

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

Informe temático

Cambio climático



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	METODOLOGÍA.....	10
3.	ELEMENTOS CONCEPTUALES DE REFERENCIA.....	11
4.	PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA ZONA DEL PACA.....	12
5.	IMPLICACIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN COSTERA DEL ECUADOR.....	14
5.1	Descripción de la región costera ecuatoriana.....	14
5.1.1	Ecosistemas estratégicos.....	15
5.1.2	Población costera.....	16
5.1.3	Actividades económicas.....	18
5.1.4	Fenómenos climáticos extremos.....	20
5.1.5	Clima y mareas de la región costera.....	21
5.2	Marco institucional del Ecuador para afrontar el cambio climático.....	27
5.3	El cambio climático en el contexto mundial y nacional.....	28
5.4	Patrones climáticos de la región costa.....	31
5.5	Emisión y proyección de gases de efecto invernadero nacionales.....	33
5.6	Proyecciones climáticas.....	35
5.6.1	Cambios en los patrones de precipitación y temperatura.....	36
5.6.2	Resultados de las proyecciones oceánicas bajo escenarios de cambio climático.....	41
5.7	Incidencia del cambio climático en los fenómenos de El Niño y de La Niña.....	45
5.8	Efectos del cambio climático en la biodiversidad y recursos costeros.....	47
5.8.1	Aumento del nivel de mar.....	47
5.8.2	Cambios en los patrones de precipitación.....	48
5.8.3	Aumento de la temperatura del mar.....	48
5.8.4	Aumento de la frecuencia de eventos extremos climáticos.....	50
6.	IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS PROBLEMAS TRANSFRONTERIZO Y COMPARTIDOS PRIORIZADOS.....	51
6.1	Problema ambiental transfronterizo: sobreexplotación del recurso concha prieta.....	51
6.2	Problema ambiental compartido 1: degradación del estuario de los ríos Cayapas y Mataje.....	52
6.3	Problema ambiental compartido 2: contaminación por basura marina.....	53

6.4 Problema ambiental compartido 3: degradación de arrecifes coralinos y rocosos.....	53
6.5 Problema ambiental compartido 4: degradación de los estuarios del Ecuador continental.	54
6.6 Problema ambiental compartido 5: degradación de las playas de mar.	56
6.7 Problema ambiental compartido 6: alteración de las poblaciones de tiburones pelágicos.	57
6.8 Problema ambiental compartido 7: alteración de las poblaciones de mamíferos marinos.....	58
6.9 Problema ambiental compartido 8: alteración de las poblaciones de tortugas marinas.....	60
7. HALLAZGOS RELEVANTES.	61
8. CONCLUSIONES.	62
9. BIBLIOGRAFÍA.....	64
10. ANEXOS.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de ecosistemas estratégicos de la costa ecuatoriana. Fuente: Elaboración propia a partir de las capas de información geográfica publicadas en el portal mapa interactivo del MAATE-SUIA, (MAATE, 2024).....	16
Figura 2. Actividades económicas según la rama de actividad de la población de las provincias de la región costa del Ecuador continental. Fuente: (INEC, 2022).	20
Figura 3. Climatología anual (1991-2020): Temperatura superficial del mar. Fuente: Elaboración propia a partir de la librería de datos (COPERNICUS- ECMWF, 2025)	22
Figura 4 Climatología anual (1991-2020): Temperatura media del aire a 2m de altura. Fuente: Elaboración propia a partir de la librería de datos (NASA - USGS, 2025).	23
Figura 5. Climatología anual (1991-2020): Precipitación acumulada en milímetros por metro cuadrado (mm/m ²). Fuente: Elaboración propia a partir de la librería de datos (NASA - USGS, 2025).....	24
Figura 6. Climatología promedio de mareas altas y bajas por mes de la estación Esmeraldas Norte, periodo climatológico 1990-2012. Fuente: Universidad de Hawái (2025). Elaboración propia.....	25
Figura 7. Climatología promedio de mareas altas y bajas por mes de la estación Manta, periodo climatológico 1990-2012. Fuente: Universidad de Hawái (2025). Elaboración propia.	26
Figura 8. Climatología promedio de mareas altas y bajas por mes de la estación La Libertad, periodo climatológico 1949-2018. Fuente: Universidad de Hawái (2025). Elaboración propia.....	26
Figura 9. Límites planetarios. Fuente: Adaptación de Katherine Richardson et al. (2023), extraído del PLANMINCC (MAATE, 2024a).	30
Figura 10. Corrientes marinas que influyen al Ecuador. Fuente: (Hispanoteca, 2025).32	
Figura 11. Contribución de emisiones por sectores al Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) en porcentaje, al 2022. Fuente: MAATE (2024b).....	33
Figura 12. Contribución de emisiones de GEI por tipo de gas al Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) en porcentaje, al 2022. Fuente: MAATE, (2024b).....	34
Figura 13. Precipitación histórica 1985-2015 y futura 2020-2050 en el Ecuador. Fuente: MAATE (2024b).	39
Figura 14. Temperatura histórica 1985-2015 y futura 2020-2050 en el Ecuador. Fuente: MAATE (2024b).	40
Figura 15. Valor absoluto para el período histórico y cambios esperados para los horizontes cercano y lejano para las variables oceánicas estudiadas en el escenario SSP2-4.5. Se ilustran los cambios climatológicos medios asociados al percentil 50% de cada variable. Fuente: (MAATE 2024b).	42

Figura 16. Valor absoluto para el período histórico y cambios esperados para los horizontes cercano y lejano para las variables oceánicas estudiadas en el escenario SSP5-8.5. Se ilustran los cambios climatológicos medios asociados al percentil 50% (mediana) de cada variable. Fuentes: (MAATE, 2024b).....	43
Figura 17. Cambios del nivel medio del mar (percentil 50%) para los horizontes cercano y lejano respecto del nivel de referencia (1986-2005) en los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (MAATE, 2024b).	44
Figura 18. Ejemplo de cálculo de la cota de inundación en La Libertad en el escenario RCP8.5. Fuente: MAATE (2023, 2024b).	45
Figura 19. Patrones de temperatura de la superficie del mar en la región Niño-3.4 del Pacífico tropical, desde 1900 hasta 2023. Fuente: Gráfico: NOAA climate.gov-Datos: HadISST en McPhaden (2023).	46
Figura 20. Ilustración sobre el cambio climático y el ENSO. Fuente: Ilustración de Anna Eshelman, NOAA Climate.gov, tomado de McPhaden (2023).	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de la población urbana y rural en las provincias de la costa del Ecuador continental. Fuente: (INEC, 2022).....	17
Tabla 2. Distribución la pobreza por necesidades básicas insatisfechas a nivel provincial. Fuente: (INEC, 2022).....	19
Tabla 3. Proyecciones de GEI del Ecuador al 2025. Fuente: MAATE (2024b).....	35

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ADT	Análisis de Diagnóstico Transfronterizo.
AP	Acuerdo de París.
AMCP	Área marina costera protegida
CFC	Clorofluorocarbonos.
CMIP	Proyecto de intercomparación de modelos acoplados (por sus siglas en inglés).
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
ECMWF	Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (por sus siglas en inglés).
EEI	Especie exótica invasora.
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático.
ENSO	El Niño Oscilación del Sur, por sus siglas en inglés.
ENVIGMU	Encuesta Nacional sobre Relaciones Familiares y Violencia de Género contra las Mujeres.
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado.
GADM	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal.
GADP	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial.
GAP	Grupos de Atención Prioritaria.
GC/CC	Garantía y Control de Calidad.
GCI	Ganadería Climáticamente Inteligente.
GCM	Modelos de Circulación Global.
GdR	Gestión del Riesgo.
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GEM	Gran Ecosistema Marino.
Gg	Gigagramo.

GIDDAC	Gestión Integrada para la lucha contra la Desertificación, Degradación de la Tierra y Adaptación al Cambio Climático.
GIRS	Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos.
GIZ	Cooperación Técnica Alemana.
GLP	Gas Licuado de Petróleo.
GPCC	Gasto Público Asociado a Cambio Climático.
GSTI	Grupos Sectoriales de Trabajo Interinstitucional.
GTI	Grupo de Trabajo de Inventarios.
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos.
HFC	Hidrofluorocarbonos.
HFC	Hidrofluorocarbonos.
I+D	Investigación y Desarrollo.
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación.
IBA	Informe Bienal de Actualización.
IDE	Infraestructura de Datos Especiales.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
INECYC	Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Hormigón.
INGEI	Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero.
INOCAR	Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada.
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés).
IPES	Indicador de Pérdida Económica por Sequía.
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos.
LEAP	Plataforma de análisis de bajas emisiones (por sus siglas en inglés).
MAATE	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas.

NDC	Contribuciones Nacionalmente Determinadas.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
PACA	Pacífico Costero Centroamericano.
PANE	Patrimonio de Áreas Naturales del Estado.
PIB	Producto Interno Bruto.
PLANMICC	Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático de Ecuador 2024 – 2070.
PNA	Plan Nacional de Adaptación.
RCP	Representative Concentration Pathway (Trayectorias de Concentración Representativa).
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques.
SIG	Sistemas de Información Geográfica.
SINA	Sistema Nacional Estratégico del Agua.
SINGEI	Sistema Nacional de Inventarios de Gases Efecto Invernadero.
SNIAS	Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad.
SNMB	Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques.
TSM	Temperatura Superficial del Mar.
TSM	Temperatura Superficial del Mar.
UBC	Universidad de Columbia Británica.
UE	Unión Europea.
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura.

1. INTRODUCCIÓN.

El cambio climático representa uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo, afectando de manera directa e indirecta los sistemas naturales y las sociedades humanas. En el contexto del Ecuador, este fenómeno adquiere una particular relevancia debido a su rica biodiversidad, sus vulnerables ecosistemas costeros y su economía dependiente de los recursos naturales. La región costera del país, que alberga a un tercio de la población ecuatoriana y concentra importantes actividades económicas como la agricultura, la pesca y el turismo, enfrenta amenazas críticas derivadas del cambio climático, como el aumento del nivel del mar, la intensificación de eventos extremos y la pérdida de biodiversidad.

El presente documento es parte del Análisis Diagnóstico Transfronterizo (ADT) del Gran Ecosistema Marino (GEM) del Pacífico Costero Centroamericano (PACA). Este informe temático está estructurado en varias secciones que abordan integralmente los efectos y proyecciones del cambio climático en el área marina y costera del Ecuador continental y en particular en los efectos del cambio climático en el problema transfronterizo y los problemas compartidos que han sido identificados desde la perspectiva del Ecuador. En primer lugar, se presentan los elementos conceptuales de referencia y el contexto general, incluyendo una descripción detallada de los ecosistemas estratégicos y las características poblacionales de la región. Posteriormente, se analiza el marco institucional que rige las políticas climáticas del país, destacando los compromisos internacionales asumidos y las estrategias nacionales, como la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC).

Una sección clave del documento se centra en las proyecciones del cambio climático para Ecuador, con énfasis en los patrones de temperatura, precipitaciones y nivel del mar. Estas proyecciones, basadas en “Trayectorias de Concentración Representativas” (*Representative Concentration Pathways*, abreviadas RCP, por sus siglas en inglés), permiten comprender los impactos futuros en los ecosistemas costeros y las actividades humanas. Además, se describen los impactos específicos del cambio climático en la biodiversidad marina, los recursos pesqueros, la infraestructura costera y la seguridad alimentaria de las comunidades locales.

El documento también incluye un análisis de escenarios climáticos y sus efectos en los recursos costeros y marinos. Se examinan amenazas como lluvias intensas, altas temperaturas y sequías, así como la incidencia del cambio climático en los eventos El Niño y La Niña. Estos escenarios proporcionan una base para evaluar riesgos y planificar medidas de adaptación. Finalmente, se presentan los impactos del cambio climático en los nueve problemas del PACA identificados desde la perspectiva del Ecuador.

2. METODOLOGÍA.

La principal fuente de información de apoyo al Análisis de Diagnóstico Transfronterizo son los informes temáticos. Estos informes son análisis específicos que profundizan en aspectos esenciales de la problemática identificada dentro del PACA, proveyendo

información de soporte para su caracterización y comprensión. La metodología utilizada en el desarrollo de este informe se fundamentó en un enfoque sistemático que incluyó las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica histórica, actual y oficial. Se realizó una revisión exhaustiva de literatura académica, normativa y oficial relacionada con el tema en estudio. Esta etapa incluyó la consulta de documentos históricos y actuales para garantizar un contexto integral y actualizado.
- Consulta de bases de datos de población y eventos climáticos. Se accedió a bases de datos confiables y relevantes para obtener información estadística sobre la población y la ocurrencia de eventos climáticos. Este análisis permitió establecer tendencias y relaciones clave en los datos.
- Consulta y generación de mapas y gráficos. Los datos recopilados fueron procesados y representados gráficamente mediante mapas temáticos y gráficos descriptivos. Estas herramientas facilitaron la visualización de los patrones identificados y su análisis contextual.
- Consulta de geo portales y generación de mapa temático de ecosistemas estratégicos. Los datos recopilados fueron descargados del geo portal (Mapa Interactivo – SUIA) del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), procesados y representados gráficamente.
- Identificación de los principales hallazgos. Con base en la información obtenida y representada, se identificaron los hallazgos más relevantes, especialmente la incidencia del cambio climático en el problema transfronterizo y los problemas compartidos identificados, con el apoyo de informantes clave (Anexo 1).

3. ELEMENTOS CONCEPTUALES DE REFERENCIA.

Según Dunne (2020), el tiempo y el clima son conceptos diferentes. El tiempo se refiere a las variables atmosféricas en un momento dado y el clima al estado promedio de dichas variables durante períodos prolongados. El clima se espera se mantenga constante, pero no ha sido ni será siempre así. El cambio climático es cuando el valor medio de esas variables (e.g., temperatura, precipitación) cambia y persiste durante largos períodos de tiempo. El tiempo, en vez, cambia todos los días.

El sistema climático se caracteriza por la interrelación de los componentes atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y biósfera, y por el intercambio de energía con el espacio exterior. Se trata, además, de un sistema complejo y dinámico pero que, no obstante, puede ser representado matemáticamente mediante el uso de modelos para poder mejorar nuestra comprensión del sistema.

La atmósfera cumple funciones esenciales que permiten la vida en la Tierra. Se compone de distintas capas, de las cuales si distinguen dos:

- Estratósfera: está sobre la tropósfera. Tiene menos aire y, por lo tanto, menos oxígeno. Aquí se encuentra la capa de ozono, que nos protege de los rayos ultravioletas del sol.
- Tropósfera: es la capa en contacto con la superficie terrestre. Concentra el 80-90% de los gases de toda la atmósfera, como el vapor de agua, el oxígeno y los Gases de Efecto Invernadero. Aquí se producen los fenómenos meteorológicos.

El efecto invernadero es un fenómeno natural que logra mantener a la Tierra en equilibrio térmico. Sin los gases que logran retener el calor que es reflejado por la Tierra, la temperatura media sería de -19°C, en vez de 15°C que sentimos gracias a este fenómeno.

Los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos por actividades humanas: el Dióxido de Carbono (76%), el Metano (16%) y el Óxido Nitroso (6%). Para poder agruparlos todos los GEI en un único indicador se utiliza un factor que se llama “Potencial de Calentamiento Global”, el cual se utiliza como multiplicador para poder llegar a una única unidad comparable llamada “Dióxido de Carbono Equivalente” y que se escribe “CO2-eq”.

Una propiedad importante del sistema climático es la de correlación, es decir, de causa-efecto. Una perturbación en el sistema generará un determinado resultado, por ejemplo, la acumulación excesiva de GEI en la atmósfera resulta en el aumento de la temperatura media del planeta, es decir, en un calentamiento global. Esta alteración genera, a su vez, impactos directos e indirectos, como el derretimiento de los glaciares y el aumento del nivel del mar. Entonces: Causa -> Efecto -> Impacto. Así, las actividades humanas son las responsables indiscutibles de la perturbación del sistema climático en la actualidad. El cambio climático es, por lo tanto, un problema generado por humanos que perjudica nuestra prosperidad y posibilidades de desarrollo.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés) creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), tiene el propósito de ofrecer a la comunidad mundial la información científica, técnica y socioeconómica más abarcadora y actual. Así, los elementos conceptuales que comprende en el contexto de este informe fueron tomados de las fuentes indicadas y se describen en el Anexo 2.

4. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA ZONA DEL PACA.

El Gran Ecosistema Marino del Pacífico Centroamericano (PACA), se extiende desde el sur de México hasta el norte de Perú, abarcando una superficie de aproximadamente 199,665,900 ha de hábitats costeros y marinos; y 20,853,000 ha de plataforma continental. Contiene una población de alrededor de 59.8 millones de personas que residen en las provincias costeras de estos países. Este gran ecosistema marino es esencial para la economía azul de la región, siendo la pesca, la acuicultura, el transporte marítimo y el turismo sectores azules claves.

La biodiversidad del PACA enfrenta amenazas significativas, entre las que se encuentran: la contaminación, la degradación de los ecosistemas y hábitats costeros y marinos, la sobreexplotación de los recursos pesqueros, los impactos directos sobre la fauna y flora, y la variabilidad y el cambio climático. A su vez, la región se ve afectada por factores socioeconómicos como la pobreza, el tráfico ilegal de drogas y la migración ilegal.

Se prevé que el cambio climático afecte fuertemente a las condiciones del PACA, debido a que se ha identificado una tendencia general de calentamiento de la temperatura del aire, eventos de lluvia más intensos en Centroamérica y en el norte de Sudamérica, y una lenta tendencia al calentamiento de la temperatura de la superficie del mar entre 1957 y 2006 (GEF PNUD, [2021](#)).

Según Tambutti & Gómez ([2022](#)), las tendencias climáticas observadas y las previstas, así como sus repercusiones del cambio climático en la costa del Pacífico en Centroamérica, se vincula con la elevada sensibilidad a la degradación de los ecosistemas costeros. Los eventos vinculados con El Niño podrían aumentar en frecuencia y podrían producirse importantes cambios en los regímenes, lo que afectaría la condición favorable actual de productividad pesquera. Puede preverse que el calentamiento y la tropicalización provoquen un desplazamiento de las especies tropicales hacia el sur, lo que crearía algunas oportunidades para la pesca en pequeña escala.

A continuación, se detalla la afectación de los impactos descritos en el informe del IPCC sobre el PACA (IPCC, [2019](#)):

- El incremento de la temperatura del océano:
 - El calentamiento oceánico está afectando las dinámicas ecológicas del PACA, alterando las temperaturas que sustentan la productividad primaria y los hábitats críticos de muchas especies.
 - Este aumento puede modificar la distribución de especies marinas clave, desplazándolas hacia aguas más frías, lo que afectaría a las pesquerías tradicionales y el equilibrio ecológico.
- Acidificación del océano:
 - La disminución del pH en el agua marina tiene efectos adversos en ecosistemas como arrecifes de coral, que son fundamentales para la biodiversidad y las comunidades costeras del PACA.
 - Los organismos calcificadores como corales y moluscos son especialmente vulnerables, lo que podría llevar a una pérdida significativa de biodiversidad y servicios ecosistémicos en la región.
- Pérdida de oxígeno (desoxigenación):
 - Las zonas de mínimo oxígeno, características de regiones como el PACA, están creciendo debido a la estratificación de la columna de agua.

- Esto puede limitar la habitabilidad de muchas especies pelágicas y demersales, afectando la biomasa pesquera y, en consecuencia, la seguridad alimentaria de las comunidades costeras.
- Aumento del nivel del mar:
 - Se proyecta un aumento del nivel del mar que afectará los manglares, humedales y otros hábitats costeros críticos.
 - Este fenómeno puede intensificar la erosión costera, la intrusión salina y las inundaciones, poniendo en riesgo la infraestructura y los asentamientos humanos en las áreas bajas de la región.
- Sistemas de surgencia:
 - En el PACA incluye áreas influenciadas por sistemas de surgencia como la Corriente de Humboldt. Los cambios en estos sistemas debido a la acidificación y pérdida de oxígeno pueden alterar la productividad marina y, con ello, las pesquerías.
- Ecosistemas costeros y arrecifes de coral:
 - Los arrecifes de coral del PACA como los de la costa pacífica de Panamá y Costa Rica, están bajo presión por el aumento de la temperatura, acidificación y olas de calor marinas, lo que causa blanqueamiento y mortalidad coralina.
 - Estas pérdidas tienen efectos cascada en la biodiversidad marina, la protección costera y el turismo local.
- Eventos climáticos extremos:
 - El aumento en la intensidad y frecuencia de tormentas y eventos El Niño y La Niña puede afectar significativamente a las comunidades costeras del PACA, exacerbando la erosión, destrucción de hábitats y pérdida de infraestructura.

5. IMPLICACIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN COSTERA DEL ECUADOR.

5.1 Descripción de la región costera ecuatoriana.

La región costera del Ecuador continental se ubica entre los Andes occidentales y el océano Pacífico, abarcando las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas, Los Ríos, Santa Elena y El Oro. Su extensión es de aproximadamente 71,839.41 km², representando cerca del 30% del territorio nacional (CONALI, [2022](#))

El clima de la costa ecuatoriana varía desde tropical húmedo en el norte, con temperaturas promedio de 25-28°C y precipitaciones anuales que superan los 2,000 mm, hasta semiárido en el sur, donde las lluvias son inferiores a 500 mm al año y las temperaturas alcanzan los 30°C en estaciones cálidas (INAMHI, [2014](#))

La región cuenta con dos estaciones predominantes: una lluviosa entre diciembre y mayo, y una seca de junio a noviembre, influenciadas por las corrientes de Humboldt y

los eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENSO). Ecosistemas estratégicos como manglares, bosques secos tropicales y estuarios sustentan una rica biodiversidad, aunque enfrentan amenazas por actividades humanas como la deforestación y la expansión agrícola (Carvajal & Santillán, [2019](#)).

