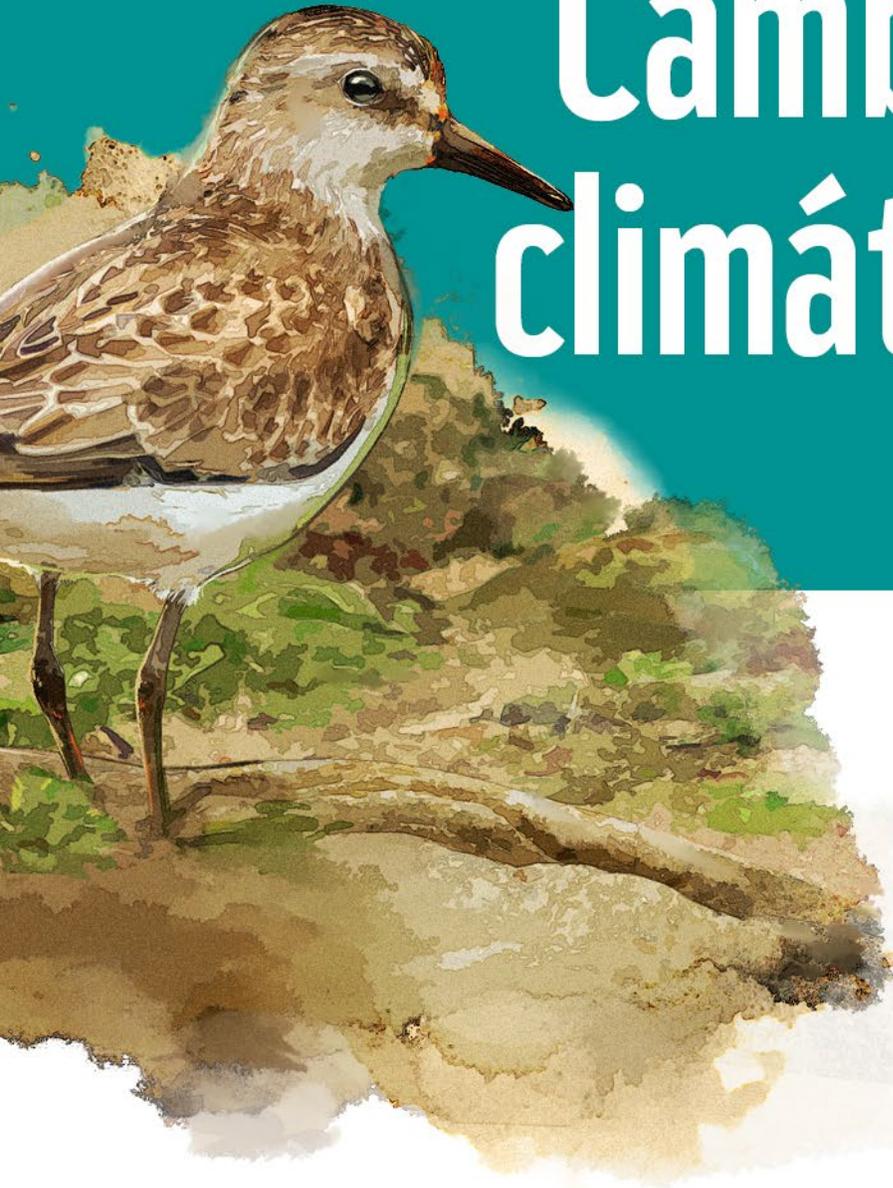


Diagnóstico del Estado del Ambiente Marino-Costero
del Pacífico de Guatemala

Informe temático

Cambio climático



Ministerio de
Ambiente y Recursos
Naturales

Ministerio de
Agricultura, Ganadería
y Alimentación



Aliados por
el manejo sostenible
del Pacífico



ÍNDICE

SIGLAS y ACRÓNIMOS	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. Elementos conceptuales de Referencia.	5
3. METODOLOGÍA	7
4. Contexto del Cambio Climático para la Zona Marino-Costera	9
A. ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y SUS EFECTOS PARA LOS RECURSOS MARINO-COSTEROS	12
B. TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM).....	14
C. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA.....	15
D. NIVEL DEL MAR	15
E. PRECIPITACIÓN	16
F. TORMENTAS TROPICALES.....	16
G. EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)	17
H. OLEAJE	18
I. CORRIENTES OCEÁNICAS.....	18
J. ACIDIFICACIÓN	19
5. Actividades Económicas en la ZMC y Cambio Climático.....	20
6. Actores Clave.....	22
7. Hallazgos relevantes	23
A. VACÍOS DE INFORMACIÓN	23
B. IMPACTO DEL CC EN LOS PROBLEMAS TRANSZONALES (PT) Y COMPARTIDOS (PC) PRIORIZADOS.	25
8. Conclusiones.....	27
9. Bibliografía	28
10. Anexos	32
A. ANEXO 1. IMÁGENES DE IMPACTOS CAUSADOS POR FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS.	32
B. ANEXO 2. MODELOS CONCEPTUALES INCLUYENDO LOS FENÓMENOS CLIMÁTICOS QUE PUEDEN EXACERBAR CAUSAS (A) O IMPACTOS (B).	35
C. ANEXO 3. PROBLEMAS CLIMÁTICOS Y SUS EFECTOS O IMPACTOS POTENCIALES (HIPÓTESIS) EN ECOSISTEMAS NATURALES Y SISTEMAS PRODUCTIVOS.	41

d. ANEXO 4. RETOS Y OPORTUNIDADES IDENTIFICADOS PARA LOS SECTORES AZULES COMO CONSECUENCIA DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	44
--	----

Índice de Tablas

Tabla 1: Valores promedio de Índices climáticos para la región del Pacífico de Guatemala (1981-2010), Pvalue con tendencia estadísticamente significativa (resaltada) y tendencia del comportamiento (+) creciente o (-) decreciente.....	10
Tabla 2: Resumen de los fenómenos climáticos relevantes para la Zona Marino Costera del litoral Pacífico de Guatemala.....	11
Tabla 3: Vulnerabilidad establecida para los municipios (2018) y departamentos (2022) costeros del Pacífico de Guatemala.....	13
Tabla 4: Descripción de los roles de los principales actores identificados con Cambio Climático,	23

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

APM	Área/s Protegida/s Marino-Costera/s
CC	Cambio Climático
CIF	Cost, Insurance, and Freight
CIHO	Comisión Interinstitucional de Investigación Hidro-Oceanográfica
CODEMAR	Comisión de Contingencia en Caso de Derrames de Hidrocarburos, sus derivados y Sustancias Potencialmente Peligrosas en el Mar y Regiones Marino Costeras
CONAMAR	Comisión Nacional de Administración Marítima
CNCC	Consejo Nacional de Cambio Climático
COCITOE	Comisión de la Ciencia, la Tierra y el Océano
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
CPN	Comisión Portuaria Nacional
DIGEMAR	Dirección General de Asuntos Marítimos
DIPESCA	Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
FOB	Free on Board
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
INE	Instituto Nacional de Estadística
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Panel Intergubernamental de Cambio Climático)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GT	Guatemala
LMCC	Ley Marco de Cambio Climático
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MER	Sistema de Monitoreo, Evaluación y Reporte
MMC	Mesa Técnica para la Gestión Integrada Marino Costera (Mesa Marino-Costera)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OCSE-Ambiente	Oficina Coordinadora Sectorial de Estadísticas de Ambiente
pH	Potencial de Hidrógeno
PNCC	Política Nacional de Cambio Climático
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RA	<i>Rainforest Alliance</i>
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
SENACYT	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
SGCCC	Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático
SNICC	Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático
TNC	The Nature Conservancy
ZEE	Zona Económica Exclusiva
ZMC	Zona(s) Marino-Costera(s)

1. INTRODUCCIÓN

Este documento técnico sistematiza la información relacionada al Cambio Climático para la Zona Marino Costera (ZMC) del Pacífico de Guatemala como un insumo inicial para identificar la problemática para el componente del clima en el diagnóstico, así como para la identificación de actores clave que sean específicos para la comprensión del tema.

A partir de la sistematización inicial de información se han identificado los principales problemas climáticos para la ZMC y sus potenciales impactos o efectos en los ecosistemas naturales y en los sistemas productivos, también una serie de variables climáticas cuyos comportamientos han sido descritos a través de series históricas permiten tener una proyección de su comportamiento a lo largo de series cronológicas de largo plazo (MARN-PNUD, 2018, Insivumeh 2018, MARN-RA 2022). A partir de esta información se pueden desarrollar los modelos conceptuales o árboles de problemas identificados a través de las cadenas causales adyacentes a cada problema.

2. ELEMENTOS CONCEPTUALES DE REFERENCIA.

Los elementos conceptuales empleados en este documento se basan en la terminología actualizada y empleada por el IPCC (2023) y las consideraciones establecidas en la ley de cambio climático (Decreto del Congreso 7-2013) que son consistentes con esas definiciones.

Cambio climático. Un cambio en el estado del clima que se puede identificar (p. ej., con pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un período prolongado, generalmente décadas o más. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o forzamientos externos como modulaciones de los ciclos solares, erupciones y cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo.

Cambio climático abrupto. Un cambio abrupto a gran escala en el sistema climático que tiene lugar durante unas pocas décadas o menos, persiste (o se prevé que persista) durante al menos unas pocas décadas y causa impactos sustanciales en los sistemas humanos y/o naturales.

Variabilidad natural (climática). La variabilidad natural se refiere a las fluctuaciones climáticas sin influencia humana, o sea, la interna combinada con la respuesta a factores naturales externos como erupciones volcánicas, cambios en la actividad solar y, en escalas de tiempo más largas, efectos orbitales y tectónica de placas.

Vulnerabilidad. La propensión o predisposición de ser afectado negativamente. La vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos y elementos, incluida la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse.

Índice de vulnerabilidad. Métrica que caracteriza la vulnerabilidad de un sistema. Un índice de vulnerabilidad climática se obtiene normalmente combinando, con o sin ponderación, varios indicadores que se supone que representan la vulnerabilidad.

Adaptación. En los sistemas humanos, el proceso de ajuste al clima real o esperado y sus efectos, para moderar el daño o explotar oportunidades benéficas. En los sistemas naturales, el proceso de adaptación al clima real y sus efectos; la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima esperado y sus efectos.

Sensibilidad. El grado en que un sistema o especie se ve afectado, ya sea adversa o beneficiosamente, por la variabilidad o el cambio climático. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en el rendimiento de los cultivos en respuesta a un cambio en la media, el rango o la variabilidad de la temperatura) o indirecto (por ejemplo, daños causados por un aumento en la frecuencia de las inundaciones costeras debido al aumento del nivel del mar).

Capacidad adaptativa. La capacidad de los sistemas, *las instituciones*, los seres humanos y otros organismos para adaptarse a posibles daños, aprovechar las oportunidades o responder a las consecuencias.

Escenario. Una descripción plausible de cómo puede desarrollarse el futuro basada en un conjunto coherente e internamente consistente de supuestos sobre las fuerzas impulsoras clave (por ejemplo, la tasa de cambio tecnológico, los precios) y las relaciones. Tenga en cuenta que los escenarios no son predicciones ni pronósticos, sino que se utilizan para proporcionar una visión de las implicaciones de los desarrollos y las acciones.

Mitigación (del cambio climático). Una intervención humana para reducir las emisiones o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero.

Impactos. Las consecuencias de los riesgos reales en los sistemas naturales y humanos, cuando los riesgos se derivan de las interacciones de los peligros relacionados con el clima (incluidos los fenómenos meteorológicos o climáticos extremos), la exposición y la vulnerabilidad. Los impactos generalmente se refieren a los efectos sobre las vidas, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los ecosistemas y las especies, los activos económicos, sociales y culturales, los servicios (incluidos los servicios ecosistémicos) y la infraestructura. Los impactos pueden denominarse consecuencias o resultados y pueden ser adversos o beneficiosos.

Exposición. La presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Resiliencia. La capacidad de los sistemas sociales, económicos y ecológicos interconectados para hacer frente a un evento, tendencia o perturbación peligrosos, respondiendo o reorganizándose de manera que mantengan su función, identidad y estructura esenciales. La resiliencia es un atributo positivo cuando mantiene la capacidad de adaptación, aprendizaje y/o transformación.

Según ese marco conceptual, se ha definido que la vulnerabilidad de los ecosistemas, las comunidades y sus medios de vida depende de su capacidad de adaptarse a los efectos e impactos del cambio climático, y de la sensibilidad a los impactos. En los análisis realizados en Guatemala se ha usado esta premisa, expresada por medio de la siguiente fórmula:

Vulnerabilidad ante el CC = (Exposición + Sensibilidad) – Capacidad Adaptativa.

3. METODOLOGÍA

Se realizó una recopilación de información relacionada al cambio climático a nivel de país y luego se refinó la búsqueda a un nivel más específico en el ámbito de las ZMC, en particular hacia el litoral Pacífico. Toda la información fue organizada en una carpeta temática específica para ser analizada. Con base en esta sistematización de información se identificaron los potenciales impactos de las variables climáticas y la exacerbación de sus efectos sobre elementos de conservación y medios de vida.

