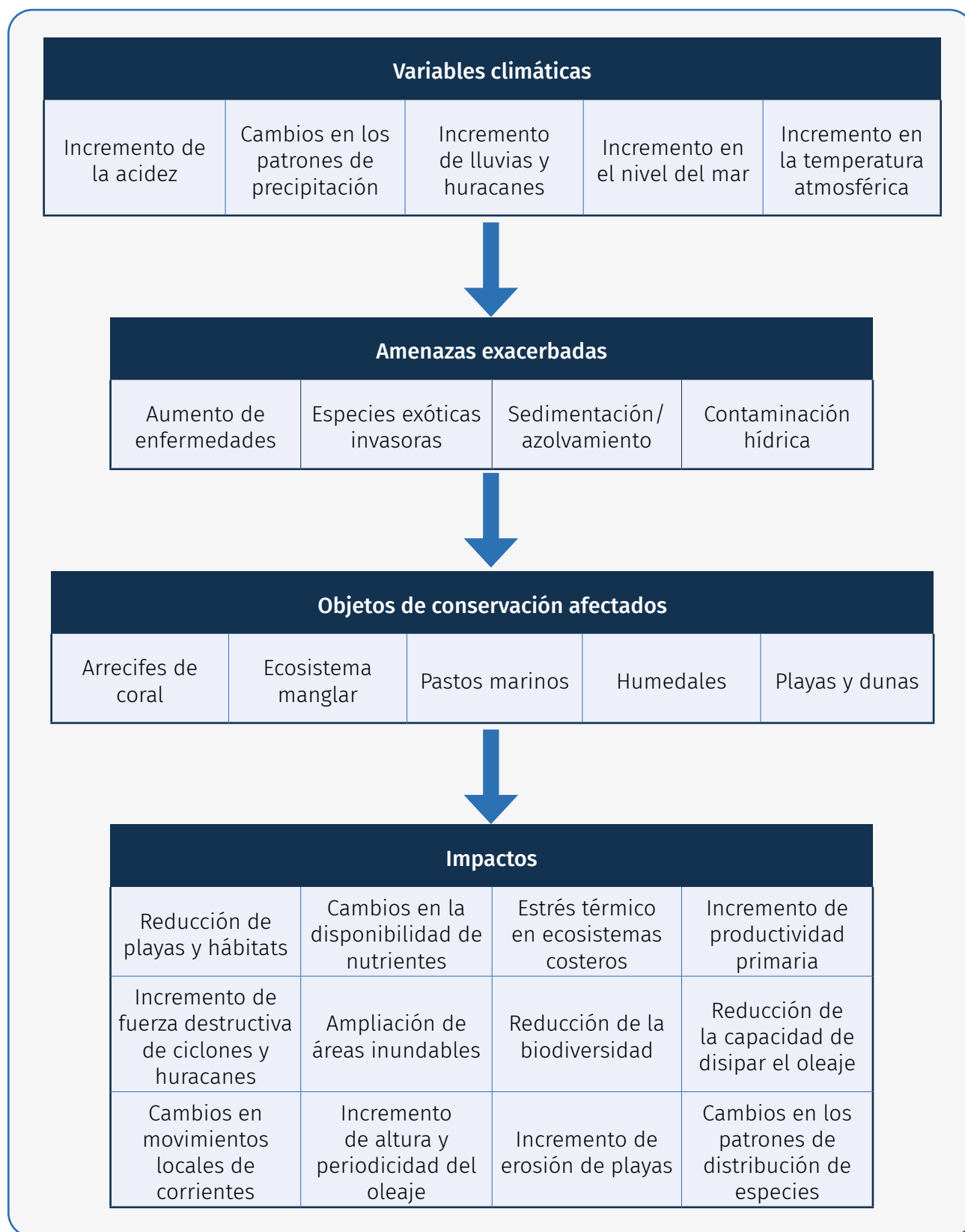
Fuente: elaboración propia

Este análisis permite visualizar, de manera general, las diferentes amenazas a las que se encuentran expuestos los elementos de conservación y de bienestar humano. Si se consideran también los factores climáticos que influyen en la vulnerabilidad al cambio

climático, algunas de esas amenazas se verán incrementadas o afectarán en mayor medida, tanto a los diferentes ecosistemas, como a los recursos de los que la población hace uso (figura 1 y 2).

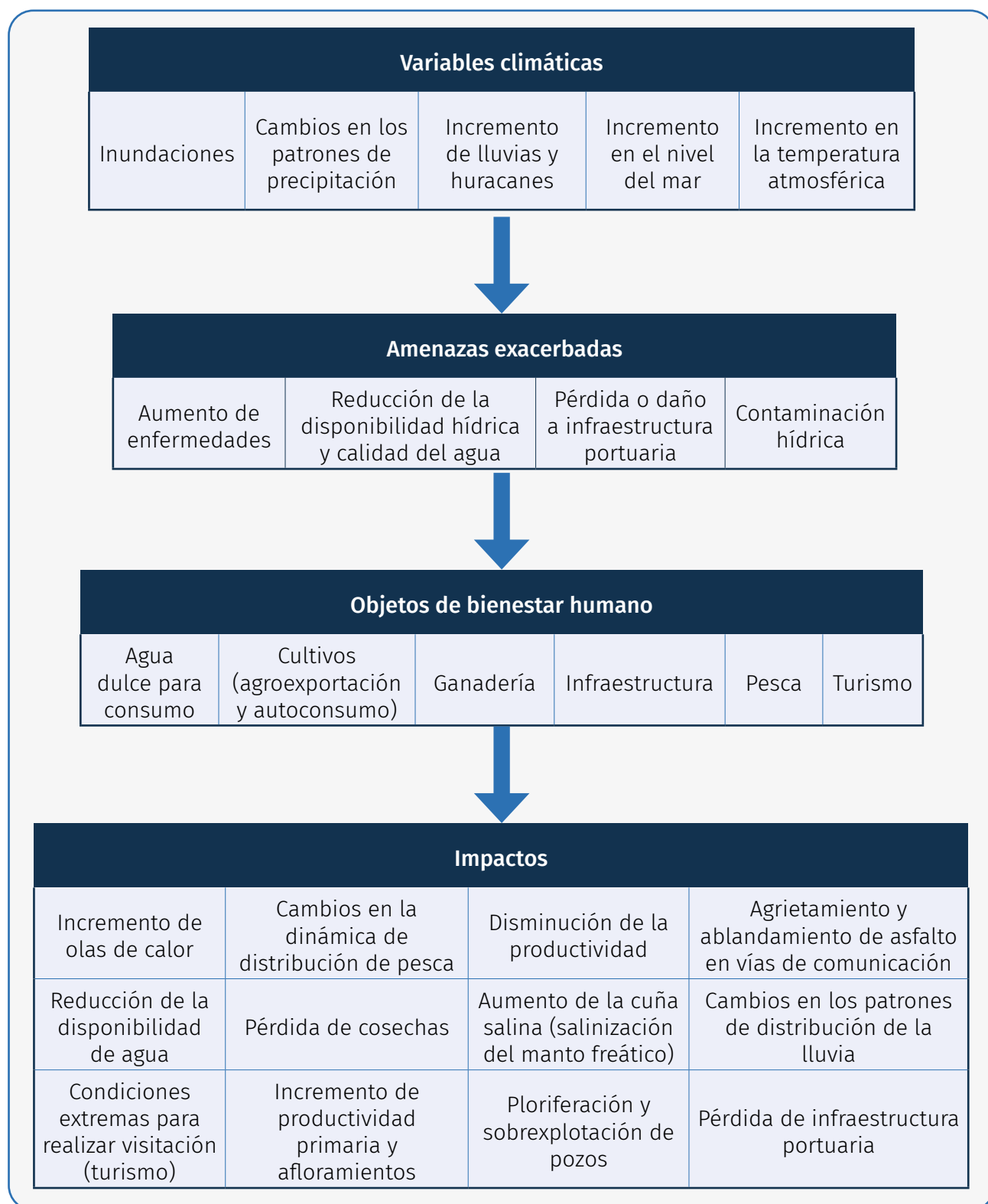


Figura 1. Impactos del cambio climático sobre los objetos de conservación



Fuente: elaboración propia

Figura 2. Impactos del cambio climático sobre los objetos de bienestar humano



Fuente: elaboración propia

6. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

La vulnerabilidad al cambio climático fue analizada, tanto para el ámbito marino-costero, como para el terrestre. Esta diferenciación se debió al tipo de variables contempladas al momento de realizar el cálculo de capacidad adaptativa, exposición y sensibilidad (ver anexos 2 a 7), y que fueron:

- Zona terrestre: cobertura de mangle, deforestación, pendientes, entre otras;
- Zona marino-costera: corales, pastos marinos, clorofila, contaminación del agua, pesca, entre otras;
- Zonas terrestres y marino-costeras: áreas protegidas, huracanes, biodiversidad, etc. (cuadro 3).

Como resultado de la modelación de las variables para el cálculo de la vulnerabilidad se obtuvieron seis categorías, tal como se aprecia en cuadro 11. El tipo de vulnerabilidad con mayor representatividad fue la categoría *no vulnerable*, tanto para la zona terrestre (28.88 %), como para la marino-costera (15.48 %).

En segundo lugar, con un total de 24.34 %, se identificó la categoría de *vulnerabilidad muy baja*, que representó 15.56 % para la zona terrestre y 8.78 % para la marino-costera. Por otro lado, la categoría de *vulnerabilidad muy alta* representó un total de 0.36 %, del cual el 0.05 % fue para la zona terrestre y 0.30 % para la marino-costera. Esta baja vulnerabilidad identificada en el área de estudio se debe a la capacidad adaptativa de la misma.

Los resultados espaciales modelados de la vulnerabilidad al cambio climático pueden visualizarse en los mapas 9 y 10, donde resalta la importancia de la variable «áreas protegidas» de la capacidad adaptativa, tanto para la zona terrestre, como para la marino-costera. El manejo y gestión adecuados de las áreas protegidas representan un papel relevante en la región, ya que salvaguardan la mayor parte de la zona y ayudan a la conservación de los bosques, a la calidad de los mismos (NDVI) y a la preservación de la biodiversidad. Ejemplo de ello son los bosques tropicales, manglares, corales y

Cuadro 11
Resultado de la modelación por categorías de vulnerabilidad al cambio climático

Categoría de vulnerabilidad	Zonas de estudio				Total
	A	B	Zona terrestre A+B	Zona marina	
	Livingston	Puerto Barrios			
No vulnerable	19.55 %	9.33 %	28.88 %	15.48 %	44.36 %
Vulnerabilidad muy baja	11.10 %	4.46 %	15.56 %	8.78 %	24.34 %
Vulnerabilidad baja	9.78 %	3.13 %	12.92 %	4.83 %	17.74 %
Vulnerabilidad media	3.39 %	4.55 %	7.95 %	2.06 %	10.01 %
Vulnerabilidad alta	0.61 %	0.95 %	1.56 %	1.63 %	3.20 %
Vulnerabilidad muy alta	0.04 %	0.02 %	0.05 %	0.30 %	0.36 %
Total	44.48 %	22.45 %	66.92 %	33.08 %	100.00 %

Fuente: elaboración propia

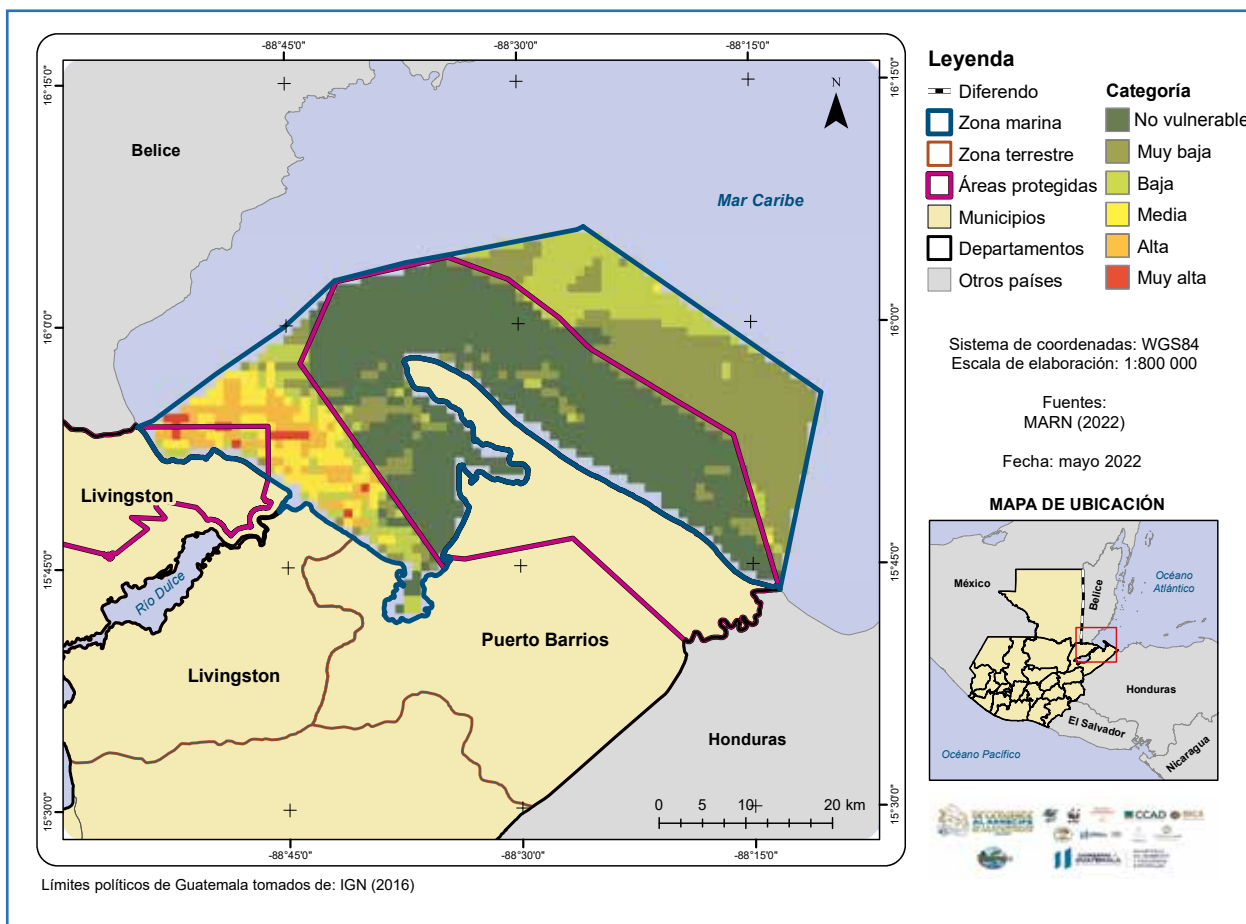
pastos marinos; los cuales son importantes ecosistemas que contribuyen naturalmente al mantenimiento de la zona marino-costera; así como de las partes altas de cuencas de la zona terrestre, evitando la erosión del suelo por las altas pendientes y evitando riesgos de deslizamientos y desprendimientos de tierra.

Es importante mencionar que en los espacios fuera de áreas protegidas se hace evidente la vulnerabilidad en grados muy altos, altos y medios, lo cual se debe al gran grado de exposición y sensibilidad de las actividades que allí se realizan. La contaminación del agua es una variable de exposición importante a considerar en la zona marino-costera, debido a que las áreas más vulnerables corresponden con la desembocadura de Río Dulce. Asimismo, la falta de ordenamiento de las zonas de

pesca de la variable «sensibilidad» puede incrementar la vulnerabilidad a futuro, pasando de ser «sensibles» a provocar una «exposición» del territorio.