5.1.1 Ecosistemas estratégicos.

De acuerdo con las capas de información geográfica sobre áreas protegidas, publicadas por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) en su repositorio digital (MAATE, [2024](#)), la región costera del Ecuador alberga un tercio de las áreas protegidas del país, con 1,160,961.9 de hectáreas destinadas a la conservación, que incluyen:

- Dos Parques Nacionales con 319,461.4 ha que resguardan ecosistemas terrestres y marinos.
- Cinco Reservas Marinas con 378,184.9 ha protegidas que protegen hábitats críticos para especies acuáticas.
- Cuatro Áreas Nacionales de Recreación con 7,693.5 ha de paisajes importantes que conservan la naturaleza asociada a ellos.
- Cuatro Reservas Ecológicas 239,979.3 ha protegidas que preservan diversidad biológica única de la costa ecuatoriana.
- Nueve Refugios de Vida Silvestre con 147,672.0 ha que conservan la integridad de ecosistemas costeros poco perturbados.
- Dos Reservas de Producción de Fauna con 67,970.8 ha protegidas, que procuran la conservación y el uso sostenible de recursos naturales.

Adicionalmente, existen 10 humedales con una superficie de 158,981.4 ha y áreas de bosques y vegetación protectores con 850,241.8 ha. Destacan tres Reservas de Biósfera transfronterizas que fortalecen la conservación regional, como la reserva del Macizo del Cajas (provincias del Azuay, Cañar, El Oro y Guayas, estas dos últimas costeras), la reserva Bosques de Paz (provincias de El Oro y Loja, y norte del Perú) y la reserva Bosque Seco (El Oro y Loja) (Figura 1) (MAATE, [2024](#)). Este conjunto de esfuerzos refleja la importancia de la región en la sostenibilidad ambiental y la preservación de su biodiversidad.

De las 78 áreas protegidas a escala nacional, 26 (33.3%) se encuentran en la región costera. De las 26 áreas protegidas, 20 se identifican como áreas marinas costeras protegidas (AMCP), cuya descripción se detalla en el informe temático correspondiente. Adicionalmente, en la región costa se pueden encontrar otros sistemas de protección como:

- Bosques bajo conservación, con un aproximado de 150,461.9 ha.
- Patrimonio Forestal del Estado, con unas 95,339.3 ha.

Este panorama poblacional subraya la necesidad de estrategias de planificación que consideren tanto las dinámicas urbanas como las características rurales de la región. La Tabla 1 presenta los datos de población urbana y rural que existe en cada una de las siete provincias de la región costa de Ecuador. Así, con base en estas cifras podemos colegir:

- Guayas: es la provincia más poblada de la región costera y del país con 4,391,923 habitantes, de los cuales la mayoría reside en áreas urbanas (3,744,462 personas).
- Manabí: sigue en importancia poblacional con 1'592,840 habitantes, donde la población urbana también supera a la rural.
- El Oro: tiene 714,592 habitantes, con mayor concentración en áreas urbanas.
- Los Ríos: cuenta con 898,652 personas distribuidas de manera relativamente equilibrada entre zonas urbanas y rurales.
- Esmeraldas: tiene una población total de 553,900, con una leve mayor concentración en el área rural.
- Santo Domingo de los Tsáchilas: suma 492,969 personas, siendo predominante la población urbana.
- Santa Elena: es la menos poblada con 385,735 habitantes, aunque tiene una población urbana ligeramente superior a la rural.

Tabla 1. Distribución de la población urbana y rural en las provincias de la costa del Ecuador continental. Fuente: (INEC, 2022).

Provincia, cantón y área de residencia de costa ecuatoriana			Número total de personas	Sexo al nacer	
				Hombres	Mujeres
El Oro	Total El Oro	Urbana	561.225	274.575	286.650
El Oro	Total El Oro	Rural	153.367	78.636	74.731
			Total	714.592	353.211
Esmeraldas	Total Esmeraldas	Urbana	248.586	116.303	132.283
Esmeraldas	Total Esmeraldas	Rural	305.314	152.545	152.769
			Total	553.900	268.848
Guayas	Total Guayas	Urbana	3.744.462	1.826.125	1.918.337
Guayas	Total Guayas	Rural	647.461	328.167	319.294
			Total	4.391.923	2.154.292
Los Ríos	Total Los Ríos	Urbana	485.223	233.897	251.326
Los Ríos	Total Los Ríos	Rural	413.429	209.494	203.935
			Total	898.652	443.391
Manabí	Total Manabí	Urbana	924.325	446.082	478.243
Manabí	Total Manabí	Rural	668.515	340.964	327.551
			Total	1.592.840	787.046
Santo Domingo de los Tsáchilas	Total Santo Domingo de los Tsáchilas	Urbana	370.300	177.629	192.671
Santo Domingo de los Tsáchilas	Total Santo Domingo de los Tsáchilas	Rural	122.669	62.540	60.129
			Total	492.969	240.169
Santa Elena	Total Santa Elena	Urbana	201.785	98.917	102.868
Santa Elena	Total Santa Elena	Rural	183.950	92.386	91.564
			Total	385.735	191.303

En todas las provincias, la población urbana supera a la rural, lo que refleja el proceso de urbanización característico de la región. La proporción de población rural es mayor en

provincias como Esmeraldas, Manabí y Los Ríos, donde la ruralidad aún tiene un peso importante. En cuanto a la distribución por sexo:

- En todas las provincias, las mujeres superan en número a los hombres, aunque la diferencia es leve.
- En la provincia de Guayas, que concentra la mayor población, se mantiene este patrón con 2,237,631 mujeres, frente a 2,154,292 hombres.

Con respecto a la pobreza de la población costera por Necesidades Básicas Insatisfechas¹ (NBI), existe una marcada desigualdad en la distribución de la pobreza en la región costera del Ecuador, siendo más severa en las áreas rurales. Aunque cada provincia tiene particularidades, existe un patrón consistente que muestra mayores desafíos socioeconómicos en las comunidades rurales, lo que subraya la necesidad de políticas inclusivas que aborden estas desigualdades y promuevan el desarrollo integral en estas zonas (INEC, [2022](#)).

Como muestra la Tabla 2, la pobreza por NBI es significativamente mayor en las áreas rurales en comparación con las urbanas. Por ejemplo, en provincias como Manabí y Los Ríos, más del 80% de la población rural presenta pobreza por NBI, mientras que en las zonas urbanas estas cifras son mucho menores, alrededor del 40% (INEC, [2022](#)).

Guayas, siendo la provincia más poblada, presenta una pobreza por NBI total del 39,1%, pero con una marcada diferencia entre áreas urbanas (32,2%) y rurales (79,1%). De manera similar, Esmeraldas tiene una de las tasas más altas de pobreza por NBI rural (82,1%), elevando su promedio total al 63% (INEC, [2022](#)).

El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas presentan tasas generales más moderadas (36,6% y 46,7%, respectivamente), aunque persiste la brecha rural-urbana. Santa Elena, a pesar de su menor población, refleja un patrón similar con una pobreza por NBI rural del 53,4% frente al 41,6% en las zonas urbanas (INEC, [2022](#)).

5.1.3 Actividades económicas.

Según el INEC ([2022](#)), con respecto a las actividades económicas de la población de cada una de las provincias que integra la región costa (Figura 2), tenemos que:

- Guayas: es la provincia con la mayor cantidad de personas ocupadas en todos los sectores, especialmente en comercio al por mayor y menor, industrias manufactureras y transporte, reflejando su rol como el motor económico de la región.

¹ Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) mide las carencias en aspectos esenciales para una calidad de vida digna, como vivienda adecuada, acceso a servicios básicos (agua potable, alcantarillado, electricidad), educación, salud y empleo.

- Manabí: tiene una importante participación en sectores agrícolas, comercio y manufactura, lo que refleja su economía diversificada.

Tabla 2. Distribución la pobreza por necesidades básicas insatisfechas a nivel provincial. Fuente: (INEC, 2022).

Provincia y área de residencia		Total de personas en viviendas particulares	Pobres		Total Pobres	Total Pobres
			Sexo al nacer			
			Hombres	Mujeres		
El Oro	Urbana	559.561	84.082	88.483	172.565	30,8
El Oro	Rural	152.699	45.209	42.796	88.005	57,6
	Total	712.260	129.291	131.279	260.570	36,6
Esmeraldas	Urbana	247.531	45.938	52.103	98.041	39,6
Esmeraldas	Rural	302.894	124.475	124.093	248.568	82,1
	Total	550.425	170.413	176.196	346.609	63,0
Guayas	Urbana	3.729.407	583.673	616.078	1.199.751	32,2
Guayas	Rural	646.894	260.321	251.693	512.014	79,1
	Total	4.376.301	843.994	867.771	1.711.765	39,1
Los Ríos	Urbana	483.992	100.401	108.638	209.039	43,2
Los Ríos	Rural	413.119	173.718	167.913	341.631	82,7
	Total	897.111	274.119	276.551	550.670	61,4
Manabí	Urbana	923.170	179.026	190.328	369.354	40,0
Manabí	Rural	665.934	299.030	286.992	586.022	88,0
	Total	1.589.104	478.056	477.320	955.376	60,1
Santo Domingo de los Tsáchilas	Urbana	369.926	63.910	69.524	133.434	36,1
Santo Domingo de los Tsáchilas	Rural	121.468	48.984	47.075	96.059	79,1
	Total	491.394	112.894	116.599	229.493	46,7
Santa Elena	Urbana	201.592	41.129	42.833	83.962	41,6
Santa Elena	Rural	183.483	49.263	48.792	98.055	53,4
	Total	385.075	90.392	91.625	182.017	47,3

- Los Ríos: destaca por su alta participación en actividades agrícolas y comercio, dado su fuerte enfoque en la producción agrícola.
- El Oro: resalta por su participación en agricultura y actividades de comercio y servicios.
- Esmeraldas: tiene una menor cantidad de personas ocupadas en general, con un enfoque significativo en agricultura y actividades relacionadas con comercio.
- Santa Elena y Santo Domingo de los Tsáchilas: muestran una menor ocupación en general, pero presentan una diversificación en actividades como transporte, comercio y servicios.

La distribución de ocupación refleja la importancia de actividades primarias como la agricultura en provincias menos industrializadas, mientras que en Guayas se observa una predominancia de sectores terciarios y de manufactura, lo que subraya su papel como centro urbano y comercial. Esto resalta las desigualdades económicas y laborales entre provincias de la costa ecuatoriana.

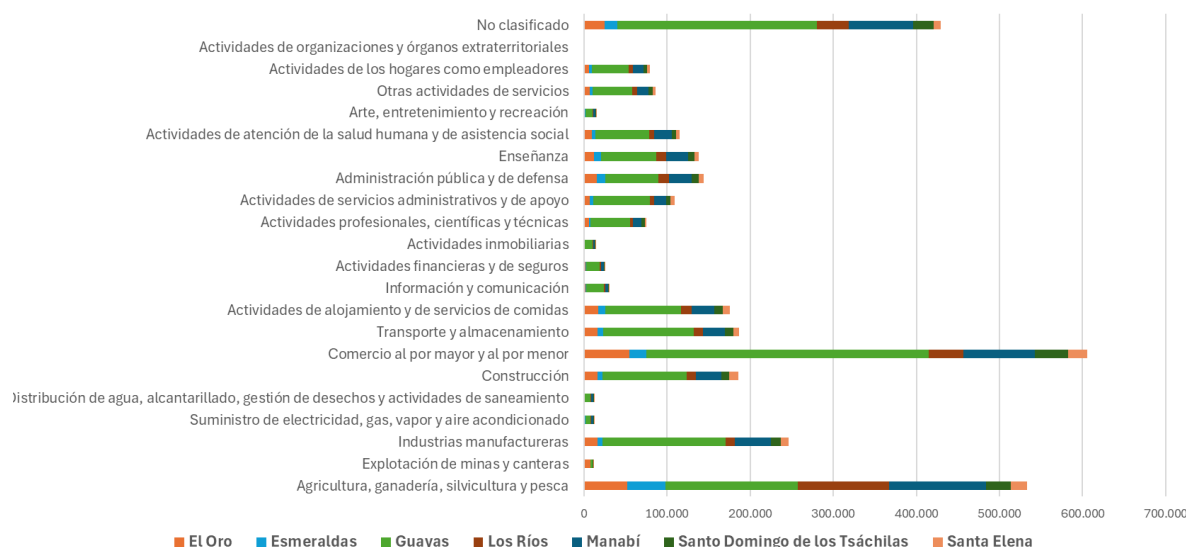


Figura 2. Actividades económicas según la rama de actividad de la población de las provincias de la región costa del Ecuador continental. Fuente: (INEC, [2022](#)).

Siendo la agricultura una actividad primaria en la región, es importante mencionar que el cambio climático afecta significativamente dichas actividades agravando problemas como la disponibilidad de agua, la pérdida de suelos agrícolas y la exposición a eventos climáticos extremos. Según el IPCC alrededor del 23% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero a nivel mundial provienen de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra, lo que resalta la relación bidireccional entre el cambio climático y las actividades agrícolas (IPCC, [2020](#)).

En la costa ecuatoriana, sectores como la agricultura y la ganadería (con 523,374 personas empleadas en la región), año a año se ven seriamente impactados por el aumento de temperaturas y cambios en los patrones de lluvias. De acuerdo con el IPCC ([2020](#)), esto coincide con el incremento de la intensidad y frecuencia de fenómenos extremos, que afectan no solo la producción de alimentos sino también la seguridad alimentaria y los medios de vida rurales.

5.1.4 Fenómenos climáticos extremos.

A nivel global, los fenómenos climáticos extremos como huracanes, inundaciones, sequías y olas de calor se han intensificado en frecuencia y magnitud debido al cambio climático, generando graves impactos en los ecosistemas y en las comunidades humanas más vulnerables. Según el IPCC el aumento de las temperaturas globales ha provocado alteraciones significativas en los patrones meteorológicos, exacerbando la ocurrencia de eventos extremos (IPCC, [2021](#)). Adicionalmente, estudios como el de Coumou & Rahmstorf ([2012](#)) destacan que las actividades humanas, especialmente las emisiones de gases de efecto invernadero, están directamente vinculadas a este incremento, lo que subraya la urgente necesidad de adoptar estrategias de mitigación y adaptación a nivel global.

5.1.5 Clima y mareas de la región costera.

Para la caracterización de los parámetros climáticos, temperatura del aire a dos metros y temperatura superficial del mar (TSM), se utilizaron los datos del [ERA5](#)² de la fuente “Reanalysis Data ERA5 monthly 2d Surface”, específicamente de la serie histórica del enero de 1991 a diciembre del 2020³, aplicando el siguiente procedimiento:

- Se promediaron los valores de temperatura superficial del mar TSM registrado a lo largo de cada año obteniendo un valor anual de TSM, de igual manera con la Temperatura del aire a dos metros.
- De cada variable se procedió a generar el promedio anual de los años monitoreados (30 años) para obtener la climatología de temperatura del aire a dos metros y TSM en el periodo de 1991-2020.
- Se cortó la información geoespacial con respecto al archivo shapefile que tiene la región costa del Ecuador para temperatura del aire a dos metros. Mientras que para la TSM se la cortó con respecto a una capa de mayor extensión que abarca aproximadamente, desde el meridiano -83° W hasta -78.5° W y entre los paralelos 1.5°N a -4°S.
- Se graficó la información de ambas variables con la librería GGLOT2 del R⁴.

Se generaron mapas de climatología anual de TSM y temperatura del aire a dos metros, estableciendo lo siguiente:

- Temperatura superficial del mar. Oscila entre 18°C y 32°C. Este rango sugiere una variabilidad significativa con aguas frías en zonas más profundas y calientes cerca de la costa. Las áreas más cercanas a la costa (especialmente en el lado Este) muestran temperaturas más altas, predominantemente en el rango de 28°C a 32°C. A medida que nos alejamos de la costa hacia el océano las temperaturas tienden a disminuir, alcanzando mínimos de 18°C en áreas más profundas o hacia el Noroeste. Se observa un gradiente térmico claro donde las áreas cercanas a la costa ecuatoriana son significativamente más cálidas en comparación con las zonas más alejadas. Este fenómeno puede estar relacionado con la elevación de la temperatura debido a la insolación y la dinámica del océano (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

² Conjunto de datos de reanálisis climático desarrollado por el European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, por sus siglas en inglés), como parte del programa Copernicus de la Unión Europea.

³ [Datos](#) promedio mensuales de ERA5 sobre niveles individuales desde 1940 hasta el presente.

⁴ La librería [GGLOT2](#) es un paquete de visualización de datos para el lenguaje R que implementa lo que se conoce como la “Gramática de los Gráficos”.

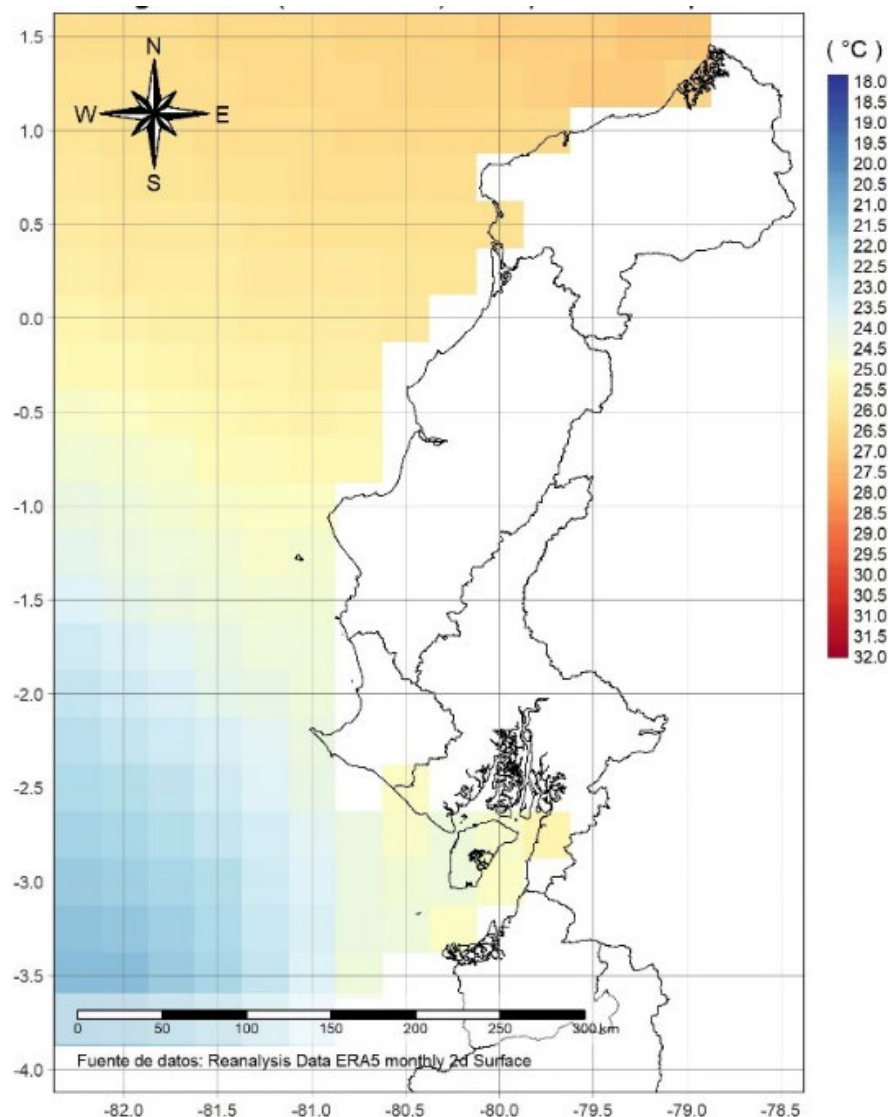


Figura 3. Climatología anual (1991-2020): Temperatura superficial del mar. Fuente: Elaboración propia a partir de la librería de datos (COPERNICUS- ECMWF, [2025](#))

- Temperatura promedio del aire a dos metros de altura. Las temperaturas del aire oscilan entre 21°C y 28°C. La mayoría de la costa presenta temperaturas en la parte media (22°C a 26°C), con un despliegue más frío hacia el sur y cálido en las áreas interiores. En la costa sur las temperaturas son más frescas, con áreas que se mantienen hacia el rango inferior del gráfico, alrededor de 21°C a 24°C. En la costa norte se observa un calentamiento significativo, con temperaturas que llegan a 28 °C en ciertas zonas, indicando un microclima que puede ser afectado por la influencia del sol y la geografía local. En el Sureste y en ciertas áreas costeras predominan las temperaturas más frías, que se relacionan con la dinámica de vientos y la influencia de la corriente Humboldt (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

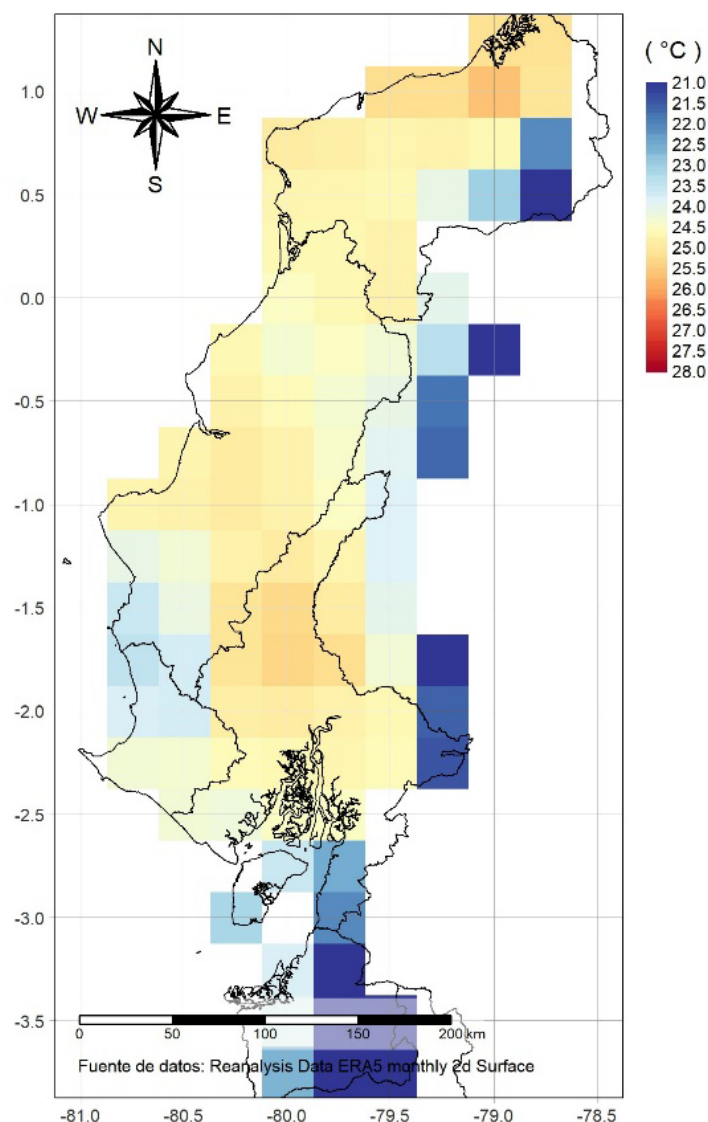


Figura 4 Climatología anual (1991-2020): Temperatura media del aire a 2m de altura. Fuente: Elaboración propia a partir de la librería de datos (NASA - USGS, [2025](#)).