A partir de ello se realizó una identificación de partes interesadas y actores clave el cual sirvió de insumo para los análisis vinculados a los sectores azules, así como detalles para establecer impactos ambientales, sociales y económicos. Para identificar los problemas derivados del CC se enlistaron las variables y efectos del cambio climático sobre elementos ambientales (de conservación) y socioeconómicos dando una primera priorización con base en el análisis de la vulnerabilidad actual identificada en dos esfuerzos nacionales previos.

Con base en ello se realizaron análisis de como el CC exagera factores e impactos relacionados con los problemas transzonales y compartidos, identificando también oportunidades que pueden ser desarrolladas a partir de esos retos.

Sobre esta base se describieron los principales hallazgos relacionados con un problema transzonal (PT) y compartidos (PC) identificados durante el taller realizado en México¹, los cuales fueron:

¹ Taller binacional México-Guatemala: identificación y priorización de los problemas ambientales compartidos para el desarrollo del análisis del diagnóstico transzonal (ADT) del

1. Degradación de la calidad del agua costera y marina por diversas fuentes de contaminación (PC).
2. Reducción de productos pesqueros (PT)
3. La degradación y pérdida de hábitat marino costeros (PC).

4. CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA ZONA MARINO-COSTERA

Las características climáticas descritas para la región continental del Pacífico de Guatemala abarcan desde el municipio de Ocos en departamento de San Marcos (Occidente) hasta el municipio de Moyuta en departamento de Jutiapa (Oriente) y desde la cota de los 600 msnm hasta el nivel del mar (Insivumeh, 2018; MARN y PNUD, 2018). La región se caracteriza por un clima tropical cálido, sin una estación fría claramente definida, con carácter húmedo con invierno seco, variando a semisecos con invierno seco (Insivumeh, 2018).

Las precipitaciones en esta región son menores a la región de la boca costa mostrando un gradiente norte a sur disminuyendo la precipitación más cerca del litoral (Insivumeh, 2018). El gradiente oeste-este muestra menores precipitaciones, cercanas a los 1,000 mm promedio anuales del lado oeste, y valores cercanos a los 2,000 mm promedio anual del lado este (MARN y PNUD, 2018).

Esta región se caracteriza por presentar un promedio pluviométrico entre 1,200 a 1,700 mm de lluvia anual, con una estación lluviosa entre los meses de mayo a noviembre. La región muestra un incremento en su promedio de lluvia anual entre 286 a 215.8 mm en toda la región (Insivumeh 2018, MARN y PNUD, 2018). El mayor valor registrado para la región es de 3,149.30 mm en el año 2010, debido al evento de la niña y tormenta tropical Agatha. La tendencia es que la lluvia anual incremente de 15 a 29 mm/año, con eventos de lluvia de mayor intensidad y menor número de días con lluvia (Insivumeh, 2018).

La temperatura media anual muestra un gradiente este-oeste, inverso al mostrado por la precipitación, con valores cercanos a los 27° C en el este y temperaturas que alcanzan los 30° C (MARN y PNUD, 2018). Las temperaturas más altas ocurren entre los meses de abril y mayo. Con anomalías de temperatura que oscilan desde cerca de los 0.2° C hasta cerca de los 1.8° C. La tendencia de la temperatura es a incrementarse entre 0.02 a 0.03 ° C cada año, provocando con ello aumento en las tasas de evapotranspiración potencial reduciendo por ende la cantidad de agua en el suelo (Insivumeh, 2018).

La Tabla 1 muestra el resumen de 14 índices de la estación de Puerto de San José (Insivumeh 2021). Del análisis climático destaca la tendencia al incremento de temperaturas para los periodos analizado, siendo estadísticamente significativas el rango diurno de temperaturas (DTR), noches calientes (TN90p) y el valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria (Tn) (Insivumeh 2018).

Tabla 1: Valores promedio de Índices climáticos para la región del Pacífico de Guatemala (1981-2010), Pvalue con tendencia estadísticamente significativa (resaltada) y tendencia del comportamiento (+) creciente o (-) decreciente.

Agrupación	Variable	Nombre	Descriptor	Valores Promedio		Pvalue y tendencias	
				1981-2010	1991-2010	1981-2010	1991-2010
Índice T max de día	TX90P	Días calientes	Porcentaje de días cuando la temperatura máxima diaria > percentil 90.	9.1	11.9	(+) 0.00	(+) 0.08
Índice T max de noche	TN90p	Noches calientes	Porcentaje de días en que la temperatura mínima diaria > percentil 90.	9.7	17.6	(+) 0.00	(+) 0.00
Índice T máxima	TXx	Max. Tmax.	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria.	37.8	38.1	(+) 0.06	(+) 0.32
			Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	26	26	(-) 0.21	(+) 0.44
	TXn	Min. Tmax.	Valor mínimo mensual de la temperatura máxima diaria.	26.7	26.5	(-) 0.19	(-) 0.35
			Valor mínimo mensual de la temperatura mínima diaria.	14.5	14.9	(-) 0.8	(+) 0.04
Índice T Mínima	TX10P	Días fríos	Porcentaje de días en que la temperatura máxima diaria < percentil 10.	9.6	10.7	(+) 0.04	(+) 0.14
			Porcentaje de días cuando la temperatura mínima diaria <10 percentil.	7.3	7.2	(+) 0.05	(-) 0.62
Rango de la temperatura	DTR	Rango de temperatura diurno	Diferencia media mensual entre TX y TN.	11.6	11.4	(-) 0.12	(-) 0.01
Índice de Sequía	CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RR<1mm	112.2	119.1	(+) 0.07	(+) 0.53
			Cantidad máxima de precipitación en 5 días	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos.	267.3	290.7	(+) 0.24
Índices PPT y eventos extremos	R10mm	Número de días con precipitación intensa	Conteo anual de días cuando PRCP>=10mm.	42.9	45.1	(+) 0.06	(+) 0.26
			Duración máxima de la racha	Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm	8.4	8.6	(+) 0.03
	R95p	Días muy húmedos	Precipitación anual total en que RR>95 percentil	541.8	584.7	(+) 0.07	(-) 0.74

Fuente: Elaboración propia con datos de Insivumeh 2021, 2023.

La temperatura superficial del mar presenta valores que oscilan de 28.7 °C a 30.8 °C aproximadamente para el periodo comprendido entre 1940 al 2022, con temperaturas máximas alcanzando cerca de los 32 °C y temperatura mínimas cercanas a los 26.8 °C. Se estima un incremento significativo de la TSM de 0.5 °C desde el año 1940 hasta el 2022 (Insivumeh, 2023). Los cambios observados y proyectados de los fenómenos climáticos para la costa sur pueden verse en la tabla 2.

Para el litoral Pacífico, tomando de base la climatología de 1991 a 2020, una temporada de huracanes promedio tiene 15 tormentas nombradas, 8 huracanes y 4 huracanes mayores (Insivumeh, 2023). La temporada de huracanes del año 2023 termino con 17 tormentas, 10 huracanes y 6 huracanes mayores (NOAA, 2024²).

Tabla 2: Resumen de los fenómenos climáticos relevantes para la Zona Marino Costera del litoral Pacífico de Guatemala.

CC Observado (1950-2020)			
Fenómenos Climáticos	Datos de Fuentes Secundarios	Información ZMC del Pacífico GT	Proyección Climática (2050)
Temperatura atmosférica	+ 1°C	+ 0.71-0.96 °C	+ 2°C
Temperatura superficial del mar	+0.44 °C	+0.44 °C	+ 1.5 °C
Nivel del mar	+ 0.3 cm	+ 1.17-2.50 mm	+1 cm
Cambio en patrones de precipitación	+ 18 %	286-215 mm, 10%	-20 %
Recurrencia de tormentas tropicales	15 (1980-1989); 9(1990-1999); 39 (2000-2009)	15 (1980-1989); 9(1990-1999); 39 (2000-2009)	No están claras las tendencias
Recurrencia del ENOS	1 evento extremo cada 20 años		1 evento extremo cada 10 años
Cambio en la altura del oleaje	Incremento en la altura en especial en pleamar	No hay registros sistematizados para el litoral Pacífico de GT. Informes de eventos de pleamar en Champerico, Taxisco, Chiquimulilla, Pasaco y Moyuta	No están claras las tendencias, aunque se prevé mayor recurrencia de mareas de fondo
Cambio en corrientes oceánicas	Disminución mezcla de aguas	No se tienen registros periódicos y datos para el océano Pacífico de GT	Termoclina permanente y profunda, aumento de zona hipóxica

² Consultado en línea en <https://www.aoml.noaa.gov/2023-hurricane-field-program-data/>

CC Observado (1950-2020)			
Fenómenos Climáticos	Datos de Fuentes Secundarios	Información ZMC del Pacífico GT	Proyección Climática (2050)
Acidificación del mar	pH 8.1 nivel actual; aumento del 26% en acidez con respecto a niveles preindustriales (pH 8.2)	No se tienen registros periódicos y datos para el océano Pacífico de GT	PH 7.95 (incremento del 50% en la acidez con respecto al nivel actual).0.14-0.15 grados de concentración de iones h+ (del 38% al 41% a nivel mundial según el IPCC, 2013, 2023.

Tomado de MARN-PNUD 2018 y modificado con base en Insivumeh 2018, 2023, IPCC 2023.

a. ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y SUS EFECTOS PARA LOS RECURSOS MARINO-COSTEROS

Los análisis de vulnerabilidad al cambio climático para el Pacífico de Guatemala han sido desarrollados con diferentes niveles de detalle (Tabla 3): en el 2018 se desarrollaron a nivel de 17 municipios costeros basado en el análisis de índices y 24 variables. En el 2022 se realizó un ejercicio para todo el país, incluyendo los seis departamentos costeros, y 13 variables (MARN-PNUD 2018, MARN-RA 2022a-f.).

Ambos análisis emplearon la definición del IPCC que indica que la vulnerabilidad está influenciada por la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa para mitigar los impactos del CC. Sin embargo, como se indica los niveles de detalle y variables son diferentes. Solamente el análisis del 2018 incluye dos variables netamente oceánicas: Aumento del nivel del mar y Temperatura Superficial del Mar. En el anexo 1 pueden observarse imágenes de algunos de los impactos causados por fenómenos atmosféricos descritos más adelante.

Tabla 3: Vulnerabilidad establecida para los municipios (2018) y departamentos (2022) costeros del Pacífico de Guatemala.

Departamento	Municipio	2018 ¹		2022 ²	
		Actual	Futura	Actual	Futura
Escuintla	Tiquisate	Alta	Alta	Alta	Baja
	Nueva Concepción	Alta	Alta		
	Sipacate	Muy Alta	Muy Alta		
	San José	Muy Alta	Alta		
	Iztapa	Baja	Media		
Jutiapa	Pasaco	Alta	Muy Alta	Baja	Moderada
	Moyuta	Media	Baja		
Retalhuleu	San Andrés Villa Seca	Media	Alta	Baja	Baja
	Retalhuleu	Media	Baja		
	Champerico	Baja	Muy Alta		
San Marcos	Ocós	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
	La Blanca	Baja	Alta		
Santa Rosa	Guazacapán	Alta	Media	Alta	Moderada
	Taxisco	Baja	Baja		
	Chiquimulilla	Baja	Baja		
Suhitepéquez	San Lorenzo	Muy Alta	Media	Alta	Moderada
	Santo Domingo Suchitepéquez	Alta	Media		

Fuente; Elaboración propia con base en MARN-PNUD 2018, MARN-RA 2022a-f.

¹ Actual = 2018, Futura = 2050.

² Actual = 2022, Futura = 2040-2069

De manera sintética podemos identificar los problemas relacionados con los fenómenos climáticos descritos anteriormente, así como sus efectos o impactos en los ecosistemas naturales o sistemas productivos. Esta síntesis está basada en análisis y descripciones de hipótesis de impacto del CC realizadas para las ZMC del país (MARN-PNUD, 2018, MARN-RA

2022a-f. Jolon et al 2022 a y b). En el anexo 2 se puede observar cómo estos fenómenos climáticos pueden exacerbar factores causales o impactos en los problemas transzonales y compartidos identificados durante el taller realizado en México.

b. TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

El incremento de la temperatura superficial en el litoral Pacífico de Guatemala, como resultado del cambio climático, puede tener varios impactos significativos que incluyen:

1. **Incremento de eventos climáticos extremos:** El calentamiento de la superficie del océano puede contribuir a la formación de huracanes y tormentas más intensos y tormentas tropicales en la región (MARN-PNUD 2018, Ramírez y Ortiz 2019). Estos eventos extremos causan daños, y pérdidas millonarias, a la infraestructura costera, así como poner en peligro la vida y los medios de subsistencia de las comunidades costeras. Estos impactos pasaron de ser estimados en la década de los 40's cercanos a los US\$147 millones a US\$1,320 en el periodo de 2010-2019 (MARN-SEGEPLAN 2021).
2. **Impacto en la pesca y la economía local:** Los cambios en la temperatura del mar pueden afectar la disponibilidad y productividad de las especies marinas, lo que repercute en la pesca y en la economía de las comunidades costeras que dependen de estos recursos, así como en el turismo (MARN-PNUD 2018, Ramírez y Ortiz 2019, Gaines *et al* 2018, Free *et al* 2019, Lam *et al* 2016, López-Selva 2022).
3. **Alteraciones en los patrones de migración y distribución de especies marinas:** En general las especies marinas se encuentran a rangos de temperaturas específicas, por lo que un aumento de esta puede desencadenar cambios en los patrones de migración y distribución de estas especies. Esto puede afectar a las poblaciones locales de peces, en particular a las más sensibles y menos adaptables a estos cambios, y otros organismos marinos (incluido especies exóticas), así como a las actividades pesqueras (Bryndum-Buchholz *et al* 2020, Free *et al* 2019, Gaines *et al* 2018, Ramírez y Ortiz 2019).
4. **Riesgo de enfermedades:** El aumento de la temperatura del mar puede favorecer la proliferación de ciertas enfermedades o afloramientos de algas (marea roja), lo que puede afectar la salud de las poblaciones costeras que consumen estos productos. Las costas guatemaltecas han sido afectadas en más de 10 ocasiones desde 1987, por florecimiento algales causando muerte de decenas de adultos y niños (García 2019).
5. **Blanqueamiento de los arrecifes de coral:** El aumento de la temperatura del agua provoca el blanqueamiento de los corales, lo que resulta en la expulsión de las algas simbióticas que les proporcionan energía. Periodos prolongados de altas TSM pueden llevar a la muerte de los arrecifes de coral, lo que a su vez afecta a la biodiversidad marina y a las comunidades que dependen de ellos (Fabricius 2011, Juárez 2021, McField *et al* 2024).

c. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

El incremento de la temperatura atmosférica puede tener diversos impactos en el ecosistema y las comunidades locales. Algunos de los impactos incluyen:

1. **Cambios en los patrones de lluvia:** El aumento de la temperatura puede alterar los patrones de lluvia en la zona costera, lo que puede llevar a inundaciones repentinas por mayores cantidades de agua en menos tiempo, o a periodos de sequía más extensos. Estos cambios en el clima afectan la agricultura, la disponibilidad de agua dulce y la seguridad alimentaria de las comunidades ribereñas (Insivumeh 2021, 2023, MARN-SEGEPLAN 2021).
2. **Olas/Golpes de calor.** Incrementos por encima de los promedios de temperatura pueden tener efectos inmediatos en las personas, así como potencialmente causar la muerte de fauna silvestre o en el bienestar de la población por el incremento de enfermedades vectoriales, cardíacas y respiratorias (Insivumeh 2021, Oyarzún et al 2021, OMM 2024, ver tabla 1).
3. **Mayor riesgo de sequías e incendios forestales:** El aumento de la temperatura puede provocar sequías más intensas y frecuentes en la región costera, lo que aumenta el riesgo de incendios forestales. Esto puede afectar la vegetación (Ramírez y Ortiz 2019), la biodiversidad y la calidad del aire en la zona (MARN-PNUD 2018, Lopez-Selva 2022).
4. **Incremento de la temperatura del agua:** El aumento de la temperatura del aire también puede influir en la temperatura del agua en la costa, lo que afecta a los ecosistemas marinos y costeros (Ramírez y Ortiz 2019). Esto puede tener consecuencias en la pesca, el turismo y la salud de los ecosistemas marinos (Insivumeh 2021, 2023, ver literal b de esta sección).
5. **Estrés térmico.** Los periodos prolongados de incremento de la temperatura pueden generar estrés térmico en los ecosistemas costeros, lo que puede resultar en la pérdida de biodiversidad, la degradación de los arrecifes de coral y la disminución de las poblaciones de peces y otros organismos marinos (MARN-PNUD 2018, Free 2019, Jolon et al 2022 a).

d. NIVEL DEL MAR

El aumento del **nivel del mar** es un problema derivado del incremento de la temperatura ambiental, lo que provoca la expansión térmica del agua, deshielo de los glaciares y casquetes polares. Esto puede tener varios impactos negativos, entre ellos:

1. **Erosión costera.** Generando pérdida de terrenos, daños a infraestructura litoral, pérdida de hábitat como el espacio de anidación para tortugas marinas, cambios en la forma y ubicación de la línea costera (Guido et al 2009, Boix et al 2011, Secaira y Acevedo 2017, Ramírez y Ortiz 2019, Burden et al 2020).

2. **Intrusión salina.** Incremento de agua salada en acuíferos costeros de agua dulce reduciendo la disponibilidad de líquido para consumo humano (MARN-PNUD 2018), un estudio realizado en la costa del pacífico documenta valores de salinidad entre 290 a 3,080 mg/L muy por encima del límite máximo aceptable de 100 mg/L (Ariano et al 2018).
3. **Destrucción de ecosistemas costeros.** Destrucción de manglares y ecosistemas estuarinos, incrementando la salinización en áreas influidas más por sistemas dulceacuícolas (Insivumeh 2021, 2023, MARN-SEGEPLAN 2021).

e. PRECIPITACIÓN

Los cambios en los **patrones de precipitación** pueden tener varios impactos significativos entre ellos:

1. **Ciclos hidrológicos.** alteración de los ciclos hidrológicos naturales, lo que puede llevar a sequías más severas o a periodos de lluvias intensas y prolongadas. Esto a su vez puede resultar en la reducción de la disponibilidad de agua dulce, afectando a la agricultura, la biodiversidad y la provisión de agua potable para las comunidades locales, así como al incremento de enfermedades en las poblaciones humanas (MARN-PNUD, 2018, Ramírez y Ortiz 2019, Insivumeh 2021, 2023, MARN-SEGEPLAN 2021, Oyarzún et al 2021).
2. **Aumento de desastres.** El riesgo de deslizamientos de tierra e inundaciones en áreas costeras, lo que puede poner en peligro a la población, ganadería y la infraestructura (MARN-PNUD 2018, Insivumeh 2021, 2023, MARN-SEGEPLAN 2021).
3. **Alteración de dinámicas ecosistémicas.** Asimismo, estos cambios pueden afectar a los ecosistemas marinos y costeros, alterando las dinámicas de los manglares, arrecifes de coral, pastos marinos, zonas estuarinas y otras formaciones naturales importantes para la biodiversidad y la protección costera (MARN-PNUD 2018, Jolon et al 2022 a, López-Selva 2022).

f. TORMENTAS TROPICALES

El incremento en la **recurrencia de tormentas tropicales** en la zona costera del Pacífico de Guatemala puede tener varios impactos significativos. Algunos de estos impactos incluyen:

1. **Mayor riesgo de inundaciones:** Las tormentas tropicales pueden traer consigo fuertes lluvias y vientos intensos, lo que aumenta el riesgo de inundaciones en las zonas costeras. Esto puede resultar en daños materiales, pérdida de cultivos y riesgos para la seguridad de las personas (Insivumeh 2021, 2023, MARN-PNUD 2018, MARN-SEGEPLAN 2021).
2. **Riesgos para la salud y seguridad:** Las tormentas tropicales pueden representar riesgos para la salud y seguridad de las comunidades costeras debido a posibles

deslizamientos de tierra, contaminación del agua y propagación de enfermedades (Oyarzún et al 2021, MAGA 2020, MARN-SEGEPLAN 2021, OMM 2024).

3. **Erosión costera:** Las tormentas tropicales también pueden acelerar el proceso de erosión costera al traer consigo olas grandes y marejadas que afectan la estabilidad de las playas y la infraestructura costera (Guido *et al* 2009, Boix et al 2011, Secaira y Acevedo 2017, Ramírez y Ortiz 2019).
4. **Daños a la infraestructura:** Los vientos fuertes y las lluvias intensas asociadas con las tormentas tropicales pueden causar daños significativos a la infraestructura costera, como carreteras, puentes, viviendas y sistemas de drenaje (MARN-PNUD 2019, MAGA 2020, MARN-SEGEPLAN 2021).
5. **Impacto en la agricultura:** Las tormentas tropicales pueden afectar los cultivos agrícolas en las zonas costeras, provocando pérdidas económicas para los agricultores y escasez de alimentos en la región (MARN-PNUD 2018, Deschenes y Greestone 2007, Zhang et al 2017, MAGA 2020, MARN-SEGEPLAN 2021).

g. EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)

El incremento de la recurrencia del ENOS puede tener varios impactos significativos en el clima y los ecosistemas de la ZMC. Algunos de estos impactos incluyen:

1. **Sequías y escasez de agua:** Durante eventos de El Niño, se pueden experimentar sequías prolongadas en la región, lo que resulta en escasez de agua para actividades agrícolas, ganaderas, turísticas y uso doméstico en las comunidades costeras (MARN-PNUD 2018, Insivumeh 2021, 2023, MARN-SEGEPLAN 2021).
2. **Mayor riesgo de enfermedades:** El aumento de la temperatura del mar y los cambios en los patrones climáticos durante episodios de El Niño pueden favorecer la proliferación de enfermedades transmitidas por el agua o por vectores, tal como ha ocurrido con el dengue en los años 2023-2024 reportan as de 72, 000 y 81,000 respectivamente, lo que representa un riesgo para la salud de las comunidades costeras (Oyarzún et al 2021, MARN-PNUD 2018, García 2019, OMM 2024).
3. **Impacto en la pesca:** El aumento de la temperatura del mar y los cambios en la circulación oceánica durante eventos de El Niño pueden afectar la distribución y disponibilidad de especies marinas, lo que impacta en la pesca en la región (Bryndum et al 2020, Gaines et al 2018, IPCC 2023, MARN-PNUD 2018, Lam 2016, Weatherdon et al 2016, Ramírez y Ortíz 2019)
4. **Aumento de la temperatura del mar:** Durante episodios de El Niño, se puede observar anomalías de aumento en la temperatura del mar en la región, lo que puede afectar negativamente a los ecosistemas marinos, como los arrecifes de coral y las especies marinas, tal como se ha indicado anteriormente (Insivumeh 2021, 2023, ver literal b de esta sección).

5. **Incremento de incendios forestales:** Las condiciones secas y calurosas asociadas con El Niño pueden aumentar el riesgo de incendios forestales en la zona marino-costera, por aumento de material combustible muy seco, lo que puede tener efectos devastadores en la biodiversidad y en la calidad del aire, tal como se observó en la temporada de incendios del 2024 (MARN-PNUD 2018, Lopez-Selva 2022).

h. OLEAJE

El cambio en la altura y fuerza del oleaje puede tener varios impactos significativos en los ecosistemas marinos, la infraestructura costera y la seguridad de las comunidades cercanas a la costa. Algunos de estos impactos incluyen:

1. **Erosión costera:** Un aumento en la altura y fuerza del oleaje puede acelerar el proceso de erosión costera, provocando la pérdida de playas, la degradación de ecosistemas costeros como manglares y la exposición de infraestructura a riesgos de daños, tal como se explicó anteriormente (Guido et al 2009, Boix et al 2011, Secaira y Acevedo 2017, Ramírez y Ortiz 2019).
2. **Daños a la infraestructura:** La fuerza del oleaje puede causar daños a la infraestructura costera, como muelles, embarcaderos, rompeolas y viviendas ubicadas en la costa, lo que puede resultar en costosos procesos de reconstrucción y reparación (MARN-SEGEPLAN 2021).
3. **Inundaciones costeras:** Oleajes más altos y fuertes pueden contribuir a inundaciones costeras durante eventos climáticos extremos, eventos conocidos en Guatemala como “marea de fondo” poniendo en riesgo a las comunidades costeras, dañando infraestructura (domiciliar y turística) y las actividades económicas ubicadas en zonas bajas (MARN-PNUD 2018, MAGA 2020).
4. **Impacto en actividades turísticas:** Cambios en la altura y fuerza del oleaje pueden afectar las actividades turísticas en la zona costera, como el surf, la natación y el buceo, lo que puede tener consecuencias económicas para las comunidades que dependen del turismo como Sipacate y Monterrico (MARN-PNUD 2018, Ramírez y Ortiz 2019, Weatherdon et al 2016, Harking et al 2020).
5. **Pérdida de hábitats marinos:** Oleajes más intensos pueden impactar los hábitats marinos, como arrecifes de coral y praderas de pastos marinos, afectando a la biodiversidad marina y a la pesca en la región (Burden 2020, Gatusso et al 2018, IPCC 2019, 2023, Poulter 2010, Secaira y Acevedo 2017).

i. CORRIENTES OCEÁNICAS

El cambio en las corrientes oceánicas puede tener varios impactos en el ecosistema marino, el clima local y las actividades humanas en la región. Algunos de estos impactos incluyen:

1. **Erosión costera:** Las corrientes oceánicas tienen un papel en la redistribución de sedimentos a lo largo de la costa. Alteraciones en las corrientes pueden intensificar la erosión costera y afectar la estabilidad de las playas y los ecosistemas cercanos (Guido et al 2009, Boix et al 2011, Secaira y Acevedo 2017).
2. **Modulación del clima local:** Las corrientes oceánicas son un factor clave en la regulación del clima local y la temperatura del agua. Cambios en las corrientes pueden influir en los patrones de temperatura, precipitación y eventos climáticos extremos en la región costera (Insivumeh 2021, 2023, MARN-SEGEPLAN 2021, Oyarzún et al 2021).
3. **Circulación de nutrientes:** Las corrientes oceánicas transportan nutrientes fundamentales para los ecosistemas marinos. Alteraciones en las corrientes pueden afectar la disponibilidad de nutrientes, impactando la productividad biológica y la salud de los ecosistemas (Vide 2020).
4. **Incidencia de fenómenos climáticos extremos:** Las corrientes oceánicas pueden influir en la intensidad y trayectoria de fenómenos climáticos como huracanes y tormentas tropicales. Cambios en las corrientes pueden aumentar el riesgo de estos eventos extremos en la zona marina del Pacífico de Guatemala (Insivumeh 2021, 2023, MARN-SEGEPLAN 2021, Oyarzún et al 2021).
5. **Distribución de especies marinas:** Las corrientes oceánicas influyen en la distribución de nutrientes y la temperatura del agua, lo que a su vez afecta la distribución y migración de especies marinas. Cambios en las corrientes pueden alterar los patrones de pesca y la biodiversidad marina en la región (Bijma 2013, Vide 2020).

j. ACIDIFICACIÓN

La acidificación del mar puede tener varios impactos significativos en los ecosistemas marinos y en las comunidades que dependen de ellos. Algunos de estos impactos incluyen:

1. **Pesca y acuicultura:** La acidificación del mar puede tener impactos en los recursos pesqueros y en la acuicultura, afectando la disponibilidad y calidad de ciertas especies marinas que son importantes para la pesca y la acuicultura en la región (Bryndum et al 2020).
2. **Repercusiones económicas y sociales:** La acidificación del mar puede tener consecuencias económicas y sociales para las comunidades costeras que dependen de los recursos marinos como fuente de alimento, empleo y sustento. La disminución de la salud de los ecosistemas marinos puede afectar negativamente la seguridad alimentaria y los medios de vida de estas comunidades (Bosello et al 2012, Deschenes y Greestone 2007).
3. **Ecosistemas marinos:** La acidificación del mar puede alterar los ecosistemas marinos al afectar a los organismos que forman la base de la cadena alimentaria, lo que repercute en la biodiversidad y productividad de los ecosistemas acuáticos (Burden et al 2020, Fabricius et al 2011, Wheatherdon et al 2016).