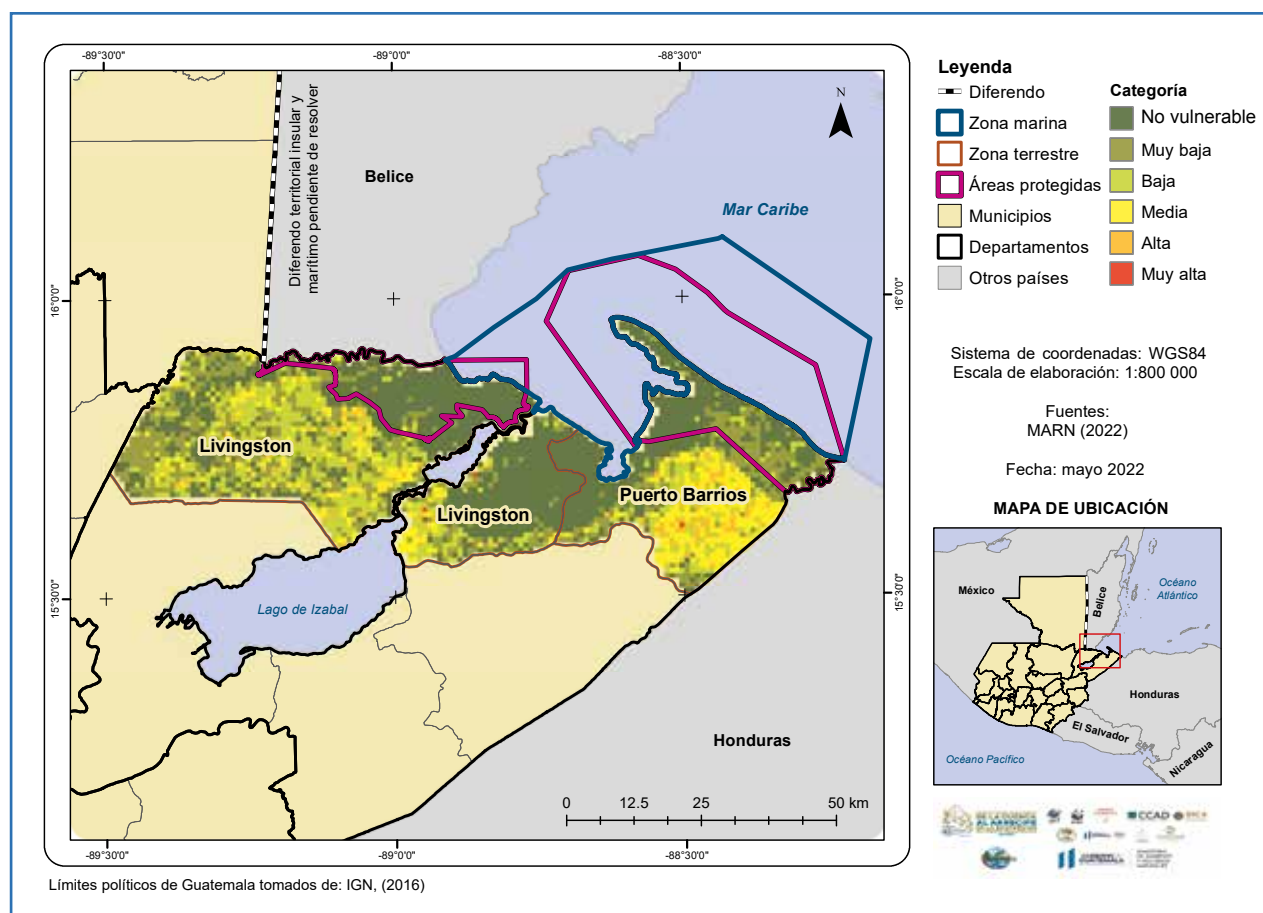
Las zonas ubicadas fuera de áreas protegidas son más vulnerables, tanto en la región terrestre, como en la marina. Esto se debe, en parte, al incremento de las actividades productivas, por ejemplo, el cultivo de palma africana, o el cambio de uso de la tierra por deforestación. Este tipo de variables deben considerarse de manera ordenada, ya que, si bien pueden representar un beneficio económico en la zona de estudio, también pueden incidir en un mayor grado de vulnerabilidad climática si se desarrollan sin una correcta planeación territorial. Al reducirse la capacidad adaptativa en algunas de las áreas de estos municipios, su vulnerabilidad sería mayor.

Mapa 9. Vulnerabilidad climática marino-costera en el Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

Mapa 10. Vulnerabilidad climática terrestre en el Caribe de Guatemala



Fuente: elaboración propia

En los anexos 8 y 9 se puede observar la vulnerabilidad a la que se enfrentarían las áreas marinas y terrestres de no contar con la capacidad adaptativa actual, lo cual resalta la necesidad de seguir invirtiendo en el mantenimiento de las áreas protegidas. Asimismo, en los mapas 11 y 12 se observa la probabilidad de vulnerabilidad en dichas áreas para ambos municipios, según el escenario SSP-1-2.6 para dos periodos de tiempo⁵.

El cuadro 12 muestra la vulnerabilidad para el escenario 2021-2040. Se puede observar que

en ambos municipios las mayores extensiones corresponden a áreas sin vulnerabilidad, y que Puerto Barrios es el municipio más vulnerable.

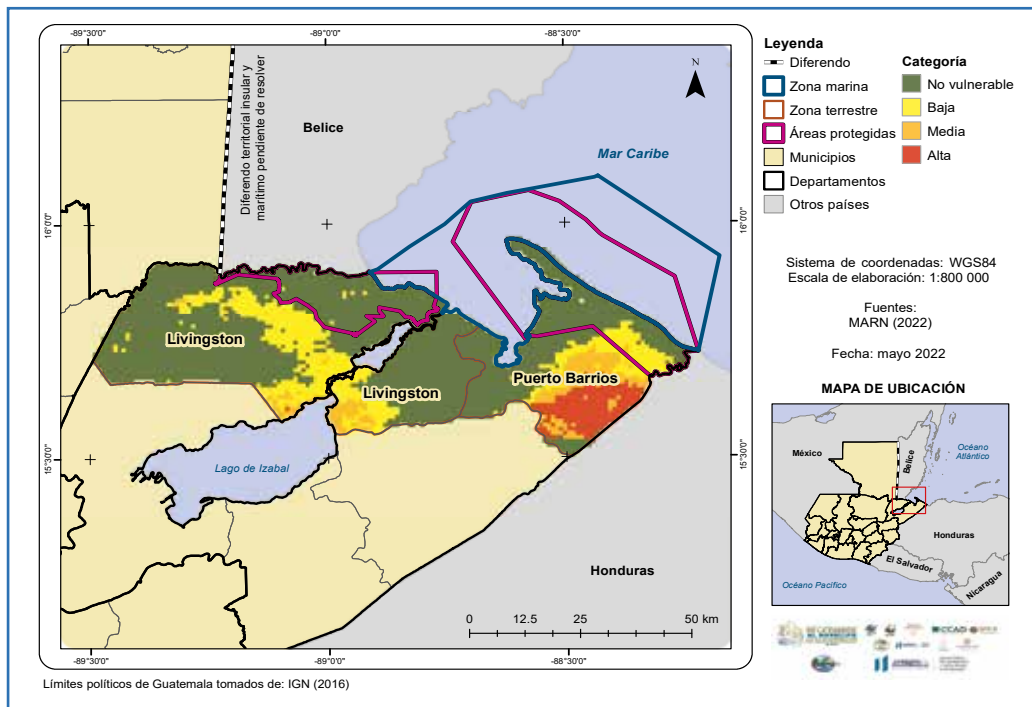
Cuadro 12
Tipo de vulnerabilidad y su área en hectáreas por municipio para el escenario 2021-2040

Municipio	Vulnerabilidad	Área (ha)
Livingston	Baja	25 762.42
	Media	22 387.54
	Sin vulnerabilidad	183 978.03
Puerto Barrios	Alta	23 708.09
	Baja	5021.92
	Media	23 170.86
	Sin vulnerabilidad	65 476.45

Fuente: elaboración propia

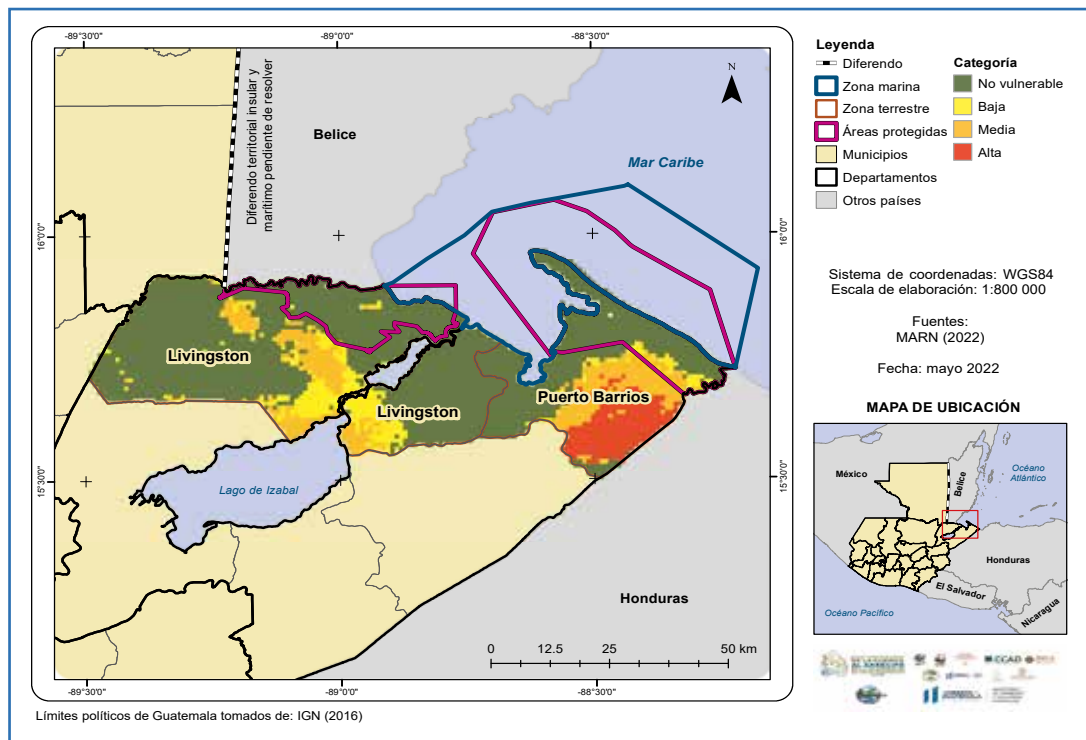
⁵ La salida principal de los modelos obtenidos con MaxEnt son superficies de probabilidad acumulada, con valores entre 0-100 asignados a cada celda del área de estudio (municipios de Livingston y Puerto Barrios, Izabal). Esta salida representa la distribución potencial aproximada de la variable modelada.

Mapa 11. Probabilidad de ocurrencia de vulnerabilidad climática terrestre en el Caribe de Guatemala con base en el escenario SSP-1-2.6 (2021-2040)



Fuente: elaboración propia

Mapa 12. Probabilidad de ocurrencia de vulnerabilidad climática terrestre en el Caribe de Guatemala con base en el escenario SSP-1-2.6 (2041-2060)



Fuente: elaboración propia

En el cuadro 13 se presentan los tipos de vulnerabilidad para el escenario 2041-2060. El municipio menos vulnerable es Livingston; pero en el caso de Puerto Barrios la vulnerabilidad es alta, por lo que se considera necesario monitorear a futuro.

Cuadro 13
Tipo de vulnerabilidad y su área en hectáreas por municipio para el escenario 2041-2060

Municipio	Vulnerabilidad	Área (ha)
Livingston	Baja	25 762.42
	Media	22 387.54
	Sin vulnerabilidad	183 978.03
Puerto Barrios	Alta	23 708.09
	Baja	5021.92
	Media	23 170.86
	Sin vulnerabilidad	65 476.45

Fuente: elaboración propia





7. ESQUEMA DE GOBERNANZA

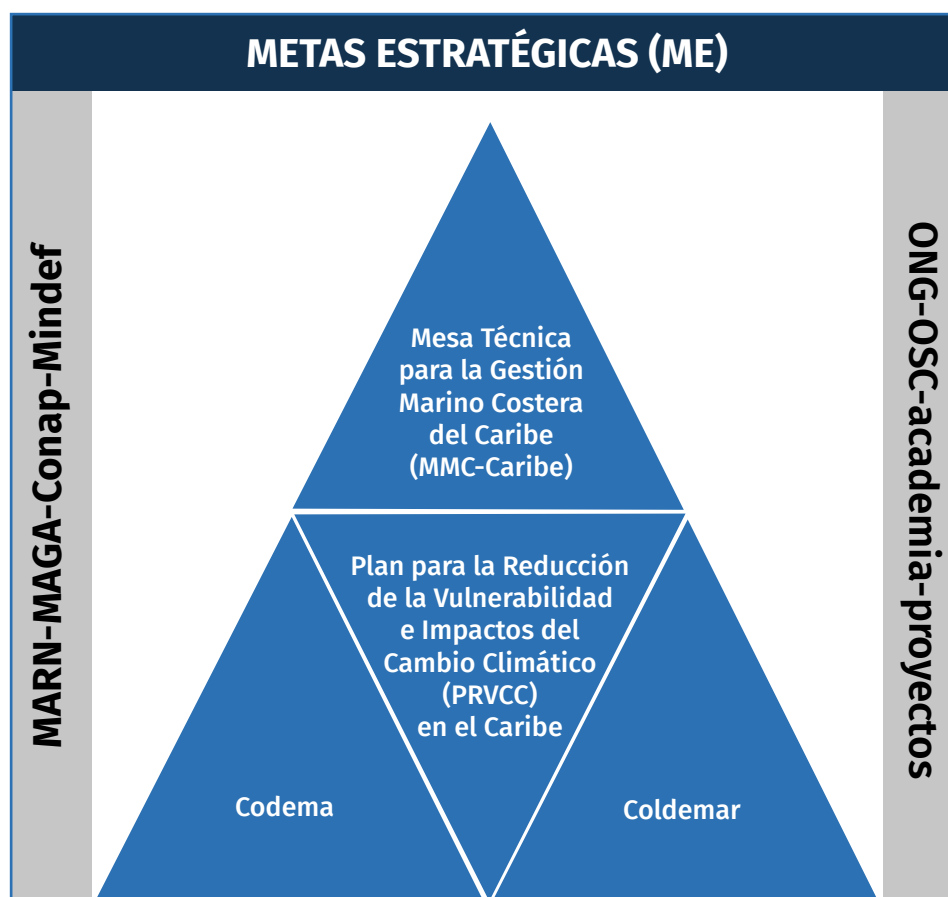
Como parte del análisis de actores se desarrolló un proceso de identificación y caracterización de instituciones que participan en diferentes instancias de coordinación a nivel local, en función de su interés, influencia y disposición para cooperar en la implementación del PRVCC (anexo 10).

Se identificaron tres instituciones fuertemente vinculadas a la implementación del plan por su liderazgo en la región: MARN, Conap y Fundaeco. Así mismo existen otras instituciones con liderazgos complementarios,

como las municipalidades de Livingston y Puerto Barrios, que apoyarían temas de participación comunitaria para la gestión desde los territorios; apoyos temáticos como Dipesca, HRI e INAB; o colaboraciones desde la academia a través del Cunizab.

Adicionalmente, se identificó un potencial esquema de gobernanza para el plan, el cual incluye a la mayoría de actores que pueden impulsar el desarrollo de las acciones propuestas, tal como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Actores principales para la implementación del PRVCC



Fuente: elaboración propia

Con este planteamiento, la Mesa Técnica para la Gestión Marino Costera del Caribe (MMC-Caribe, Acuerdo Ministerial 154-2019) puede llevar la coordinación para el seguimiento de la implementación del plan, facilitando la comunicación con las otras dos instancias identificadas: la Comisión Departamental de Medio Ambiente (Codema) y la Comisión Local de Contingencia en Caso de Derrames de Hidrocarburos, sus Derivados y Sustancias Potencialmente Peligrosas en la Mar y Regiones Marino-costeras (Coldemar Caribe); y de esa manera integrar sus esfuerzos para alcanzar las metas estratégicas propuestas.

Durante la implementación del Proyecto MAR2R se ha impulsado la Mesa Intersectorial que apoyaría este esquema de coordinación, y se espera que enlace de manera operativa a los sectores privado, académico y ONG (ver anexo 11) dentro de las instancias ya mencionadas, logrando con ello la vinculación de proyectos específicos liderados por estos sectores,

reduciendo la duplicidad de esfuerzos en temas similares.

Se espera que la participación se vaya desarrollando de manera gradual, de tal manera que el liderazgo de los actores clave genere interés por participar en la implementación y seguimiento del plan e ir complementando esfuerzos. Estas instancias serían entonces, el motor de arranque y se identifican en el cuadro 14.

Este esquema propuesto facilitará que las instancias participantes puedan internalizar en sus planes operativos acciones de adaptación que respondan a las necesidades locales, y a la vez sumen a los esfuerzos nacionales. Un aspecto clave es que todas las instancias no gubernamentales suman a las metas nacionales y estas, al estar vinculadas con metas de país, contribuyen con el quehacer de las instancias de Gobierno, por lo cual son parte de sus mandatos de creación.

Cuadro 14

Sectores involucrados en el esquema de gobernanza para la implementación del PRVCC

Sector	Instancia
Gobierno	• MARN • Conap • Dipesca • INAB • Mindef
Gobierno municipal	• Livingston • Puerto Barrios
Organización no gubernamental	• Fundaeco • Iniciativa de Arrecifes Saludables (HRI, por sus siglas en inglés) • Fundación Mundo Azul • Semillas del Océano • Alianza de Derecho Ambiental y Agua (ADA2)
Organizaciones comunitarias	• Red de pescadores • Asociación de camaroneros • Asociación de pescadores tradicionales garífunas (APTG) • Asociación Multicultural de Mujeres para el Desarrollo Integral y Sostenible (Ammudis)
Academia	• Centro Universitario de Izabal (Cunizab) • Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA)
Sector privado	• Asociación de Transportistas Marítimos y Terrestres (Asotransmart) • Gremial de Palmicultores de Guatemala (Grepalma)

Fuente: elaboración propia

8. PLAN PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

8.1 Visión

Al año 2050 ha decrecido la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático de la población de los municipios la zona marino-costera del Caribe de Guatemala, derivado de la implementación de acciones de adaptación que disminuyen su exposición y sensibilidad, así como incrementan su capacidad adaptativa, reduciendo con ello las amenazas exacerbadas por el cambio climático.