Para la generación del mapa de la climatología de precipitación se usaron los datos de la librería del Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS, por sus siglas en inglés), de la serie histórica de enero de 1991 a diciembre del 2020 (NASA - USGS, [2025](#)), siguiendo similar proceso de análisis descritos para los parámetros precedentes.

Los resultados muestran que las precipitaciones no son uniformes a lo largo de la costa. La orografía local y la proximidad al océano juegan un papel importante en la cantidad de lluvia recibida. Las áreas montañosas tienden a recibir más precipitaciones debido al efecto orográfico. La parte Noreste de la costa muestra precipitaciones acumuladas superiores a 3,000 mm/anuales, debido que son típicamente influenciadas por los vientos alisios que traen humedad desde el océano (áreas más lluviosas de la región). En contraste, las porciones sureñas y algunas áreas interiores tienen precipitaciones mucho

más bajas, inferiores a 600 mm/anuales, indicando un gradiente significativo en la disponibilidad de agua (zonas secas) (Figura 5).

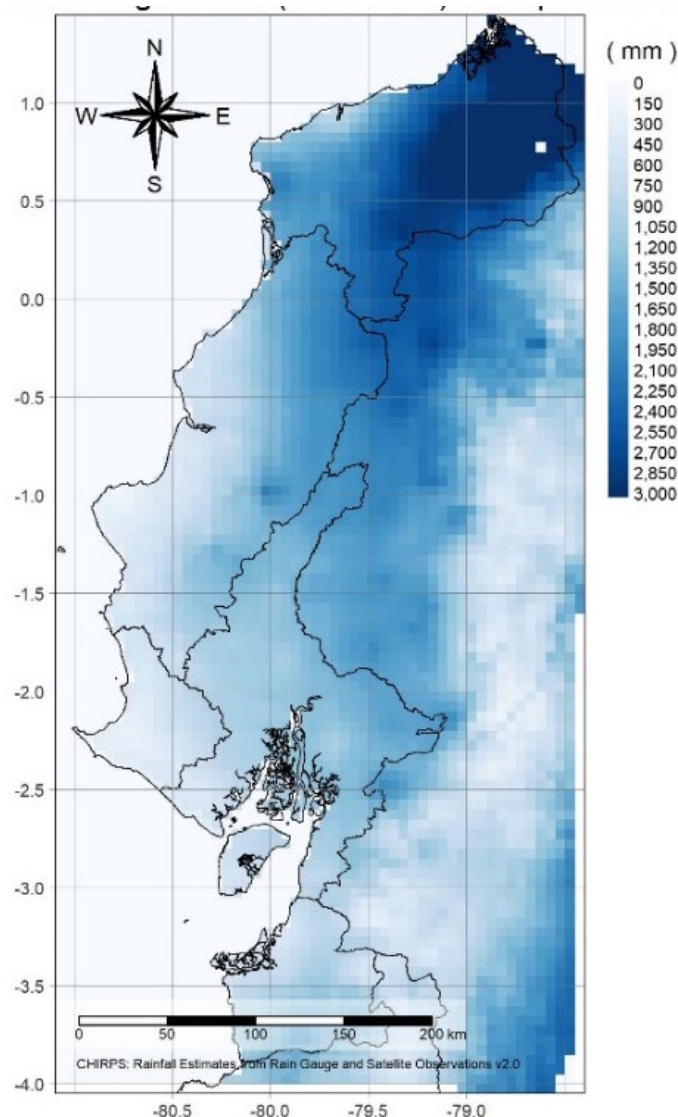


Figura 5. Climatología anual (1991-2020): Precipitación acumulada en milímetros por metro cuadrado (mm/m²). Fuente: Elaboración propia a partir de la librería de datos (NASA - USGS, [2025](#)).

Para la generación de los gráficos de mareas fueron utilizados datos de estaciones mareo gráficas del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) de las ciudades de Esmeraldas, Manta y La Libertad, asociados al repositorio de información de la [Universidad de Hawái](#). La data fue analizada mediante el siguiente procedimiento:

- Se descargaron los datos horarios en formato CSV de las tres estaciones mareo gráficas y se transformaron los datos de milímetros a metros.
- Se transformó a datos diario promediando todas las pleamares de cada día en el rango 1990-2012 para Manta y Esmeraldas, mientras que el de La Libertad se usó el rango 1949-2018. De igual manera se lo realizó con las bajamares.

- Los datos mensuales se obtuvieron promediando los valores diarios de pleamares y bajamares correspondientes al rango de fechas de cada estación.
- Los datos anuales se obtuvieron promediando los valores mensuales de todos los años (30 años) en el rango de fechas, obteniendo un valor climatológico mensual de pleamar y un valor de bajamar en metros con respecto al nivel medio del mar.
- Se graficó la información con la librería GGLOT2 del R.

Las gráficas generadas permitieron concluir lo siguiente:

- Estación Esmeraldas. Los niveles de pleamar oscilan en torno a 1-2 m a lo largo del año indicando una moderada variabilidad estacional. Las bajamares se mantienen cerca de -1.5 m lo que muestra una diferencia significativa entre las dos fases de la marea. No se observan cambios drásticos en los niveles a través de los meses, lo que sugiere un ambiente marino relativamente estable en comparación con otras regiones (Figura 6).
- Estación Manta. Los niveles de pleamar son más altos que los de Esmeraldas, rondando entre 2-3 m, lo que indica una mayor influencia de las condiciones oceanográficas y meteorológicas. Las bajamares se sitúan en los alrededores de -2 m, constituyendo una diferencia notable respecto a los niveles de pleamar. Se observa una ligera tendencia al alza en las mareas altas durante ciertos meses, lo que podría explicarse por factores como el cambio en la presión atmosférica y la interacción con corrientes oceánicas (Figura 7).
- Estación La Libertad. Se registra el nivel más alto de pleamar que alcanza hasta 4 m indicando un fuerte influjo de mareas. Las bajamares son bastante estables promediando alrededor de -2 m durante todo el año. A pesar de la estabilidad en los meses se puede observar un ligero aumento hacia finales del año, posiblemente vinculado a fenómenos estacionales como temporales y cambios en el ciclo de vientos (Figura 8).

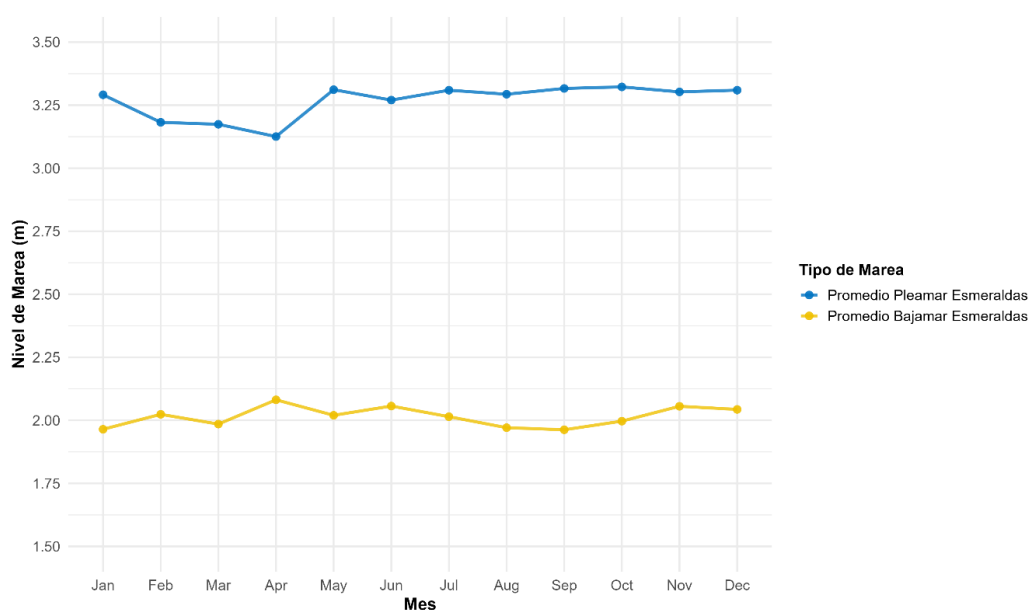


Figura 6. Climatología promedio de mareas altas y bajas por mes de la estación Esmeraldas Norte, periodo climatológico 1990-2012. Fuente: Universidad de Hawái (2025). Elaboración propia.

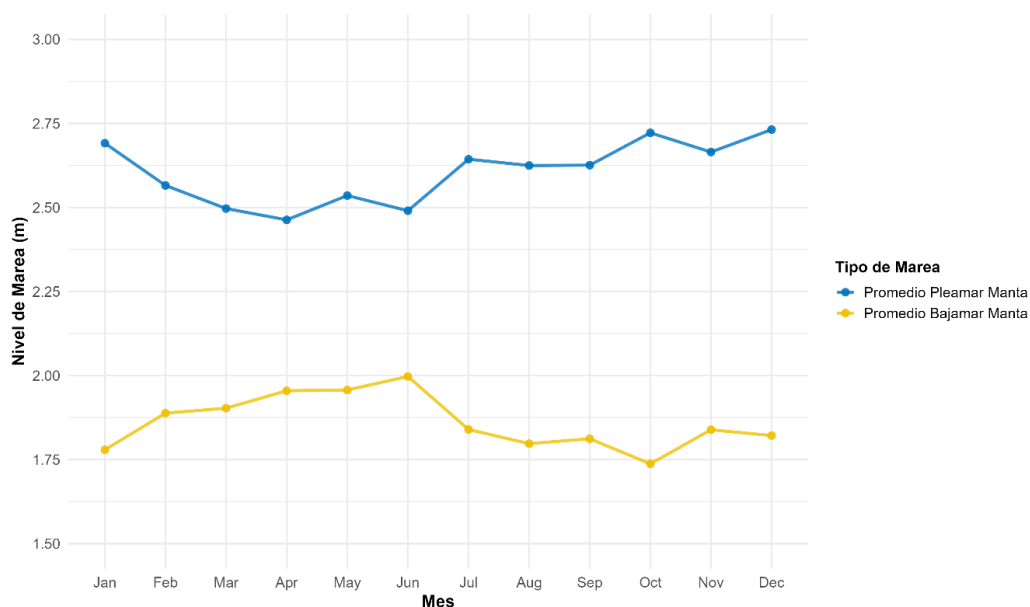


Figura 7. Climatología promedio de mareas altas y bajas por mes de la estación Manta, periodo climatológico 1990-2012. Fuente: Universidad de Hawái (2025). Elaboración propia.

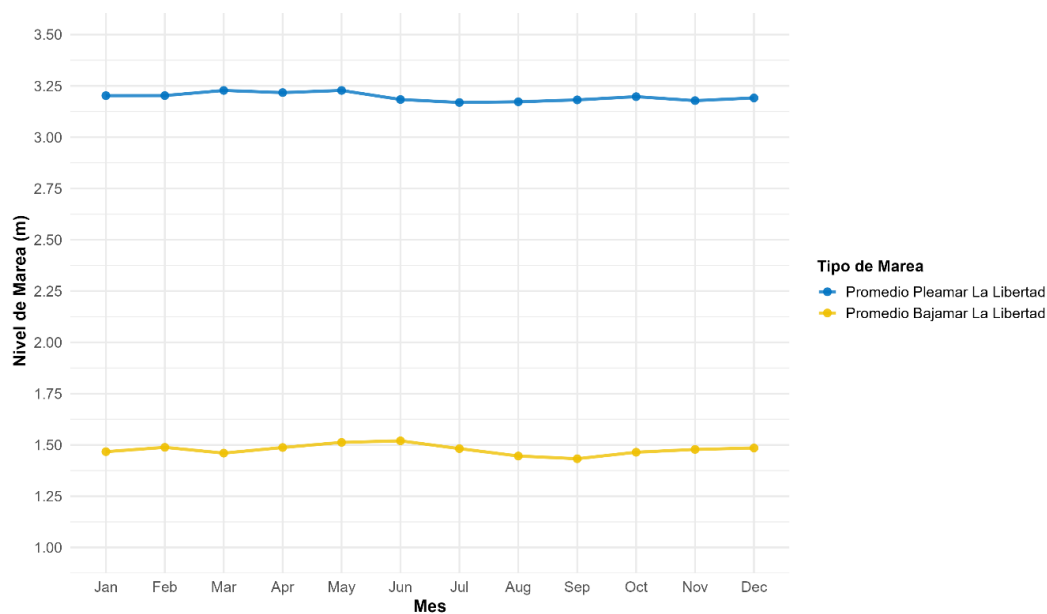


Figura 8. Climatología promedio de mareas altas y bajas por mes de la estación La Libertad, periodo climatológico 1949-2018. Fuente: Universidad de Hawái (2025). Elaboración propia.

El análisis de las mareas en las estaciones de Esmeraldas, Manta y La Libertad evidencia una clara diferenciación en los niveles de pleamares y bajamares, atribuible a factores geográficos y oceanográficos. En el Norte la moderación de las mareas podría estar relacionada con una costa menos expuesta a fenómenos como corrientes oceánicas profundas o sistemas de viento intensos. En contraste, el centro y el Sur presentan

mayores amplitudes debido a la interacción de corrientes más dinámicas, topografía costera más accidentada y posiblemente mayor influencia de condiciones meteorológicas cambiantes. Estas diferencias son fundamentales para comprender cómo las características locales afectan las dinámicas costeras.

Aunque las estaciones analizadas presentan patrones anuales predecibles, existe una variación notable en la estacionalidad de las mareas, especialmente en Manta y La Libertad. Estas fluctuaciones podrían estar vinculadas a fenómenos como el cambio en la presión atmosférica y los ciclos de viento que afectan las corrientes oceánicas. La relativa estabilidad en Esmeraldas contrasta con los aumentos estacionales observados en el sur, lo que indica que esta región está más influenciada por fenómenos estacionales, como temporales o cambios en los patrones climáticos.

Las mareas extremas, como las pleamares de hasta 4 m en La Libertad, resaltan la importancia de los factores climáticos en las dinámicas costeras. Estos niveles elevados pueden coincidir con eventos meteorológicos como temporales o cambios en el ciclo de El Niño Oscilación del Sur (ENSO), exacerbando los impactos en la erosión costera y en los ecosistemas marinos. Esto subraya la necesidad de monitorear tanto las mareas como las condiciones climáticas para prever efectos en el ambiente costero y planificar estrategias de manejo sostenible.

5.2 Marco institucional del Ecuador para afrontar el cambio climático.

Está basado un conjunto de compromisos internacionales, acciones nacionales y estrategias legales. Desde su adhesión a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el país ha participado en iniciativas globales como el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estas acciones reflejan la responsabilidad asumida frente al cambio climático, a pesar de que Ecuador es un país en desarrollo con una baja contribución a las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) (Naciones Unidas, [1992](#)).

A nivel nacional, la Constitución de la República del Ecuador ([2008](#)) establece en sus artículos 413 y 414 la promoción de tecnologías limpias, energías renovables y prácticas para mitigar el cambio climático, como la reducción de emisiones de GEI y la prevención de la deforestación.

En este contexto, se diseñó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) 2012-2025, que define directrices para reducir las emisiones, aumentar la capacidad adaptativa y contribuir a los esfuerzos globales para estabilizar el clima. Este documento prioriza sectores clave como la agricultura, el uso de suelo, la silvicultura, la energía y la gestión de residuos (Ministerio del Ambiente, [2012](#)).

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) lidera la implementación de estas políticas a través de la Subsecretaría de Cambio Climático, que desarrolla planes y proyectos enfocados en adaptación y mitigación, como el Plan Nacional de Adaptación (PNA) (MAATE, [2023](#)) y el Programa Ecuador Carbono Cero

(MAATE, [2021](#)). Este último fomenta la neutralización de emisiones mediante incentivos y certificaciones para organizaciones que implementen acciones climáticas responsables. Además, Ecuador ha implementado programas como REDD+ para reducir la deforestación y promover el manejo sostenible de los bosques, destacándose por su enfoque en medidas no basadas en el mercado (MAE, [2016](#)).

La gestión climática en Ecuador también incluye la creación de indicadores alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como la reducción de emisiones de CO₂ por unidad de valor agregado bruto y el aumento de la capacidad de adaptación al cambio climático. Asimismo, el país ha fortalecido su resiliencia a través de proyectos de conservación de ecosistemas, reforestación, manejo sostenible del agua y promoción de prácticas agrícolas resilientes (MAATE, [2023b](#)).

5.3 El cambio climático en el contexto mundial y nacional.

El cambio climático es un fenómeno que combina procesos naturales y actividades humanas. Entre los factores naturales, los ciclos de Milankovitch explican variaciones en la órbita terrestre, la inclinación axial y la precesión del eje; estas fluctuaciones determinan la cantidad y distribución de la radiación solar que llega a la Tierra, provocando cambios climáticos a lo largo de miles de años, incluyendo ciclos glaciales e interglaciares (Hays et al., [1976](#)).

Sin embargo, el cambio climático contemporáneo se distingue por su rapidez, impulsada principalmente por las actividades humanas. La quema de combustibles fósiles, la deforestación y la transformación de los usos del suelo han elevado las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles nunca antes registrados en la historia reciente. Según el IPCC ([2023b](#)), estas actividades han acelerado el calentamiento global, llevando al sistema climático a un estado de alteración profunda con impactos generalizados y cada vez más severos en los ecosistemas y las sociedades humanas.

Además, el cambio climático antropogénico interactúa con los ciclos naturales, amplificando sus efectos. Por ejemplo, el aumento de las temperaturas globales inducido por las emisiones humanas acelera procesos como el deshielo de los glaciares y altera los patrones de precipitación, exacerbando fenómenos que de otra manera habrían ocurrido a un ritmo mucho más lento. Este fenómeno pone en riesgo el equilibrio de los ecosistemas y aumenta la vulnerabilidad de las comunidades humanas (Hays et al., [1976](#)).

Superar el umbral de 1.5°C respecto a los niveles preindustriales representa un límite crítico para los ecosistemas y los procesos climáticos clave de la Tierra. Según el IPCC ([2023b](#)), cruzar este límite podría desencadenar eventos irreversibles como el colapso de los arrecifes de coral, la desertificación de tierras agrícolas esenciales y la pérdida masiva de biodiversidad. Estas consecuencias no solo impactarían la naturaleza, sino también la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua y la estabilidad socioeconómica (Steffen et al., [2018](#)).

Para abordar eficazmente esta crisis, es crucial adoptar una estrategia integrada que incluya la reducción de emisiones, la restauración de ecosistemas, la protección de la biodiversidad y la implementación de modelos de desarrollo sostenible dentro de los límites planetarios. Este enfoque no solo debe mitigar los riesgos climáticos actuales, sino también garantizar un futuro más equilibrado y resiliente (IPCC, [2023b](#); Rockström et al., [2013](#)).

El cambio climático es un componente central del fenómeno más amplio conocido como “cambio global”, el cual resulta de los impactos humanos sobre diversos procesos y sistemas biofísicos que sostienen la vida en la Tierra. Según el Centro de Resiliencia de Estocolmo, existen nueve sistemas clave que interactúan entre sí y son esenciales para el desarrollo de la vida terrestre: (i) el clima global, (ii) la biosfera, (iii) los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y el fósforo, (iv) la disponibilidad de agua dulce, (v) la composición del suelo y la cobertura vegetal, (vi) la capacidad de los ecosistemas para procesar sustancias químicas, metales, plásticos y otras nuevas entidades, (vii) el nivel de ozono estratosférico, (viii) la acidificación de los océanos, y (ix) la carga de aerosoles atmosféricos (Rockström et al., [2013](#)).

Para cada uno de estos sistemas se ha definido un “límite de operación seguro”, un indicador del nivel de perturbación que puede soportar sin alterar sus funciones esenciales ni comprometer la continuidad de la vida en el planeta. Estos límites, conocidos como “límites planetarios”, son esenciales para mantener la estabilidad global. Sin embargo, estimaciones recientes muestran que seis de los nueve límites han sido sobrepasados (Richardson, [2023](#)). Entre los más críticos se encuentran la integridad de la biosfera (en crisis debido a la pérdida de biodiversidad), el cambio climático (en crisis por el calentamiento global) y los ciclos biogeoquímicos, junto con la proliferación de nuevas entidades contaminantes como plásticos y químicos industriales.

La Figura 9 muestra que algunos límites, como el cambio climático (concentración de CO₂ y forzamiento radiactivo) y la integridad de la biosfera (pérdida genética y funcional), ya se encuentran en la zona de alto riesgo, superando niveles seguros. Los ciclos de nitrógeno (N) y fósforo (P) también exceden sus límites, mientras que factores como la acidificación oceánica y el cambio en el uso del suelo están en una zona de riesgo creciente.