4. **Impacto en organismos marinos:** La acidificación del mar puede tener efectos adversos en los organismos marinos, especialmente en aquellos con conchas, caparazones o esqueletos de carbonato de calcio, como corales, moluscos y ciertos crustáceos. El pH más bajo del agua puede dificultar la formación y el mantenimiento de estas estructuras, afectando su salud y supervivencia (Fabricius 2011, Bijma 2013).
5. **Interacción con el cambio climático:** La acidificación del mar puede interactuar con otros impactos del cambio climático, como el aumento de la temperatura y el nivel del mar, amplificando los efectos negativos en los ecosistemas marinos y en las comunidades costeras (Fabricius 2011, Bijma 2013, ver literales anteriores).

5. ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA ZMC Y CAMBIO CLIMÁTICO

En las ZMC ocurren una diversidad de actividades económicas importantes para el desarrollo de los países con ZMC como Guatemala, entre las cuales podemos mencionar: turismo, puertos, acuicultura (camarón, escama), pesca, cultivos de subsistencia (maíz, frijol, ajonjolí) y agrocultivos de exportación tales como banano, caña de azúcar y palma africana (López-Selva 2022, MARN y PNUD 2018, Weatherdon et al 2016).

Por ejemplo, el comercio exterior de Guatemala (con base al valor CIF de las importaciones y FOB de las exportaciones) los puertos marítimos aportaron el 62% del total de las divisas del sistema económico del país, es decir cerca de US\$ 27,551 millones anuales (CPN 2023). Es evidente que las actividades económicas en la ZMC son una fuente clave de ingresos por comercio interno y externo generando importantes divisas para los países (Lam, et al 2016, MARN, PNUD y RA, 2020) que se pueden ver afectadas por variaciones en las variables climáticas como pH, precipitación, temperatura terrestre y temperatura del mar (Fabricius et al 2011, Free et al 2019).

Actualmente tanto las actividades económicas como los medios de vida de las comunidades costeras están en riesgo debido a los efectos del CC sobre la incertidumbre de la variabilidad del clima. La salud 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 (Bijma et al 2013, Burden et al 2020). Sin embargo, estos ecosistemas se encuentran bajo presión de uso, lo cual aumenta la vulnerabilidad de los habitantes de los litorales (MARN y PNUD 2018) y si a ello le sumamos los efectos sinérgicos del aumento de la temperatura superficial en tierra y mar, precipitación, acidificación del mar, erosión del litoral, fenómenos de hipoxia en el mar y zonas litorales los efectos se amplifican (Weatherdon et al 2016, Bijma et al 2013, Burden et al 2020, Zhang et al., 2017).

Si bien es cierto que se han realizado aproximaciones a la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de las ZMC del país (TNC 2009), aún no se ha desarrollado un trabajo que

evalúe los impactos económicos de los efectos del CC sobre los medios de vida relacionados a la zona marino-costera y como se verán afectados a futuro si las ZMC dejan de producir ese bienestar o como puede cambiar en caso de que otros medios de vida pudieran verse favorecidos (MARN y PNUD 2018). Las pesquerías ilustran como pueden verse afectadas las mismas en diferentes partes del mundo ya sea positiva o negativamente, dando lugar a los famosos ganadores y perdedores del cambio climático. Por ejemplo, a través de los movimientos locales de los recursos pesqueros hacia zonas más confortables se reduce las capturas en áreas empleadas tradicionalmente para la pesca (Lam et al 2016, Bryndum-Buchholz et al 2020).

Las condiciones socioeconómicas de cada país, o en el ámbito subnacional (Pacífico o Caribe), le dan mayor complejidad al análisis. Si bien en otras partes del mundo ya se han desarrollado valoraciones del impacto económico debido a la variabilidad climática, en agricultura por ejemplo, estas no pueden compararse y cada caso contribuye parcialmente en el entendimiento de un problema complejo (Deschenes, 2007) o ejemplos en el mar con el caso de la pesca en el cual se estima que las pérdidas globales de la pesca pueden estimarse en US\$ 10 billones anuales en los próximos años si no se realiza manejo adaptativo al CC de las pesquerías (Gaines et al 2018).

Es importante considerar dentro de los análisis que se desarrollen en función del CC, la incertidumbre de la variabilidad climática, del cómo los eventos atmosféricos se verán incrementados o intensificados y cómo afectarán dichos cambios a cada uno de los sectores dentro de la ZMC (MARN y PNUD 2018, Poulter, 2010) y como dichos sectores debieran adaptarse de mejor manera a esos cambios (Gattuso, 2018).

La complejidad de este nivel de análisis requerirá desarrollar una serie de hipótesis de cómo se verán afectados los bienes y servicios derivados de la ZMC, cuáles serán los impactos económicos que tendrá en los sectores vinculados, como por ejemplo los sectores turístico, pesquero, agrícola, de conservación o incluso el cultural (Bosello et al., 2012, Harkin, 2020).

De acuerdo con las tendencias proyectadas al 2050, con base en datos históricos de varias decenas de años previos, se ha documentado que la temperatura podría incrementarse de 1 a 2 °C (IPCC, 2019). Esto tendría implicaciones en los ecosistemas ya que los mismos sufrirían cambios, en algunos casos ampliando su distribución actual, a expensas de la disminución de otros ecosistemas (Burden et al 2020, Bryndum-Buchholz et al 2020, IPCC, 2019, Lam, et al 2016, MARN-PNUD, 2018).

Estos cambios, unidos a los cambios en pH, productividad primaria neta y oxígeno tendrán efectos sinérgicos en la estructura, composición y función tanto de las poblaciones de especies como de los ecosistemas marinos (Bryndum-Buchholz et al 2020, Weatherdon et al 2016). Estos cambios pueden provocar reducciones en las poblaciones de peces de hasta 30-35%, lo cual

impactará no solamente en la reducción de las capturas, sino en las actividades asociadas a las pesquerías tales como incrementos en los costos operativos, ventas, así como aspectos de seguridad alimentaria en países en vías de desarrollo cuyas actividades económicas dependen de la pesca (Bryndum-Buchholz et al 2020, IPCC 2019, Lam et al 2016).

Por otro lado, para la actividad de agroexportación del cultivo de caña de azúcar, este incremento de temperatura podría beneficiarlo en una ampliación del rango altitudinal al que se siembra actualmente la caña. Esto generaría un impacto positivo que hace algunos años no se había tenido en cuenta, el ya mencionado juego de ganadores y perdedores del CC (Lam et al 2016).

Los efectos negativos exacerbados del cambio climático están directamente vinculados a la vulnerabilidad climática a causa del deterioro ambiental, escaso desarrollo económico de las comunidades, altos niveles de pobreza, baja capacidad de respuesta institucional entre las principales generando un escenario de mayor exposición y vulnerabilidad (Aguilar 2011, OMM 2024).

Los impactos del incremento de la vulnerabilidad climática se verán reflejados principalmente en daños a la población por tormentas, crecidas y sequías generando víctimas mortales, pérdidas a la agricultura que afectan la seguridad alimentaria y malnutrición, y aspectos de salud: enfermedades respiratorias, incremento de enfermedades vectoriales (OMM 2024)

6. ACTORES CLAVE

El CC vincula a un amplio grupo de actores por los impactos o efectos transversales que tiene en diferentes sectores ambientales, sociales y económicos. Los actores vinculados de otros sectores fueron abordados en los componentes temáticos respectivos (Tabla 4).

En esta sección se identifican a aquellos actores vinculados directamente con la generación, gestión o sistematización de información relacionada con el cambio climático en la ZMC. Estos actores están relacionados a los esquemas de gobernanza establecidos para el Grupo Multisectorial de la Zona Marino Costera del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático (GM-ZMC SNICC) y la Mesa Técnica para la Gestión Marino Costera (en particular la del Pacífico) y articulados para la implementación del sistema de monitoreo, evaluación y reporte de las ZMC de Guatemala (SENACYT-RA-PNUD 2018, MARN-PNUD-MARN, 2020, Jolon et al 2022 a, .

Tabla 4: Descripción de los roles de los principales actores identificados con Cambio Climático,

Actor	Rol
Insivumeh	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación o procesamiento de variables climáticas. 2. Elaboración de informes de las tendencias de las variables climáticas en periodos multianuales. 3. Difundir alertas tempranas y oportunas con relación a anomalías climáticas extremas.
MARN	<ol style="list-style-type: none"> 1. Líder de la mesa técnica marino costera 2. Encargado de implementar las actualizaciones del MER-ZMC en el SNICC
Consejo Nacional de Cambio Climático.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impulsar las líneas de investigación del Cambio Climático, en particular las de adaptación de la ZMC.
Senacyt-Cocitoe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impulsar el desarrollo de investigación dentro del marco de la Estrategia Nacional de investigación de la Zona Marino Costera (ENIMC) de Guatemala en su componente de cambio climático.
CIIHO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de investigación hidro-oceanográfica, en particular de impactos del CC en la ZMC.
ICC	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación y procesamiento de variables climáticas para la zona costera. 2. Elaboración de informes de las tendencias de las variables climáticas.
INE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Oficialización de estadísticas relacionadas al cambio climático.
Sector Académico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de investigación con relación a las tendencias climáticas del país. 2. Evaluación del impacto o efectos del cambio climático en diferentes sectores.

Fuente: Elaboración Propia

7. HALLAZGOS RELEVANTES

a. VACÍOS DE INFORMACIÓN

La problemática del cambio climático y la variabilidad climática están vinculadas con las anomalías que ocurren con relación a las variables climáticas y su actual tendencia al incremento y lo que eso implica con relación a los impactos potenciales que esto tiene. Las hipótesis de efectos o impactos en los ecosistemas naturales y sistemas productivos se detallan en el anexo 3. La identificación de efectos e impactos se realizaron con base en la revisión del numeral 3 y en detalle de lo descrito en los documentos MARN-PNUD 2018, Jolon 2022 a,b.

Así mismo el análisis de retos y oportunidades que se desarrolló para los sectores azules reflejan la vinculación de estos impactos de manera específica por sector e identifican la aplicación o

uso de herramientas ya desarrolladas como oportunidades para reducir la vulnerabilidad al cambio climático (ver anexo 4).

Un aspecto importante dentro de estos potenciales impactos es que existe un vacío de información con relación a la cuantificación de la atribución que se pueda dar al efecto de cada fenómeno climático descrito en este informe. A pesar de que en algunos casos se presentan datos a nivel global o de otros estudios realizados en otras regiones (ver secciones 3b a 3j), lo cual permite desarrollar los hipotéticos impactos o exacerbaciones, pero no una cuantificación real de dichos impactos.

Si bien las NDC de Guatemala para la ZMC contiene metas específicas para mitigar o adaptarse (MARN 2022), dentro de un contexto más amplio no sabemos si dichas medidas serán suficientes. Las metas se consideran bastante modestas con relación a los potenciales impactos identificados (MARN 2022, MARN-PNUD 2018, Jolon 2022 a,b).

El diagnóstico elaborado para el análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático en la ZMC del Pacífico de Guatemala (MARN-PNUD 2018), incluyó un análisis descriptivo de los fenómenos climáticos con base en once variables tanto terrestres como marinas:³. Para los análisis realizados a nivel departamental (MARN-RA 2022) se utilizaron once variables climáticas que afectan la parte terrestre⁴, de las cuales frentes fríos y heladas tienen poca relevancia para las ZMC. Esta diferencia de abordaje en el análisis y la escala geográfica de abordajes explican los diferentes resultados en el análisis de vulnerabilidad al CC.

Las fuentes de información para describir esas variables van desde bases de datos específicas con información local⁵ para TST, precipitación, sequías, inundaciones e incendios forestales; hasta bases de datos globales⁶ cuyo nivel de detalle permite describir adecuadamente la TSM, nivel del mar, ENOS, ciclones y tormentas para las costas del Pacífico de Guatemala.