8.2 Principios

1. **Sostenibilidad:** las acciones deberán estar orientadas al mantenimiento en calidad y cantidad de los servicios derivados de los ecosistemas, de manera que se promuevan, tanto beneficios ambientales, como sociales y económicos.
2. **Inclusión:** el plan deberá propiciar la inclusión social, de manera que todas las personas de la sociedad puedan participar, contribuir y beneficiarse en el proceso.
3. **Participación local:** se deberá asegurar la existencia de mecanismos que promuevan el derecho de participación de toda persona o grupo organizado.
4. **Transversalidad:** se deberá fomentar la participación organizada que involucre al gobierno a nivel central, regional y local; así como al sector privado, la academia y la sociedad civil.
5. **Manejo adaptativo:** se promoverán los procesos de generación de conocimiento para la toma de decisiones y creación de capacidades.

8.3 Objetivos

8.3.1 General

Reducir la vulnerabilidad al cambio climático a través de la mejora en el manejo, conservación e integridad de los ecosistemas naturales, así como disminuir las amenazas sobre los aspectos de bienestar humano derivados de los bienes y servicios ecosistémicos; aumentando con ello la capacidad adaptativa y resiliencia a los impactos derivados del cambio climático.

8.3.2 Objetivos específicos

1. Incrementar la resiliencia de la zona marino-costera a través de mejorar la conservación e impulsar la restauración de los ecosistemas estratégicos del Caribe de Guatemala y un adecuado ordenamiento territorial.
2. Mantener e incrementar la capacidad adaptiva a través de mejoras en las actividades productivas vinculadas a los aspectos de bienestar humano, así como por una adecuada gestión del territorio, teniendo en cuenta consideraciones de género, comunidades indígenas, juventud y discapacidad.
3. Reducir la exposición y la sensibilidad por medio del abordaje de las principales amenazas que se verán exacerbadas por el cambio climático, con el fin de disminuir riesgos e implementar medidas de adaptación basadas en la naturaleza.

8.4 Ejes estratégicos

En esta sección del plan se presenta una serie de acciones de adaptación orientadas a mantener o mejorar el estado de salud —tanto de los objetos de conservación como del bienestar humano— y reducir o mitigar

las amenazas que se verán exacerbadas por los efectos del cambio climático, a través del mantenimiento de los bienes y servicios ecosistémicos del litoral Caribe del país.

Eje estratégico 1: Conservar y restaurar los ecosistemas prioritarios en la ZMC del Caribe

Uno de los aspectos clave para la adaptación es contar con ecosistemas saludables que permitan incrementar la resiliencia ante la variabilidad climática y los efectos del cambio climático. Para ello, se requieren acciones que permitan conservar la cobertura natural existente en los municipios costeros, reducir la deforestación, así como mejorar la efectividad de manejo de las áreas protegidas ya establecidas.

Metas del EE1

MEE.1.1. Al año 2050 se ha mejorado el manejo de áreas protegidas en una extensión de al menos 260 300 hectáreas, pasando de categoría *regular* a *aceptable*, con base en la herramienta de medición de efectividad de manejo.

MEE.1.2. Al año 2050 se han restaurado 3500 hectáreas de bosques en sitios clave de los municipios costeros del departamento de Izabal, de las cuales 850 ha pertenecen a manglares.

MEE.1.3. Al año 2050 se reduce la tasa de deforestación en ambos municipios y se mantiene o estabiliza la cobertura de ecosistemas clave (terrestres y marinos).

MEE.1.4. Al año 2050 el índice de salud arrecifal se mantiene en 2.0 o mejora, comparado con el año base 2022 (1.8).

Acciones estratégicas del EE1

AE1.1 Fortalecer el manejo de las áreas protegidas y/o recuperación de áreas marino-costeras en los municipios litorales del Caribe.

- Desarrollar evaluaciones de efectividad de manejo y comparar su desempeño con relación al promedio de las evaluaciones de los años previos.
- Desarrollar los estudios y acciones técnicas necesarias para formalizar el manejo de las zonas de recuperación pesquera propuestas bajo esquemas formales de gestión, así como identificar e implementar nuevas zonas de recuperación pesquera, teniendo en cuenta aspectos de adaptación al cambio climático.
- Actualizar y aprobar los planes maestros de las áreas protegidas, asegurándose que contienen consideraciones y acciones de adaptación al cambio climático.
- Desarrollar evaluaciones periódicas de integridad ecológica y condiciones biofísicas de los objetos de conservación y bienestar humano.
- Implementar soluciones basadas en la naturaleza ya identificadas por el proyecto *Costas Listas para Punta de Manabique y Sarstún*.

AE1.2. Restaurar zonas degradadas en los principales frentes de deforestación y zonas estratégicas clave (terrestres y marinas), tales como: zonas de recarga hídrica, bosques de ribera y arrecifes.

- Proteger bosques de galería/ribereños y restaurarlos en zonas críticas de recarga hídrica en el río Motagua, Río Dulce, río Sarstún y Cerro San Gil, bajo los programas de incentivos forestales.
- Restaurar zonas de bosque y manglar en el sur de Punta de Manabique y Sarstún bajo el enfoque de paisajes productivos con las modalidades de: plantaciones forestales, sistemas agroforestales y restauración de tierras forestales degradadas.
- Restaurar zonas prioritarias para mejorar la conectividad entre áreas con cobertura natural (terrestres y marinas).
- Apoyar proyectos de restauración arrecifal enfocados a especies susceptibles a enfermedades, en particular la enfermedad de pérdida de tejido en corales duros (EPTCD).

AE1.3. Reducir la tasa de deforestación en los municipios costeros del Caribe.

- Disminuir al mínimo la tasa de deforestación dentro de áreas protegidas.
- Desarrollar planes de manejo de cuenca que incluyan consideraciones de ordenamiento territorial municipal y medidas de adaptación basadas en la naturaleza.
- Mejorar los ingresos por servicios ambientales y establecimiento de cadenas de valor sostenibles e inclusivas (género, juventud y discapacidad).
- Establecer indicadores y un sistema de monitoreo que permita evaluar la efectividad de las reforestaciones/restauraciones y seguimiento de la degradación forestal/arrecifal.

AE1.4. Tomar medidas de protección y conservación en zonas prioritarias del arrecife.

- Desarrollar el estudio técnico para incluir a Corona Caimán dentro del área protegida Punta de Manabique, como parte de su zonificación marina.
- Mantener la zona de arrecifes de Corona Caimán como zona de veda para la pesca.
- Desarrollar o adoptar protocolos sanitarios para la práctica de buceo en la zona, con el fin de reducir la incidencia de enfermedades en corales.
- Identificar zonas de restauración de arrecifes y establecer los mecanismos necesarios para llevar a cabo esos procesos.

Eje estratégico 2: Se implementan mejoras para desarrollar la pesca, agricultura y ganadería bajo criterios de sostenibilidad

Disminuir las malas prácticas en el sector productivo tiene un importante beneficio: la mejora en la productividad (calidad y cantidad) y el óptimo manejo de los medios de producción que implican servicios ecosistémicos, como la producción de agua y la conservación de suelos, entre otros. Con las actividades propuestas se busca proteger esos servicios ecosistémicos a través de la implementación de buenas prácticas y medidas climáticamente inteligentes.

Metas del EE2

MEE.2.1. Al año 2050 se ha elaborado e implementado un plan financiero con enfoque en adaptación al cambio climático en los sectores de pesca, agricultura y ganadería.

MEE.2.2. Al año 2050 se han actualizado e implementado dos planes de manejo con enfoque ecosistémico, que incluyan consideraciones de género, comunidades indígenas, juventud y discapacidad, para la pesca de camarón y de escama (pargo, mero, manjúa) en el litoral Caribe.

MEE.2.3. Al año 2050 el 30% de los pescadores realiza una transición, apoyada en ciencia, a producciones de acuicultura con mecanismos de responsabilidad ambiental.

MEE.2.4. Al año 2050 se han implementado medidas para la agricultura climáticamente inteligente en al menos 2500 hectáreas de cultivos de subsistencia y en 5000 ha de cultivos de agroexportación (palma africana, caña de azúcar).

MEE.2.5. Al año 2050 al menos 50 medianos y pequeños productores, incluyendo mujeres, implementan prácticas de ganadería sostenible en un mínimo de 2500 hectáreas, las cuales incluyen sistemas silvopastoriles, conservación de suelo, recuperación de pasturas, pastoreo rotacional intensivo, conservación de remanentes boscosos y restauración productiva.

Acciones estratégicas del EE2

AE2.1. Establecer mecanismos financieros que permitan la implementación de medidas de adaptación al cambio climático, y a la vez mejoren las condiciones de productividad para la pesca, agricultura y ganadería.

AE.2.2. Implementar prácticas de pesca responsable dentro del ordenamiento pesquero.

- Establecer un sistema de registro y estadísticas pesqueras del sector artesanal y de subsistencia para los municipios litorales del Caribe.
- Desarrollar o actualizar de manera participativa los planes de manejo/ordenamiento para las pesquerías de camarón y principales especies comerciales de escama (pargo, mero, manjúa), teniendo en cuenta la definición de áreas de pesca específicas.
- Actualizar las épocas de veda de manera anual y con base en datos científicos.
- Reducir impactos negativos por el uso de artes de pesca nocivos y otras malas prácticas de pesca, a través de procesos de gestión participativa del recurso pesquero.
- Promover la adopción de medidas sanitarias en el desarrollo de las actividades pesqueras que disminuyan el riesgo de contagio de la EPTCD.
- Establecer un ordenamiento pesquero participativo en la zona de veda marina especial Corona Caimán.

Continúa...

AE2.3. Implementar prácticas de acuicultura (escama) sostenible como medida adaptativa para reducir la presión pesquera a poblaciones silvestres y un mecanismo para fortalecer la seguridad alimentaria de las poblaciones locales.

- Elaborar un inventario y diagnóstico de acuicultura en los municipios del litoral Caribe del país.
- Identificar áreas con potencial para el desarrollo acuícola en áreas que no afecten zonas silvestres ni áreas protegidas.
- Establecer producciones de peces nativos por medio de acuicultura, como alternativa a la pesca y como un mecanismo para reducir la inseguridad alimentaria.

AE2.4. Implementar buenas prácticas de agricultura y climáticamente inteligente.

- Implementar medidas de conservación de suelos en al menos 1500 hectáreas.
- Incrementar la superficie agrícola bajo riego en al menos 1000 hectáreas.
- Reducir el porcentaje de suelo catalogado como sobreutilizado con relación a los datos promedio del departamento.

AE2.5. Implementar buenas prácticas de ganadería sostenible.

- Promover el establecimiento de pastos mejorados para elevar la productividad de la pastura.
- Promover el pastoreo rotacional intensivo para permitir la recuperación de las pasturas por alta fertilización.
- Impulsar la conservación de forrajes a través de ensilados para suplementar en época de escasez de pasto.
- Implementar sistemas silvopastoriles con árboles dispersos y/o en franja en potreros, así como cercas vivas y/o cortinas rompe viento.

Eje estratégico 3: Se impulsa el ordenamiento territorial municipal, mejora de infraestructura y atención al turismo con base en medidas de adaptación al cambio climático

El entendimiento de la vulnerabilidad al cambio climático requiere de una mejora en la gestión del territorio, para que se pueda prestar seguridad a la población ante la incertidumbre climática, de tal manera que el desarrollo de la población no represente un riesgo en sí mismo, y que sea parte clave de la capacidad de respuesta ante la variabilidad impuesta por el cambio climático.

Metas del EE3

MEE.3.1. Al 2050 se mejora la institucionalización y las acciones de la gestión ordenada del territorio al menos hacia la categoría *medio-alto* para el municipio de Livingston y *alto* para Puerto Barrios.

MEE.3.2. Al 2050 existe una fuerte relación entre los diferentes instrumentos de gestión estratégica municipal: plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial (PDM-OT), plan estratégico institucional (PEI), plan operativo multianual (POM) y plan operativo anual (POA).

MEE.3.3. Al 2050 se ha logrado que la ejecución de los POA sea superior al 75 % por 10 años consecutivos y se ha incorporado la gestión de riesgo en la formulación de proyectos.

Acciones estratégicas del EE3

AE3.1. Incorporar medidas de adaptación y mitigación al cambio climático en los instrumentos de gestión estratégica municipal.

AE3.2. Implementar las medidas establecidas en los PDM-OT a través de reglamentos y normativas que mejoren la gestión del territorio con base en los análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático.

AE3.3. Elaborar lineamientos que se deben cumplir para la construcción de obras de infraestructura portuaria y urbanizaciones.

AE3.4. Elaborar el plan local de ordenamiento territorial del municipio de Livingston.

AE3.5. Implementar medidas para mitigar los impactos de los dragados en las rutas marítimas de uso intensivo de los puertos existentes en el litoral Caribe.

AE3.6. Implementar planes de desarrollo de obras de infraestructura portuaria (puertos y muelles) y de urbanización (vivienda, desarrollo hotelero), teniendo en cuenta consideraciones de cambio climático.

AE3.7. Desarrollar infraestructura para la atención al turista en muelles, puertos y puntos estratégicos que faciliten la visitación en los municipios costeros del Caribe, teniendo en cuenta recomendaciones que se han elaborado en proyectos anteriores.

AE3.8. Establecer un programa adecuado de mantenimiento y expansión de la red vial local para mejorar la comunicación y comercio en el litoral Caribe, teniendo en cuenta las áreas de importancia biológica y el cambio climático.

Eje estratégico 4: Gestión integrada del recurso hídrico

La gestión del agua para consumo humano y para los medios de producción es un aspecto que fue relevante para los temas de adaptación, en particular para los relacionados con sequías prolongadas y manejo de inundaciones. La reducción de la contaminación del vital líquido, así como la mejora de la calidad, son clave para que las comunidades no padezcan de escasez bajo condiciones climáticas extremas.

Metas del EE4

MEE.4.1. Para el año 2050 los indicadores de cobertura y control de calidad del servicio público de agua del ranking municipal son calificados como *medio*.

MEE.4.2. Para el año 2050 el indicador de disposición y tratamiento de aguas residuales es calificado de *medio* a *medio alto*.

MEE.4.3. Para el año 2050 los indicadores de gestión de servicios públicos municipales y gestión y manejo de los residuos y desechos son calificados como *medio*.

MEE.4.4. Para el año 2050 se observa un cambio de comportamiento de la población de los municipios costeros del Caribe para la conservación del recurso hídrico como elemento clave para la adaptación al cambio climático.

Acciones estratégicas del EE4

Saneamiento

AE4.1. Ampliar a un 100 % la cobertura del servicio público de agua a la población de ambos municipios, y el recurso cuenta con la calidad requerida por la norma Coguanor.

AE4.2. Contar con cobertura de agua para las actividades productivas del municipio, en particular agricultura, ganadería y turismo.

AE4.3. Establecer sistemas de cosecha de agua de lluvia en áreas geográficas vulnerables por baja disponibilidad del recurso hídrico.

AE4.4. Establecer y mantener en funcionamiento óptimo las plantas de tratamiento de aguas residuales necesarias para darle cobertura al menos al 75 % de los usuarios conectados al sistema de drenaje de cada municipio.

AE4.5. Establecer y mantener en funcionamiento de manera óptima las plantas de tratamiento de aguas residuales necesarias para darle cobertura al 100 % de los usuarios conectados al sistema de drenaje urbano de cada municipio.

AE4.6. Establecer alianzas público-privadas que garanticen la protección de las fuentes productoras de agua y, por tanto, el suministro del líquido.

Contaminación

AE4.7. Reducir los basureros clandestinos o no regularizados en un 50 %, priorizando zonas de captación hídrica y áreas cercanas a ríos.

AE4.8. Establecer al menos 2 rellenos sanitarios por municipio para el manejo de desechos sólidos, en áreas estratégicas que cumplan con las condiciones necesarias para su implementación.

AE4.9. Promover el desarrollo de las herramientas normativas necesarias para la separación y disposición final de residuos a nivel local en la mancomunidad de municipios costeros.

AE4.10. Contar con un mecanismo de coordinación que incluye a los diferentes actores en la cadena de gestión de residuos, teniendo en cuenta rutas de recolección (terrestres y acuáticas), acopiadores, centros de transferencia, entre otros.

AE4.11. Desarrollar un estudio integral para el manejo de desechos a nivel de cuencas y subcuencas, con el fin de establecer los principales puntos de contaminación por desechos y residuos, lo cual permitirá tener un abordaje multi espacial para reducir impactos desde las fuentes.

Sensibilización

AE4.12. Implementar campañas de sensibilización para impulsar alternativas al plástico de un solo uso —como por ejemplo, hojas de plátano o tusa—, disminuyendo al menos un 25 % la cantidad de residuos sólidos.

AE4.13. Realizar evaluaciones periódicas sobre el cambio de comportamiento con relación a la gestión sostenible del recurso hídrico.

Eje estratégico 5: Generación y manejo de información para la adaptación al cambio climático

La información técnica y científica permite tomar decisiones informadas con relación a los aspectos de adaptación. Este es el eje al cual se debe acudir de manera iterativa durante los procesos de adaptación en la implementación del plan, de tal manera que el conocimiento adquirido permita hacer los cambios y mejoras necesarias de acuerdo con la información obtenida. Para ello es clave que la información se encuentre accesible y disponible para los usuarios.

Metas del EE5

MEE.5.1. Para el 2032 se cuenta con un sistema y un responsable para la gestión de información de bases de datos, documentos y mapas, que es actualizada periódicamente y empleada por los usuarios del plan.

MEE.5.2. A partir del año 2023 la información de los indicadores de la ZMC del Caribe alimenta de manera anual el Sistema de Monitoreo, Evaluación y Reportaje (MER) manejado por el MARN, con el apoyo de los actores identificados en el plan.