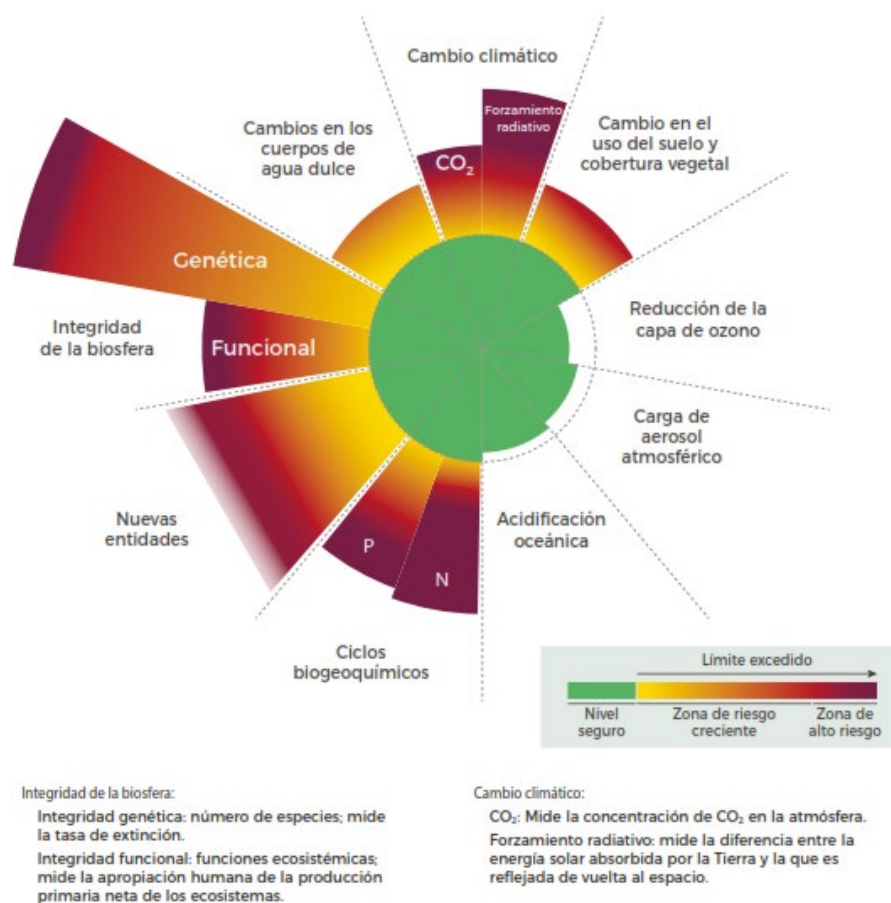


Figura 9. Límites planetarios. Fuente: Adaptación de Katherine Richardson et al. (2023), extraído del PLANMINCC (MAATE, 2024a).

Otros límites como la carga de aerosoles atmosféricos y la reducción de la capa de ozono, permanecen en niveles más seguros. La inclusión de nuevas entidades (como plásticos y productos químicos), subraya los desafíos emergentes que afectan la estabilidad del planeta (MAATE, 2024a).

De acuerdo con el Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático (PLANMICC) 2024 – 2070, estos fenómenos no solo representan retos ambientales, sino también sociales y económicos de largo alcance. El PLANMICC subraya la necesidad de acciones coordinadas para mitigar los efectos del cambio climático y fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades humanas frente a estas crisis interconectadas (MAATE, 2024a).

El cambio climático tiene un efecto directo e indirecto sobre otros sistemas biofísicos, generando impactos que se retroalimentan mutuamente. Por ejemplo, el calentamiento global puede acelerar la erosión del suelo y la pérdida de recursos hídricos debido al derretimiento de glaciares, lo que afecta la integridad de la biosfera a través de la pérdida de biodiversidad. De manera similar, el deterioro de la biosfera, los cambios en la cobertura vegetal y la reducción de la capacidad de los océanos para absorber carbono

debido a la acidificación marina pueden agravar aún más la crisis climática (IPCC, [2023b](#); Rockström et al., [2013](#)).

Además, los impulsores del cambio climático, definidos como las actividades humanas que provocan emisiones de GEI, están estrechamente vinculados con los impactos sobre los sistemas biofísicos. Según el IPCC ([2023b](#)), estos impulsores se dividen en varios grupos:

- Apropiación, uso y cambio de uso de la tierra y el agua, degradación y deforestación: estas actividades afectan el suelo, la cobertura vegetal, la disponibilidad de agua dulce, la integridad de la biosfera y la carga de aerosoles atmosféricos.
- Uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas, y fermentación entérica: contribuyen a la alteración de los ciclos del nitrógeno y el fósforo, reducen la biodiversidad y afectan la disponibilidad de agua dulce.
- Uso de compuestos fluorados en refrigeración: aunque los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) han sido eliminados debido a su impacto en la capa de ozono, sus sustitutos, como los PFC e hidrofluorocarbonos (HFC), tienen un alto potencial de calentamiento global.
- Uso intensivo de combustibles fósiles para energía, transporte e industria: este es el principal generador de emisiones de GEI, contribuye a la acidificación de los océanos y afecta la cantidad de aerosoles atmosféricos.
- Actividades industriales: impactan la disponibilidad de agua dulce, incrementan la carga de aerosoles atmosféricos y generan nuevas entidades químicas que alteran los sistemas naturales.
- Gestión de residuos y desechos sólidos y líquidos: estas prácticas afectan los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y el fósforo, la disponibilidad de agua dulce y contribuyen a la acumulación de nuevas entidades contaminantes (MAATE, [2024a](#); Steffen et al., [2018](#)).

Estos factores demuestran cómo las actividades humanas no solo impulsan el cambio climático, sino que también afectan profundamente otros sistemas biofísicos esenciales, exacerbando la crisis ambiental global y aumentando los riesgos para la estabilidad de los ecosistemas y las sociedades humanas.

5.4 Patrones climáticos de la región costa.

Los patrones climáticos son las tendencias promedio del clima en una región a lo largo del tiempo, influenciados por factores como la latitud, altitud, corrientes oceánicas, y la proximidad a grandes cuerpos de agua. Estos patrones determinan características climáticas como temperaturas, precipitaciones y vientos predominantes, y son fundamentales para definir el clima de una región (IPCC, [2023a](#)). Además, el cambio climático está provocando alteraciones significativas en estos patrones, intensificando eventos extremos como olas de calor, sequías y precipitaciones torrenciales, lo que tiene un impacto directo en los ecosistemas y las actividades humanas (MAATE, [2023](#)).

En América del Sur, los patrones climáticos regionales están determinados por la diversidad geográfica que incluye la cordillera de los Andes, la Amazonía, y las zonas costeras. En la región costera del Ecuador el clima está influenciado por fenómenos como las corrientes oceánicas de Humboldt y El Niño, que regulan las temperaturas y las precipitaciones (Figura 10).



Figura 10. Corrientes marinas que influyen al Ecuador. Fuente: (Hispanoteca, [2025](#)).

El cambio climático está alterando estos patrones, intensificando las lluvias durante los eventos de El Niño y prolongando las sequías en periodos de La Niña (IPCC, [2023a](#)). En la Amazonía, el aumento de la temperatura global y la deforestación están causando una disminución de las lluvias y mayor riesgo de incendios forestales. En contraste, en los Andes, los glaciares están retrocediendo rápidamente, afectando el suministro de agua en la región (Cavazos et al., [2024](#)). En las zonas costeras de Ecuador, el aumento del nivel del mar y el incremento en la frecuencia de tormentas extremas ponen en riesgo las comunidades y los ecosistemas marinos (MAATE, [2024b](#)).

Estos cambios impactan la seguridad alimentaria, la biodiversidad y los medios de vida, especialmente en las comunidades rurales y costeras más vulnerables, que dependen directamente de los recursos naturales. La necesidad de medidas de adaptación y mitigación es crítica para proteger estas regiones frente a los efectos del cambio climático (MAATE, [2024a](#)).

5.5 Emisión y proyección de gases de efecto invernadero nacionales

Según la Quinta Comunicación de Cambio Climático (MAATE, [2024b](#)), en el año 2022 las emisiones nacionales totales de GEI en Ecuador alcanzaron los 88,262.9 kt CO₂-eq, lo que representa una reducción aproximada del 8.6% en comparación con 1994, evidenciando una tendencia de variación mínima a lo largo del período analizado.

El sector de energía se posiciona como el mayor emisor, aportando el 47.2% (41,674.7 kt CO₂-eq) del total nacional. Le siguen el sector de Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) con una contribución del 29.3% (25,823.2 kt CO₂-eq), y el sector agricultura que representa el 13.3% (11,728.7 kt CO₂-eq). Por su parte, los sectores de Residuos y de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) aportan el 5.4% (4,790.5 kt CO₂-eq) y el 4.8% (4,245.8 kt CO₂-eq), respectivamente (Figura 11).

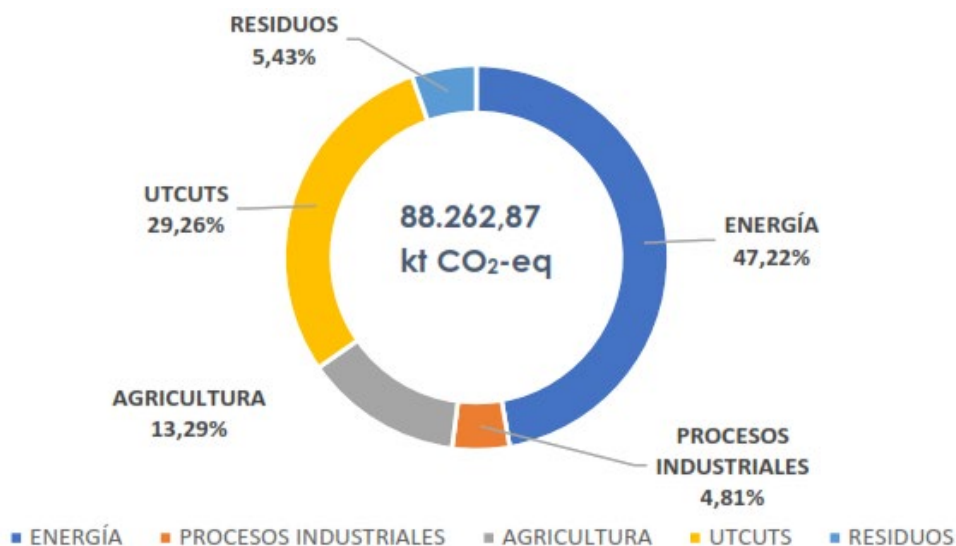


Figura 11. Contribución de emisiones por sectores al Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) en porcentaje, al 2022. Fuente: MAATE ([2024b](#)).

La distribución de las emisiones nacionales de GEI por tipo de gas revela que el dióxido de carbono (CO₂), considerando las emisiones netas, constituye el 75.9% del total. Le siguen el metano (CH₄) con un 18.4%, el óxido nitroso (N₂O) con un 3.5% y, por último, los hidrofluorocarbonos (HFC) que aportan el 2.2% (Figura 12).

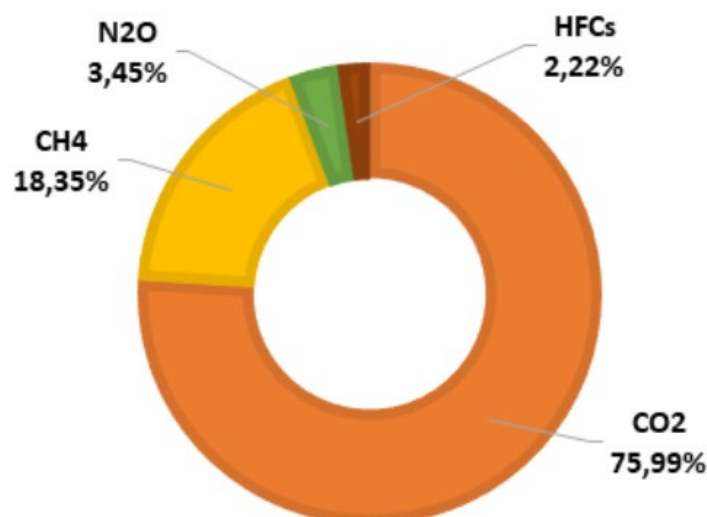


Figura 12. Contribución de emisiones de GEI por tipo de gas al Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) en porcentaje, al 2022. Fuente: MAATE, (2024b).

El Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) anualizado para los años 2020, 2021 y 2022 refleja un importante avance en la capacidad del país para monitorear y gestionar sus emisiones de GEI. Este instrumento proporciona una base técnica y científica robusta para apoyar la toma de decisiones relacionadas con el cambio climático y fortalece la transparencia de Ecuador a nivel internacional. Además, evidencia el compromiso del país con la acción climática global, al tiempo que enfrenta los desafíos asociados con la recolección y manejo de datos en un contexto de recursos limitados (MAATE, 2024b).

Ecuador, como parte de sus compromisos climáticos bajo el Acuerdo de París (AP), ha desarrollado proyecciones de emisiones de GEI con base en metodologías sectoriales específicas, priorizando la coherencia con su primer informe sobre Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y adaptándose a sus capacidades nacionales. Estas proyecciones incluyen:

- **Energía:** utilizando el modelo de “plataforma de análisis de bajas emisiones” (LEAP, por siglas en inglés), se proyectaron las emisiones considerando el sistema energético completo (oferta, transformación, demanda) y tomando como base el año 2010. Los factores clave incluyen Producto Interno Bruto (PIB), población y estructura de consumo energético. La proyección para 2025 integra medidas y políticas prevalentes en 2010, como una matriz energética de 60% renovable y 40% térmica.
- **Procesos industriales:** se evaluaron categorías como producción de cemento, cal y vidrio, además de emisiones derivadas de la producción de metales como hierro y acero. También se incluyeron solventes y refrigerantes utilizados como sustitutos de sustancias dañinas para la capa de ozono.
- **Agricultura:** las proyecciones se basan en datos históricos sobre ganado, cultivos y uso de fertilizantes, junto con variables como producción de carne y leche. Se

integraron indicadores económicos, como el PIB agrícola, para sustentar las tendencias.

- Residuos: la generación de residuos se proyectó con base en la tasa de crecimiento poblacional (2010-2025), reflejando la correlación entre población y generación de desechos.
- Uso del suelo, cambio del uso de suelo y silvicultura (UTCUTS): la proyección se fundamenta en la tasa de deforestación bruta (2000-2008) para evaluar tendencias de conservación forestal. Este enfoque asegura consistencia con la metodología REDD+ de Ecuador.

Las proyecciones utilizan como métrica principal el Potencial de Calentamiento Global a 100 años (GWP-100), alineado con las guías del IPCC. Cada sector aplica metodologías específicas que reflejan sus características y necesidades para contribuir al componente de mitigación climática del país (Tabla 3) (MAATE, [2024b](#)).

Tabla 3. Proyecciones de GEI del Ecuador al 2025. Fuente: MAATE ([2024b](#)).

Sector	GHG emisiones y remociones				Año más reciente	GHG emisiones proyectadas		
	(kt CO2 eq)					(kt CO2 eq)		
	1994	2000	2006	2010		2015	2020	2022
Energía	14.994,92	21.648,27	29.541,34	35.812,52	NE	46.600	NE	51.100,00
Procesos Industriales	2.036,81	1.389,97	2.762,61	2.659,25	NE	3512,00	NE	3718,00
Agricultura	15.029,29	12.307,30	14.051,63	14.420,68	15.092,57	15605,68	15656,53	15892,95
USCUSS	NE	43.418,13	43.418,13	43.418,13	43.418,13	43418,13	43.418,13	43418,13
Residuos	1.433,51	1.688,19	1.845,61	3.347,00	NE	3.903,00	NE	4.168,00
Gas	CO2							
Total, con USCUSS	33.494,53	80.451,86	91.619,32	99.657,58	58.511	113.039	59.075	118.297
Total sin USCUSS	33.494,53	37.033,73	48.201,19	56.239,45	15.092,57	69.620,68	15.656,53	74.878,95

5.6 Proyecciones climáticas.

Los escenarios climáticos de Trayectorias de Concentración Representativa (RCP, por sus siglas en inglés) son modelos desarrollados para proyectar posibles futuros del sistema climático según diferentes niveles de emisiones de CO₂ y otros GEI. Cada RCP representa una hipótesis basada en factores como el crecimiento económico, el uso de energía y las políticas climáticas. Por ejemplo, el RCP 2.6 describe un futuro de bajas emisiones con medidas drásticas de mitigación, mientras que el RCP 8.5 refleja un escenario de altas emisiones donde se mantienen las tendencias actuales de consumo de combustibles fósiles sin esfuerzos significativos de mitigación (IPCC, [2014](#)).

La generación de CO₂ varía significativamente entre los escenarios. En el RCP 2.6 las emisiones alcanzan su punto máximo en la década de 2020 y disminuyen rápidamente, logrando incluso emisiones negativas para finales del siglo XXI. Por el contrario, en el RCP 8.5 las emisiones continúan aumentando durante todo el siglo, superando las 30 GtCO₂/año, con emisiones acumuladas que exceden los 5,000 GtCO₂. Este nivel de

emisiones está estrechamente vinculado al calentamiento global, ya que existe una relación casi lineal entre las emisiones acumuladas y el aumento de la temperatura global. Limitar este calentamiento a menos de 2°C requiere que las emisiones acumuladas desde 1870 no superen las 3,000 GtCO₂, de las cuales ya se han emitido 1,900 GtCO₂ hasta 2011 (IPCC, [2014](#)).

El impacto de las emisiones se manifiesta en cambios significativos en el sistema climático como el aumento de la temperatura, la acidificación oceánica y la elevación del nivel del mar. Bajo RCP 2.6, el aumento de la temperatura global se limitaría entre 0.3°C y 1.7°C, mientras que en RCP 8.5 alcanzaría entre 2.6°C y 4.8°C. Asimismo, los océanos se acidificarían moderadamente en RCP 2.6 pero de manera severa en RCP 8.5, afectando gravemente los ecosistemas marinos. Estos escenarios son herramientas clave para planificar acciones de mitigación y adaptación, destacando la importancia de actuar de forma inmediata para evitar impactos irreversibles en el clima y los ecosistemas globales (IPCC, [2014](#)).

La Quinta Comunicación Nacional de Cambio Climático presenta las proyecciones climáticas futuras de Ecuador para el período 2020-2050 basadas en modelos del sexto proyecto de inter-comparación de modelos de clima acoplados (CMIP 6, por sus siglas en inglés) y escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, que muestran tendencias claras de aumento de temperatura y variaciones significativas en los patrones de precipitación. Estas proyecciones revelan una diferenciación de los impactos del cambio climático según las características geográficas y climáticas de sus regiones (MAATE, [2024b](#)).

5.6.1 Cambios en los patrones de precipitación y temperatura.

Para Ecuador, las proyecciones de precipitación al período 2020-2050 muestran variaciones regionales bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 afectando los patrones de precipitación en términos de intensidad, frecuencia y distribución espacial. Estos cambios tendrán implicaciones directas en los ecosistemas, la agricultura, la disponibilidad de agua y el control de inundaciones. En la región andina se anticipa una reducción de hasta un -10%, intensificando las sequías estacionales. En la región amazónica las lluvias podrían aumentar, pero estarán concentradas en eventos extremos, incrementando el riesgo de inundaciones.

En la región costa el informe proyecta un leve incremento en la precipitación media anual, acompañado de una mayor variabilidad estacional bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Este aumento, estimado en hasta +5% en RCP 4.5 y +8% en RCP 8.5, no implica lluvias distribuidas de manera uniforme, sino una tendencia hacia eventos extremos más frecuentes e intensos, como lluvias torrenciales concentradas en períodos cortos. Estas condiciones aumentan el riesgo de inundaciones, especialmente en áreas urbanas y zonas costeras bajas, donde la infraestructura de drenaje puede no ser suficiente para manejar el exceso de agua (MAATE, [2024b](#)).

Además, las sequías podrían intensificarse durante los períodos secos afectando los sistemas agrícolas y la disponibilidad de agua para consumo humano e industrial. Estos

cambios reflejan impactos significativos para los ecosistemas costeros, como los manglares, que enfrentan estrés adicional debido a las inundaciones y la intrusión de agua salada derivada del aumento del nivel del mar (MAATE, [2024b](#))

Acerca de los escenarios de precipitación y temperatura, la Quinta Comunicación Nacional realiza un análisis de los cambios proyectados en el clima futuro para el 2020-2050. Las proyecciones son la base para el análisis del riesgo climático y su comprensión permite avizorar posibles impactos en el sector económico, social y ecosistémico, impulsando el desarrollo de políticas basadas en la ciencia y la evidencia (MAATE, [2024b](#)).

Estas simulaciones se convierten en herramientas valiosas que esclarecen la influencia de los cambios en la circulación atmosférica sobre los patrones locales de temperatura y precipitación utilizando los Años Tipo (AT) como herramienta analítica clave, mas no brinda un análisis detallado y sectorizado de las proyecciones de cambio para el país y en especial para la región costera. En su lugar aplica la metodología de los AT para identificar patrones climáticos específicos basados en datos históricos, facilitando la comprensión de la variabilidad climática y sus impactos en diferentes regiones del país (Figuras 13 y 14) (MAATE, [2024b](#)):

- El Año Tipo 1 (AT1) está delineado por patrones de clima más frecuentes, pero de menor intensidad, donde los patrones WT2 y WT4 son predominantes. El patrón WT2, particularmente evidente en el año 2004, trae consigo vientos y humedad desde la Amazonía, que se traducen en precipitaciones ligeramente por debajo del promedio y temperaturas algo elevadas. En contraste, el patrón WT4 comparte similitudes con WT2, pero con una intensidad mayor de vientos y humedad, como fue característico del año 2015. Este tipo de años puede sugerir un clima ligeramente más seco y cálido para Ecuador, con variaciones locales como en las Galápagos, que podría experimentar mayores precipitaciones.
- El Año Tipo 2 (AT2), considerado el menos común, es definido por una persistencia dominante del patrón WT1, asociado con condiciones ligeramente más húmedas y frías. Este fenómeno es el resultado de la convergencia de vientos y corrientes de humedad del Pacífico Ecuatorial y la Amazonía, patrón que fue particularmente notable en 1993. En términos prácticos, este año podría indicar un clima más fresco y húmedo, impactando así las prácticas agrícolas y los recursos hídricos.
- En el caso del Año Tipo 3 (AT3), el segundo más frecuente, destaca la persistencia del patrón climático (WT6, por sus siglas en inglés), común durante eventos de El Niño y marcado por precipitaciones intensas en regiones como Galápagos y la costa ecuatoriana, junto con una reducción de lluvias en la región del Oriente. La característica distintiva de este patrón es la significativa elevación en las temperaturas en casi todo el país. Este año representa los escenarios más extremos, con impactos potenciales severos en inundaciones, agricultura y salud pública.