Sin embargo, no se contaba con información sistematizada relativa a la altura del oleaje, corrientes oceánicas y de la acidificación del mar. Posterior a este estudio se empezó a contar con información procesada por Insivumeh para describir la altura del oleaje y procesamiento de bases de datos (NOAA) para contar con información de acidificación (MARN-PNUD-RA 2020). Otros vacíos identificados para cambio climático están reflejados en la estrategia nacional de investigación Marino-Costera para Guatemala (ENIMC, Senacyt-RA-PNUD 2018) que prioriza un

³ (1) temperatura superficial terrestre TST, (2) temperatura superficial del mar TSM, (3) precipitación, (4) nivel del mar, (5) acidificación del mar, (6) recurrencia de El Niño-Oscilación de Sur ENOS, (7) ciclones y tormentas tropicales, (8) corrientes oceánicas, (9) sequías, (10) inundaciones, (11) altura del oleaje, e (12) incendios forestales

⁴ (1) Precipitación, (2) temperatura, (3) sequía (4) olas de calor, (5) extremo de lluvia, (6) frentes fríos, (7) inundaciones, (8) deslizamiento, (9) ciclones tropicales, (10) heladas e (11) incendios forestales

⁵ Esto incluye información proveniente de: Insivumeh, MAGA, CONRED, Inab, CONAP.

⁶ Básicamente información de NOAA

total de 10 líneas. En la categoría de adaptación se busca generar información respecto a las necesidades o mecanismos de adaptación de las comunidades ribereñas y qué capacidad de adaptación existe, así como efectividad de esas medidas. Por otro lado, documentar si existen migraciones de especies marinas derivadas del CC.

En la categoría de mitigación, evaluaciones de carbono azul, mejorar el conocimiento y la predictibilidad del ENOS y medir las emisiones de CO₂ de la industria y agroindustria en la ZMC. En la categoría de M&E se busca mantener registros históricos de las variables climáticas indicadas anteriormente, monitoreo de impactos del CC y como varía la productividad marina.

b. IMPACTO DEL CC EN LOS PROBLEMAS TRANSZONALES (PT) Y COMPARTIDOS (PC) PRIORIZADOS.

Tal como se indico anteriormente el anexo 2 nuestra como las variables climáticas exacerbarán las causas o los impactos vinculados a cada uno de estos. En esta sección se resaltan algunos de ellos en particular desde esta óptica teniendo en mente que muchos de estos factores tienen efectos sinérgicos sobre más de una causa o impacto.

Degradación de la calidad del agua costera y marina por diversas fuentes de contaminación (PC). Existe una relación directa entre el aumento de la intensidad y ocurrencia del ENOS, el aumento de recurrencia e intensidad de tormentas tropicales, y la intensificación de los patrones de precipitación con decremento en la calidad de agua por un mayor arrastre de residuos (domiciliarios e industriales) líquidos, sólidos; sedimentación; metales pesados; y arrastre de agroquímicos todos los cuales contaminan ríos, aguas subterráneas, zonas de humedales, estuarios y lagunas costeras.

En la parte marina la calidad del agua se puede ver afectada por incremento de la productividad primaria, contaminación por combustibles y aceites derivados del tránsito marítimo, aguas de lastre, sentina y desechos sólidos tirados al mar. El cambio de las corrientes oceánicas puede llevar toda esta contaminación a lugares más retirados o diferentes a donde actualmente los lleva.

Así mismo el incremento de la productividad primaria puede generar alta contaminación en las zonas costeras por un incremento de la temperatura superficial del mar provocando crecimiento desmedido de organismos nocivos, eutrofización, bioacumulación de metales pesados teniendo dos impactos sociales importantes: aumento en los costos de potabilización de agua y el incremento de enfermedades dérmicas y gastrointestinales y por tanto un incremento en los gastos en atención médica.

Reducción de recursos pesqueros (PT). Un mayor grado de acidez, el incremento de la temperatura superficial del mar puede generar cambios en la distribución y estructura de las

poblaciones pesqueras de interés comercial (ej atún y dorado), generando temporadas de baja captura cuando la TSM es alta o decrementos poblacionales generados por el incremento de enfermedades en conchas, crustáceos o reducción de tallas en la captura de peces de escama derivado de la acidez en el mar.

Por otro lado el cambio de corrientes oceánicas, incremento de la altura del oleaje, tormentas tropicales pueden incidir directamente en las condiciones seguras para el desarrollo de la pesca incrementando costos de operación, del esfuerzo de captura y de la seguridad misma para el desarrollo de la actividad pesquera por lo cual se pueden reducir los viajes de pesca, reduciendo por tanto la extracción de recursos pesqueros.

Hay dos aspectos importantes que estas reducciones pueden tener y es la fragmentación del tejido social y la identidad pesquera. Al haber una menor captura, se pueden incrementar malas prácticas pesqueras como el uso de artes no permitidos o de extracción indiscriminada (bombas, redes con luz de malla muy pequeño) que a la larga causará disminución de productos pesqueros con otro tipo de implicaciones sociales como el desplazamiento a otras oportunidades productivas o migración.

La degradación y pérdida de hábitat marino costeros (PC). Como ya se ha indicado en el primer problema la pérdida de hábitats acuáticos por la pérdida de calidad de agua es una consecuencia directa del incremento de contaminación básicamente por el incremento en la intensidad de la precipitación y su cadena causal vinculada. Las inundaciones vinculadas a estos cambios también afectarán de manera permanente la extensión de hábitats como manglares, zonas inundables, lagunas costeras entre otros.

Por otro lado el incremento del nivel del mar y de la altura del oleaje erosionarán fuertemente las costas reduciendo su extensión, afectando las zonas de dunas y provocando también alteraciones en las desembocaduras de los ríos. Esto reducirá las extensiones de hábitat de anidación de tortugas marinas y aves playeras alterando las dinámicas de estas tan poco conocidas.

El incremento de la temperatura superficial terrestre aumenta la vulnerabilidad de los ecosistemas terrestres a los incendios provocados y a un estrés térmico que generará una reducción en la extensión de los hábitats actuales, en primera instancia por una degradación del hábitat inicial y una posterior sustitución como una ampliación o reducción de la extensión del ecosistema de manglar.

8. CONCLUSIONES

Varios de los impactos sociales, ambientales y económicos para el pacífico guatemalteco están planteados de manera hipotética, con base en información disponible. En varios casos fue necesario hacer esa identificación a partir de información a escala regional o global, para poder explicar esos impactos, y se usaron datos locales disponibles para cuantificar algunos de los impactos.

Con base en el análisis de los potenciales impacto de los fenómenos climáticos se identifica que existe un vacío con relación a la contribución de estos en las causas o impactos. Sabemos que exacerban algunos de ellos, pero no en que magnitud.

Las variables climáticas relacionadas con el incremento e intensidad de la precipitación incrementarán los problemas de degradación del agua costera y marina por diferentes fuentes de contaminación que en la actualidad ya es un problema grande como el manejo de desechos sólidos, desechos líquidos domiciliarios e industriales, sedimentación y agroquímicos.

Las variables climáticas que afectan a las poblaciones de pesca de interés por comercio y consumo pueden causar cambios en la dinámica de las cadenas de valor de la pesca, generando un círculo vicioso de extracción que seguirá exacerbando la disminución del recurso pesquero.

Hace falta profundizar en los impactos ecológicos y económicos del CC en la ZMC, para desarrollar una valoración económica de dichos impactos que permitan evidenciar los costos que tiene no implementar acciones de adaptación o mitigación en la zona.

La Zona Marino Costera del Pacífico de Guatemala no tiene un análisis completo de los escenarios futuros para todas las variables climáticas, en particular aquellas que son netamente marinas.

En los últimos cuatro años el Insivumeh ha jugado un rol protagónico y comprometido en la generación y sistematización de información climática fundamental para entender la dinámica climática en la ZMC.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I. Impactos del Cambio Climático en la agricultura de América Central y en las familias productoras de granos básicos. Observatorio de la Sostenibilidad, Red Latinomérica.
- Ariano, D., Cardona, N. Gudiel, J.P., Lazo, M. J., Piedrasanta J. (2018). Línea base de salinidad y parámetros fisicoquímicos de agua en pozos artesanales de la zona marino-costera del litoral pacífico de Guatemala. Informe de Consultoría: Rainforest Alliance, PNUD, MARN.
- Bijma, J., Pörtner H., Yesson C., Rogers. A. D. (2013). Climate change and the oceans – What does the future hold?, *Marine Pollution Bulletin*, 74 (2): 495-505. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.022>.
- Boix Morán, J. L., Rinze Turton, V. M., García, P. J., Montiel A., Ortiz, C. H. (2011). Elementos para contribuir a la gestión integrada de zonas costeras del Pacífico de Guatemala. Área de trabajo: Humedal Las Lisas, Chiquimulilla, Departamento de Santa Rosa.
- Bosello F., Eboli F. y Pierfederici R. (2012). Assessing the Economic Impacts of Climate Change. FEEM Working Paper No. 2.2012, CMCC Research Paper No. 125, Available at <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2004966>.
- Bryndum-Buchholz A., Boyce, D.G., Tittensor, D.P., Christensen, V., Bianchi, D., Lotze, H. K. (2020) Climate-change impacts and fisheries management challenges in the North Atlantic Ocean. *Mar Ecol Prog Ser* 648:1-17. <https://doi.org/10.3354/meps13438>
- Burden, A., Smeaton, C., Angus, S., Garbutt, A., Jones, L., Lewis H.D. and Rees. S.M. (2020) Impacts of climate change on coastal habitats relevant to the coastal and marine environment around the UK. *MCCIP Science Review* 2020, 228–255. doi: 10.14465/2020.arc11.chb
- Comisión Portuaria Nacional. (2024). Informe Estadístico Portuario 2023.
- Deschenes O. & Greenstone M. (2007). The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather. *American Economic Review*, 97(1): 354-385. DOI: 10.1257/aer.97.1.354.
- Fabricius, K., Langdon, C., Uthicke, S. et al. (2011) Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Clim Change* 1, 165–169. <https://doi.org/10.1038/nclimate1122>
- Free, C. M., Thorson J. T., Malin, M. L et al. (2019). Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science* 363, 979-983.
- Gaines, S. D., Costello, C., Owash, B., et al. (2018). Improved fisheries management could offset many negative effects of climate change. *Sci. Adv.* 4: 1-8.

- García, A. (2019). Comisión Nacional de Marea Roja Tóxica: Monitoreo y avances al 2019. Insivumeh.
- Gattuso J-P, Magnan AK, Bopp L, Cheung WWL, Duarte CM, Hinkel J, Mcleod E, Micheli F, Oschlies A, Williamson P, Billé R, Chalastani VI, Gates RD, Irisson J-O, Middelburg JJ, Pörtner H-O and Rau GH (2018) Ocean Solutions to Address Climate Change and Its Effects on Marine Ecosystems. *Front. Mar. Sci.* 5:337. doi: 10.3389/fmars.2018.0033
- Guido, P., Ramírez, A., Godínez, L., Cruz, S. & Juárez, A. (2009). Estudio de la erosión costera en Cancún y la rívera Maya, México. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 20, 41-56.
- Harkin, D., Davies, M., Hyslop, E., Fluck, H., Wiggins, M., Merritt, O., Barker L., Deery, M., McNeary R., and Westley, K. (2020) Impacts of climate change on cultural heritage. *MCCIP Science Review 2020*, 616–641. doi: 10.14465/2020.arc26.che
- Insivumeh. 2018. Variabilidad y Cambio Climático en Guatemala.
- Insivumeh. 2021. Índices Climáticos en Guatemala 1981-2010/1991-2020.
- Insivumeh. 2023. Estado del Clima en Guatemala 2022.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group to the fifth assessment report to the IPCC on Climate change.* [¿Stocker, T.F., D. Qin, G-K Plattner, M. Tignor, S. K. Alle, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds)]
- Jolon Morales, M.R., Ordoñez Sayle, E. J., Gómez Ajú, S.G., González, C. P., Catalán Armas, S. M., Torres Contreras, S. J. (2022 a) Informe Fase II, Producto 2. Identificación de capacidades adaptativas y de mitigación. Informe de Consultoría. Guatemala: MARN-FUNDAECO
- Jolon Morales, M.R., Ordoñez Sayle, E. J., Gómez Ajú, S.G., González, C. P., Catalán Armas, S. M., Torres Contreras, S. J. (2022 b) Informe Fase III, Producto 3. Análisis de la vulnerabilidad y riesgo ante los impactos del cambio climático en el Litoral Caribe. Informe de Consultoría. Guatemala: MARN-FUNDAECO.
- Juárez, D. (2021). Principales amenazas de los arrecifes de coral. *Lum*, 2(1), 30-38.