Acciones estratégicas del EE5

AE5.1. Crear un mecanismo de coordinación con las instituciones académicas y de investigación para establecer un nodo de información para la ZMC del Caribe y definir qué institución funcionará como responsable de este.

AE5.2. Las investigaciones realizadas en la ZMC del Caribe están alineadas con las prioridades nacionales, en particular las relacionadas al cambio climático y las contenidas en la estrategia nacional de investigación para las ZMC de Guatemala. Se consideran prioritarias para la adaptación las siguientes acciones:

- Desarrollar estudios para actualizar información sobre ecosistemas clave, tales como pastos marinos, playas, dunas y humedales costeros.
- Elaborar estudios para establecer el tamaño de las poblaciones de las principales pesquerías del Caribe de Guatemala.
- Desarrollar estudios sistemáticos de carácter periódico para medir caudales y calidad de agua en las cuencas de los ríos Motagua, Dulce, Sarstún y Cerro San Gil dentro de los municipios costeros.
- Desarrollar estudios sobre caracterización de los desechos sólidos en cada uno de los municipios y los puntos principales de contaminación.
- Desarrollar estudios de cierre de brechas de género, juventud y discapacidad en los sectores productivos de pesca, agricultura, ganadería y turismo.
- Realizar estudios específicos sobre los efectos del cambio climático en las principales especies de pesca comercial.
- Fomentar y desarrollar el estudio genético de las zooxantelas más resistentes a la EPTCD.

[Continúa...](#)

- Desarrollar estudios sobre el cambio de comportamiento de la población costera con relación a la gestión de la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos derivados, como herramienta de adaptación al cambio climático.
- Realizar estudios para identificar sitios estratégicos de importancia hidrológica o reservas de agua en las cuencas de intervención.

AE5.3. Vincular el nodo de información de la ZMC del Caribe a otros sistemas de información, como el Sistema Nacional de Información del Cambio Climático (SNICC), los Sistemas de Información Ambiental del MARN (SIA), el MER-ZMC, entre otros.

Eje estratégico 6: Fortalecer los esquemas de gobernanza y participación en la zona marino-costera del Caribe

Un eje importante para implementar el plan corresponde a la coordinación, comunicación y participación efectiva dentro de las diferentes instancias presentes en la zona marino-costera del Caribe. En la medida en que se optimicen los recursos humanos y financieros para el desarrollo de actividades, se podrán alcanzar las metas en plazos menores, para posteriormente ir mejorando las inversiones y potenciando las alianzas estratégicas que surjan al implementar este eje.

Metas del EE6

MEE.6.1. Al 2025 se ha consolidado un mecanismo de coordinación adecuado para la implementación del plan entre las diferentes instancias que coinciden en el litoral Caribe, teniendo en cuenta consideraciones de género, comunidades indígenas, juventud y discapacidad.

Acciones estratégicas del EE6

AE6.1. Armonizar y reducir la duplicidad de esfuerzos de conservación de los diferentes proyectos que se lleven a cabo en el área, a través de espacios de coordinación consolidados para el Caribe.

AE6.2. Fortalecer el desarrollo de las acciones de coordinación de la MMC del Caribe para el seguimiento en la implementación del plan.

AE6.3. Facilitar la participación de la Coldemar Caribe para el seguimiento de las acciones del plan en la zona marina.

AE6.4. Coordinar con la Codema de Izabal para poder armonizar las acciones desde lo municipal hacia el ámbito departamental.

AE6.5. Fortalecer y ampliar la cobertura geográfica de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Motagua para coordinar acciones con la Mancomunidad de Izabal y la Mancomunidad Costera del Caribe (GT-HN).

AE6.6. Fortalecer las capacidades técnicas y financieras de las instituciones que administran las áreas protegidas de los municipios costeros y reactivar la mesa regional de co-manejadores de áreas protegidas.



9. PLAN ESTRATÉGICO CLIMÁTICO



Cuadro 15
Plan estratégico del PRVCC

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) /tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
Eje estratégico 1: Conservar y restaurar los ecosistemas prioritarios en la ZMC del Caribe					
ME.1.1. Al año 2050 se ha mejorado el manejo de áreas protegidas en una extensión de al menos 260 300 hectáreas, pasando de categoría <i>regular</i> a <i>acceptable</i> , con base en la herramienta de medición de efectividad de manejo.					
AE.1.1. Fortalecer el manejo de las áreas protegidas y/o recuperación de áreas marino-costeras en los municipios litorales del Caribe.	Conap	Fundaeco ARNPG Dipesca			
TE.1.1.1 Desarrollar evaluaciones de efectividad de manejo y comparar su desempeño con relación al promedio de las evaluaciones de los años previos.	Conap	Fundaeco ARNPG			
TE.1.1.2 Desarrollar los estudios y acciones técnicas necesarias para formalizar el manejo de las zonas de recuperación pesquera propuestas bajo esquemas formales de gestión, así como identificar e implementar nuevas zonas de recuperación pesquera, teniendo en cuenta aspectos de adaptación al cambio climático.	Dipesca Conap	Asociaciones de pescadores			
TE.1.1.3 Actualizar y aprobar los planes maestros de las áreas protegidas, asegurándose que contienen consideraciones y acciones de adaptación al cambio climático.	Conap	MARN Sociedad civil Autoridades locales			
TE.1.1.4 Desarrollar evaluaciones periódicas de integridad ecológica y condiciones biofísicas de los objetos de conservación y bienestar humano.	Conap	HRI Cunizab CEMA			
TE.1.1.5 Implementar soluciones basadas en la naturaleza ya identificadas por el proyecto <i>Costas Listas para Punta de Manabique y Sarstún</i> .	WWF	Conap MARN			
ME.1.2. Al año 2050 se han restaurado 3500 hectáreas de bosques en sitios clave de los municipios costeros del departamento de Izabal, de las cuales 850 ha pertenecen a manglares.					
AE.1.2. Restaurar zonas degradadas en los principales frentes de deforestación y zonas estratégicas clave (terrestres y marinas), tales como: zonas de recarga hídrica, bosques de ribera y arrecifes.	INAB Conap	Municipalidades ONG MAGA			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
TE1.2.1 Proteger bosques de galería/riberños y restaurarlos en zonas críticas de recarga hídrica en el río Motagua, Río Dulce, río Sarstún y Cerro San Gil, bajo los programas de incentivos forestales.	INAB Conap	Fundaeco Proyecto Motagua WWF			
TE1.2.2 Restaurar zonas de bosque y manglar en el sur de Punta de Manabique y Sarstún bajo el enfoque de paisajes productivos con las modalidades de: plantaciones forestales, sistemas agroforestales y restauración de tierras forestales degradadas.	INAB Conap	Fundaeco WWF MAGA			
TE1.2.3 Restaurar zonas prioritarias para mejorar la conectividad entre áreas con cobertura natural (terrestres y marinas).	Conap INAB Dipesca	Fundaeco HRI WWF			
TE1.2.4 Apoyar proyectos de restauración arrecifal enfocados a especies susceptibles a enfermedades, en particular EPTCD.	HRI	Dipesca Conap			
ME1.3. Al año 2050 se reduce la tasa de deforestación en ambos municipios y se mantiene o estabiliza la cobertura de ecosistemas clave (terrestres y marinos).					
AE1.3. Reducir la tasa de deforestación en los municipios costeros del Caribe.	INAB Conap	Municipalidades MAGA			
TE1.3.1 Disminuir al mínimo la tasa de deforestación dentro de áreas protegidas.	Conap	INAB			
TE1.3.2 Desarrollar planes de manejo de cuenca que incluyan consideraciones de ordenamiento territorial municipal y medidas de adaptación basadas en la naturaleza.	MAGA MARN	Municipalidades INAB			
TE1.3.3 Mejorar los ingresos por servicios ambientales y establecimiento de cadenas de valor sostenibles e inclusivas (género, juventud y discapacidad).	Municipalidades MARN	MAGA Mineco Agexport			
TE1.3.4 Establecer indicadores y un sistema de monitoreo que permita evaluar la efectividad de las reforestaciones/restauraciones y seguimiento de la degradación forestal/arrecifal.	INAB Conap	MARN INE			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
ME.1.4. Al año 2050 el índice de salud arrecifal se mantiene en 2.0 o mejora, comparado con el año base 2022 (1.8).					
AE.1.4. Tomar medidas de protección y conservación en zonas prioritarias del arrecife.	Conap Dipesca	HRI MARN MAGA			
TE.1.4.1 Desarrollar el estudio técnico para incluir a Corona Caimán dentro del área protegida Punta de Manabique, como parte de su zonificación marina.	Conap	HRI Fundaeo			
TE.1.4.2 Mantener la zona de arrecifes de Corona Caimán como zona de veda para la pesca.	Dipesca	HRI Fundaeo			
TE.1.4.3 Desarrollar o adoptar protocolos sanitarios para la práctica de buceo en la zona, con el fin de reducir la incidencia de enfermedades en corales.	HRI	Dipesca Conap			
TE.1.4.4 Identificar zonas de restauración de arrecifes y establecer los mecanismos necesarios para llevar a cabo esos procesos.	HRI	Dipesca Conap			
Eje estratégico 2: Se implementan mejoras para desarrollar la pesca, agricultura y ganadería bajo criterios de sostenibilidad					
ME.2.1 Al año 2050 se ha elaborado e implementado un plan financiero con enfoque en adaptación al cambio climático en los sectores de pesca, agricultura y ganadería.					
AE.2.1 Establecer mecanismos financieros que permitan la implementación de medidas de adaptación al cambio climático, y a la vez mejoren las condiciones de productividad para la pesca, agricultura y ganadería.	Mineco Fundaeo	MAGA INAB Dipesca Ecologic Socios locales			
ME.2.2 Al año 2050 se han actualizado e implementado dos planes de manejo con enfoque ecosistémico, que incluyan consideraciones de género, comunidades indígenas, juventud y discapacidad, para la pesca de camarón y de escama (pargo, mero, manjúa) en el litoral Caribe.					
AE.2.2 Implementar prácticas de pesca responsable dentro del ordenamiento pesquero.	Dipesca	Asociaciones de pescadores UICN HRI			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
TE.2.2.1 Establecer un sistema de registro y estadísticas pesqueras del sector artesanal y de subsistencia para los municipios litorales del Caribe.	Dipesca	Asociaciones de pescadores			
TE.2.2.2 Desarrollar o actualizar de manera participativa los planes de manejo/ordenamiento para las pesquerías de camarón y principales especies comerciales de escama (pargo, mero, manjúa), teniendo en cuenta la definición de áreas de pesca específicas.	Dipesca Asociaciones de pescadores	Conap UICN HRI			
TE.2.2.3 Actualizar las épocas de veda de manera anual y con base en datos científicos.	Dipesca	Cunizab CEMA			
TE.2.2.4 Reducir impactos negativos por el uso de artes de pesca nocivos y otras malas prácticas de pesca, a través de procesos de gestión participativa del recurso pesquero.	Dipesca Asociaciones de pescadores	Conap			
TE.2.2.5 Promover la adopción de medidas sanitarias en el desarrollo de las actividades pesqueras que disminuyan el riesgo de contagio de EPTCD.	Conap HRI	MAGA			
TE.2.2.6 Establecer un ordenamiento pesquero participativo en la zona de veda marina especial Corona Caimán.	Conap Dipesca	MAGA			
ME.2.3 Al año 2050 el 30 % de los pescadores realizan una transición, apoyada en ciencia, a producciones de acuacultura con mecanismos de responsabilidad ambiental.					
AE.2.3 Implementar prácticas de acuacultura (escama) sostenible como medida adaptativa para reducir la presión pesquera a poblaciones silvestres y un mecanismo para fortalecer la seguridad alimentaria de las poblaciones locales.	Dipesca Asociaciones de pescadores	Conap			
TE.2.3.1 Elaborar un inventario y diagnóstico de acuacultura en los municipios del litoral Caribe del país.	Dipesca Asociaciones de pescadores	Conap			
TE.2.3.2 Identificar áreas con potencial para el desarrollo acuícola en áreas que no afecten zonas silvestres ni áreas protegidas.	Dipesca Asociaciones de pescadores	Conap			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
TE.2.3.3 Establecer producciones de peces nativos por medio de acuacultura, como alternativa a la pesca y como un mecanismo para reducir la inseguridad alimentaria.	Dipesca Asociaciones de pescadores	Conap			
ME.2.4 Al año 2050 se han implementado medidas para la agricultura climáticamente inteligente en al menos 2500 hectáreas de cultivos de subsistencia y en 5000 ha de cultivos de agroexportación (palma africana, caña de azúcar).					
AE.2.4 Implementar buenas prácticas de agricultura y climáticamente inteligente.	MAGA	MARN			
TE.2.4.1 Implementar medidas de conservación de suelos en al menos 1500 hectáreas.	MAGA	MARN INAB			
TE.2.4.2 Incrementar la superficie agrícola bajo riego en al menos 1000 hectáreas.	MAGA	MARN			
TE.2.4.3 Reducir el porcentaje de suelo catalogado como sobreutilizado con relación a los datos promedio del departamento.	MAGA	MARN			
ME.2.5 Al año 2050 al menos 50 medianos y pequeños productores, incluyendo mujeres, implementan prácticas de ganadería sostenible en un mínimo de 2500 hectáreas, las cuales incluyen sistemas silvopastoriles, conservación de suelo, recuperación de pasturas, pastoreo rotacional intensivo, conservación de remanentes boscosos y restauración productiva.					
AE.2.5 Implementar buenas prácticas de ganadería sostenible.	MAGA	MARN Conap Fundaeo			
TE.2.5.1 Promover el establecimiento de pastos mejorados para elevar la productividad de la pastura.	MAGA	MARN Conap Fundaeo			
TE.2.5.2 Promover el pastoreo rotacional intensivo para permitir la recuperación de las pasturas por alta fertilización.	MAGA	MARN Conap Fundaeo			
TE.2.5.3 Impulsar la conservación de forrajes a través de ensilados para suplementar en época de escasez de pasto.	MAGA	MARN Conap			
TE.2.5.4 Implementar sistemas silvopastoriles con árboles dispersos y/o en franja en potreros, así como cercas vivas y/o cortinas rompe viento.	MAGA	MARN Conap			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
Eje estratégico 3: Se impulsa el ordenamiento territorial municipal, mejora de infraestructura y atención al turismo con base en medidas de adaptación al cambio climático					
ME.3.1 Al 2050 se mejora la institucionalización y las acciones de la gestión ordenada del territorio al menos hacia la categoría medio-alto para el municipio de Livingston y alto para Puerto Barrios.					
AE.3.1. Incorporar medidas de adaptación y mitigación al cambio climático en los instrumentos de gestión estratégica municipal.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	MARN Fundaeo Conap			
AE.3.2. Implementar las medidas establecidas en los PDM-OT a través de reglamentos y normativas que mejoren la gestión del territorio con base en los análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Fundaeo MARN Micivi			
AE.3.3. Elaborar lineamientos que se deben cumplir para la construcción de obras de infraestructura portuaria y urbanizaciones.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Fundaeo MARN Micivi EPQ			
ME.3.2 Al 2050 existe una fuerte relación entre los diferentes instrumentos de gestión estratégica municipal: plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial (PDM-OT), plan estratégico institucional (PEI), plan operativo multianual (POM) y plan operativo anual (POA).					
AE.3.4. Elaborar el plan local de ordenamiento territorial del municipio de Livingston.	Municipalidad de Livingston	Fundaeo			
ME.3.3. Al 2050 se ha logrado que la ejecución de los POA sea superior al 75 % por 10 años consecutivos y se ha incorporado la gestión de riesgo en la formulación de proyectos.					
AE.3.5. Implementar medidas para mitigar los impactos de los dragados en las rutas marítimas de uso intensivo de los puertos existentes en el litoral Caribe.	DIGEMAR EPQ Coldemar Caribe	MARN			
AE.3.6. Implementar planes de desarrollo de obras de infraestructura portuaria (puertos y muelles) y de urbanización (vivienda, desarrollo hotelero), teniendo en cuenta consideraciones de cambio climático.	Municipalidad de Puerto Barrios Gobernación Departamental	EPQ MARN Micivi			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
AE.3.7. Desarrollar infraestructura para la atención al turista en muelles, puertos y puntos estratégicos que faciliten la visitación en los municipios costeros del Caribe, teniendo en cuenta recomendaciones que se han elaborado en proyectos anteriores.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios Gobernación Departamental	Inguat MARN			
AE.3.8. Establecer un programa adecuado de mantenimiento y expansión de la red vial local para mejorar la comunicación y comercio en el litoral Caribe, teniendo en cuenta las áreas de importancia biológica y el cambio climático.	Gobernación Departamental Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Micivi Conap MARN			
Eje estratégico 4: Gestión integrada del recurso hídrico					
ME.4.1 Para el año 2050 los indicadores de cobertura y control de calidad del servicio público de agua del ranking municipal son calificados como <i>medio</i> .					
AE.4.1. Ampliar a un 100 % la cobertura del servicio público de agua a la población de ambos municipios, y el recurso cuenta con la calidad requerida por la norma Coguanor.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Infom			
AE.4.2. Contar con cobertura de agua para las actividades productivas del municipio, en particular agricultura, ganadería y turismo.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	MAGA			
AE.4.3. Establecer sistemas de cosecha de agua de lluvia en áreas geográficas vulnerables por baja disponibilidad del recurso hídrico.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	MAGA			
ME.4.2 Para el año 2050 el indicador de disposición y tratamiento de aguas residuales es calificado de <i>medio a medio alto</i> .					
AE.4.4. Establecer y mantener en funcionamiento óptimo las plantas de tratamiento de aguas residuales necesarias para darle cobertura al menos al 75 % de los usuarios conectados al sistema de drenaje de cada municipio.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	MARN			
AE.4.5. Establecer y mantener en funcionamiento de manera óptima las plantas de tratamiento de aguas residuales necesarias para darle cobertura al 100 % de los usuarios conectados al sistema de drenaje urbano de cada municipio.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	MARN			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
AE4.6. Establecer alianzas público-privadas que garanticen la protección de las fuentes productoras de agua y, por tanto, el suministro del líquido.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Fundaeco			
ME4.3 Para el año 2050 los indicadores de gestión de servicios públicos municipales y gestión y manejo de los residuos y desechos son calificados como <i>medio</i> .					
AE4.7. Reducir los basureros clandestinos o no regularizados en un 50 %, priorizando zonas de captación hídrica y áreas cercanas a ríos.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	MARN			
AE4.8. Establecer al menos 2 rellenos sanitarios por municipio para el manejo de desechos sólidos, en áreas estratégicas que cumplan con las condiciones necesarias para su implementación.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Gobernación Departamental			
AE4.9. Promover el desarrollo de las herramientas normativas necesarias para la separación y disposición final de residuos a nivel local en la mancomunidad de municipios costeros.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	MARN			
AE4.10. Contar con un mecanismo de coordinación que incluye a los diferentes actores en la cadena de gestión de residuos, teniendo en cuenta rutas de recolección (terrestres y acuáticas), acopiadores, centros de transferencia, entre otros.	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Infom			
AE4.11. Desarrollar un estudio integral para el manejo de desechos a nivel de cuencas y subcuencas con el fin de establecer los principales puntos de contaminación por desechos y residuos, lo cual permitirá tener un abordaje multi espacial para reducir impactos desde las fuentes.	MARN	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios			
ME4.4 Para el año 2050 se observa un cambio de comportamiento de la población de los municipios costeros del Caribe para la conservación del recurso hídrico como elemento clave para la adaptación al cambio climático.					
AE4.12. Realizar evaluaciones periódicas sobre el cambio de comportamiento con relación a la gestión sostenible del recurso hídrico.	MARN	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios			
AE4.13. Implementar campañas de sensibilización para impulsar alternativas al plástico de un solo uso —como por ejemplo, hojas de plátano o tusa—, disminuyendo al menos un 25 % la cantidad de residuos sólidos.	MARN	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios			