- El Año Tipo 4 (AT4) se caracteriza por la prevalencia del patrón WT3, implicando temperaturas y precipitaciones por encima del promedio en gran parte del país, excepto en las zonas costeras. Las anomalías más notables y flujos zonales meridionales típicos de este patrón pueden indicar un clima más frío y húmedo en altitudes elevadas y áreas interiores, lo que podría afectar la biodiversidad y la gestión del agua.
- El Año Tipo 5 (AT5), el más común, proyecta una circulación atmosférica con vientos divergentes, lluvias y temperaturas más bajas que la media en la mayoría de Ecuador, incluyendo las Islas Galápagos. Las precipitaciones tienden a ser más intensas de lo normal, salvo en la costa, donde son ligeramente inferiores. Este patrón ha sido más recurrente en 1999 y podría implicar años más frescos y húmedos en la mayoría del país, alterando desde los ecosistemas hasta la producción agrícola.

Estas categorizaciones, aunque no exhaustivas, proporcionan una comprensión detallada de cómo podrían manifestarse las condiciones climáticas en el futuro, ayudando así a moldear estrategias de adaptación al cambio climático más informadas y precisas (MAATE, [2024b](#)).



Figura 13. Precipitación histórica 1985-2015 y futura 2020-2050 en el Ecuador. Fuente: MAATE (2024b).

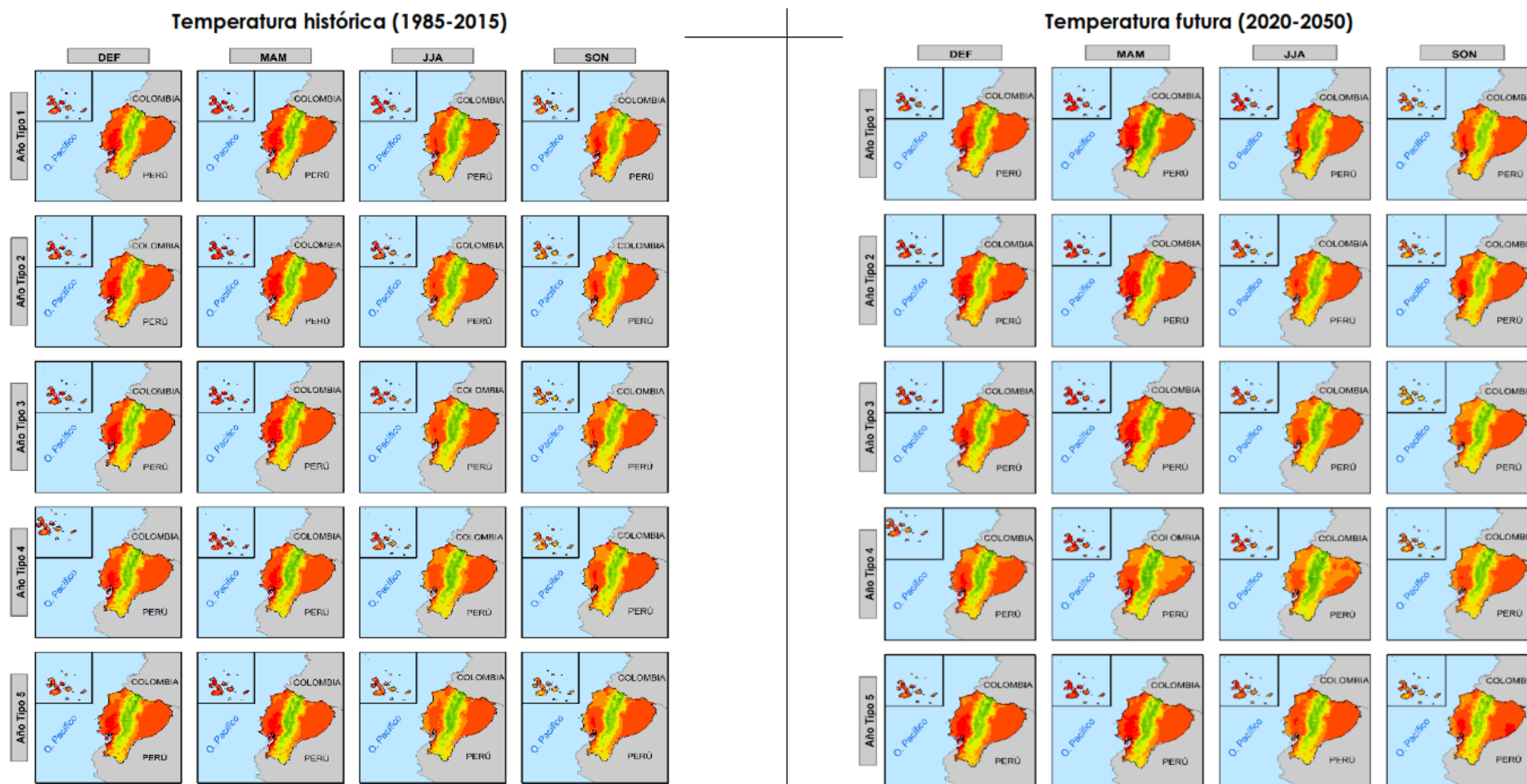


Figura 14. Temperatura histórica 1985-2015 y futura 2020-2050 en el Ecuador. Fuente: MAATE (2024b).

5.6.2 Resultados de las proyecciones oceánicas bajo escenarios de cambio climático

Incremento de la temperatura media. El análisis muestra un aumento considerable en la TSM en dos periodos de tiempo. A corto plazo (2021-2050), se estima un incremento de 0.91°C en el escenario SSP2-4.5 y de 1.05°C en el SSP5-8.5. En el largo plazo (2051-2080), se proyecta un aumento de 1.56°C en el SSP2-4.5 y de 2.31°C en el SSP5-8.5. Estas proyecciones evidencian una intensificación del calentamiento hacia finales del siglo, respaldada por la consistencia de los modelos analizados. Este aumento de temperatura tendrá un impacto directo en los ecosistemas marinos y podría alterar la dinámica de especies como las tortugas marinas, afectando sus poblaciones y patrones de anidación debido a las variaciones térmicas (Figura 15 y Figura 16) (MAATE [2024b](#)).

Acidificación oceánica. Los hallazgos indican una tendencia hacia una mayor acidificación oceánica, con una reducción del pH en la capa superficial que varía entre -0.059 y -0.063 en el horizonte cercano, y entre -0.123 y -0.173 en el horizonte lejano, dependiendo de los escenarios SSP2 -4.5 y SSP5 -8.5, respectivamente. Esta acidificación es más pronunciada en la capa superficial, lo que genera importantes consecuencias para la fisiología y ecología de los ecosistemas marinos. Entre los más afectados se encuentran los arrecifes de coral, que enfrentan un panorama incierto debido a la interacción entre la acidificación y el incremento de la temperatura (Figura 15 y Figura 16) (MAATE [2024b](#)).

Oxígeno Disuelto. Los niveles de oxígeno disuelto en la superficie muestran una tendencia a la disminución en ambos escenarios y horizontes, siendo más pronunciada en el largo plazo. Aunque existe una notable variabilidad entre los modelos, con cerca de la mitad indicando un aumento y la otra mitad una reducción, esta tendencia, combinada con el incremento de la temperatura, podría impactar de manera significativa las zonas de mínimo oxígeno. Estos cambios tendrían importantes repercusiones para la biodiversidad marina y las actividades pesqueras (Figura 16) (MAATE [2024b](#)).

Nivel Medio del Mar. Se proyecta un incremento uniforme del Nivel Medio del Mar (NMM) en Ecuador, con un ascenso estimado de 0.15 m en el horizonte cercano y de hasta 0.36 m en el horizonte lejano. Este aumento constante es un indicador clave del cambio climático y tendrá impactos significativos, incluyendo una mayor erosión de playas y un mayor riesgo de inundaciones costeras, afectando directamente la infraestructura y los asentamientos humanos en áreas costeras (Figura 17) (MAATE [2024b](#)).

Oleaje. Los cambios en el oleaje proyectados para el horizonte a medio siglo son relativamente modestos, aunque hacia finales del siglo se prevé un aumento en la altura del oleaje y modificaciones en su dirección. No obstante, las proyecciones sugieren que estas variaciones no implicarán alteraciones significativas en los patrones de oleaje para la región durante el siglo XXI (MAATE [2024b](#)).

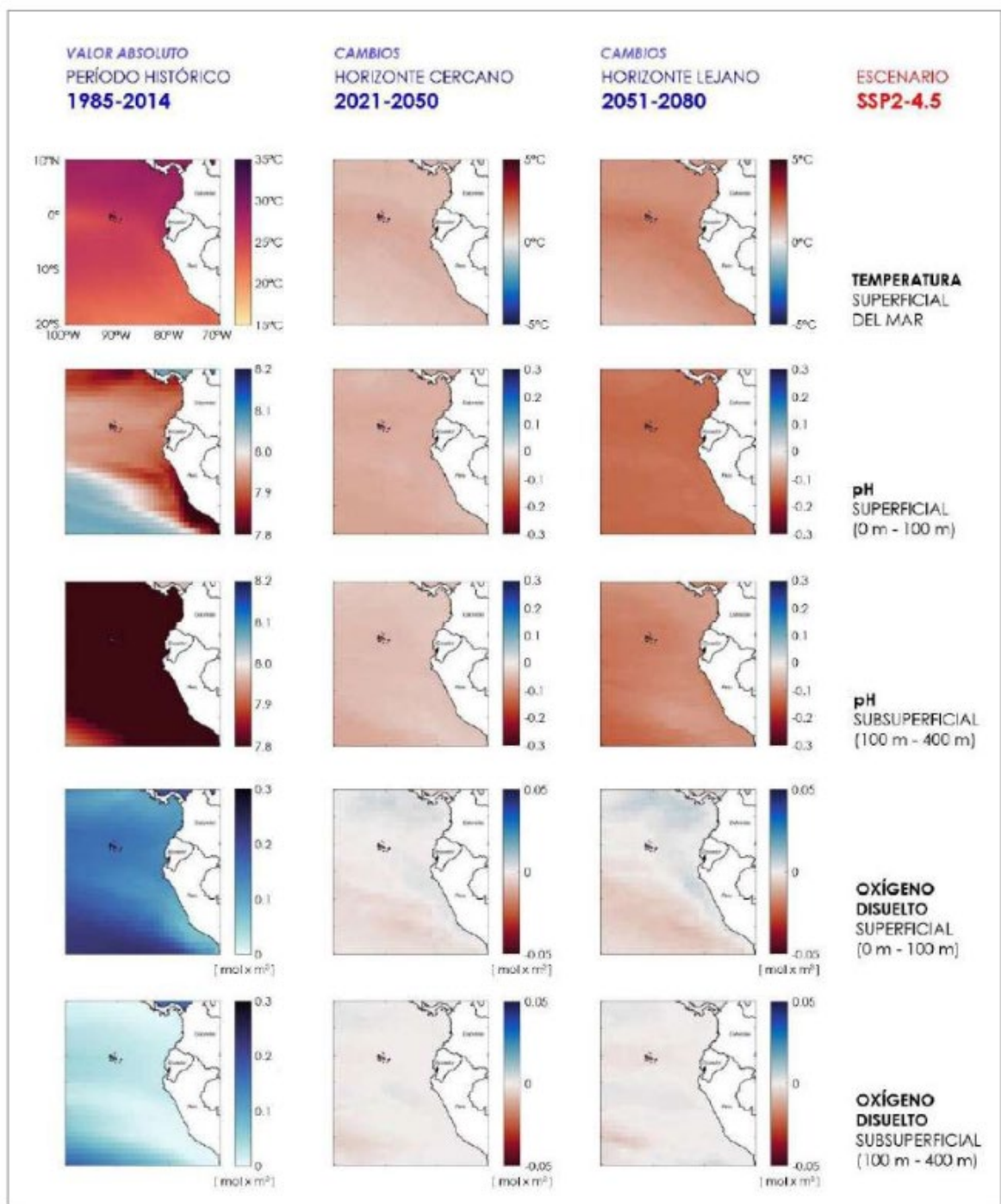


Figura 15. Valor absoluto para el período histórico y cambios esperados para los horizontes cercano y lejano para las variables oceánicas estudiadas en el escenario SSP2-4.5. Se ilustran los cambios climatológicos medios asociados al percentil 50% de cada variable. Fuente: (MAATE [2024b](#)).

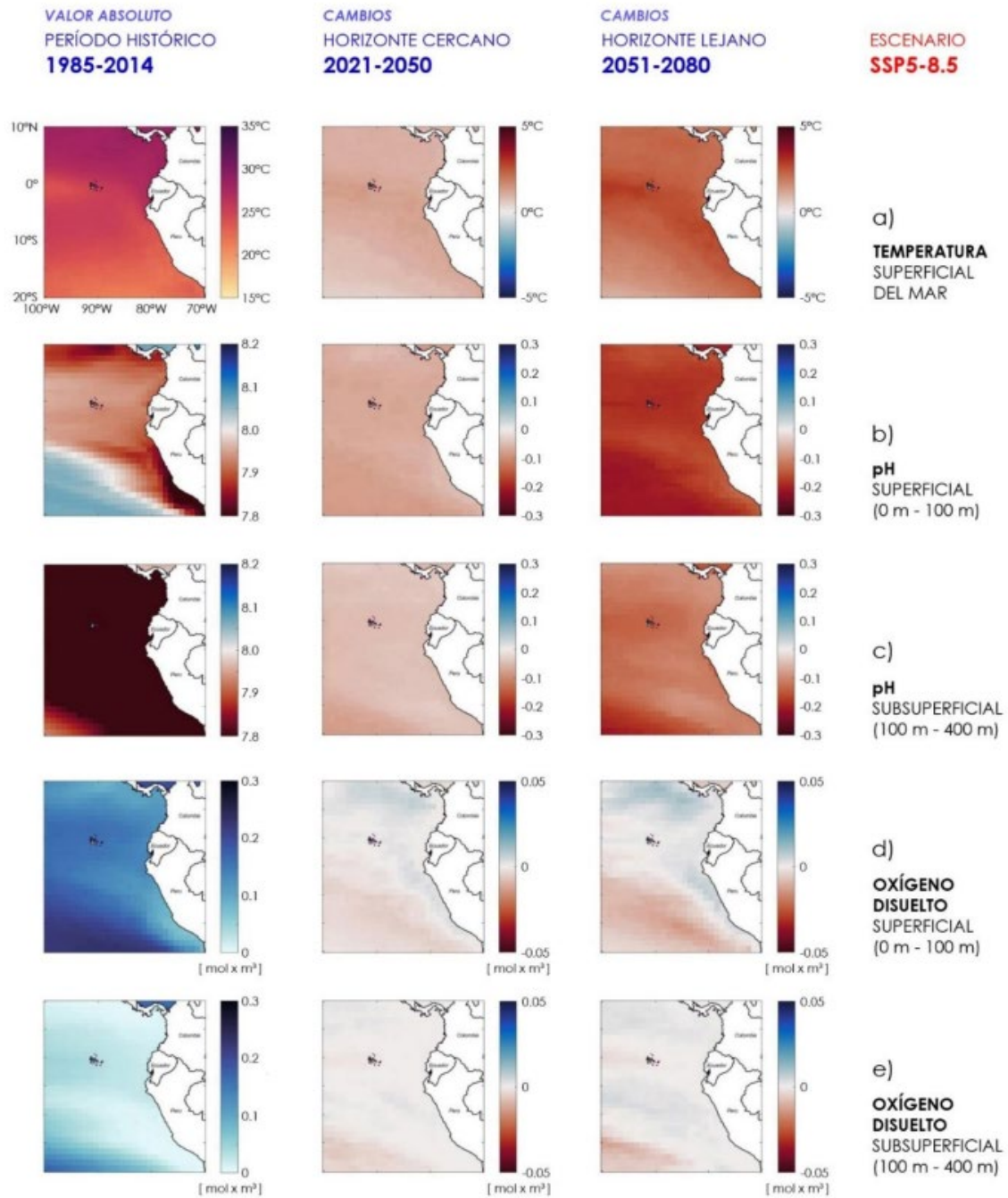


Figura 16. Valor absoluto para el período histórico y cambios esperados para los horizontes cercano y lejano para las variables oceánicas estudiadas en el escenario SSP5-8.5. Se ilustran los cambios climatológicos medios asociados al percentil 50% (mediana) de cada variable. Fuentes: (MAATE, [2024b](#))

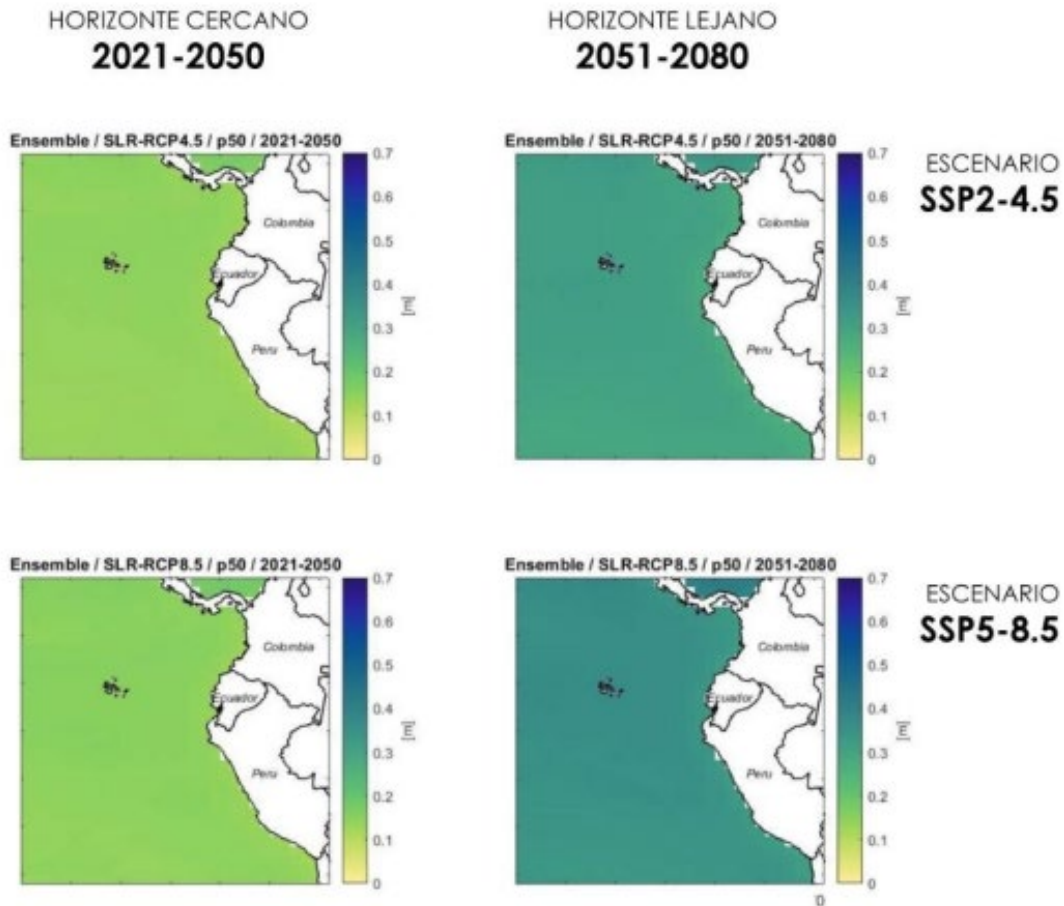


Figura 17. Cambios del nivel medio del mar (percentil 50%) para los horizontes cercano y lejano respecto del nivel de referencia (1986-2005) en los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (MAATE, [2024b](#)).

El análisis proyecta un aumento en la frecuencia de eventos de inundación hacia finales del siglo, con la posibilidad de que eventos considerados centenarios ocurran de forma anual para el año 2100. Esto subraya la importancia de implementar estrategias de planificación y adaptación costera en ciudades como Esmeraldas, Manta y La Libertad, para reducir los impactos en la infraestructura y las comunidades costeras vulnerables.

La Figura 18 detalla la cota de inundación en La Libertad bajo el escenario RCP8.5. En la parte a, se muestran los campos de oleaje medio con un período de $T_m = 12$ s y dirección SW en aguas profundas, destacando el coeficiente de agitación y la dirección de los vectores. En las partes b y c, se representa la cota de inundación del nivel total del agua (TWL) en función del período de retorno, abarcando escenarios históricos, a medio siglo y finales de siglo, bajo un enfoque pesimista que incluye los límites superiores del nivel medio del mar al 95% de confianza (MAATE, [2024b](#)).

Los cambios en TSM, acidificación, oxígeno disuelto y NMM impactan la biodiversidad, hábitats marinos y actividades como pesca y acuicultura. Sectores como la acuicultura del camarón enfrentarán retos que exigen estrategias de adaptación (MAATE, [2024b](#)).