- Lam, V., Cheung, W., Reygondeau, G. et al. (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Sci Rep* 6, 32607 <https://doi.org/10.1038/srep32607>
- López-Selva, María Mercedes. (2022). Zona Marina Costera. Serie Perfil Ambiental de Guatemala.
- McField M., Soto M., Martínez R., Giró A., Guerrero C., Rueda M., Kramer P., Roth L., Muñiz I. (2024). 2024 Mesoamerican Reef Report Card. Healthy Reefs for Healthy People. www.healthyreefs.org
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 2020. Informe de daños ocasionados por las depresiones tropicales ETA e IOTA y análisis de las principales variaciones de precios en mercados mayoristas. 38 p.
- 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). Sistema de monitoreo, evaluación y reporte (MER) para zonas marino-costeras de Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Rainforest Alliance. (2022). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Rainforest Alliance. (2022a). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático departamento de Escuintla.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Rainforest Alliance. (2022b). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático departamento de Jutiapa.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Rainforest Alliance. (2022c). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático departamento de Retalhuleu.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Rainforest Alliance. (2022d). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático departamento de San Marcos.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Rainforest Alliance. (2022e). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático departamento de Santa Rosa.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Rainforest Alliance. (2022f). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático departamento de Suchitepéquez.

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2021). Informe de pérdidas y daños por efectos del Cambio Climático.
- Organización Meteorológica Mundial. 2024. Estado del Clima en América Latina y el Caribe 2023.
- Oyarzún G, M., Lanas Z., F., Wolff R., M., Quezada L., A. (2021) Rev Med Chile 149: 738-746
- Poulter B., Hattermann F., Hawkins E., Zaehle S., Sitch S., Heyder U. & Cramer W. (2010). Managing the uncertainty of tropical ecosystems vulnerability to climate change. En Martínez-Alonso C., Locatello B., Vignola R., Imbach P. (2010). Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina.
- Ramírez Yela, S. M., & Ortiz, J. R. (2019). Océanos y ecosistemas marino-costeros. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.), *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*. (pp. 170–191).
- Secaira, F. & Acevedo, C. (2017). Importancia de los arrecifes y dunas en la protección de la costa. Serie técnica. El papel de los sistemas naturales en la dinámica costera en el Caribe mexicano y el impacto de las actividades humanas en su condición actual. The Nature Conservancy.
- SENACYT-RA-PNUD. 2018. Estrategia Nacional de Investigación Marino-Costera para Guatemala. Guatemala: SENACYT. 48p.
- The Nature Conservancy, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. (2009). Importancia económica de los recursos marino-costeros y su relevancia en el desarrollo de una política nacional para Guatemala.
- Vide. J. M. (2020). El Cambio Climático y los mares. *Mediterraneo* (33): 103-118.
- Weatherdon L.V., Magnan A.K., Rogers A.D., Sumaila U.R. and Cheung W.W.L (2016) Observed and Projected Impacts of Climate Change on Marine Fisheries, Aquaculture, Coastal Tourism, and Human Health: An Update. *Front. Mar. Sci.* 3:48. doi: 10.3389/fmars.2016.00048
- Zhang P., Zhang J., Chen M. (2017). Economic impacts of climate change on agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 83: 8-31.

10. ANEXOS

a. ANEXO 1. IMÁGENES DE IMPACTOS CAUSADOS POR FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS.

Fotografía 1. Imagen de inundaciones en Suchitepéquez en la Costa Sur de Guatemala.



Fuente: [Soy 502](#), imagen CONRED.

Fotografía 2. Imagen del incremento de oleaje y pérdida de playas en Ocos, San Marcos en el Pacífico de Guatemala.



Fuente: [Facebook Conred](#)

Fotografía 3. Imagen que muestra el efecto de las sequias extremas sobre los agro cultivos de caña en la costa sur.



Fuente: [Prensa Libre](#), fotografía Azasgua

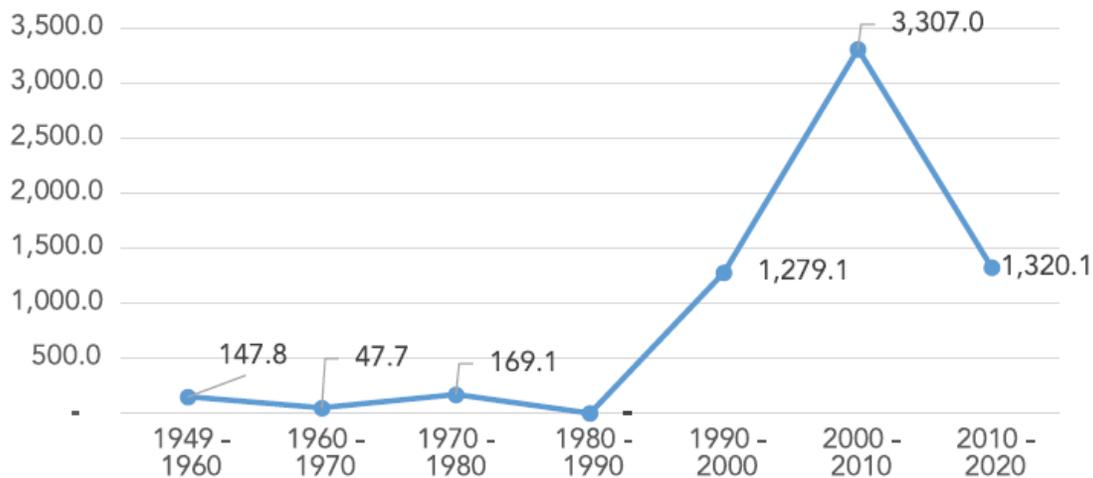
Fotografía 4. Imagen que muestra los daños a la infraestructura causados por incremento de la marea y erosión de playas en Sipacate.



Fuente: [Soy502](#), Fotografía Wilder López

Figura 1. Pérdidas en US\$ documentadas para el país, con base en datos de 70 años

Gráfica 5. Comportamiento en el tiempo y monto de las pérdidas por eventos climáticos 1949 - 2020



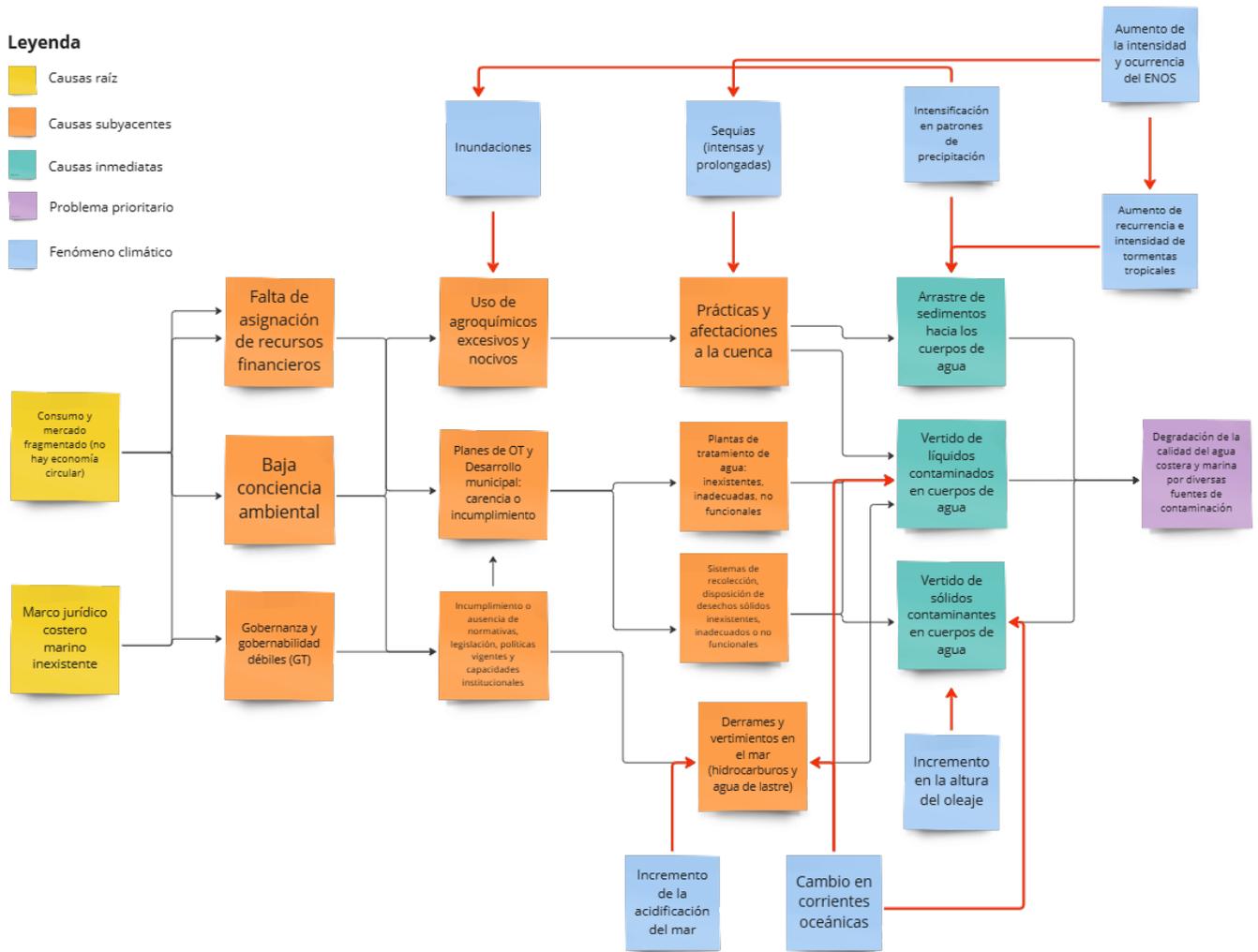
Fuente: Elaboración propia con información de Estrategia Nacional de Sequía para Guatemala (ENSG) 2022 -2030

Tomado de MARN-SEGEPLAN 2021

b. ANEXO 2. MODELOS CONCEPTUALES INCLUYENDO LOS FENÓMENOS CLIMÁTICOS QUE PUEDEN EXACERBAR CAUSAS (A) O IMPACTOS (B).

Vinculación de los fenómenos climáticos y sobre cuales **causas (a)**, para los problemas transzonales identificados, potencialmente pueden exacerbarlas.

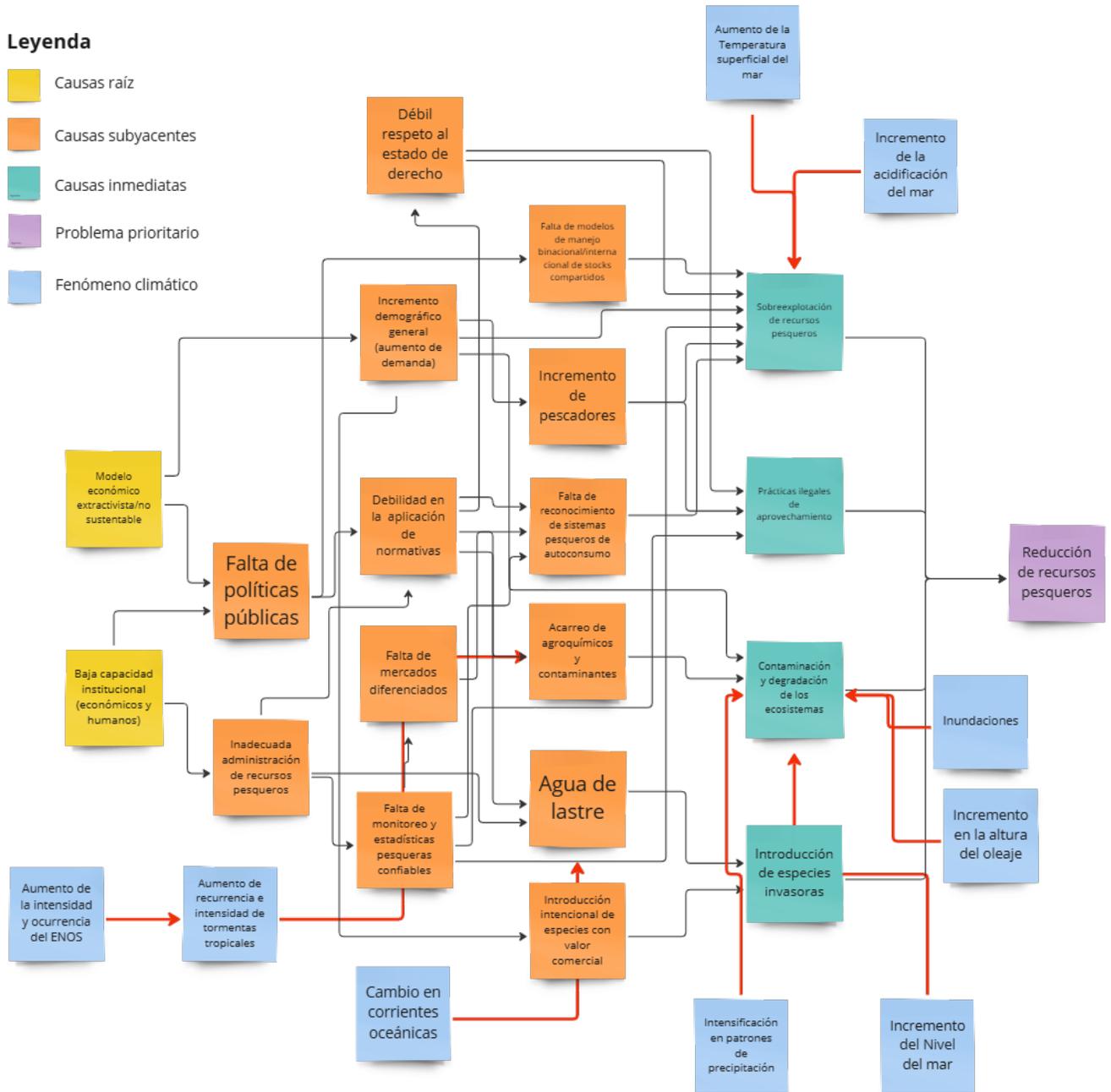
Problema Ambiental Compartido: Degradación de la calidad del agua costera y marina:



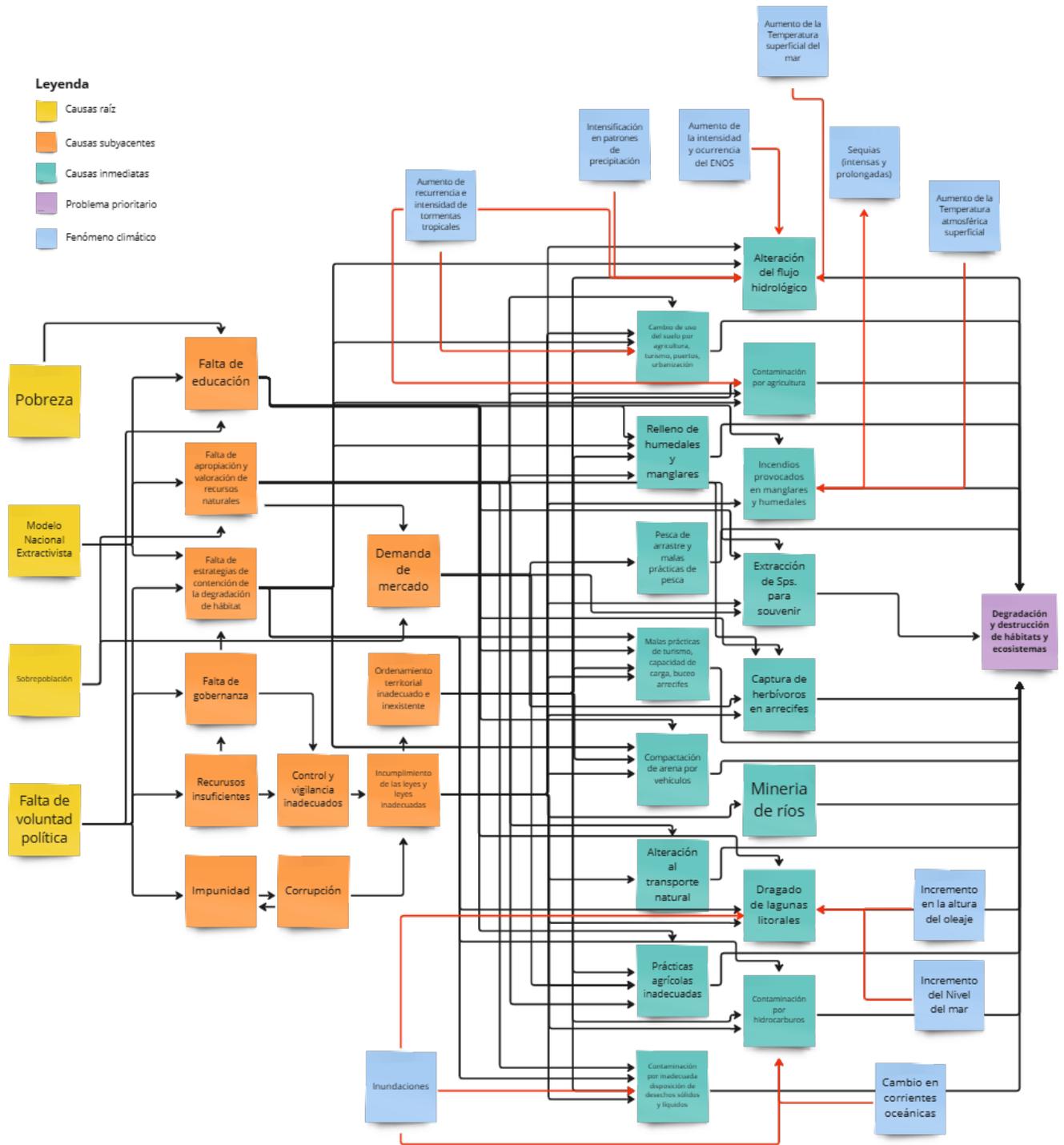
Problema Ambiental Transzonal y Compartido: Reducción de Recursos Pesqueros

Leyenda

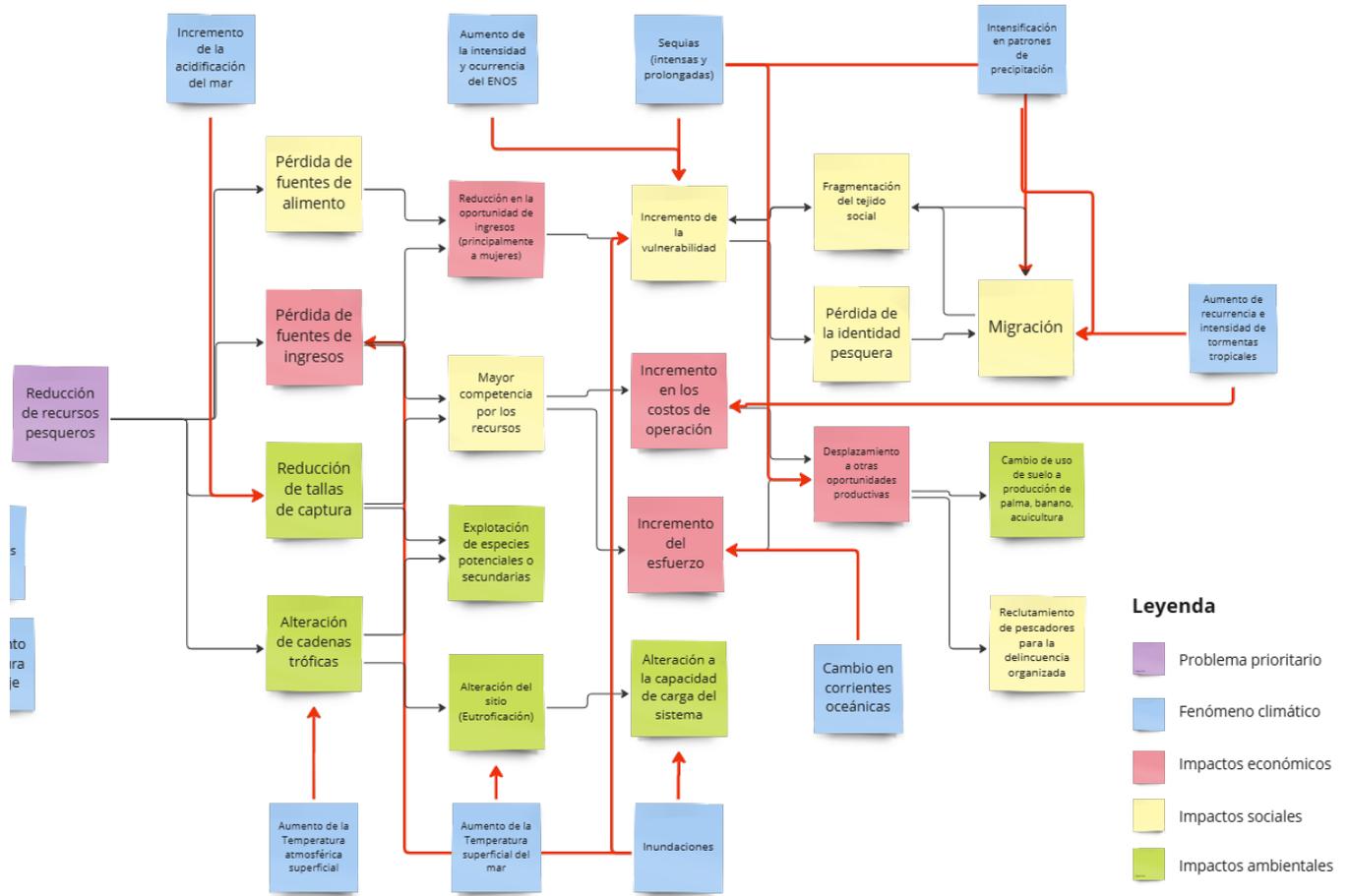
- Causas raíz
- Causas subyacentes
- Causas inmediatas
- Problema prioritario
- Fenómeno climático