Continúa...

Continuación cuadro 15

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) /tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
Eje estratégico 5: Generación y manejo de información para la adaptación al cambio climático					
ME.5.1 Para el 2032 se cuenta con un sistema y un responsable para la gestión de información de bases de datos, documentos y mapas que es actualizada periódicamente y empleada por los usuarios del plan.					
AE.5.1. Crear un mecanismo de coordinación con las instituciones académicas y de investigación para establecer un nodo de información para la ZMC del Caribe y definir qué institución funcionará como responsable del mismo.	Cunizab CEMA MARN	Socios locales			
AE.5.2. Las investigaciones realizadas en la ZMC del Caribe están alineadas con las prioridades nacionales, en particular las relacionadas al cambio climático y las contenidas en la estrategia nacional de investigación para las ZMC de Guatemala.	MARN Senacyt	Senacyt			
TE.5.2.1 Desarrollar estudios para actualizar información sobre ecosistemas clave, tales como pastos marinos, playas, dunas y humedales costeros.	Cunizab CEMA	Senacyt			
TE.5.2.2 Elaborar estudios para establecer el tamaño de las poblaciones de las principales pesquerías del Caribe de Guatemala.	Cunizab CEMA	Senacyt			
TE.5.2.3 Desarrollar estudios sistemáticos de carácter periódico para medir caudales y calidad de agua en las cuencas de los ríos Motagua, Dulce, Sarstún y Cerro San Gil dentro de los municipios costeros.	Cunizab CEMA	Senacyt			
TE.5.2.4 Desarrollar estudios sobre caracterización de los desechos sólidos en cada uno de los municipios y los puntos principales de contaminación.	Cunizab CEMA	Senacyt			
TE.5.2.5 Desarrollar estudios de cierre de brechas de género, juventud y discapacidad en los sectores productivos de pesca, agricultura, ganadería y turismo.	Cunizab CEMA	Senacyt			
TE.5.2.6 Realizar estudios específicos sobre los efectos del cambio climático en las principales especies de pesca comercial.	Cunizab CEMA	Senacyt			
TE.5.2.7 Fomentar y desarrollar el estudio genético de las zooxantelas más resistentes a la EPTCD.	Cunizab CEMA	Senacyt			

Continúa...

Ejes estratégicos (EE) / metas estratégicas (ME) / actividades estratégicas (AE) / tareas estratégicas (TE)	Responsable	Coordinación	Corto plazo (23-25)	Mediano plazo (26-35)	Largo plazo (36-50)
TE.5.2.8 Desarrollar estudios sobre el cambio de comportamiento de la población costera con relación a la gestión de la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos derivados, como herramienta de adaptación al cambio climático.	Cunizab CEMA	Senacyt			
TE.5.2.9 Realizar estudios para identificar sitios estratégicos de importancia hidrológica o reservas de agua en las cuencas de intervención.	Cunizab CEMA	Senacyt			
ME.5.2 A partir del año 2023 la información de los indicadores de la ZMC del Caribe alimenta de manera anual el MER manejado por el MARN, con el apoyo de los actores identificados en el plan.					
AE.5.3. Vincular el nodo de información de la ZMC del Caribe a otros sistemas de información como el SNICC, SIA, MER-ZMC, entre otros.	MARN	Cunizab			
Eje estratégico 6: Fortalecer los esquemas de gobernanza y participación en la zona marino-costera del Caribe					
ME.6.1 Al 2025 se ha consolidado un mecanismo de coordinación adecuado para la implementación del plan entre las diferentes instancias que coinciden en el litoral Caribe, teniendo en cuenta consideraciones de género, comunidades indígenas, juventud y discapacidad.					
AE.6.1 Armonizar y reducir la duplicidad de esfuerzos de conservación de los diferentes proyectos que se lleven a cabo en el área, a través de espacios de coordinación consolidados para el Caribe.	MARN	Coldemar Codema			
AE.6.2 Fortalecer el desarrollo de las acciones de coordinación de la MMC del Caribe para el seguimiento en la implementación del plan.	MARN	Coldemar Codema			
AE.6.3 Facilitar la participación de la Coldemar Caribe para el seguimiento de las acciones del plan en la zona marina.	MARN	Coldemar			
AE.6.4 Coordinar con la Codema de Izabal para poder armonizar las acciones desde lo municipal hacia el ámbito departamental.	MARN	Codema			
AE.6.5 Fortalecer y ampliar la cobertura geográfica de la Mancomunidad de la Cuenca del río Motagua para coordinar acciones con la Mancomunidad de Izabal y la Mancomunidad Costera del Caribe (GT-HN).	Municipalidades de Livingston y Puerto Barrios	Mancomunidad Costera del Caribe			
AE.6.6. Fortalecer las capacidades técnicas y financieras de las instituciones que administran las áreas protegidas de los municipios costeros y reactivar la mesa regional de co-manejadores de áreas protegidas.	Conap	Comanejadores			

Fuente: elaboración propia



10. SISTEMA DE SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN Y APRENDIZAJE CLIMÁTICO

El sistema tiene como objetivo medir de manera sistemática los avances del cumplimiento de las metas propuestas para el plan, a través de las cadenas de resultados identificados dentro de los mismos. Es una herramienta que facilita al esquema de gobernanza propuesto, tomar decisiones o apoyar acciones que permitan conocer avances y limitaciones en la implementación del mismo y cómo se pueden extraer lecciones de aprendizaje para su mejora.

Para la elaboración del plan se revisaron y analizaron diferentes documentos, de tal manera que las acciones para alcanzar las metas se alinearan con compromisos del trabajo que realizan las diferentes instituciones en la ZMC del Caribe. Entre los documentos revisados se encuentran:

1. Prioridades Nacionales de Desarrollo.
2. Contribución Nacionalmente Determinada.
3. Ranking de la Gestión Municipal.
4. Sistema de Monitoreo, Evaluación y Reporte (MER) para Zonas Marino-Costeras de Guatemala.
5. Sistema de Monitoreo de las Áreas Protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap).

6. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático GT (2 ed.).
7. Estrategia Nacional de Ganadería Bovina Sostenible con Bajas Emisiones.
8. Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial de Puerto Barrios, Izabal.
9. Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial de Livingston, Izabal.
10. Determinación de la Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra a escala 1:50 000 de la República de Guatemala, año 2020.
11. Reporte Esencial del Arrecife Mesoamericano.
12. *Birdscape* La Costa de la Conservación - Guatemala. Plan de Conservación.

Con base en los horizontes de tiempo analizados, se estableció que las metas a corto plazo serían alcanzadas dentro de los siguientes tres años (2023-2025), a mediano plazo en un lapso de 10 años (2026-2035) y las que se busca cumplir en un lapso de 15 años más (2036-2050) (cuadro 16).

Cuadro 16
Seguimiento estratégico para el PRVCC

Eje estratégico/meta	Indicador	2023-2025	2026-2035	2036-2050
EE1. Conservar y restaurar los ecosistemas prioritarios en la ZMC del Caribe.				
MEE.1.1 Al año 2050 se ha mejorado el manejo de áreas protegidas en una extensión de al menos 260 300 hectáreas, pasando de categoría regular a aceptable, con base en la herramienta de medición de efectividad de manejo.	El índice de efectividad de manejo promedio para las áreas protegidas de los municipios litorales es aceptable (600-799 UCG).	400-599	600-700	700-799
MEE.1.2 Al año 2050 se han restaurado 3500 hectáreas de bosques en sitios clave de los municipios costeros del departamento de Izabal, de las cuales 850 ha pertenecen a manglares.	Número de hectáreas de bosque restauradas en sitios clave, incluyendo manglares.	500	1000	2000
MEE.1.3 Al año 2050 se reduce la tasa de deforestación en ambos municipios y se mantiene o estabiliza la cobertura de ecosistemas clave (terrestres y marinos).	La extensión de arrecifes se mantiene en 26 788.08 hectáreas o mejora	26 788.08	29 466	32 145
	La extensión de pastos marinos se mantiene en 3931.77 hectáreas o mejora	3931.77	4325	4715
	La extensión de humedales se mantiene en 34 413.04 hectáreas o mejora	34 413.04	37 854	41 295
	La extensión de manglares se mantiene en 1169.52 hectáreas o mejora	1169.52	1286	1403
	La extensión de playas y dunas se mantiene en 10.4 hectáreas o mejora	10.24	11.26	12.28
	El cambio anual de bosque latifoliado se mantiene en -926 ha/año (según línea base 2010-2016) o mejora	-926	-833	-740
MEE.1.4. Al año 2050 el índice de salud arrecifal se mantiene en 2.0 o mejora, comparado con el año base 2022 (1.8).	El índice de salud arrecifal mejora con relación a la línea base (1.8, 2022).	1.8	2.0	2.5

Continúa...

Continuación cuadro 16

Eje estratégico/meta	Indicador	2023-2025	2026-2035	2036-2050
EE2. Se implementan mejoras para desarrollar la pesca, agricultura y ganadería bajo criterios de sostenibilidad.				
MEE.2.1. Al año 2050 se ha elaborado e implementado al menos un plan financiero con enfoque en adaptación al cambio climático en los sectores de pesca, agricultura y ganadería.	Número de planes financieros elaborados e implementados.	0	1	2
MEE.2.2 Al año 2050 se han actualizado e implementado dos planes de manejo con enfoque ecosistémico, que incluyan consideraciones de género, comunidades indígenas, juventud y discapacidad, para la pesca de camarón y de escama (pargo, mero, manjúa) en el litoral Caribe.	Número de planes de manejo de pesquerías elaborados para el litoral Caribe.	1	1	0
MEE.2.3 Al año 2050 el 30 % de los pescadores realiza una transición, apoyada en ciencia, a producciones de acuicultura con mecanismos de responsabilidad ambiental.	Porcentaje de pescadores que realizan acuicultura como actividad económica alternativa.	1 %	15 %	30 %
MEE.2.4. Al año 2050 se han implementado medidas para la agricultura climáticamente inteligente en al menos 2500 hectáreas de cultivos de subsistencia y en 5000 ha de cultivos de agroexportación (palma africana, caña de azúcar).	Número de hectáreas de cultivos de subsistencia y agroexportación bajo criterios de producción climáticamente inteligente.	1000	2500	4000
MEE.2.5. Al año 2050 al menos 50 medianos y pequeños productores, incluyendo mujeres, implementan prácticas de ganadería sostenible en un mínimo de 2500 hectáreas, las cuales incluyen sistemas silvopastoriles, conservación de suelo, recuperación de pasturas, pastoreo rotacional intensivo, conservación de remanentes boscosos y restauración productiva.	Número de productores implementando prácticas de ganadería sostenible.	10	25	50
	Número de hectáreas bajo prácticas de ganadería sostenible.	500	750	1250
EE3. Se impulsa el ordenamiento territorial municipal, mejora de infraestructura y atención al turismo, con base en medidas de adaptación al cambio climático.				
MEE.3.1 Al 2050 se mejora la institucionalización y las acciones de la gestión ordenada del territorio, al menos hacia la categoría <i>medio-alto</i> para el municipio de Livingston y <i>alto</i> para Puerto Barrios.	Plan de uso de suelo y reglamento de ordenamiento territorial (IGE 605).	L:0 PB:0	L:0.5 PB:0.5	L: >0.8 PB >0.8

Abreviaturas= IGE: Índice de gestión estratégica, L: Livingston, PB: Puerto Barrios.

Continúa...

Continuación cuadro 16

Eje estratégico/meta	Indicador	2023-2025	2026-2035	2036-2050
MEE.3.2 Al 2050 existe una fuerte relación entre los diferentes instrumentos de gestión estratégica municipal: plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial (PDM-OT), plan estratégico institucional (PEI), plan operativo multianual (POM) y plan operativo anual (POA).	PDM-OT aprobado y socializado (IGE 601).	L:0 PB:1	L:0.5 PB: 1	L: > 0.8 PB: 1
	Vinculación del PDM-OT con el PEI de la municipalidad (IGE 602).	L:0 PB:0	L:0.7 PB:0.7	L:1 PB:1
MEE.3.3 Al 2050 se ha logrado que la ejecución de los POA sea superior al 75 % por 10 años consecutivos y se ha incorporado la gestión de riesgo en la formulación de proyectos.	Vinculación del PDM-OT con el presupuesto municipal ejecutado con fondos de la municipalidad (IGE 603).	L:0.92 PB:0.5	L:1 PB:0.8	L:1 PB:1
EE4. Gestión integrada del recurso hídrico				
MEE.4.1 Para el año 2050 los indicadores de cobertura y control de calidad del servicio público de agua del ranking municipal son calificados como <i>medio</i> .	Porcentaje de cobertura de hogares/ viviendas con servicio público de agua en el área urbana (ISP 301).	L: 0.37 PB:0.23	L: 0.7 PB: 0.6	L: > 0.9 PB: >0.9
	Porcentaje de cobertura de hogares/ viviendas con servicio público de agua en el área rural (ISP 302).	L: 0.10 PB: 0	L: 0.5 PB: 0.5	L: > 0.9 PB: >0.9
	Control de calidad del servicio público de agua en el área urbana (ISP 303).	L: 0.33 PB: 0.52	L: 0.7 PB: 0.7	L: 1 PB: 1
	Control de calidad del servicio público de agua en el área rural (ISP 304).	L: 0.17 PB: 0.43	L: 0.5 PB: 0.5	L: > 0.9 PB: >0.9

Abreviaturas

IGE: índice de gestión estratégica

ISP: índice de gestión de servicios públicos

L: Livingston

PB: Puerto Barrios

Continúa...

Continuación cuadro 16

Eje estratégico/meta	Indicador	2023-2025	2026-2035	2036-2050
MEE.4.2 Para el año 2050 el indicador de disposición y tratamiento de aguas residuales es calificado de <i>medio a medio alto</i> .	Cobertura de recolección de agua pluvial en el área urbana (ISP 305).	L: 0 PB: 0	L: 0.6 PB: 0.6	L: 1 PB: 1
	Cobertura de recolección de agua residual en el área urbana (ISP 306).	L: 0 PB: 0	L: 0.5 PB: 0.5	L: 1 PB: 1
	Cobertura de recolección de agua pluvial en el área rural (ISP 307).	L: 0 PB: 0	L: 0.6 PB: 0.6	L: 1 PB: 1
	Cobertura de recolección de agua residual en el área rural (ISP 308).	L: 0 PB: 0	L: 0.5 PB: 0.5	L: 1 PB: 1
	Tratamiento de aguas residuales en el área urbana (ISP 309).	L: 0.10 PB: 0.55	L: 0.6 PB: 1	L: 1 PB: 1
	Tratamiento de aguas residuales en el área rural (ISP 310).	L: 0.10 PB: 0.10	L: 0.6 PB: 0.6	L: > 0.9 PB: >0.9
MEE.4.3 Para el año 2050 los indicadores de gestión de servicios públicos municipales y gestión y manejo de los residuos y desechos son calificados como medio.	Cobertura de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos en el área urbana (ISP 311).	L: 0.04 PB: 0	L: 0.5 PB: 0.5	L: 1 PB: 1
	Cobertura de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos en el área rural (ISP 312).	L: 0 PB: 0	L: 0.5 PB: 0.5	L: 1 PB: 1
	Tratamiento de los residuos y desechos sólidos (ISP 313).	L: 0 PB: 0	L: 0.5 PB: 0.5	L: 1 PB: 1
	Disposición final de los desechos sólidos (ISP 314).	L: 0 PB: 0	L: 0.5 PB: 0.5	L: 1 PB: 1

Abreviaturas
ISP: Índice de gestión de servicios públicos
L: Livingston
PB: Puerto Barrios

Continúa...