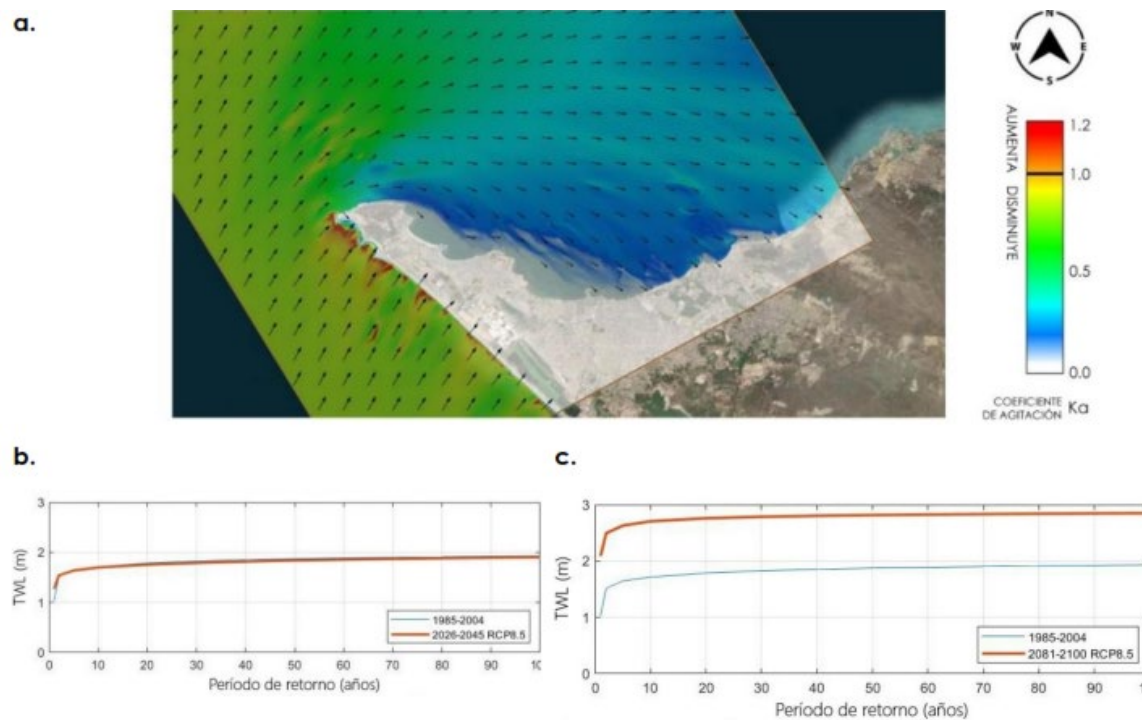


Figura 18. Ejemplo de cálculo de la cota de inundación en La Libertad en el escenario RCP8.5.
Fuente: MAATE (2023, 2024b).

5.7 Incidencia del cambio climático en los fenómenos de El Niño y de La Niña.

Sobre la incidencia del cambio climático en la ocurrencia del evento El Niño, un artículo del blog de NOAA escrito por Michael McPhaden analiza cómo el cambio climático está afectando los fenómenos de El Niño y La Niña (ENSO). A continuación, se detalla los puntos clave mencionados (McPhaden, 2023):

- El ENSO ha mostrado un aumento en la variabilidad desde 1960, con ciclos más amplificados y extremos. Los datos históricos de la TSM en la región del Niño-3.4 reflejan oscilaciones más intensas en las últimas seis décadas en comparación con el período anterior. Aunque algunos estudios sugieren que estos cambios podrían ser resultado de variaciones naturales, el análisis de modelos climáticos apunta a que el aumento de gases de efecto invernadero también está desempeñando un papel crucial en intensificar estas variaciones.
- Se espera que, ante un planeta más cálido, las capas superiores del océano tropical se calientan más rápido que las profundidades. Esto aumenta la estratificación del agua y hace que el sistema océano-atmósfera sea más sensible a los vientos. Como resultado, los eventos de ENSO se intensifican, con ciclos más extremos de El Niño y La Niña como se puede observar en la Figura 19.

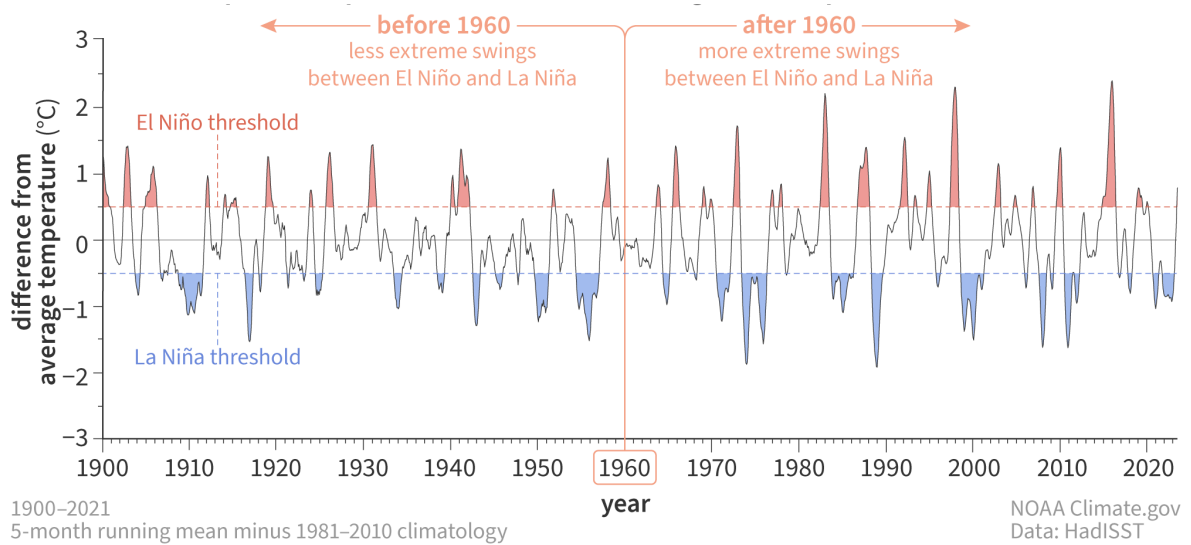


Figura 19. Patrones de temperatura de la superficie del mar en la región Niño-3.4 del Pacífico tropical, desde 1900 hasta 2023. Fuente: Gráfico: NOAA climate.gov-Datos: HadISST en McPhaden (2023).

- Los GEI afectan tanto la termodinámica (calentamiento directo) como la dinámica (vientos y corrientes oceánicas), reforzando las retroalimentaciones que amplifican los eventos de ENSO. Esto se traduce en la intensificación de eventos extremos, como lluvias torrenciales o sequías severas, dependiendo de cómo el ENSO actúe en cada región (Figura 20).

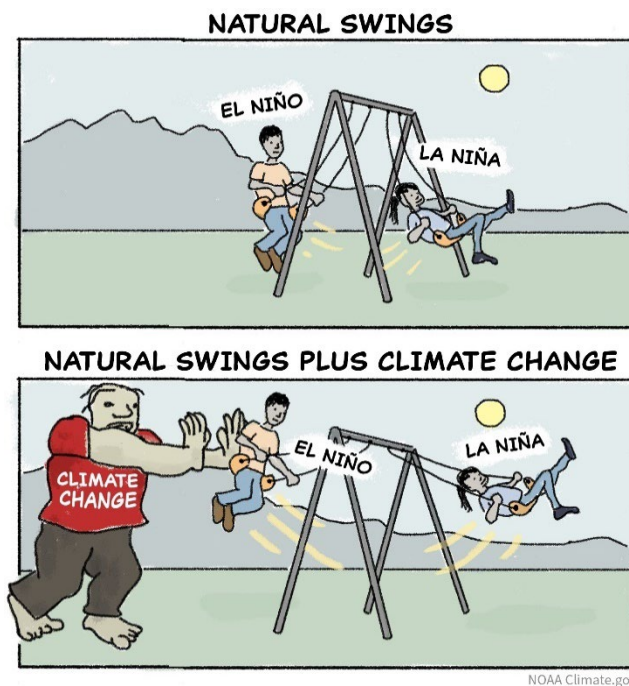


Figura 20. Ilustración sobre el cambio climático y el ENSO. Fuente: Ilustración de Anna Eshelman, NOAA Climate.gov, tomado de McPhaden (2023).

- Si las emisiones de GEI continúan aumentando, las variaciones de ENSO podrían intensificarse hasta un 15-20% a finales del siglo XXI, especialmente en escenarios de alta emisión como el RCP8.5. Esto implica impactos más severos y frecuentes como sequías, inundaciones, olas de calor e incendios forestales, con consecuencias significativas para los ecosistemas y las comunidades humanas.
- Advierte que, aunque los modelos climáticos actuales son las mejores herramientas disponibles, tienen limitaciones para simular con precisión el comportamiento de ENSO en el Pacífico tropical. Por ello, las conclusiones sobre el impacto del cambio climático en ENSO deben interpretarse con precaución.

5.8 Efectos del cambio climático en la biodiversidad y recursos costeros.

A continuación, se presenta varios ejemplos de cómo los efectos del cambio climático afectarán a la biodiversidad y los recursos costeros del Ecuador continental.

5.8.1 Aumento del nivel de mar.

De acuerdo a las proyecciones IPCC, hasta el año 2100 el aumento en el nivel del mar será entre 0.4 y 0.8 m. Dicha elevación tendría consecuencias severas pérdida de territorio por erosión, daños sobre infraestructuras, salinización de suelos, baja producción agrícola, y en especial para la población de las zonas costeras (CAF, [2018](#)).

Según Villanueva-Fragoso et al., ([2010](#)) y Márquez & Jiménez ([2010](#)), el aumento en el nivel del mar tendrá diferentes efectos físicos, ecológicos, sociales y económicos sobre los sistemas costeros: daños por inundación y tormentas, pérdida de humedales, temperaturas más elevadas, cambios en los regímenes de precipitación, intrusión de agua salada y aumento en los niveles freáticos.

Las consecuencias a largo plazo incluyen cambios morfológicos, particularmente erosión de las playas y disminución de las dunas, a medida que la costa se ajusta a las nuevas condiciones ambientales, estas transformaciones son principalmente a través de cambios: oleajes, mareas y oleadas; un aumento relativo del nivel del mar permite que las olas rompan más cerca de la costa, lo que a su vez aumenta la carga y el estrés sobre las estructuras costeras.

Los efectos socioeconómicos potenciales del aumento del nivel del mar son (Uribe & Urrego, [2009](#)):

- Pérdida directa de valores económicos, ecológicos, culturales y de subsistencia a causa de la pérdida de tierras e infraestructura, relacionados con cambios en el manejo del agua, la salinidad y la actividad biológica, tales como la pérdida de turismo, la pérdida de hábitats costeros y efectos en la agricultura y acuicultura.
- También afectará a los ecosistemas de manglares, que son áreas importantes de captación de CO₂ y fuentes de carbón oceánico, alterando el soporte de las redes

alimenticias terrestres y marinas y perdiendo la protección que ofrecen de los manglares a las comunidades costeras frente al cambio climático.

Las alteraciones en la fisiografía costera por el aumento del nivel del mar generan también un impacto negativo en las poblaciones tortugas marinas, debido que siempre eligen el mismo sitio para desovar (Márquez & Jiménez [2010](#)) y porque la pérdida de nidos en las tortugas marinas está relacionada al incremento en la frecuencia e intensidad de las mareas, lo que podría causar una reducción en la tasa de éxito de las anidaciones (Álvarez, [2023](#)).

5.8.2 Cambios en los patrones de precipitación.

Ecuador es uno de los países de centro y Suramérica más propensos a las inundaciones. Las ciudades más vulnerables a sus efectos son aquellas que colindan con el mar, los ríos y las afluentes situadas en elevaciones por debajo de las del nivel del mar y con sus centros urbanos localizados a poca distancia, como es el caso de las ciudades de Guayaquil, Manta, Atacames, Esmeraldas y La Libertad, asentadas en áreas propensas a inundaciones (MIDUVI, [2015](#)).

Según Chavarría & Tomalá ([2012](#)) el incremento de las precipitaciones podría influenciar los niveles de salinidad costera y estuarina, introduciendo nuevos factores osmóticos en los ecosistemas marinos costeros y el incremento de la temperatura favorece la expansión térmica del agua que, sumada al aporte de agua del deshielo glaciar, produce un incremento del nivel del mar que afecta los procesos y la morfología costeros, incluyendo efectos sobre los ecosistemas de manglar.

Los cambios en las precipitaciones, temperatura y la erosión costera, perturba directamente los periodos de eclosión de los huevos de las tortugas marinas. Los niveles de lluvia moderados son beneficiosos para la incubación de los huevos de las tortugas, pero el incremento de la precipitación produciría que los nidos se pueden inundar, y si llueve muy poco los huevos tampoco tendrán las condiciones de humedad que necesitan para poder eclosionar. Por eso, las lluvias constantes pueden ser muy beneficiosas en zonas secas, pero perjudiciales en zonas muy húmedas (Salazar, [2018](#)).

5.8.3 Aumento de la temperatura del mar.

Según estimaciones descritas por Hoegh-Guldberg ([1999](#)), indica que las temperaturas del mar en muchas regiones tropicales han aumentado casi 1°C en los últimos 100 años. El continuo incremento de la temperatura podría devastar la gran mayoría de arrecifes y tardarían cientos de años en recuperarse. Este efecto, se produce cuando se excede la tolerancia térmica de los corales y de sus simbiontes fotosintéticos.

Ponce ([2017](#)) menciona que otras amenazas que enfrentan los corales, es la contaminación del agua, pesca destructiva y la degradación del hábitat. Estas amenazas están provocando la pérdida y el deterioro de los arrecifes de coral en todo el mundo, lo que representa una seria preocupación para la biodiversidad marina y para las

comunidades que dependen de estos ecosistemas para su subsistencia y bienestar. Sandoval & Lizardi ([2019](#)).

En el caso de la actividad pesquera es importante considerar que los cambios en temperatura y patrones de circulación de las corrientes marinas muy probablemente ocasionarán cambios en la distribución de especies y en la cadena alimenticia de los ecosistemas marinos. Esto implicaría, por ejemplo, el alejamiento de especies de aguas frías como los atunes y la predominancia de especies de aguas tropicales como camarón marino y dorado (Ministerio del Ambiente, [2012](#)).

De acuerdo a la investigación de Chavarría & Tomalá ([2012](#)), las pesquerías podrían afectarse por varias razones, entre ellas: temperaturas inadecuadas para la reproducción, emigración, reducción de la biomasa de plancton, dificultades para encontrar alimento, desarrollo de patógenos y parásitos favorecidos por el incremento de temperatura, disminución en la abundancia de larvas de peces, entre otros.

En este ámbito se ha identificado que la modificación más relevante para la pesca y acuicultura asociada al cambio climático es el aumento progresivo de la temperatura media a escala global, además de conllevar a una serie de potenciales alteraciones perjudiciales para la pesca y la acuicultura, tales como:

- Pérdidas de costas por el aumento del nivel del mar;
- Acidificación oceánica;
- Alteraciones locales de la temperatura oceánica;
- Variaciones de oxígeno ambiental;
- Aumento de la intensidad y periodicidad de tempestades;
- Alteraciones en los patrones normales de circulación oceánica;
- Cambios en los patrones de lluvia y caudales de ríos;
- Alteraciones en los ciclos biogeoquímicos (nitrógeno, azufre, fósforo, carbono).

Todos estos impactos pueden alterar las producciones de pesca y acuicultura; y por ende los medios de vida de las comunidades que dependen de estos sectores (Soto & Quiñones, [2013](#)).

De acuerdo con Cano & Cano ([2016](#)), las aves, como la mayoría de las criaturas vivientes del planeta, se ven afectadas en alguna medida por las condiciones atmosféricas y sus cambios. Al ser muy sensibles a estas variaciones, las aves proporcionan con su presencia, o ausencia, información clave sobre el estado del medio ambiente, en general, y un mayor número de evidencias científicas sobre el impacto del cambio climático, en particular.

Pocas dudas hay de que el cambio climático puede afectar al comportamiento, reproducción, supervivencia, migración y distribución geográfica de las aves. Se sabe, por observación directa, que cambios en el tiempo reducen la disponibilidad del alimento causando fracasos en la reproducción y que un tiempo extremo de frío o precipitaciones

intensas causan elevadas mortandades en muchas especies. A continuación, se detalla cómo afecta el cambio climático en las aves:

- Cambios en el comportamiento (ciclo biológico anual) y fenología.
- Cambios morfológicos.
- Cambios en la distribución geográfica.
- Reproducción, migración y microevolución.
- Desplazamiento de ecosistemas flora y fauna.
- Cambios en la dinámica de poblaciones y en la diversidad de especies.
- Variaciones en las fechas de llegada y partida.
- Variaciones en el color del plumaje y tamaño del ave, y
- Colonización de nuevas especies.

De igual manera, la variable temperatura es influyente en el desarrollo de las tortugas, debido que el incremento desencadenaría población de hembras, pero las temperaturas bajas producen altísimas proporciones de machos, por ende, afecta enormemente el potencial reproductivo de esta especie. Esto debido que las tortugas marinas definen su sexo a partir de la temperatura que recibieron los huevos en la arena (Salazar, [2018](#)).

5.8.4 Aumento de la frecuencia de eventos extremos climáticos.

Los eventos extremos climáticos impredecibles, combinados con el crecimiento constante de la población y la degradación de la tierra, aumentan la presión sobre los ecosistemas forestales, acarreando consecuencias graves al sistema geo-climático como: desertificación, sedimentación, pérdida de nutrientes, calentamiento global, afectando sin duda a sectores estratégicos del país como la agricultura en seguridad alimentaria, energía producción hidroeléctrica, turismo en la biodiversidad y belleza escénica (Viteri, [2010](#))

El fenómeno El Niño en los años de 1997-1998 registró los eventos de lluvias e inundaciones históricas más intensos. Se perdieron vidas humanas y miles de hectáreas de sembríos, puentes y caminos vecinales, los centros poblados se inundaron, deteriorando calles y servicios básicos por la presencia excesiva de agua, consecuentemente la proliferación de enfermedades como la malaria, paludismo, dengue, afecciones a la piel, entre otras, causadas por la falta de evacuación del agua concentrada en los centros poblados (Serrano et al., [2016](#)).

Por otro lado, el informe de la Organización Panamericana de la Salud dice que las olas de intenso calor podrían tener graves consecuencias en las personas. En las provincias como Manabí, El Oro, Guayas y Esmeraldas se soportan altas temperaturas y las personas que sufren enfermedades crónicas como niños, adultos mayores y embarazadas son los más perjudicados por el efecto del calor (Manabí Noticias, [2019](#)). Además, se registró una mayor frecuencia de brotes de enfermedades tropicales relacionadas con el incremento de la temperatura y de humedad, es decir con la

existencia de ambientes adecuados para el surgimiento de los vectores de este tipo de enfermedades (Cáceres, [2007](#)).

Por otra parte, los eventos climáticos extremos aceleran los procesos de migración del área rural a la urbana y abandono de las actividades agrícola. En efecto, las constantes alteraciones climáticas de sequía e inundación inciden sobre los recursos de la economía agrícola, desacelerando su crecimiento (Mendoza et al., [2019](#)).

Es importante mencionar que la percepción de la población costeras ante los efectos del cambio climático es casi inexistente, los actores locales no tienen evidencia palpable de que esto les esté afectando o les pueda afectar a futuro. Aunque no exista conciencia de ello en la comunidad, los pobladores saben que la problemática ambiental como la contaminación de las aguas marinas y del manglar, les perjudica (Cobos, [2017](#)).

6. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS PROBLEMAS TRANSFRONTERIZO Y COMPARTIDOS PRIORIZADOS.

Este capítulo analiza la influencia del cambio climático sobre el marco de causalidad desarrollados para el problema ambiental transfronterizo y los ocho problemas compartidos o comunes que están degradando el espacio marino costero del Ecuador continental y que contribuyen al deterioro de las condiciones ambientales del GEM PACA.

6.1 Problema ambiental transfronterizo: sobreexplotación del recurso concha prieta.

Del marco de causalidad identificada para este problema, los efectos de cambio climático incidirían de manera directa en las siguientes causas:

- Alta demanda del recurso concha prieta en Ecuador y Perú. La concha prieta es un organismos de crecimiento lento que está influenciado por condiciones ambientales como la disponibilidad del alimento, temperatura y salinidad del agua (Prado-Carpio et al., [2020](#)). Un estudio sobre los efectos del Fenómeno de El Niño 1982 – 1983 realizados en el Departamento de Tumbes (Perú) y de su ecosistema de manglar, determinó que El Niño provocó la disminución de la productividad y cambios en la distribución del fitoplancton en Ecuador, Perú y Chile; así como, la falta de alimento en el primer nivel trófico, lo que provocó la alteración del biotipo de la concha negra por acción directa de las bajas salinidades, altas temperaturas y sedimentos producidos por los afluentes de los ríos y quebradas (Yockteng, et al., [1985](#)).
- Alta presión pesquera sobre el recurso. Como sucede generalmente con las pesquerías donde sus stocks disminuyen dramáticamente al punto que ya no es rentable mantener la presión pesquera; así, es muy probable que mientras permanezcan las condiciones climáticas extremas, la presión pesquera disminuya debido a la disminución de stock pesquero y disponibilidad del recurso.
- Transformación de manglares en camaroneras, disminución, alteración y fragmentación del hábitat, y contaminación. Aunque no existen estudios o

proyecciones sobre cómo la pérdida del manglar en la reserva Cayapas Mataje (Esmeraldas), podría incrementar la vulnerabilidad de la zona y la de los recursos bioacuáticos ante condiciones climática extremas, la literatura científica indica que las áreas de manglar taladas:

- Serán más sensibles a inundaciones por el aumento del nivel del mar, provocando la salinización de tierras agrícolas de las zonas altas.
- Tendrán una mayor exposición a la fuerza del oleaje provocando erosión del filo costero y de la infraestructura de las piscinas camaroneras. También se incrementará la vulnerabilidad de las comunidades costeras.
- Experimentarán temperaturas más altas lo que afectará a las especies que dependen de condiciones específicas para sobrevivir.
- Serán poco o nada resilientes al incremento de contaminantes y sedimentos que serán transportados y descargados por los altos índices de precipitaciones provocados por fenómenos de ENSO más frecuentes.

6.2 Problema ambiental compartido 1: degradación del estuario de los ríos Cayapas y Mataje.

Las causalidades que el cambio climático exacerbaría para este problema serían:

- Contaminación por distintas fuentes: las áreas de manglar del estuario de los ríos Cayapas y Mataje actualmente reciben distintos tipos de contaminantes y fuentes, como:
 - Plaguicidas y fertilizante de cultivos de palma.
 - Desechos de la minería de oro (Rebolledo et al., [2022](#)).
 - Agua de drenaje de las granjas camaroneras (Rebolledo & Verduga, [2023](#)).
 - Agua servidas sin tratamientos (coliformes fecales, *Escherichia coli* y parásitos), aceites y combustibles de las áreas urbanas de los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo (Pernía et al., [2019](#)).