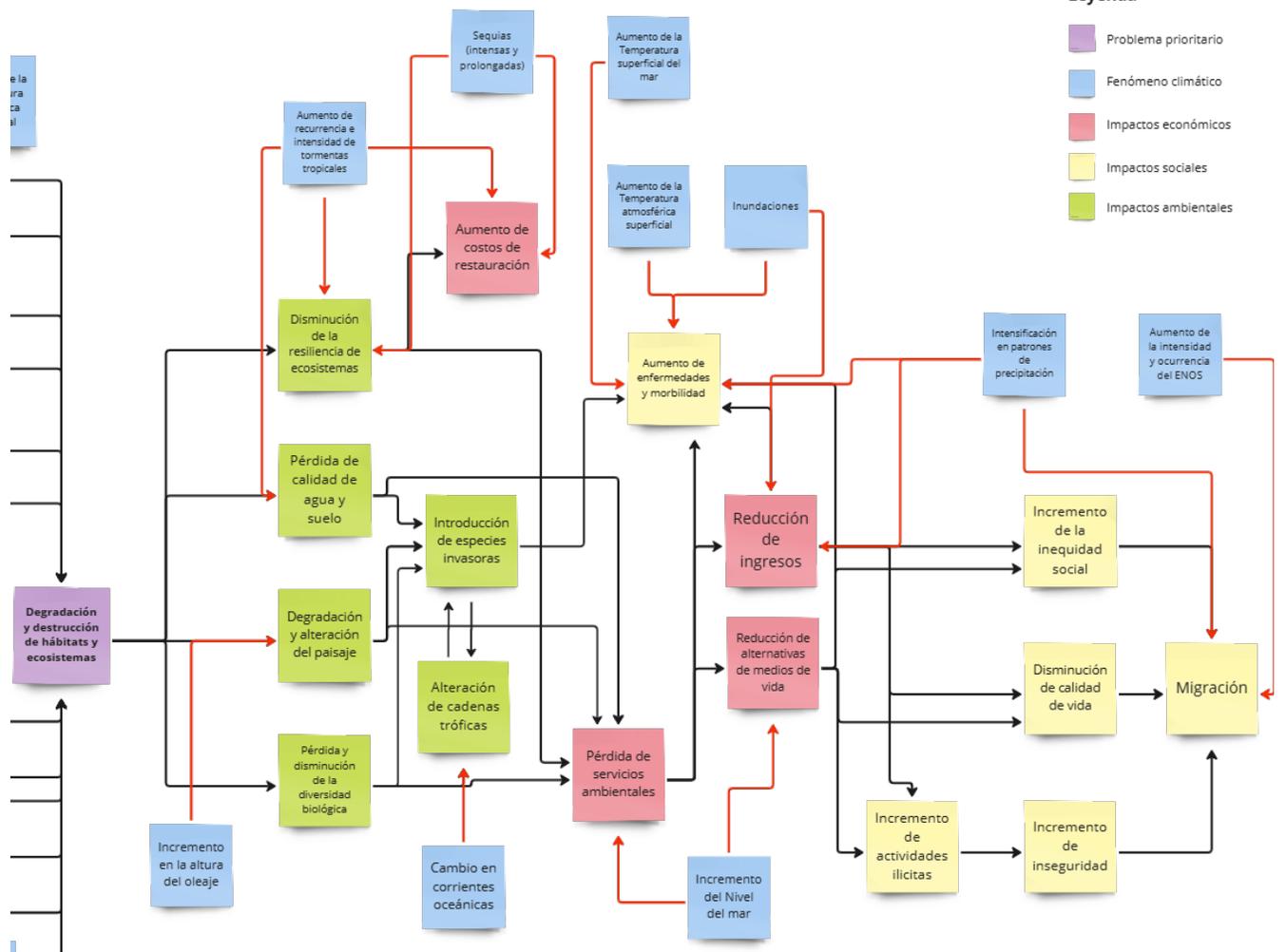


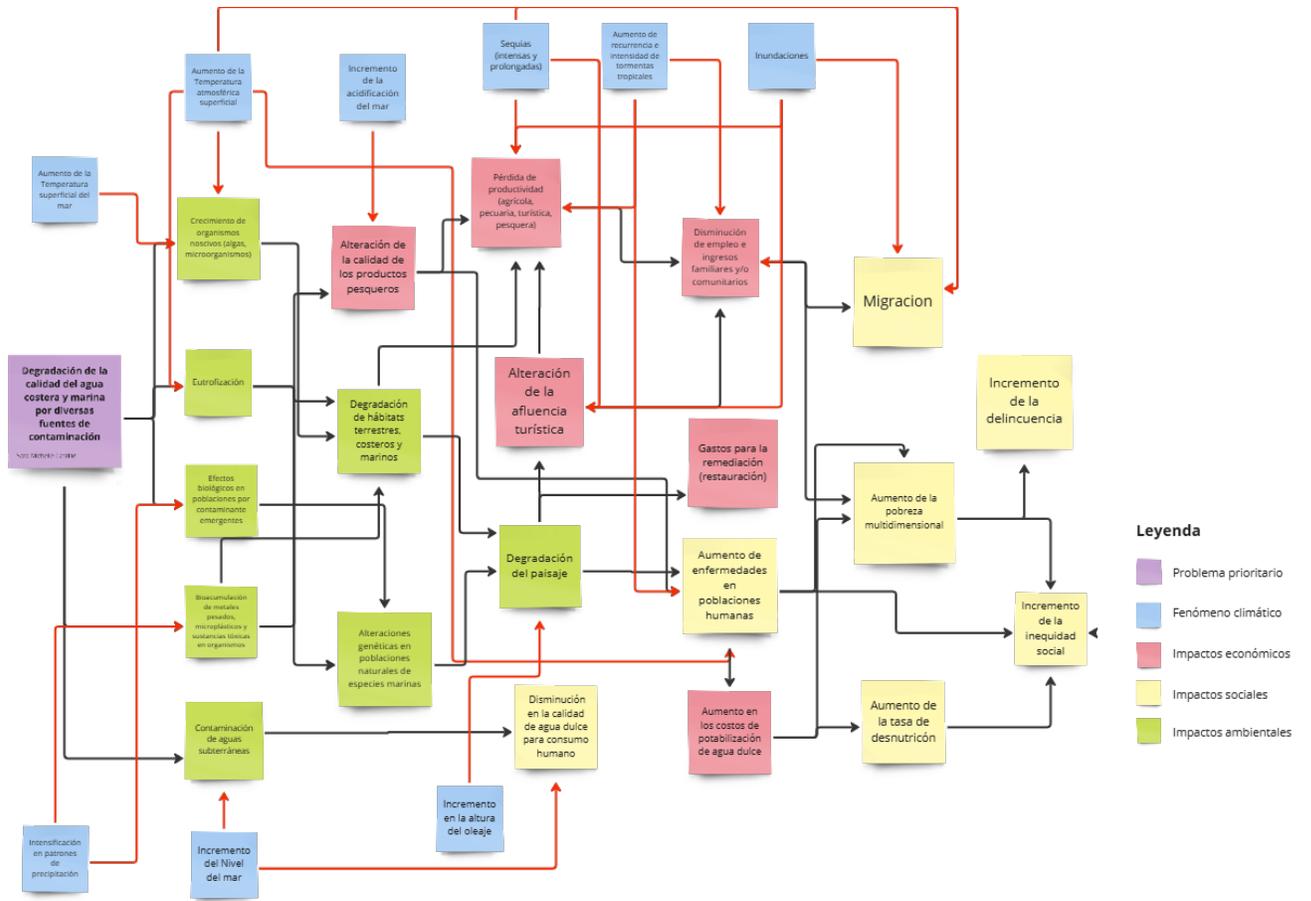
Problema Ambiental Compartido: Degradación y destrucción de hábitats y ecosistemas:



Vinculación de los fenómenos climáticos y sobre cuales **impactos (b)**, para los problemas transzonales identificados, potencialmente pueden exacerbarlos.







c. ANEXO 3. PROBLEMAS CLIMÁTICOS Y SUS EFECTOS O IMPACTOS POTENCIALES (HIPÓTESIS) EN ECOSISTEMAS NATURALES Y SISTEMAS PRODUCTIVOS.

Problemática	Efectos/Impactos	
	Ecosistemas Naturales	Sistemas Productivos
Climática		
Aumento de la Temperatura atmosférica superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de fuerza destructiva de ciclones y huracanes. • Cambios en la disponibilidad de nutrientes. • Cambios en movimientos locales de corrientes. • Incremento en la temperatura de arena (playas anidación). • Cambios en movimientos locales de corrientes. • Estrés térmico en ecosistemas costeros 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de olas de calor o número de días con calor. • Incremento de temperatura en playas. • Incremento de enfermedades y plagas. • Disminución de la productividad en cultivos y ganado. • Destrucción de cultivos por viento. • Incremento de muertes de ganado por olas de calor. • Bajas tasas de natalidad de ganado. • Agrietamiento y ablandamiento del asfalto en vías de comunicación. • Incremento de productividad primaria y afloramientos
Aumento de la Temperatura superficial del mar	<ul style="list-style-type: none"> • Blanqueamiento de corales. • Incremento de productividad primaria y afloramientos. • Incremento de enfermedades. • Migración de especies de peces y crustáceos. • Estrés térmico en ecosistemas. • Reducción de poblaciones de peces e invertebrados acuáticos. • Migración de especies de peces y crustáceos 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de tallas. • Incremento de producción primaria y afloramientos
Incremento del Nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la capacidad de disipar el oleaje. • Reducción de distribución natural de bosques. • Ampliación de áreas inundables en humedales • Redistribución de zonas de manglar. • Reducción de la distribución actual de pastos marinos. • Incremento de erosión de playas. • Reducción de playas y hábitats 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la disponibilidad del agua. • Aumento de la cuña salina (salinización del manto freático). • Pérdida o daño de infraestructura portuaria

Problemática	Efectos/Impactos	
	Ecosistemas Naturales	Sistemas Productivos
Climática		
Intensificación en patrones de precipitación	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en el crecimiento de corales. • Incremento de la mortalidad de corales • Inundaciones • Incremento de la vulnerabilidad a enfermedades • Cambio en patrones de salinidad • Incremento de erosión de playas • Contaminación por desechos líquidos provenientes de áreas agropecuarias, urbanas e industriales 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones extremas para realizar turismo. • Incremento de enfermedades y plagas. • Pérdida de suelo. • Disminución de la productividad. • Disminución de la productividad en ganado (fertilidad, peso, edad de matanza) • Mortalidad de ganado por ahogamiento. • Disminución de disponibilidad forrajera • Reducción de la disponibilidad del agua • Racionamiento de agua • Pérdida y daño a infraestructura vial • Pérdida y daño a viviendas y comercio
Sequias (intensas y prolongadas)	<ul style="list-style-type: none"> • Déficit hídrico. • Aumento de salinidad. • Pérdida de Biodiversidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la disponibilidad del agua. • Disminución de la productividad. • Aumento de la demanda para riego. • Suspensión de siembras. • Incremento de enfermedades y plagas. • Disminución de disponibilidad forrajera. • Aumento de la demanda para riego de pastos • Aumento de la demanda para consumo del ganado • Incremento del déficit para satisfacer demanda. • Proliferación y sobreexplotación de pozos. • Racionamiento de agua
Aumento de recurrencia e intensidad de tormentas tropicales	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de arrecifes. • Destrucción de bosques • Destrucción de manglares • Destrucción de humedales • Destrucción de vegetación de dunas 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de cultivos. • Mortalidad de ganado, en particular el bovino.
Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por desechos líquidos provenientes de áreas agropecuarias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación hídrica. • Contaminación por desechos • Incremento de enfermedades transmitidas por vectores. • Incremento de enfermedades gastrointestinales, de la piel y más • Suspensión de siembras

Problemática Climática	Efectos/Impactos	
	Ecosistemas Naturales	Sistemas Productivos
		<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la productividad agropecuaria Traslado o reubicación de ganado Muerte de ganado por ahogamiento Contaminación hídrica por arrastre de desechos y lixiviados. Pérdida o daño de infraestructura vial Pérdida y daño de viviendas y comercio Pérdida de la infraestructura para visitación y hotelera Pérdida y daño de infraestructura portuaria Pérdida de sitios de visitación Racionamiento de agua
Aumento de la intensidad y ocurrencia del ENOS	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de anomalías climáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Cambios en la dinámica de stock pesquero. Disminución de la productividad Pérdida de cosechas Suspensión de siembras Disminución de la productividad Pérdida de pastos
Incremento en la altura del oleaje	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de erosión de playas 	<ul style="list-style-type: none"> Daños en la infraestructura de puertos, domiciliar y de turismo.
Cambio en corrientes oceánicas	<ul style="list-style-type: none"> Cambios en la productividad 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de FAN (Marea Roja)
Incremento de la acidificación del mar	<ul style="list-style-type: none"> Debilitación de estructuras coralinas. Reducción de crecimiento de peces, moluscos y crustáceos Alteración de ciclos de nutrientes (N, C, P). Altera distribución de las praderas de pastos marinos. Disminuye su tasa de crecimiento de pastos marinos. 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de tallas de peces. Cambios en la dinámica de distribución

Fuente: Elaboración propia con información de: MARN-PNUD 2018, Jolon 2022 a,b

d. **ANEXO 4. RETOS Y OPORTUNIDADES IDENTIFICADOS PARA LOS SECTORES AZULES
COMO CONSECUENCIA DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO.**

	Sectores Azules	Retos	Oportunidades
Cambio Climático	Pesca (Industrial/artesanal)	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de enfermedades y plagas. El cambio climático puede generar condiciones favorables para la proliferación de enfermedades y plagas que afectan a las especies pesqueras. • Migración de especies de interés comercial. El incremento de la TSM y la acidificación del océano pueden provocar cambios en la distribución de las especies pesqueras, desplazando las poblaciones hacia aguas más frías • Reducción de tallas de captura. El cambio climático puede afectar el crecimiento de los peces, lo que lleva a una reducción en las tallas de captura. • Aumento del riesgo para desarrollo de faenas de pesca. Las condiciones climáticas extremas como tormentas e inundaciones pueden afectar las actividades pesqueras. • Reducción de los stocks pesqueros. El incremento de enfermedades y sobrexplotación de determinadas especies puede causar la reducción de poblaciones de peces. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de tecnologías de cultivo y cría de especies resistentes: La investigación y desarrollo de especies que puedan tolerar las condiciones cambiantes del océano es crucial para garantizar la sostenibilidad de la pesca. • Implementación de estrategias de gestión pesquera adaptativas: Implementar estrategias de gestión pesquera que se adapten al cambio climático, como la rotación de áreas de pesca y la reducción de las cuotas de captura, puede ayudar a mitigar los impactos negativos. • Promover la diversificación de las actividades pesqueras: Incentivar la exploración de nuevas áreas de pesca, especies con rangos de tolerancia amplios a los cambios de temperatura y acidez en el mar puede ayudar a diversificar las actividades del sector.
	Acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la productividad en cultivos. Por exceso de productividad primaria, reducción de tallas y enfermedades. • Incremento de enfermedades. Aumento de frecuencia de enfermedades ahora controladas tal como taura, mancha blanca, mancha negra, entre otras y potenciales enfermedades desconocidas. • Reducción de crecimiento por acidificación del mar. La acidificación del mar afecta el crecimiento de especies de 	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación en sistemas de producción acuícola. Desarrollar sistemas que mejoren aspectos de la temperatura del agua, sistemas de recirculación de agua más eficientes y acuicultura en aguas profundas. • Promoción de la acuicultura sostenible: Implementar prácticas de acuicultura sostenibles que minimicen el impacto ambiental y promuevan la conservación de los recursos a través de procesos de certificación.

	Sectores Azules	Retos	Oportunidades
		<p>crustáceos y bivalvos, aumentando la vulnerabilidad a enfermedades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diversificación de la producción acuícola: Explorar la producción de nuevas especies de peces y mariscos que sean más resistentes al cambio climático y que reduzcan costos de operación.
	<p>Turismo (Marino/ Costero)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la vulnerabilidad a enfermedades vectoriales. El incremento de la temperatura y precipitación aumentan la incidencia de enfermedades vectoriales (zika, dengue, chinkungnya, etc.) • Reducción de la disponibilidad de agua para consumo. Provocada por las sequías intensas y la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros. • Pérdida o daño de infraestructura turística. El incremento de la frecuencia de tormentas intensas, inundaciones e incremento del nivel del mar daña la infraestructura turística. • Pérdida de sitios de visitación (playas, esteros, humedales). Disminución de la calidad y disponibilidad de sitios para visitación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de estrategias de gestión de riesgos ante eventos climáticos extremos. Implementar planes de respuesta ante eventos climáticos extremos, como la construcción de diques de protección y la creación de sistemas de alerta temprana. • Promoción del turismo sostenible. Impulsar prácticas turísticas sostenibles que minimicen el impacto ambiental y fomenten la conservación de los ecosistemas. • Diversificación de las ofertas turísticas. Explorar nuevas actividades turísticas que no dependan de las condiciones climáticas, como el turismo cultural o el turismo de aventura. • Implementar acciones de adaptación identificadas y propuestas para la ZMC del Pacífico. Ya se han identificado a través de procesos nacionales de consulta que acciones pueden implementarse para mitigar impactos del CC
	<p>Transporte marítimo y puertos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida o daño de infraestructura portuaria. El aumento del nivel del mar, las tormentas y las inundaciones pueden dañar la infraestructura portuaria • Incremento de la erosión de playas. La erosión costera puede afectar la disponibilidad de playas para las actividades portuarias 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de la infraestructura portuaria. Implementar medidas de adaptación para proteger la infraestructura portuaria del aumento del nivel del mar y los eventos climáticos extremos. • Planificación de puertos resilientes. Diseñar puertos que sean resilientes al cambio climático, considerando la

	Sectores Azules	Retos	Oportunidades
		<ul style="list-style-type: none"> • Asolvamiento en zonas portuarias. El cambio climático puede aumentar la cantidad de sedimentos en los puertos, dificultando las operaciones marítimas. 	<p>adaptación a eventos climáticos extremos y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promoción de tecnologías de transporte marítimo más sostenibles. Impulsar la adopción de tecnologías de transporte marítimo más eficientes y limpias, como el uso de combustibles renovables y la optimización de las rutas marítimas.

Fuente: Elaboración propia.