Continuación cuadro 16

Eje estratégico/meta	Indicador	2023-2025	2026-2035	2036-2050
MEE.4.4 Para el año 2050 se observa un cambio de comportamiento de la población de los municipios costeros del Caribe para la conservación del recurso hídrico como elemento clave para la adaptación al cambio climático.	Porcentaje de población que ve importante gestionar adecuadamente el recurso agua.	30 %	60 %	100 %
EE5. Generación y manejo de información para la adaptación al cambio climático				
MEE.5.1 Para el 2032 se cuenta con un sistema y un responsable para la gestión de información de bases de datos, documentos y mapas, que es actualizada periódicamente y empleada por los usuarios del plan.	Número de sistemas de gestión de información establecidos.	0	1	> de 1
MEE.5.2 A partir del año 2023 la información de los indicadores de la ZMC del Caribe alimenta de manera anual el sistema de monitoreo, evaluación y reportaje (MER) manejado por el MARN, con el apoyo de los actores identificados en el plan.	Número de indicadores actualizados en el MER.	20	25	> de 25
EE6. Fortalecer los esquemas de gobernanza y participación en la zona marino-costera del Caribe				
MEE.6.1. Al 2025 se ha consolidado un mecanismo de coordinación adecuado para la implementación del plan entre las diferentes instancias que coinciden en el litoral Caribe, teniendo en cuenta consideraciones de género, comunidades indígenas, juventud y discapacidad.	Mecanismo de coordinación y gobernanza establecido.	1	-	-
	Asistencia a reuniones del Comude de representantes de organizaciones de mujeres (IPC 104).	L:0.92 PB:0	L:1 PB:0.5	L:1 PB:1
	Representación de los consejos comunitarios de desarrollo (Cocode) en el Consejo Municipal de Desarrollo (IPC 105).	L:1 PB:1	L:1 PB:1	L:1 PB:1

Abreviaturas
IPC: índice de participación ciudadana
L: Livingston
PB: Puerto Barrios

Fuente: elaboración propia

REFERENCIAS

- Acuerdo Ministerial 85-2020. [Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación]. Se acuerda la implementación de una veda especial, para la pesca de todos los recursos hidrobiológicos que se encuentran dentro del polígono que conforma el sistema de arrecifes Corona Caimán, en el Caribe de Guatemala. 21 de mayo de 2020.
- Aguirre, M., Vanegas, E. y García, N. (2016). Evaluación del estado trófico del lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(1), 28-31.
- Alliance for Zero Extinction. (2021). *Global AZE map*. <https://zeroextinction.org/site-identification/2018-global-aze-map/>
- Arrivillaga, A. (2002). *Evaluación de la presencia de Hydrilla verticillata en la región del Río Dulce y Lago de Izabal: diagnóstico general e identificación de medidas de control*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad, Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Arrivillaga, A. y Windevoxhel. (2008). *Evaluación ecorregional del Arrecife Mesoamericano: plan de conservación marina*. The Nature Conservancy.
- Atlantic Network for Coastal Risks Management. (s. f.). *Decision Making and Coastal Risks: A Good Practice Guide*.
- Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce, Fundación Defensores de la Naturaleza, The Nature Conservancy. (2006). *Agenda de Conservación de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce*. Programa Ambiental Regional para Centroamérica, The Nature Conservancy, Fundación Defensores de la Naturaleza y Proyecto JADE.
- Barrios, M., Cazali, G. M., Ixcot, L. C., Castillo, N. A., Luarca, R., Fabián, R. y Cajas, J. O. (2003). *Proyecto 48-01: especies de flora endémica y amenazada de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil y Biotopo Chocón Machacas para la Conservación del Manatí, Izabal, Guatemala*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas y Centro de Datos para la Conservación.
- Basterrechea, M., y Guerra, A. (2019). Recursos hídricos. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero y A. Santizo (Eds.), *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*. Editorial Universitaria Universidad Del Valle de Guatemala.
- BirdLife International. (2021). *Important bird areas factsheet: Guatemalan Caribbean Slope*. <http://www.birdlife.org on 01/11/2021>
- Boix, L. (2008). *Las pesquerías de manjúa en el Caribe de Guatemala, impactos biológicos y socioeconómicos para las poblaciones pesqueras y de consumo en el altiplano de Guatemala* (Proyecto Fodecyt No. 100-2006). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.
- Burden, A., Smeaton, C., Angus, S., Garbutt, A., Jones, L., Lewis H., & Rees. S.M. (2020). Impacts of climate change on coastal habitats relevant to the coastal and marine environment around the UK. *MCCIP Science Review*, 228–255. DOI: 10.14465/2020.arc11.chb
- Burke, I. & Maidens, J. (2005). *Arrecifes en peligro en el Caribe*. World Resources Institute.

- Burton, R. y Peoples, S. (2008). *Learning from past adaptations to extreme climatic events: a case study of drought. Part A. Summary Report*. AgResearch.
- Caviedes, V., Arenas, P. y Barragán, J. M. (2021). Avances para el manejo costero integrado en el Caribe de Guatemala. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 271-294. DOI: 10.15359/rca.55-2.13
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Fondo Nórdico de Desarrollo, Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *La economía del cambio climático en Guatemala* (Documento técnico).
- Comisión Nacional para la Reducción de la Desnutrición Crónica. (2016). *Estrategia Nacional para la Reducción de la Desnutrición Crónica 2016-2020*.
- Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Livingston y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2010). *Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial de Livingston, Izabal*.
- Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Puerto Barrios y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2018). *Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial de Puerto Barrios, Izabal*.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (s. f.). *Riesgos de la agroindustria de la palma africana para las áreas protegidas y diversidad biológica en Guatemala*.
- _____. (2004). *Plan Maestro 2005-2010, Parque Nacional Río Dulce*. Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza.
- _____. (2015). *Estrategia Nacional de Conservación de Tortugas Marinas de Guatemala*.
- _____. (2016). *Documento técnico: proceso de actualización del plan maestro del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, departamento de Izabal, Guatemala*.
- _____. (2019). *Mapa de áreas protegidas* [Mapa].
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación y The Nature Conservancy. (2006). *Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil: plan maestro 2008-2012*.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2009). *Conservación de la biodiversidad de las aguas interiores de Guatemala: Análisis de Vacíos*. The Nature Conservancy.
- Consortio para la Coadministración, la Conservación de los Recursos Naturales y el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Área Protegida Río Sarstún. (2009). *Plan maestro del Área de Uso Múltiple Río Sarstún*.
- Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América. (2000). *Evaluación de recursos de agua en Guatemala*.
- Dávila, V., Jolon, M. y Ávila, F. (2018). *Una aproximación al valor económico del servicio ecosistémico de recreación-turismo de las zonas marino-costeras de Guatemala*. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- De León-Fajardo, L.R. (2003). *Contaminación del río Motagua*.
- Decreto 12-2005. [Con fuerza de ley]. Ley que declara área protegida Área de Uso Múltiple, Río Sarstún. 3 de marzo de 2005. DO: Diario de Centro América.

- Decreto 23-2005. [Con fuerza de ley]. Ley que declara área protegida el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique. 17 de marzo de 2005. DO: Diario de Centro América.
- Dix, A., Maldonado, M., Dix, M. A., de Bocaletti, O., Girón, R., de la Roca, I., Bailey, A. C., Herrera, K., Pérez, J. F., Piérola, K. y Rivera, G. (1999). *El impacto de la cuenca del río Polochic sobre la integridad biológica del lago de Izabal*. Centro de Estudios Ambientales, Universidad del Valle de Guatemala.
- Duarte, C., Borum, J., Short, F., & Walker, D. (2008). Seagrass ecosystems: their global status and prospects. In N. Polunin, *Aquatic ecosystems*. Cambridge University Press.
- Estrada, C. (2017). Diversidad y endemismo de vertebrados terrestres en Sierra de las Minas, Guatemala. *Revista Yu'am* 2(3), 5-16 pp.
- Famine Early Warning System Network. (2016). *Guatemala Livelihood Profile*.
- Fernández, L. (2010). *Proyecto Evaluación del componente de adaptación al cambio climático en obras de infraestructura*. Wetlands International.
- Flores, B. y Cifuentes, I. (2019). Asentamientos humanos e infraestructura. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero y A. Santizo (Eds.), *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*. Editorial Universitaria Universidad Del Valle de Guatemala.
- Flores, F., Agraz, C. y Benítez, D. (2007). Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. En: O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, E. Márquez y L. Zambrano. (Eds.), *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*.
- Fonseca, A. y Arrivillaga, A. (2003). Coral reef of Guatemala. En J. Cortés (Ed.), *Latin American Coral Reefs*. Elsevier.
- Fundación Mario Dary Rivera, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y The Nature Conservancy. (2006). *Plan maestro 2007-2011, Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Guatemala*. Fundación Mario Dary, Programa Ambiental Regional para Centroamérica y The Nature Conservancy.
- Fundación para el Desarrollo de Guatemala. (2018). *Índice de competitividad local*. <https://fundesa.org.gt/indices-y-evaluaciones-de-pais/indice-de-competitividad-local>
- Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación. (2014). *Información biológica, económica y social de Bahía Cocolí*.
- _____. (2017). *Información biológica, económica y social de Laguna Grande* (Documento técnico).
- Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación e Innovaterra. (2021). *Análisis de situación y actores (documento borrador)*. Programa de Gestión Integral Marino Costero para el Caribe.
- Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación y The Nature Conservancy. (2012a). *Programa Regional de Usaid para el Manejo de Recursos Acuáticos y Alternativas Económicas. Propuesta de Estrategias de Adaptación al Cambio Climático para la Región Caribe de Guatemala*. United States Agency for International Development.
- _____. (2012b). *Programa Regional de Usaid para el Manejo de Recursos Acuáticos y Alternativas Económicas. Propuesta de Plan de Adaptación al Cambio Climático para el Área de Usos Múltiples Río Sarstún*. United States Agency for International Development.

- _____. (2012c). *Programa Regional de USAID para el Manejo de Recursos Acuáticos y Alternativas Económicas. Propuesta de Plan de Adaptación al Cambio Climático para el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique*. United States Agency for International Development.
- Gálvez, G., Pacheco, G. y Ramírez, S. (2017). *Valoración económica y cultural del ecosistema manglar en el Área de Uso Múltiple Río Sarstún*. Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación.
- Gil-Agudelo, D., Navas-Camacho, R., Rodríguez-Ramírez, A., Reyes-Nivia, M., Bejarano, S., Garzón-Ferreira, J. y Smith, G. (2009). Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38(2), 189-224.
- Gremial de Palmicultores de Guatemala. (2016). *I Anuario Estadístico 2016-2017*.
- _____. (2020). *Estadísticas socioeconómicas*.
- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2014). *Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero*.
- _____. (2020). *Mapa de dinámica forestal y uso de la tierra 2010-2016 y Mapa de cobertura forestal 2016*. [Mapa].
- Gudiel, V. (2016). *Diversidad de poslarvas de peces en arrecifes coralinos y pastos marinos del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Caribe de Guatemala* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Healthy Reefs. (2020). *Reporte del Arrecife Mesoamericano: evaluación de la salud del ecosistema*.
- Healthy Reefs for Healthy People. (2022). *Reporte esencial del Arrecife Mesoamericano. Evaluación de la salud del ecosistema*. https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2022/06/HRI-2022-RC-Essentials_LoRes_final.pdf
- Hernández, B. (2007). *Caracterización, diagnóstico y formulación de lineamientos para el control de Hydrilla verticillata (L.F.) Royle, en el Lago de Izabal* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Hernández, B., Cherrington, E., Bosarreyes, A., Gálvez, J., Oyuela, M. y Sempris, E. (2012). *Clasificación de cobertura actual del mangle de las costas del Pacífico y Atlántico de Guatemala, a través de técnicas de percepción remota*. Centro de Agua y del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Heyman, W. & Granados-Dieseldorff, P. (2011). The manjúa fishery of Guatemala's Caribbean: Balancing the Needs for Regional Ecosystem Productivity and National Food Security. *Focus on Geography*, 52(2), 45-50.
- InSightCrime. (2022). *Las entrañas del contrabando de ganado de Centroamérica hacia México*.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2015). *Ecosistemas de Guatemala*. [Shape].
- _____. (2016). *Turismo*. [Shape].
- Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018). *Variabilidad y cambio climático en Guatemala*.
- Instituto Geográfico Nacional. (2010a). *Infraestructura*. [Shape].

- _____. (2010b). *Ríos de Guatemala*. [Shape].
- _____. (2016). *Límites políticos de Guatemala*. [Shape].
- Instituto Guatemalteco de Turismo. (2014). *Plan Maestro de Turismo Sostenible de Guatemala 2015-2025*.
- _____. (2018). *Plan de Desarrollo Turístico del Municipio de Livingston, Izabal 2019-2022*.
- _____. (2022). *Boletín estadístico de turismo, serie histórica 2012-2021*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2002). *Características de la Población y de los Locales de Habitación Censados, Guatemala*.
- _____. (2011). *Encuesta Nacional de Vida*.
- _____. (2019). *Principales resultados, censo 2018*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- _____. (2021). Climate change 2021: summary for policymakers. En: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. Matthews, T. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou. (Eds.), *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jolon-Morales, M.R. y Pérez, G. (2007). *Delimitación de la zona económica exclusiva y el mar territorial de Guatemala*.
- Juárez, D. (2021). Principales amenazas de los arrecifes de coral. *Lum*, 2(1), 30-38.
- Lema, S., Bock, S., Malley, M. y Elkins, E. (2019). Warming waters beget smaller fish: evidence for reduced size and altered morphology in a desert fish following anthropogenic temperature change. *Biology Letters*. DOI: 10.1098/rsbl.2019.0518
- Lindop, A., Ixquiac-Cabrera, M., Zyllich K., & Zeller, D. (2015). *A reconstruction of marine fish catches in the Republic of Guatemala* (Working paper #2015-41). University of British Columbia.
- López-Selva, M. (2022). *Zona marino-costera* (Serie Perfil Ambiental de Guatemala). Universidad Rafael Landívar.
- MacDonald, B. (2011). *Análisis de la diversidad de las praderas de pastos marinos en la laguna marino-costera de la Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Martínez-Daranas, B., Cano-Mallo, M., Perdomo, M., Clero-Alonso, L., Díaz-Larrea, J., Guimaraes, M., Zuñiga-Ríos, D., Alcolado, P., Duarte-Quesada, C. y Siret, S. (2007). Estado de los pastos marinos. En: *Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey, Ecosistema Sabana-Camagüey: estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*.
- Martínez, M. y Valverde, M. (1992). Las dunas costeras. *Ciencias*, 26: 35-42.
- Maun, M. (2009). *The biology of coastal sand dunes*. Oxford University Press.