Todos estos contaminantes viajan a través del sistema hídrico de los ríos Cayapas y Mataje, y son depositados en el estuario. En condiciones de precipitaciones continuas y extremas ocasionaría un mayor poder de arrastres de los contaminantes, incrementando sus niveles de descargas en el sistema estuarino. Periodos de sequía más frecuente provocarían que las concentraciones de los contaminantes se incrementen al bajar los volúmenes de agua, causando estrés térmico a la fauna estuarina y marina del estuario.

- Presencia de especies exóticas invasoras. *Coccotrypes rhizophorae* (Coleoptera), es la principal plaga de insecto exótico invasor de las especies de manglar del género *Rhizophora* en el país, y el más predominante en el estuario del Cayapas-Mataje. Según Molina et al., ([2024](#)):
 - La infestación se da en los propágulos y es significativamente mayor durante la estación lluviosa (35%) en comparación con la estación seca (12%). Es decir, la prevalencia del daño causado es mayor en la época lluviosa que en

época seca. Debido a que las cámaras y galerías construidas por este escarabajo favorecen la colonización de otros organismos como larvas barrenadoras de lepidópteros de la familia Pyralidae y descomponedores como hongos, bacterias, ácaros y nematodos, se incrementaría aún más el nivel de daño.

- Existe una relación inversa entre el tamaño de la población dentro del propágulo (larvas y adultos) y la precipitación. Es decir, la ausencia de lluvias favorece la reproducción del insecto.
- Transformación de manglares en camaroneras, disminución, alteración y fragmentación del hábitat. Las alteraciones de las condiciones naturales de los sistemas de manglar que albergan piscinas camaroneras en el sistema estuarino del Cayapas Mataje están deteriorando la calidad del agua, así como modificando las características de los sedimentos y los componentes bentónicos de estos ecosistemas (Rebolledo & Verduga, [2023](#)). Estas alteraciones se verán amplificadas por el cambio climático, lo que afectará a estos espacios productivos (camaroneras) de las siguientes maneras:
 - *Vulnerabilidad a inundaciones:* el aumento del nivel del mar provocará la salinización de las tierras agrícolas en las zonas altas.
 - *Exposición a la fuerza del oleaje:* se incrementará la erosión del filo costero y de la infraestructura de las piscinas camaroneras, además de aumentar la vulnerabilidad de las comunidades costeras.
 - *Temperaturas más altas:* afectarán a las especies que dependen de condiciones específicas para sobrevivir.
 - *Resiliencia reducida:* las camaroneras serán poco o nada resilientes ante el incremento de contaminantes y sedimentos transportados y descargados por los altos índices de precipitaciones provocados por fenómenos de "El Niño" más frecuentes.

6.3 Problema ambiental compartido 2: contaminación por basura marina.

El cambio climático afectaría a una de las causas de este problema compartido: “la ausencia o inadecuados sistemas de manejo de residuos sólidos de las poblaciones costeras”. En escenarios de mayor frecuencia e intensidad de las precipitaciones de lluvias, tendría implicaciones de destrucción sobre la ya precaria y limitada infraestructura de disposición final de desechos sólidos que cuenta los municipios de la zona costera ecuatoriana. En el fenómeno del Niño 1997 – 1998, las lluvias y aumento de las mareas inundaron los rellenos sanitarios, esparciendo desperdicios en las comunidades y las condiciones sanitarias en toda la región costera se deterioraron hasta límites muy peligrosos y amenazadores aumentando los índices de morbilidad (Paladines et al., [2015](#)).

6.4 Problema ambiental compartido 3: degradación de arrecifes coralinos y rocosos.

La descarga de sedimentos y la instrucción de nutrientes de fuentes terrestres se han identificado como dos de los estresores principales en los corales y su hábitat, causada

principalmente por la alteración de la dinámica sedimentaria de los ríos y que el cambio climático puede acelerar con lluvias más frecuentes e intensas, así como, a los oleajes fuertes que erosionan el filo costero. Estos procesos arrastran mayores cantidades de sedimentos, causando varios problemas en los arrecifes de coral y rocosos, tales como:

- Asfixia: los corales, al no poder moverse y contar con mecanismos deficientes para eliminar sedimentos, se ven asfixiados cuando estos se depositan sobre ellos (EPA, [2024](#); NOAA, [2017](#)).
- Turbidez del agua: la turbidez impide que la luz solar, esencial para la fotosíntesis y supervivencia de los corales, llegue adecuadamente a ellos, lo que probablemente tenga efectos negativos directos e indirectos en la supervivencia, el metabolismo y el crecimiento de los corales y su reproducción (NOAA, [2017](#)).
- Contaminación: los sedimentos pueden transportar contaminantes nocivos, como metales pesados y pesticidas, que comprometen la calidad del agua.
- Especies invasoras: Cárdenas-Calle et al., [2019](#); estimaron que el aumento de la temperatura del mar, entre otros factores, acelerarían el aumento de especies exóticas invasoras (como *Carijoa riisei*) y la pérdida de diversidad de corales, octocorales, esponjas y otros invertebrados marinos sésiles en la costa ecuatoriana.
- Limitada cobertura y sistemas de tratamiento de aguas residuales ineficientes: según Solis & Serebrosky ([2023](#)), los efectos del cambio climático impactarán sobre:
 - Los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Tanto en sus procesos operativos como en su infraestructura física, causando daño o colapso de los sistemas, disminuyendo dramáticamente el porcentaje del agua residual captada que ingresa a las plantas de tratamiento (actualmente con una cobertura del 28.3%).
 - El incremento de olores en los sistemas de conducción y tratamientos de aguas residuales por el aumento de las temperaturas.
 - El riesgo o amenaza de inundación de la infraestructura de las plantas de tratamiento de aguas residuales por la elevación del nivel mar.

6.5 Problema ambiental compartido 4: degradación de los estuarios del Ecuador continental.

- La contaminación producida por la inadecuada gestión de residuos sólidos, aguas residuales y escorrentías que provienen de zonas agrícolas y mineras. Esta causalidad ha sido sólidamente argumentada por la evidencia de información existente sobre la limitada cobertura y capacidad de los sistemas de disposición de los residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos) y de tratamiento de aguas residuales que operan los municipios costeros, produciendo niveles alarmantes de

contaminación sobre el aire (proliferación de malos olores y emisión de gases de efecto invernadero), suelo y agua (patógenos, coliformes fecales, *Escherichia coli*) en todos los sistemas estuarinos del Ecuador continental.

Así también, las malas e ilegales prácticas de los sectores mineros, agrícola y acuícola (cultivo de camarón) aportan su cuota de metales pesados, plaguicidas, fertilizantes y materia orgánica a los ecosistemas estuarinos. El cambio climático tendrá efectos catastróficos sobre la infraestructura de saneamiento ambiental, como ocurrió en el ENSO 1997 – 1998, lo que causará la liberación de basura y de lixiviados altamente tóxicos. Por otra parte, el incremento de las lluvias que derivarán en inundaciones supondrá mayores aportes de sedimentos cargados de residuos de pesticidas, plaguicidas y metales pesados.

El deterioro de la calidad del agua, el aumento de la temperatura y la turbidez afectarían a los recursos pesqueros y fauna bentónica debido a la proliferación de algas y presencia de organismos patógenos. La actividad camaronera sería afectada seriamente. El incremento de las descargas de metales pesados, provocarían deformaciones y tumoraciones en cangrejos, conchas y peces.

- Invasión de especies exóticas, patógenos y plagas. Según UTEQ (2021), la invasión de especies no nativas (exóticas) es la segunda causa de pérdida de biodiversidad a nivel mundial, lo que conlleva una alteración al funcionamiento de los ecosistemas, la introducción de vectores promotores de enfermedades y reducciones en la distribución y diversidad de poblaciones nativas. Las Especies Exótica Invasoras (EEI) pueden causar impactos severos sobre la diversidad biológica, desplazando a especies endémica de su hábitat natural, la cultura, la economía y afectando a la salud pública debido a que se convierten muchas veces en plagas (Muñoz, 2018).

La zona marino costera de Ecuador carece de información sobre los efectos que tienen las EEI en la biodiversidad de los ecosistemas. La mayoría de los trabajos solo reportan la presencia puntual de estas especies careciendo de información necesaria para la prevención y/o control de las invasiones biológicas. Según Muñoz (2018), las respuestas específicas de cada especie, nativa o invasora, al cambio climático son complejas y diversas, dependiendo de su ciclo vital y de la estrategia de colonización.

Las EEI son a menudo abundantes, toleran un amplio rango de condiciones ambientales y poseen rasgos funcionales muy competitivos (e.g., alimentación generalista, cosmopolitas, multivoltinas, con elevada plasticidad fenotípica). Los efectos del cambio climático afectarán a todas las etapas (introducción, establecimiento, dispersión e impacto) que conforman el proceso de invasión. De hecho, algunas especies exóticas ya establecidas que hasta ahora no generaban mayores problemas, podrían volverse invasoras si el cambio climático incrementa su capacidad competitiva o su tasa de propagación (por la supresión o disminución del tiempo de latencia invernal), expandiendo su área de distribución.

Algunas especies exóticas e invasoras, probablemente pocas, podrían sucumbir bajo los efectos del cambio climático, incapaces de soportar el cambio del régimen de temperatura y precipitación, o bien desaparecer de zonas invadidas al cambiar su rango de distribución.

6.6 Problema ambiental compartido 5: degradación de las playas de mar.

Las playas de mar son junto con los manglares los ecosistemas marinos costeros más impactados en el Ecuador continental, ya sea por factores antropogénicos o naturales o una combinación de ambos. En años recientes su degradación se ha visto exacerbada por el cambio climático. La causalidad de este problema está intrínsecamente relacionada con los factores climáticos, como los descritos a continuación:

- Degradación de la línea de costa y pérdida de playa: provocada por la construcción de infraestructura como muelles, rompeolas, urbanizaciones, extracción de arena y por fenómenos climáticos extremos como El Niño, marejadas y periodos de aguaje fuertes, el incremento del nivel del mar que han cambiado la geomorfología de la zona costera y sus playas en los últimos 40 años. El muelle pesquero de Jaramijó, Yacht Club en Salinas y la punta de Bahía de Caráquez constituyen ejemplos aún visibles de degradación.
- Acumulación de desechos sólidos en las playas: como se ha explicado en los problemas compartidos 2 (basura marina) y 4 (degradación de los estuarios del Ecuador), en eventos climáticos extremos como el ENSO, que provoca inundaciones y altos índices de precipitaciones, se prevé que la infraestructura de los sistemas de disposición de desechos sólidos existentes en la zona costera sea gravemente afectada, liberando y transportando los desechos y líquidos tóxicos que contiene tierras abajo. De hecho, actualmente, durante la época invernal y con fuertes lluvias, el estuario del Golfo de Guayaquil transporta una gran cantidad de basura y restos de vegetación arbórea que termina en las playas de la Isla Puna, en el sector del cantón Posorja y General Villamil Playas (provincia del Guayas).
- Aumento del nivel del mar y tormentas intensas por cambio climático: en Manabí, más de 350 kilómetros de playas corren peligro de desaparecer por el aumento sostenido del nivel medio del mar que es uno de los principales efectos del cambio climático. La subida del mar provoca una reducción significativa de la arena y, en el caso de Manabí, ya es evidente en playas como Piedra Larga y La Tiñosa en la ciudad de Manta; Crucita en Portoviejo y El Matal en Jama (Mendoza [2023](#)).

De acuerdo con Dávalos ([2021](#)), la Organización Climate Central creó un mapa que proyecta cómo sería el aumento del nivel del agua en las zonas costeras del Ecuador, revelando que tres zonas serían altamente impactadas en el año 2050:

- Golfo de Guayaquil: podría sufrir fuertes inundaciones por la crecida del océano Pacífico en 2050. Entre las zonas más impactadas estarían Punta Miel, La Unión, El Guasmo y parte de la isla Puná.
- La provincia de Esmeraldas: esta zona sufriría la fuerza extrema de las corrientes marinas provocando grandes inundaciones que irían desde el Norte, en San Lorenzo, hasta la población de Mompiche al Sur.
- La provincia de El Oro: el perfil costanero de la provincia con alto riesgo de desaparecer, especialmente Puerto Jelí y la Isla Jambelí.

6.7 Problema ambiental compartido 6: alteración de las poblaciones de tiburones pelágicos.

La evidencia mundial indica que el cambio climático es un vector propagador de modificaciones ecosistémicas tan intensas y constantes que supera las estrategias de vida de los tiburones, llevando al límite de su resiliencia los ciclos reproductivos, oferta alimentaria, acceso a refugios, tasas de crecimiento y patrones de dispersión; la ruta evolutiva que llevó a los tiburones a dominar los ambientes acuáticos los enfrenta con amenazas que superan sus capacidades de respuesta efectiva (Rojas, [2012](#)).

Según Rojas ([2012](#)), para los tiburones son críticas las consecuencias que se derivarán del cambio climático asociado al aumento de temperatura. Así tenemos que:

- La condición de estrategias K⁵ inactiva mecanismos de respuesta rápida para enfrentar alteraciones producidas por el calentamiento planetario.
- El incremento de décimas de grado en la temperatura atmosférica no solo hará más calientes los océanos, sino que causará cambios radicales en las propiedades físicas y químicas, empujando a los ecosistemas a transformaciones en la forma en que se procesa y fluye la energía desde los niveles estrófico productores, hasta los consumidores primarios y viceversa. Se espera un reordenamiento jerárquico que impactará la actual posición de los tiburones.
- La alteración en toda la dinámica de transferencia de energía y nutrientes (e.g., corrientes marinas, movimientos de aguas profundas y la circulación termohalina) y en la estructura y fusión de las cadenas tróficas, de las que dependen los tiburones.
- Si las corrientes marinas se alteran, el mar podría estratificarse⁶ y aguas estratificadas podrían generar señales erróneas sobre los tiempos de reproducción y/o migración o bien el debilitamiento de la cadena trófica por reducción de la productividad primaria, como consecuencia de un incremento en la frecuencia de El Niño y/o intrusiones de agua.

⁵ La estrategia K es una estrategia reproductiva que se caracteriza por la producción de pocas crías, pero con un gran cuidado parental y una alta probabilidad de supervivencia.

⁶ La estratificación del mar es un fenómeno que se produce cuando las aguas de un océano se separan en capas horizontales de acuerdo a su densidad.

- Aguas más calientes afectarán la solubilidad del CO₂ y es posible que se reduzca el pH. La acidificación afectará la sobrevivencia de larvas de peces, moluscos y crustáceos, así como las poblaciones naturales de tiburones, incluso de especies que están adaptadas a ambientes estables, como los tiburones batipelágicos.

6.8 Problema ambiental compartido 7: alteración de las poblaciones de mamíferos marinos.

Los mamíferos marinos son especies especialmente vulnerables a las alteraciones ambientales que produce el cambio climático, los cuales se verán incrementados por la actividad antrópica, aunque cada especie según su biología será afectada en menor o mayor grado. De la mayoría de los mamíferos marinos⁷ que habitan aguas ecuatorianas, se desconoce su abundancia relativa o dinámica poblacional con respecto a variables oceanográficas (Félix, [2011](#)). Según Lorente ([2023](#)), los efectos del cambio climático sobre los mamíferos marinos serán:

- Alteración, disminución o pérdida del hábitat crítico: los mamíferos marinos, como conjunto, ocupan en una gran variedad de hábitats críticos (áreas de alimentación, reproducción, descanso) durante su ciclo de vida, por lo que es probable que el cambio climático pueda llegar a alterar uno o varios de los parámetros (bióticos y abióticos) de algunas de sus respectivas unidades ecológicas críticas constitutivas, produciendo en consecuencia, una pérdida de la calidad o la extensión de las mismas y, en última instancia, su respectiva desaparición, derivando en un impacto sobre las poblaciones. En el caso de Ecuador, el incremento del nivel de mar afectaría las zonas de descanso de los lobos marinos, de las Islas Santa Clara e Isla de la Plata.
- Cambios de distribución a escala global: la distribución de los mamíferos marinos está influida principalmente por la temperatura del agua y se estima que las especies de mamíferos marinos que habitan en aguas cálidas experimentarán un aumento de su respectivo rango de distribución global en dirección a los polos. La alteración de la distribución global de los mamíferos marinos en respuesta al incremento de la temperatura del agua dará lugar a notables modificaciones en la composición de las comunidades, cuya dinámica se verá alterada a medida que las especies converjan en las mismas regiones. El solapamiento de los rangos de distribución de especies de mamíferos marinos ecológicamente semejantes y/o que explotan un mismo nicho, propiciará un incremento en las interacciones intra e interespecíficas, estableciéndose nuevas relaciones depredador - presa e incrementando la competencia por los recursos disponibles.
- Cambios en la accesibilidad y abundancia de presas: el incremento de la temperatura del agua influirá sobre la abundancia y distribución de las presas, ya que al igual que los mamíferos marinos, éstas presentan rasgos térmicos

⁷ En la zona marina costera y estuarina del Ecuador se han registrado 34 especies de mamíferos marinos (i.e., lobos marinos, cetáceos, delfines, cachalotes y ballenas) (Tirira, [2017](#)).

concretos. Se pronostica que las presas con capacidad de desplazamiento tenderán a migrar a latitudes mayores en búsqueda de aguas más frías a medida que las aguas se calienten. Los mamíferos marinos responderán desplazándose a latitudes más altas en consonancia con sus presas. Los mamíferos marinos que no puedan responder a la migración de sus presas se verán obligados a cambiar sus preferencias dietéticas junto con las especies disponibles o a invertir un mayor tiempo en la búsqueda de alimento al haber una menor disponibilidad local de presas.

- Cambios en los patrones migratorio: muchos mamíferos marinos realizan movimientos migratorios en respuesta a los cambios asincrónicos que se producen en la calidad del hábitat crítico a lo largo del año, con el objetivo de maximizar la explotación de los recursos disponibles en un momento concreto. Se estima que el cambio climático influirá sobre los patrones migratorios de los mamíferos marinos a través de: (i) una reubicación espacial de las áreas de alimentación y reproducción; (ii) una alteración de los tiempos de permanencia (ampliación / reducción).

El impacto común más probable será la disminución de la capacidad reproductiva y la tasa de supervivencia de las crías, lo cual puede ser debido a: (i) una disminución de las reservas energéticas; el desplazamiento de las áreas de alimentación y/o reproducción puede derivar en migraciones más largas, lo cual implicará un aumento de la energía dedicada a la natación y, por tanto, una reducción de las reservas de grasa; (iii) una alimentación deficiente como consecuencia de la reducción de los tiempos de permanencia en las áreas de alimentación; (iii) un desajuste temporal entre el alumbramiento y la llegada a las zonas de reproducción o descanso, de forma que las crías pueden nacer en zonas cuyas condiciones no son favorables para su supervivencia, por ejemplo, en mar abierto.

- Incremento de los brotes de enfermedades infecciosas: se estima que el cambio climático incrementará los brotes de enfermedades infecciosas en los mamíferos marinos como consecuencia de la alteración de las relaciones huésped - patógeno actualmente establecidas, cuya dinámica probablemente se vea modificada a causa de la variación de los parámetros ambientales, destacando especialmente (el incremento de) la temperatura del agua, los cuales pueden favorecer el aumento de la tasa de supervivencia y/o la velocidad de transmisión de los patógenos.
- Incremento de las floraciones algales nocivas y la exposición a biotoxinas: este fenómeno tiene el potencial de afectar a los mamíferos marinos como consecuencia de la proliferación de organismos que producen biotoxinas, las cuales son susceptibles de sufrir procesos de biomagnificación a través de la cadena trófica, pudiendo llegar a bioacumularse en altas concentraciones en los mamíferos marinos. Se estima que el cambio climático aumentará la frecuencia, gravedad y persistencia de las floraciones algales nocivas como consecuencia del

incremento de la temperatura del agua, de los cambios en los valores de salinidad y/o la mayor introducción de micronutrientes al medio acuático a través de procesos de escorrentía favorecidos por el aumento de las precipitaciones y las tormentas.

Así mismo, es probable que la acidificación de las masas de agua también influya positivamente en la generación de floraciones algales nocivas. Las floraciones algales nocivas que producen biotoxinas han sido causantes de episodios de mortalidad en especies de ballenas, delfines, focas, leones marinos, nutrias marinas y sirenios.

6.9 Problema ambiental compartido 8: alteración de las poblaciones de tortugas marinas.

El cambio climático afectará los patrones de distribución, alimentación, reproducción (anidación) y migración de las tortugas marinas en todo el pacífico este tropical. Así también, las actividades humanas destructivas como la contaminación del medio marino por descargas de desechos plásticos y la extracción de arena de las playas, serán exacerbadas por la frecuencia de condiciones climáticas extremas. A continuación, se describe cómo los efectos del cambio climático afectarán a las tortugas marinas:

- Aumento de la temperatura de las playas de anidación: a más de 29°C en promedio, aumenta la proporción de hembras respecto a los machos y disminuye el potencial reproductivo; a más de 33°C los huevos no se desarrollan (Fonseca, [2011](#)). En las playas del sur de la provincia de Manabí se calculó la temperatura media (33.87°C) para el área de estudio y se obtuvo que esta supera la temperatura pivotal y feminizante para *L. olivacea*, con un porcentaje de machos de 3.672% y 96.328% de hembras, mostrando una clara tendencia hacia la feminización debido a los incrementos actuales de la temperatura (Gutiérrez & Vélez, [2022](#)).
- Aumento del nivel del mar: esta condición provoca inundación en las playas donde anidan las tortugas marinas. Durante 10 años (2010-2020) en las playas del sur de la Provincia de Manabí, se evidenció que los nidos sufrieron inundaciones por aumentos en mareas, afectando al 40% de sitios de anidación (41% para la tortuga verde y 39% para la tortuga carey) (Gutiérrez & Vélez, [2022](#)). Este escenario es de gran preocupación pues como se mencionó en el problema 5 “degradación de las playas de mar”, tres zonas serían altamente impactadas en 2050 por el aumento del nivel del mar: El Golfo de Guayaquil, el Perfil costero de la provincia de Manabí y el perfil costero de la provincia de El Oro (Dávalos, [2021](#)).