- McCarthy, J., Canziani O., Leary N., Dokken D., & White K. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/
- Medina, C. (2009). *Modelos numéricos y teledetección en el Lago de Izabal* [Tesis doctoral, Universidad de Cádiz, España].
- Meyrat, A., Vreugdenhil, D., Meerman, J., Gómez, L. y Graham, D. (2002). *Mapa de Ecosistemas de América Central: descripción de los ecosistemas*. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, DGIS y Banco Mundial.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2010). *Mapa de cobertura forestal y uso de la tierra*.
- _____. (2015). *El Agro en Cifras, 2015*.
- _____. (2016). *El Agro en Cifras, 2016*.
- _____. (2020a). *Determinación de la cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1: 50 000 de la República de Guatemala, año 2020*.
- _____. (2020b). *Informe de daños ocasionados por las depresiones tropicales ETA e IOTA y análisis de las principales variaciones de precios en mercados mayoristas*.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Unidad para el Manejo de la Pesca y Acuicultura. (2008). *Informe de la pesca y la acuicultura en Guatemala 2004-2007* (Documento técnico No. 1).
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2009). *Política para el manejo integral de las zonas marino costeras de Guatemala*.
- _____. (2013). *Informe técnico: Estudio de la cobertura de mangle en la República de Guatemala*.
- _____. (2022). *Análisis de la vulnerabilidad y riesgo ante los impactos del cambio climático en el Litoral Caribe. Producto 3b del proyecto elaboración del plan para la reducción de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y servicios ecosistémicos en el litoral Caribe de Guatemala*.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *Tomo 1: diagnóstico y análisis de vulnerabilidad ante cambio climático en la zona marino-costera del litoral pacífico de Guatemala. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino-Costeras (APM)*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility y Rainforest Alliance.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Rainforest Alliance. (2020). *Diagnóstico de las zonas marino-costeras del Caribe de Guatemala. Documento para el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo, evaluación y reporte (MER) del componente de adaptación al cambio climático del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático*.
- Ministerio de Desarrollo Social. (2019). *Índice de pobreza multidimensional de Guatemala*.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2018). *Protocolos de vigilancia epidemiológica enfermedades vectoriales de origen parasitario*. Departamento de Epidemiología.
- Naturalista. (2021). *Listado de comprobación de Izabal*. https://www.naturalista.mx/check_lists/13435-Izabal-Check-List?view=plain

- Nerio, M. L. (2015). *Análisis de la cadena de valor del sector ganadero en Izabal* [Tesis de licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Guatemala].
- Nordstrom, K. (2008). *Beach and dune restoration*. Cambridge University Press.
- Ojeda, M. (2006). *Salamandras endémicas para la región de Guatemala* (Informe Integrado del Programa Experiencias Docentes con la Comunidad). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Diagnóstico del sector de la pesca y la acuicultura en Guatemala*.
- (2022). *Degradación del suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/#:~:text=La%20degradaci%C3%B3n%20del%20suelo%20se,prestar%20servicios%20para%20sus%20beneficiarios>
- Organización del Sector Pesquero y Acuicultura del Istmo Centroamericano. (2011). *Encuesta estructural de la pesca artesanal y la acuicultura en Centroamérica 2009-2011*.
- Paiz, C., (2017). *Caracterización de los sistemas de producción bovino, en la cuenca del río Motagua, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal*.
- Phillips, S., Dudík, M., & Schapire, R. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>
- Polanco, F. (2015). *Caracterización y composición de la fauna de acompañamiento de la pesca de camarón de mediana escala en la Bahía de Amatique, Izabal* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Prieto, J. (2016). Restauración y gestión de sistemas dunares: estudio de caso. *Investigaciones Geográficas* (66), 167-168. DOI: 10.14198/INGEO2016.66.11
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2017). *Humedales para la reducción del riesgo de desastres*. <https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/presscenter/articles/2017/02/02/humedales-para-la-reducci-n-del-riesgo-de-desastres.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019). *Pastos marinos: un arma en la lucha contra el cambio climático*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/pastos-marinos-un-arma-secreta-en-la-lucha-contra-el-cambio>
- Quiroga, I. (2022). *Impactos del cambio climático en la incidencia de plagas y enfermedades de los cultivos*. <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/impactos-del-cambio-climatico-en-la-incidencia-de-plagas-y-enfermedades-de-los-cultivos#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20causa%20la,por%20tanto%20reduccioner%20en%20la>
- Ramírez, S. y Ortiz, J. (2019). Océanos y ecosistemas marino-costeros. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero y A. Santizo (Eds.), *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*. Editorial Universitaria Universidad Del Valle de Guatemala.
- Ramos, V., López, J., Sigüenza, R. y López, G. (2007). *Establecimiento de una línea base para especies y áreas claves de biodiversidad (ACBs) en Guatemala*.
- Robledo, J., Vanegas, E. y García, N. (2014). La calidad del agua del lago de Izabal, Guatemala. Relaciones temporales y espaciales de variables físico-químicas y biológicas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 28-32.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). *Degradación del suelo*. https://paot.org.mx/centro/insemarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.2_Degradacion/index.htm

Turcios, H. (2021). *Sector agrícola en Guatemala, ficha sector*. ICEX.

United States Agency for International Development. (2012). *Análisis de vulnerabilidad al cambio climático del caribe de Belice, Guatemala y Honduras*. Programa Regional de Usaid para el Manejo de Recursos Acuáticos y Alternativas Económicas.

_____. (2016). *Guatemala: zonas de medios de vida y sus descriptores*.

Véliz, M., López, J., Velásquez, L., Maza, A., Ambrocio, A. L. y Archila, F. (2014). *Guía para el reconocimiento de las plantas endémicas de Guatemala*.

Yáñez-Arancibia, A., Day, J., Twilley, R. y Day, R. (2014). Manglares: Ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Maderas y Bosques*, 20, 39-75.

Zacañas-Coxic, C., Sánchez, M. y Cifuentes, J. (2019). *Especies arbóreas en el ecosistema manglar de Guatemala*. Instituto Nacional de Bosques.

Zupán, M., Fragkopoulou, E., Claudet, J., Erzini, K., Horta e Costa, B. y Gonçalves, E. (2018). Marine partially protected areas: drivers of ecological effectiveness. *Front Ecol Environ*, 16(7), 1-7. DOI: 10.1002/fee.1934



ANEXOS

Anexo 1. Listado de participantes durante el proceso de elaboración del plan

No.	Nombres y apellidos	Entidad
1	Abigail Álvarez	Rainforest Alliance FVC-MARN
2	Airam Andrea López Roulet	Conap
3	Alejandra Escobar	Digemar
4	Alejandro Arrivillaga	Consultor
5	Ana Beatriz Rivas	MAR Fund
6	Ana Giró	Iniciativa Arrecifes Saludables
7	Ana Silvia Martínez	MAR Fund
8	Andrea Ramírez Estrada	MARN Izabal
9	Andrea Ramírez Estrada Aguilar	Fundaeco
10	Axel Gonzáles	MARN Izabal
11	Bella Elizabeth Méndez	MARN
12	Blanca Rosa García	UICN
13	Bryan Rolando Ramos	Municipalidad de Puerto Barrios
14	Byron Leonel Estrada	Segeplán
15	Carlos Barillas	Grupo Innovaterra
16	Carlos Rodríguez Olivet	Proyecto MAR2R
17	Carlos Rosal	Proyecto Cuenca del Río Motagua, PNUD
18	Claudio Gonzáles	Consultor de Fundaeco
19	Dania Pineda López	Municipalidad de Puerto Barrios
20	Denise Cordón	Conap
21	Edith Morales	Gobernación de Izabal
22	Eduardo Villalta	Conap
23	Elisa Blanda	MAR Fund
24	Elsa Escobar	Dirección General de Asuntos Marítimos del Ministerio de la Defensa
25	Ernesto Moscoso	INAB
26	Estefanny Rebeca Alvarado	Dipesca
27	Estefany Ordoñez	Consultora de Fundaeco
28	Eswin Idalmer Leiva Madrid	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
29	Eversson Augusto Ordóñez Aquirre	MARN
30	Francisco Leal	Grupo Innovaterra
31	Frank Carrascoza	Grupo Innovaterra

Continúa...

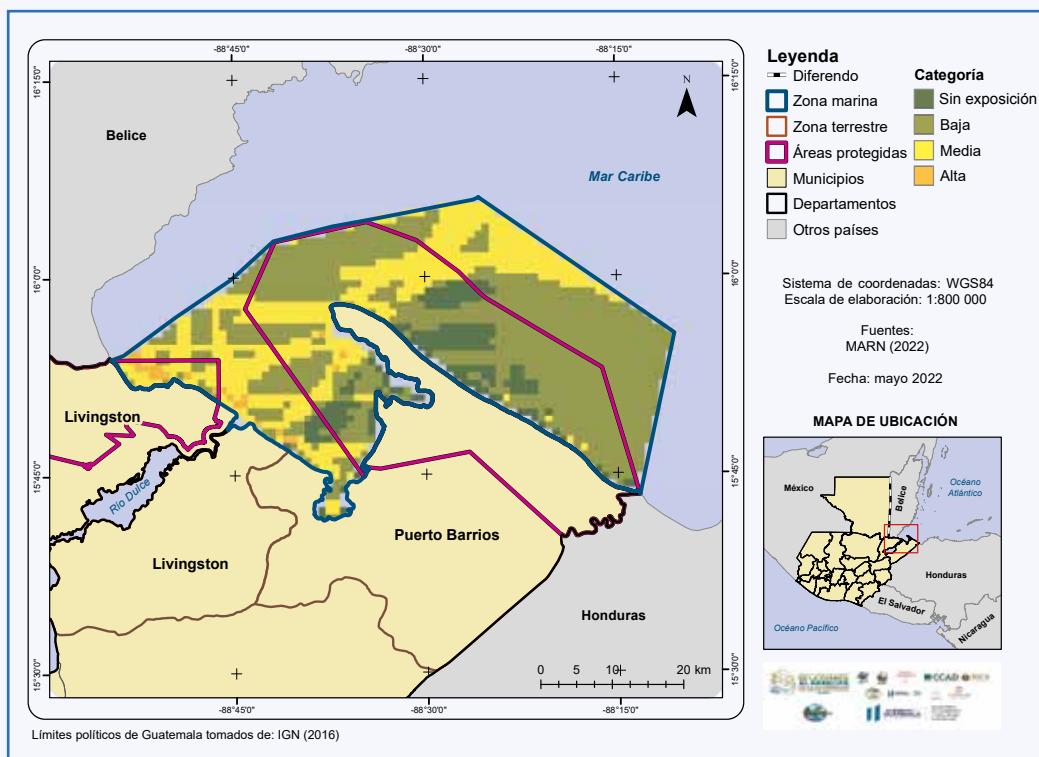
32	Frily Gálvez	UICN
33	Gabriela Castellanos	MARN
34	Gladys Gabriela López Guerra	MARN
35	Guillermo Antonio Gálvez	Fundaeco
36	Hugo Hidalgo	Municipalidad de Livingston
37	Iliana Pocasangre	MARN
38	Ingrid Arias	Fundaeco
39	Ingrid Pelicó	Fundaeco
40	Iván Cabrera	Conap Izabal
41	Jean- Roch Lebeau	Grupo Innovaterra
42	Jennifer Alejandra García	Fundaeco
43	Jennifer Michelle Hernández	Dipesca
44	Jennifer Ortiz	Semillas del Océano
45	Jenniffer García	Fundaeco
46	Joaquín Emilio Arango	MARN
47	Jonathan Reynoso	Grupo Innovaterra
48	Jorge Luis Galindo Arévalo	Universidad del Valle de Guatemala, Centro de Estudios de Atitlán
49	Jorge Mario Lucero Castillo	Ocret
50	José Furlán	Rainforest Alliance FVC-MARN
51	José Roberto Ortiz	CEMA
52	José Robledo	Cunizab
53	José Salvador Dávila	MARN
54	Jovita Bolaños	Grupo Innovaterra
55	Juan Carlos Villagrán Colón	Proyecto Motagua PNUD-GEF
56	Juan Pablo Domínguez	Proyecto TDA-SAP Biosistemas
58	Julieta Castillo	Proyecto TDA-SAP Biosistemas
59	Julio Navarro	Segeplán
60	Julissa Hurtado	Defensoría de la Mujer Indígena
61	Karen Danissa Castañeda	MAGA
62	Karla Arango	Fundaeco
63	Kathya Frine	Fundaeco
64	Katia Mejía	Fundaeco
65	Laura Abiú	MARN
66	Laura Pérez	Dirección General de Asuntos Marítimos del Ministerio de la Defensa
67	Lola Cabnal	Asociación Ak tenamit

Continuación anexo 1

68	Lourdes María Asturias Palencia	Unidad de Cambio Climático de Conap
69	Luis Aníbal Acebedo	MAGA
70	Luis Fernando Mérida	Ministerio de la Defensa Nacional
71	Luisa María Fernández	MARN
72	Mainor Arriaza	MARN Izabal
73	Manuel de Jesús de León Martínez	INFOM
74	María Angela Oliva	MARN
75	María de los Ángeless Schoenbeck	Dipesca
76	María del Rosario Miranda Villalta	Coldemar Caribe
77	María Lucrecia Morataya	Fundaeco
78	Mario Estuardo Salazar	Dipesca
79	Mario Mejía Clara	
80	Mario Roberto Jolon Morales	Consultor de Fundaeco
81	Maynor Antonio Escobar	MARN
82	Milton Cabrera	Conap
83	Mónica Barillas	Conap
84	Mynor Arturo de Paz Chávez	MARN Izabal
85	Nardy Duarte	MARN Izabal
86	Ninoshka López	Dipesca-MAGA
87	Nora Machuca	Iinsivumeh
88	Oscar Humberto Santiago	MARN
89	Oscar Rosales	Cunizab
90	Otto Palencia	
91	Pilar Velásquez	WWF
92	Regina Sánchez Castañeda	MARN
93	Rolando Amilcar Chinchilla Alfaro	Gobernación de Izabal
94	Samuel Coloma	MARN
95	Sara Catalán	Consultora de Fundaeco
96	Sarah Gómez	Consultora de Fundaeco
97	Sergio Dionisio	Rainforest Alliance FVC-MARN
98	Sharon Torres	Consultora de Fundaeco
99	Silja Ramírez	Fundaeco
100	Teresa Calderón	WWF
101	Valerie Corado	Fundaeco
102	Walter Arnoldo Bardales Espinoza	Consultor de Fundaeco
103	Zulma Ricord de Mendoza	Proyecto Regional Biodiversidad Costera UICN-Usaid

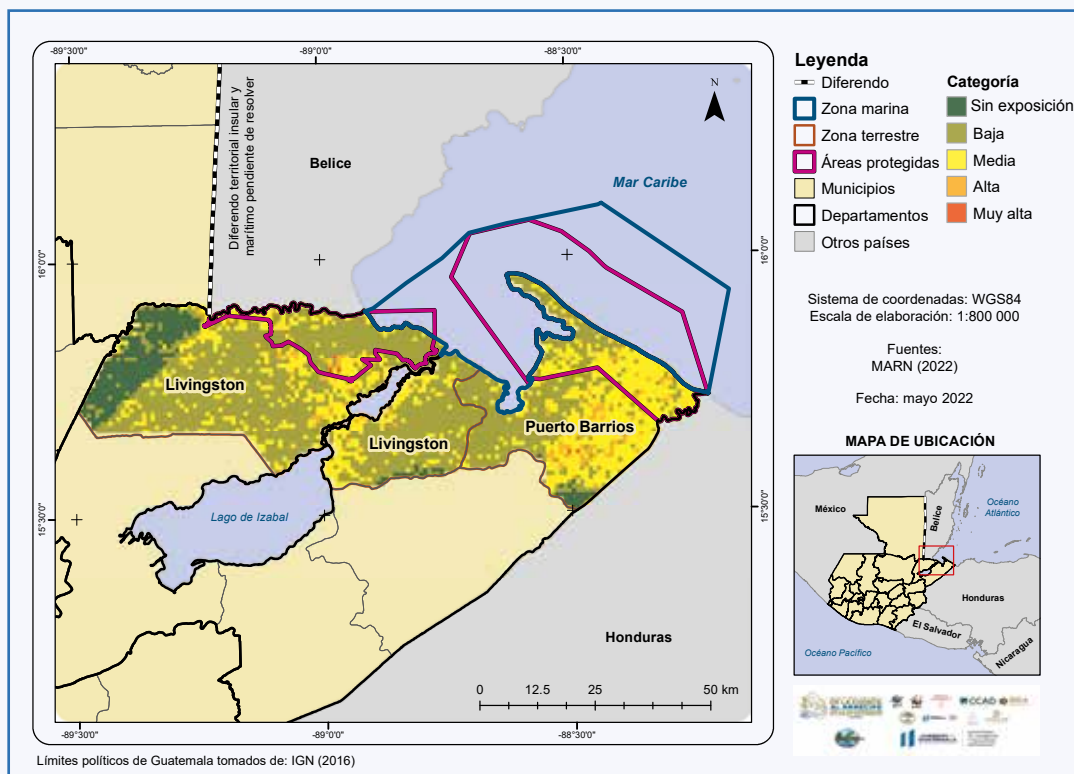
Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Mapa de exposición marino-costera en el Caribe de Guatemala



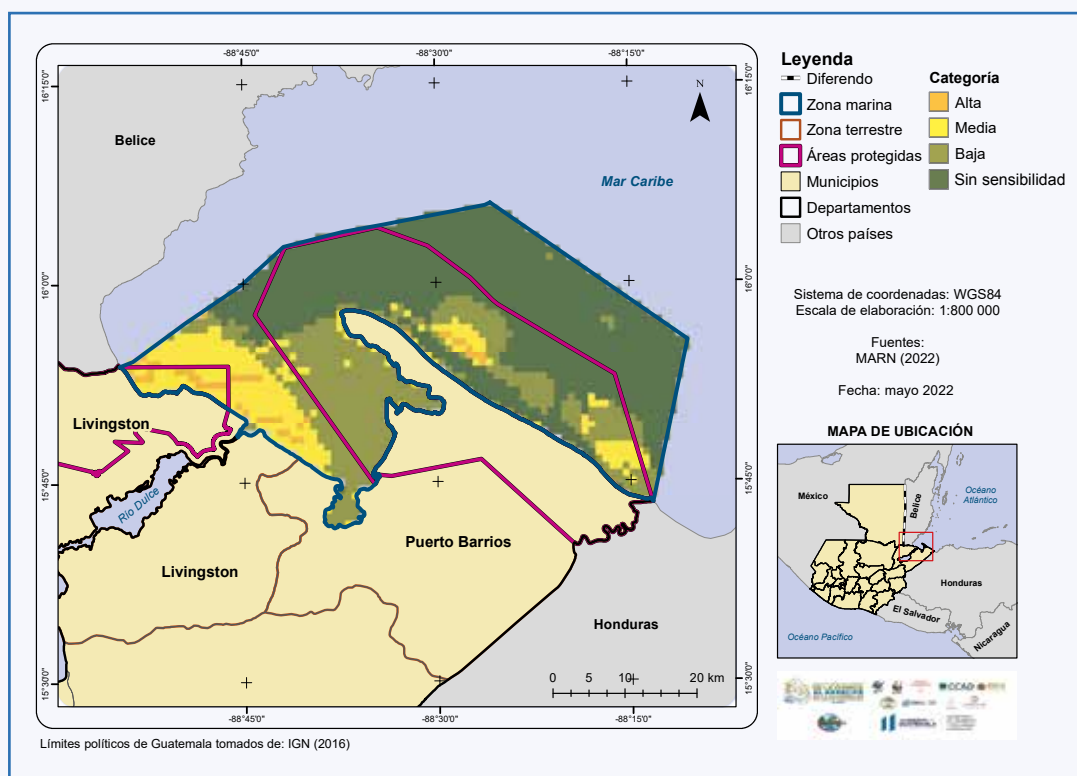
Fuente: elaboración propia

Anexo 3. Mapa de exposición terrestre en el Caribe de Guatemala



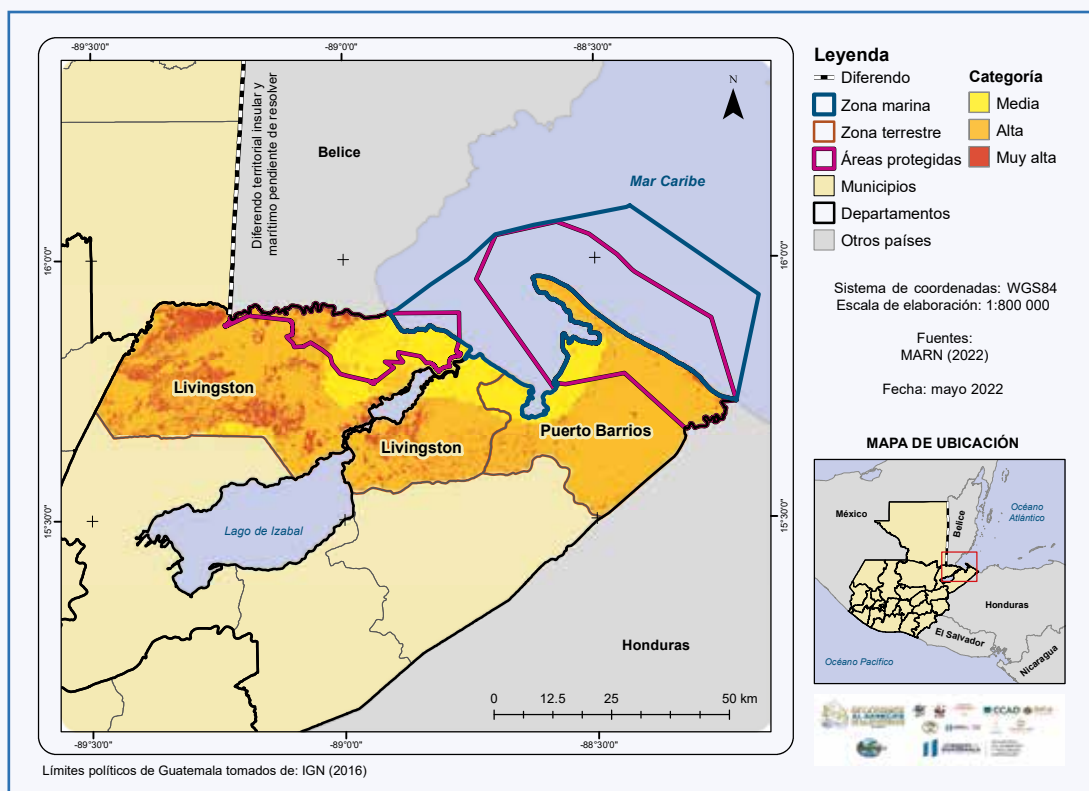
Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Mapa de sensibilidad marino-costera en el Caribe de Guatemala



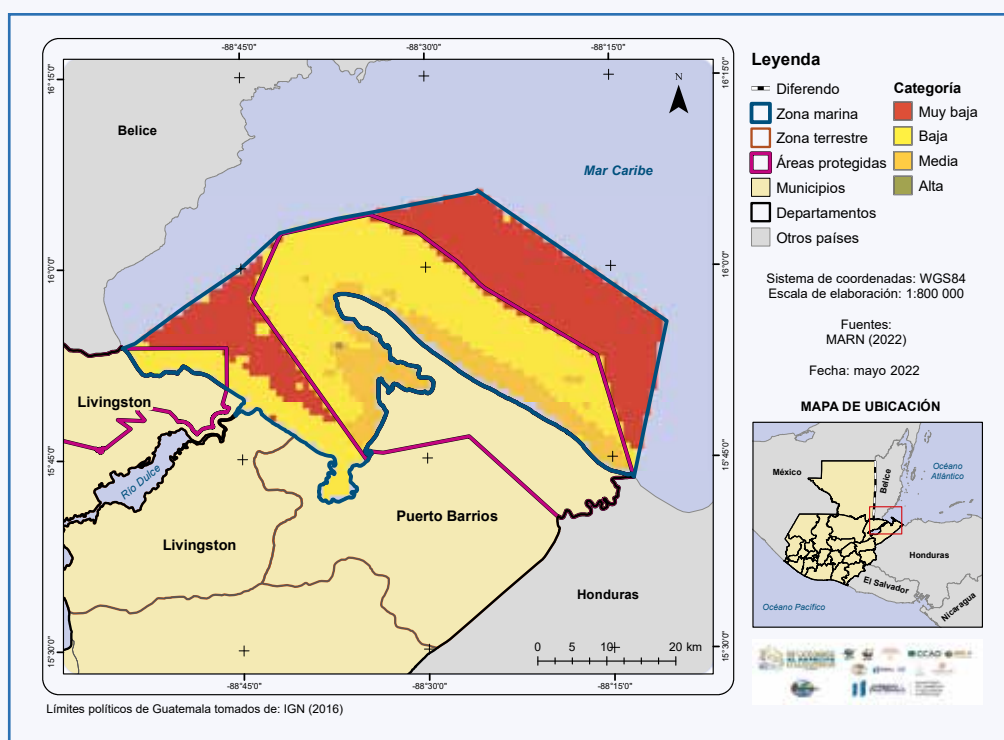
Fuente: elaboración propia

Anexo 5. Mapa de sensibilidad terrestre en el Caribe de Guatemala



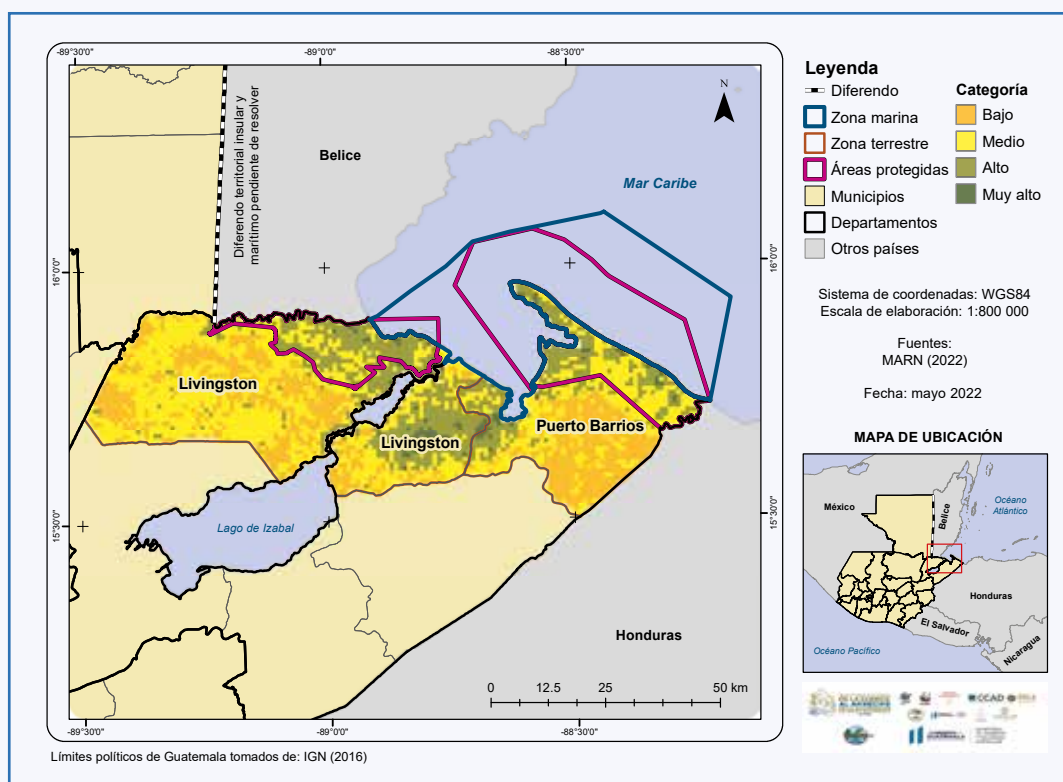
Fuente: elaboración propia

Anexo 6. Mapa de capacidad adaptativa marino-costera en el Caribe de Guatemala



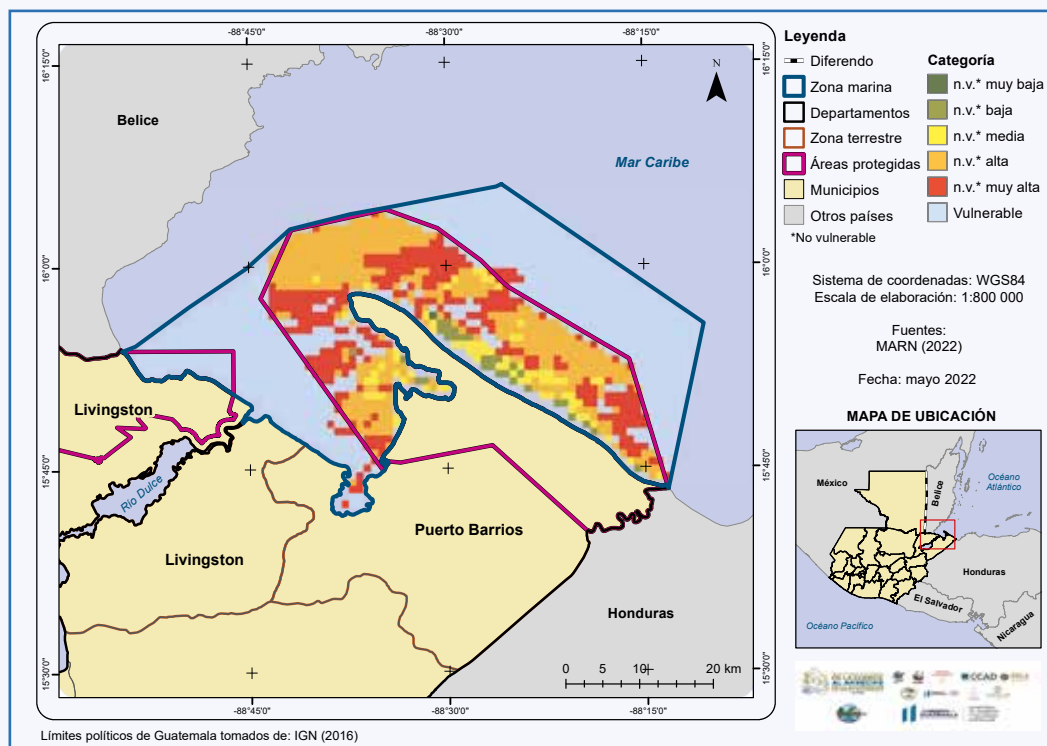
Fuente: elaboración propia

Anexo 7. Mapa de capacidad adaptativa terrestre en el Caribe de Guatemala



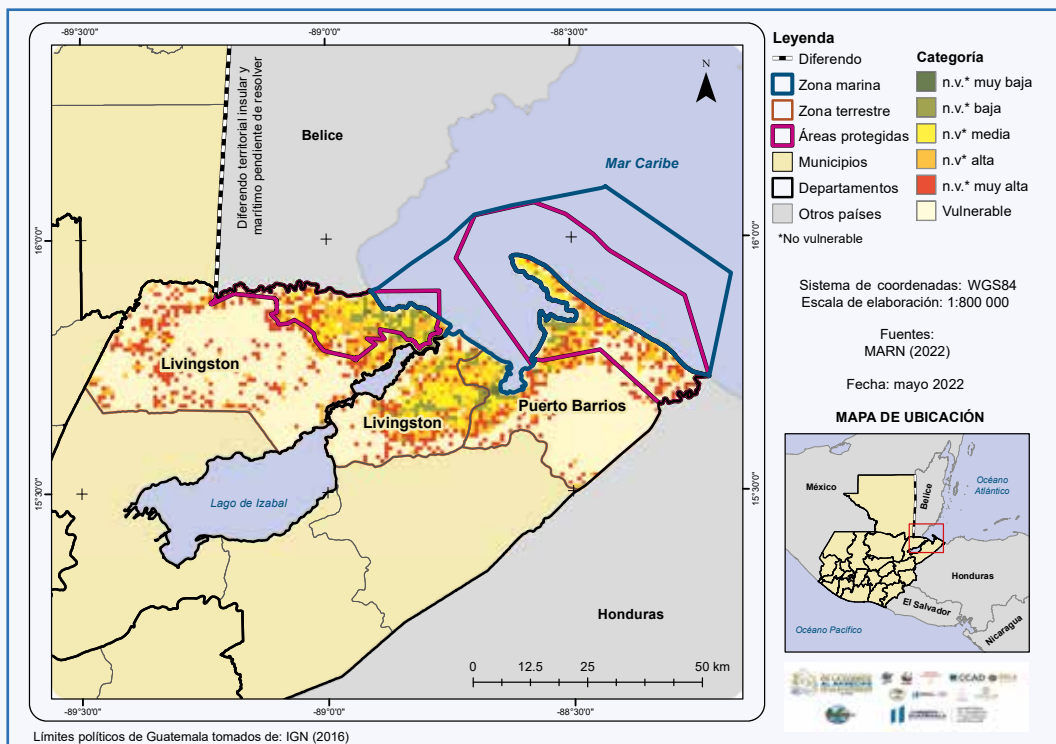
Fuente: elaboración propia

Anexo 8. Mapa de vulnerabilidad marino-costera en el Caribe de Guatemala en la zonas no vulnerables, al restarles la capacidad adaptativa



Fuente: elaboración propia

Anexo 9. Mapa de vulnerabilidad terrestre en el Caribe de Guatemala en las zonas no vulnerables, al restarles la capacidad adaptativa



Fuente: elaboración propia

Anexo 10. Actores de gobierno que participan en instancias de coordinación local

Institución	MMC Caribe	Codema Izabal	Coldemar Caribe
Municipalidad de Morales			
Municipalidad de Puerto Barrios			
Municipalidad de Livingston			
Municipalidad de El Estor			
Municipalidad de Los Amates			
Ministerio de Educación			
Ministerio de Energía y Minas			
Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres			
Ministerio de Comunicación, Infraestructura y Vivienda			
Instituto Nacional de Bosques			
Fondo de Tierras			
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social			
Representante de organizaciones guatemaltecas no gubernamentales de desarrollo (ONG)			
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación			
Representante de la Universidad de San Carlos de Guatemala			
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales			
Comando Naval del Caribe			
Gobernación Departamental			
Dirección General de Caminos, Micivi			
Dirección General de Normatividad de la Pesca y Acuicultura, MAGA			
Dirección General de Hidrocarburos, MEM			
Coordinadora Departamental para la Reducción de Desastres			
Empresa Portuaria Nacional, Santo Tomás de Castilla			
Compañía Bananera Guatemalteca (Cobigua)			
Capitanía de Puerto Santo Tomás de Castilla			
Capitanía de Puerto Barrios			
Marina de la Defensa Nacional			
Brigada de Fuerzas Especiales			
Conap			
Segeplán			
Infom			
Dirección General de Asuntos Marítimos, Mindef			
Ocret			

Fuente: elaboración propia

Acerca de esta publicación

El presente plan se constituye en un instrumento de gestión para la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático en la zona marino-costera (ZMC) del Caribe de Guatemala, a través de la mejora en el manejo, conservación e integridad de los ecosistemas naturales, así como la disminución de las amenazas sobre los aspectos de bienestar humano derivados de los bienes y servicios ecosistémicos, aumentando con ello la capacidad adaptativa y resiliencia ante los impactos de dicho fenómeno.

El análisis evidenció la importancia de las áreas protegidas dentro de la capacidad adaptativa al cambio climático, tanto para la zona terrestre como para la marina. El manejo y gestión adecuada de las áreas protegidas salvaguarda la mayor parte de la ZMC, y ayuda a la conservación y calidad de los bosques y la biodiversidad; así como a mantener la integridad de las partes altas de las cuencas de la zona terrestre.

La contaminación del agua es una variable de exposición a considerar, debido a que las mayores zonas de vulnerabilidad corresponden con la desembocadura de Río Dulce. Al analizar las variables de sensibilidad, se encontró que las condiciones actuales de las zonas de pesca aumentan la vulnerabilidad en la región, pudiendo pasar de la categoría sensible a expuesta.