Sobre las causalidades antropogénicas identificadas como la basura marina y contaminación por desechos sólidos y aguas residuales, estas se verán magnificadas por los eventos climáticos extremos (ENSO), provocando daños a la infraestructura de los sistemas de tratamiento de desechos sólidos y de aguas servidas, liberando y acarreando

volúmenes de desechos sólidos y líquidos tóxicos que se acumularían en los fondos marinos, playas y manglares, afectando hábitats críticos de las tortugas marinas.

7. HALLAZGOS RELEVANTES.

Impactos en la Biodiversidad y Recursos Naturales.

- *Ecosistemas estratégicos vulnerables*: los manglares y otros ecosistemas costeros están en riesgo crítico debido al aumento del nivel del mar (0.4-0.8 m proyectado para el 2100) y la intensificación de fenómenos climáticos como El Niño, lo que incrementará la salinización de suelos y la pérdida de biodiversidad.
- *Retrocesos en los glaciares andinos*: el retroceso de glaciares afecta la disponibilidad de agua para consumo, agricultura e hidroenergía, comprometiendo la sostenibilidad de las comunidades andinas y sistemas agrícolas clave.

Proyecciones climáticas alarmantes.

- *Incremento de la temperatura*: Hacia 2080 se proyecta un aumento de hasta 2.31°C bajo escenarios pesimistas, con efectos drásticos en la biodiversidad, salud pública y productividad agrícola.
- *Precipitación extrema*: en la región costera, se espera un aumento de 15-20 días de lluvias intensas anuales hacia 2030, lo que exacerbará inundaciones y erosión.

Desigualdad socioeconómica y vulnerabilidad.

- *Pobreza rural crítica*: provincias como Esmeraldas, Los Ríos y Manabí presentan tasas de pobreza por NBI superiores al 80% en áreas rurales, lo que limita su capacidad de adaptación al cambio climático.
- *Impacto desproporcionado en mujeres*: las mujeres rurales enfrentan barreras significativas en el acceso a recursos y servicios esenciales, exacerbadas por el cambio climático, lo que también incrementa la violencia de género en contextos de inseguridad climática.

Contribución de emisiones y retos en mitigación.

- *Sector energético como principal emisor*: el 47% de las emisiones nacionales de Ecuador provienen del sector energético; sin embargo, las políticas actuales, como el programa Ecuador Carbono Cero, enfrentan desafíos de implementación y financiamiento.
- *Deforestación y agricultura*: el sector de UTCUTS contribuye con el 29% de las emisiones, reflejando la presión sobre los bosques y el uso intensivo de fertilizantes.

Marco institucional e insuficiencia de políticas.

- *Compromisos globales y nacionales*: Ecuador ha ratificado acuerdos como el Acuerdo de París y cuenta con planes como el ENCC y PLANMICC; sin embargo, la falta de recursos y la débil coordinación institucional limitan la ejecución efectiva de estas estrategias.

- *Falta de integración en adaptación:* No se observa una integración adecuada de género e inclusión social en las políticas climáticas, perpetuando desigualdades existentes en el contexto de la adaptación.

Riesgo de superar límites planetarios.

- Ecuador enfrenta una crisis climática interconectada con la pérdida de biodiversidad y alteración de ciclos biogeoquímicos, lo que lo coloca en una posición crítica dentro de los límites planetarios. Esta situación requiere medidas transformadoras urgentes para evitar impactos irreversibles.

Medidas urgentes recomendadas.

- *Infraestructura resiliente:* construcción de sistemas de drenaje y almacenamiento de agua adaptados a patrones de lluvias extremas.
- *Restauración de ecosistemas:* reforestación y manejo sostenible de cuencas hidrográficas para mitigar emisiones y proteger servicios ecosistémicos.
- *Promoción de energías limpias:* acelerar la transición hacia energías renovables y tecnologías limpias en sectores clave.

8. CONCLUSIONES.

- Impactos ecosistémicos críticos y la necesidad de acción inmediata: el cambio climático está generando alteraciones significativas en los ecosistemas estratégicos de Ecuador como manglares, bosques secos, áreas marinas y costeras protegidas. El aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos y los fenómenos extremos como El Niño amenazan con la pérdida irreversible de biodiversidad, servicios ecosistémicos vitales y la seguridad alimentaria de las comunidades costeras. Esto subraya la urgencia de medidas enfocadas en la restauración de ecosistemas y la adaptación climática basada en la naturaleza.
- Vulnerabilidad socioeconómica acentuada por desigualdades estructurales: las comunidades rurales, particularmente las de provincias como Manabí y Los Ríos, enfrentan tasas alarmantes de pobreza y limitaciones en acceso a recursos esenciales, lo que amplifica su vulnerabilidad frente al cambio climático. Además, las mujeres y poblaciones afrodescendientes son desproporcionadamente afectadas debido a barreras sistémicas en su inclusión social y económica. Esto resalta la necesidad de políticas inclusivas que consideren estas desigualdades en el diseño de medidas de adaptación.
- Proyecciones climáticas que exigen transformaciones sistémicas: las proyecciones para el siglo XXI que incluyen un aumento de hasta 2,31 °C en la temperatura media y 20 días adicionales de lluvias extremas anuales hacia 2030, indican un escenario de alta presión para los recursos hídricos, la agricultura y la infraestructura del país. La implementación de infraestructura resiliente, sistemas de alerta temprana y prácticas agrícolas adaptativas, serán cruciales para mitigar estos impactos.

- Limitaciones institucionales y necesidad de fortalecimiento político: aunque Ecuador ha mostrado su compromiso en foros internacionales y cuenta con marcos como el ENCC y el PLANMICC, la débil ejecución, la falta de recursos y la insuficiente integración de perspectivas inclusivas, han limitado el impacto de estas estrategias. Es esencial reforzar las capacidades institucionales y la cooperación intersectorial para garantizar la efectividad de las políticas climáticas.
- Ecuador frente a los límites planetarios y la interconexión global: los desafíos del cambio climático en Ecuador reflejan una crisis más amplia de límites planetarios superados, como la pérdida de biodiversidad y la alteración de ciclos biogeoquímicos. El país tiene la oportunidad de liderar con enfoques innovadores de desarrollo sostenible y energías limpias, que no solo mitiguen su vulnerabilidad climática, sino que también contribuyan a los esfuerzos globales para estabilizar el clima y restaurar los ecosistemas.

9. BIBLIOGRAFÍA.

-
1. Alongi, D. M. (2008). Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1-13.

 2. Álvarez, Yamel (2023). Anidación y mortalidad de tortugas marinas en las playas de Manabí, Ecuador (Doctoral dissertation, Universidad de Córdoba (ESP)).

 3. Cáceres, L. (2007). El cambio climático. Aspectos relevantes a nivel mundial y nacional. *Relaciones internacionales*, 13-25.

 4. CAF | Banco de desarrollo de América Latina y El Caribe. (8 febrero de 2018). Ecuador marcará la ruta de gestión integral de recursos marino-costeros bajo los efectos del cambio climático.

 5. Cano, C., & Cano, J. (2016). Efectos del cambio climático sobre las aves.

 6. Cárdenas-Calle, M., Pérez-Correa, J., Martínez, P., Keith, I., Rivera, F., Cornejo, M., & Mora, E. (2019). First report of marine alien species in mainland Ecuador: threats of invasion in rocky shores. *Island invasives: scaling up to meet the challenge*. Gland, Switzerland: Occasional Paper SSC, (62), 452-457.

 7. Carvajal R, & Santillán X. (2019). Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental.

 8. Cavazos, T., Bettolli, M. L., Campbell, D., Sánchez Rodríguez, R. A., Mycoo, M., Arias, P. A., Rivera, J., Reboita, M. S., Gulizia, C., Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., Stephenson, T. S., Sörensson, A. A., Cerezo-Mota, R., Castellanos, E., Ley, D., & Mahon, R. (2024). Challenges for climate change adaptation in Latin America and the Caribbean region. In *Frontiers in Climate* (Vol. 6). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1392033>

 9. Chavarría, J., & Tomalá, D. (2012). Variabilidad Climática, Cambio Climático y Pesquerías en el Ecuador.

 10. Cobos Cando, G. M. (2017). Construcción participativa e integral de aportes y recomendaciones para la elaboración de estrategias de adaptación local al cambio climático para dos comunidades de pescadores-recolectores en zonas de manglares del Golfo de Guayaquil, Ecuador.

 11. CONALI (2022). Base datos de la división política de Ecuador. Comité Nacional de Límites Internos. Secretaría Técnica. Ministerio de Gobierno del Ecuador.

 12. COPERNICUS- ECMWF. (2025). Climate Data Store.
-

-
13. Coumou, D. & Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*. 491–496.
-
14. Dávalos, Nelson (2021). Tres zonas costeras de Ecuador, en riesgo de desaparecer en 2050, según estudio. Portal Web Primicias.
-
15. Dunne, Santiago (2020). Las bases para entender el cambio climático. Portal web Nuestro Futuro Común. Publicación de 6 enero de 2020. Revisado en diciembre 16, 2024.
-
16. EPA (2024). Amenazas para los arrecifes de coral. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
-
17. Fabry, V. J., Seibel, B. A., Feely, R. A., & Orr, J. C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science*, 65(3), 414-432.
-
18. FAO (2018). Climate–Smart Agriculture. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
-
19. Félix, F., Haase, B., Denkinger, J., & Falconí, J. (2011). Varamientos de mamíferos marinos registrados en la costa continental de Ecuador entre 1996 y 2009. *Acta oceanográfica del Pacífico*, 16(1), 61-73.
-
20. Fonseca, A. C. (2011). Efectos del cambio climático en la anidación de las tortugas marinas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 41(1), 11-18.
-
21. GEF PNUD (2021). Documento de proyecto: hacia una gestión conjunta, integrada y basada en los ecosistemas del Gran Ecosistema Marino Costero del Pacífico Centroamericano (PACA). ID GEF 10076.
-
22. Gutiérrez, G. C., & Vélez, J. S. (2022). Efectos del Cambio Climático en la Anidación de Tortugas Marinas (*L. olivácea*, *E. imbricata*, *C. mydas*) en la Costa Sur de Manabí. (Bachelor's thesis). Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
-
23. Hays, J. D., Imbrie, J., & Shackleton, N. J. (1976). Variations in the Earth's orbit: Pacemaker of the ice ages. *Science*, 194(4270). *Science*, 194(4270), 1121–1132.
-
24. Hispanoteca. (2025). Corriente de Humboldt o Corriente del Perú. 2025. <http://hispanoteca.eu/Hispanoam%C3%A9rica/Mapas/Corrientes%20oce%C3%A1nicas.htm>
-
25. Hoegh-Guldberg Ove (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research* **50**, 839-866
-

-
26. Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., ...& Hatziolos, M. E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318(5857), 1737-1742.
-
27. INAMHI (2014). Atlas meteorológico e hidrológico del Ecuador. Insituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
-
28. INEC (2022). VIII Censo de Población y VII de Vivienda.
-
29. INEC (2019). Encuesta Nacional de Relaciones Familiares y Violencia de Género contra Las Mujeres.
-
30. IPCC (2007). Resumen para Responsables de Políticas. Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
-
31. IPCC (2011). Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Impacts of Ocean Acidification on Marine Biology and Ecosystems [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, K.J. Mach, G.-K. Plattner, M.D. Mastrandrea, M. Tignor and K.L. Ebi (eds.)]. IPCC Working Group II Technical Support Unit, Carnegie Institution, Stanford, California, United States of America, pp. 164.
-
32. IPCC (2014). Cambio climático 2014 Informe de síntesis Resumen para responsables de políticas.
-
33. IPCC (2014). Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.
-
34. IPCC (2018). Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R.
-

Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)).

35. IPCC ([2019](#)). El océano y la criósfera en un clima cambiante Informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Resumen para responsables de políticas Editado por.

36. IPCC ([2020](#)). El cambio climático y la tierra Resumen para responsables de políticas. (Valérie Masson-Delmotte, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, Debra Roberts, Jim Skea, Eduardo Calvo Buendía, Priyadarshi R. Shukla, Raphael Slade, Sarah Connors, Renée van Diemen, Marion Ferrat, Eamon Haughey, Sigourney Luz, Suvadip Neogi, Minal Pathak, Jan Petzold, Joana Portugal Pereira, Purvi Vyas, Elizabeth Huntley, ... Juliette Malley, Eds.).

37. IPCC ([2021](#)). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

38. IPCC ([2023a](#)). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Summary for Policymakers.

39. IPCC ([2023b](#)). Synthesis Report. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change.

40. Lorente Blanco, C. D. ([2023](#)). Efectos del cambio climático sobre los mamíferos marinos (Bachelor's thesis). Universidad Católica de Valencia.

41. M. Tambutti y J. J. Gómez ([2022](#)), "Panorama de los océanos, los mares y los recursos marinos en América Latina y el Caribe: conservación, desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático", Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/167/Rev.1), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

42. MAATE ([2021](#)). Programa Ecuador Carbono Cero.

43. MAATE ([2023](#)). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador (2023-2027).

44. MAATE ([2024a](#)). Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático (PLANMICC) (2024-2070). Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Quito, Ecuador.

45. MAATE ([2024b](#)). Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

-
46. MAATE ([2024c](#)). Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad (SINIAS).
-
47. MAATE. ([2023b](#)). Informe del Estado del Ambiente GEO-Ecuador 2023. https://www.researchgate.net/publication/386046443_Informe_completo_GEO_Ecuador
-
48. MAE ([2016](#)). Bosques para el Buen Vivir - Plan de Acción REDD+ Ecuador (2016-2025).
-
49. Manabí Noticias (28 de diciembre de [2019](#)). La OPS alerta sobre tres meses de ola de calor en Ecuador y países de América del Sur.
-
50. Márquez R., y Ma. del C. Jiménez, ([2010](#)). El posible efecto del cambio climático en las tortugas marinas, p. 97-112. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Semarnat-ine, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
-
51. Mateu, P. ([2024](#)). Estos son 20 conceptos claves del cambio climático que debes conocer. National Geographic.
-
52. McPhaden, Michael. ([2023](#), July 27). Has climate change already affected ENSO? <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/has-climate-change-already-affected-enso>
-
53. Mendoza Belén ([2023](#)). Playas de Manabí están en riesgo por el cambio climático. Portal Web Primicias.
-
54. Mendoza, J., García, K., Salazar, R., & Vivanco, I. ([2019](#)). La Economía de Manabí (Ecuador) entre las sequías y las inundaciones. Espacios, 40(16), 10.
-
55. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador [MIDUVI] ([2015](#)). Informe Nacional del Ecuador. Tercera conferencia de las Naciones Unidas sobre la vivienda y el desarrollo urbano sostenible. Habitat III (p. 110).
-
56. Ministerio del Ambiente ([2012](#)). Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025.
-
57. Molina-Moreira, N., Arias de López, M., Rodríguez Grimón, R., Medranda, P., Massuh, D., & DeSisto, C. ([2024](#)). Evaluación de *Coccolytes rhizophorae* en propágulos de especies del género *Rhizophora* en la costa ecuatoriana. Madera Y Bosques, 30(4), e3042661. <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3042661>.
-
58. Muñoz Zambrano, K. T. ([2018](#)). Cambio climático y su influencia sobre la distribución geográfica potencial de especies exóticas invasoras en Ecuador. Quevedo. UTEQ. 204 p.
-

-
59. Naciones Unidas ([1992](#)). Convenio sobre la Diversidad Biológica.
-
60. Naciones Unidas. ([1992](#)). United Nations Framework Convention on Climate Change United Nations. United Nations Framework Convention on Climate Change. 1–33.
-
61. Naciones Unidas. ([1997](#)). Glosario de estadísticas del medio ambiente.
-
62. NASA - USGS. ([2025](#)). Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS).
-
63. NOAA ([2017](#)). Los corales amenazados ven los efectos del estrés de la sedimentación en las primeras etapas de la vida.
-
64. ONU MUJERES. ([2022](#), February 28). Artículo explicativo: Cómo la desigualdad de género y el cambio climático están relacionados entre sí. 28 de Febrero de 2022.
-
65. Paladines Vélez, G. A., Paladines Vélez, N. B., Paltán Zhingre, V. M., Pazmiño Moreira, V. N., Pedroza Uzhca, W. H., Portilla Merino, P. P., & Acurio Páez, F. D. ([2015](#)). Fenómeno del niño historia y perspectivas. Revisión Bibliográfica. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Cuenca.
-
66. Pinsky, M. L., Worm, B., Fogarty, M. J., Sarmiento, J. L., & Levin, S. A. ([2013](#)). Marine taxa track local climate velocities. *Science*, 341(6151), 1239-1242.
-
67. Ponce, B. ([2017](#)). Caracterización de arrecifes rocosos de la costa del Pacífico de Ecuador usando la metodología Reef Check (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2017.).
-
68. Prado-Carpio, E., Martínez-Soto, M., Morris, A., Castro-Armijos, C., Renteria-Minuche, P., Coronel-Reyes, J., & Rodríguez, C. ([2020](#)). Importancia de la producción de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en las costas ecuatorianas. *Revista ESPAMCIENCIA*, 11(1), 34-46.
-
69. Rebolledo Monsalve, E., & Verduga Vergara, L. ([2023](#)). Water and Sediment Quality Changes in Mangrove Systems with Shrimp Farms in the Northern Ecuadorean Coast. *Applied Sciences*, 13(13), 7749. <https://doi.org/10.3390/app13137749>.
-
70. Rebolledo Monsalve, E., Jiménez Prado, P., Molinero Ortiz, J., & Toulkeridis, T. ([2022](#)). Differences in Fish Abundance in Rivers under the Influence of Open-Pit Gold Mining in the Santiago-Cayapas Watershed, Esmeraldas, Ecuador. *Water*, 14(19), 2992. <https://doi.org/10.3390/w14192992>.
-
71. Richardson, K. ([2023](#)). Planetary boundaries: An update. Stockholm Resilience Centre.
-

-
72. Rockström, J., Steffen, W., & Noone, K. (2013). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475.
https://www.researchgate.net/publication/44160502_A_safe_operating_space_for_humanity
-
73. Rojas, J. R. (2012). Análisis de las amenazas e implicaciones del cambio climático sobre los tiburones. *Revista De Ciencias Ambientales*, 44(1), 33-48.
<https://doi.org/10.15359/rca.44-2.3>.
-
74. Salazar, D. (20 de abril de 2018). Así impactaría el cambio climático a las tortugas marinas.
-
75. Sandoval, E. J., & Lizardi, M. A. (2019). Hidrocarburos: contaminación en el Caribe mexicano. *Revista Digital Universitaria*, 20(1), 7.
-
76. Serrano, V., Reisancho, A., Lizano, R., Borbor, M., Stewart, A. (2016). Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala. LA GRANJA. *Revista de Ciencias de la Vida*, 24(2), 53-68.
-
77. Sierra, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de la vegetación para el Ecuador continental. *EcoCiencia*. Quito, Ecuador.
-
78. Solís, B., & Serebrisky, T. (2023). Bajo presión: efectos, impactos y adaptación al cambio climático en operadores de agua y saneamiento de América Latina y el Caribe. Monografía del Banco Interamericano de Desarrollo (BID); 1144.
-
79. Soto, D. & Quiñones, R. (2013). Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina. Potenciales impactos y desafíos para la adaptación (pág. 344). ROMA: FAO.
-
80. Steffen, W., Rockström, J., & Richardson, K. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 115(33), 8252–8259.
-
81. Tirira, D. G. (2017). Mamíferos del Ecuador: lista actualizada de especies / Mammals of Ecuador: Updated checklist species. Versión 2017.2. Fundación Mamíferos y Conservación. Quito. <<http://mamiferosdeecuador.com>> (actualización / updated: 2017-12-28). DOI: 10.13140/RG.2.2.16053.58080.
-
82. UICN (2009). ABC del Cambio Climático. Una guía para entender el Cambio Climático.
Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-092.pdf>
-
83. Universidad de Hawai. (2025). Sea Level Center, data access.
-

-
84. University of California, S. B. (2025). Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS).
-
85. Uribe, J. & Urrego, L. (2009). Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar. Aproximación al caso Colombiano. *Gestión y Ambiente*, 12(2), 57-71.
-
86. UTEQ (2021). Impacto potencial de diferentes escenarios de cambio climático sobre las especies exóticas invasoras en Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
-
87. Villanueva-Fragoso, S., G. Ponce-Vélez, C. García, y J. Presa, (2010). Vulnerabilidad de la zona costera. Ecosistemas costeros, p. 37-72. En: A.V. Botello, S. VillanuevaFragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Semarnat-ine, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
-
88. Viteri, Antonio (2010). Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso de suelo, cambio de suelo, y silvicultura (forestal) en el Ecuador. Ecuador: UNDP. Edición: Ing. Pablo Cuenca, Ec. Verónica Cordero. Agosto, 2010.
-
89. World Bank Group (2024). Informe sobre el clima y el desarrollo del país de Ecuador. CCDR Series. © Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/42126> License: [CC BY-NC-ND 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/)."
-
90. Yockteng, J., Velarde, E., & Sacio, A. (1985). Efectos del fenómeno del niño sobre los mariscos en el departamento de tumbes Perú Instituto del Mar del Perú . Boletín, Volumen Extraordinario ISSNQ 378-77699.
-

10. ANEXOS.

Anexo 1. Lista de especialistas e informantes clave entrevistados durante el análisis del diagnóstico transfronterizo del Ecuador continental y reportes temáticos.

Fecha	Nombres entrevistados	Institución	Temáticas abordadas
11/11/2024	Pablo Guerrero, biólogo.	WWF Ecuador. Director de Conservación de Paisaje Marinos.	AMCP, pesquerías, tiburones
7/01/2025	Felipe Costa, Ingeniero oceanógrafo.	Centro Internacional para la Investigación de Fenómeno de El Niño – CIIFEN. Especialista en clima.	Situación actual del evento el niño y la influencia del cambio climático sobre sus fases extremas
8/01/2025	José González. Ingeniero electrónico y de telecomunicaciones.	Especialista regional en hidro-meteorología/ Coordinador proceso desconcentrado cuenca del río Guayas.	Impactos del cambio climático en la distribución espacio-temporal de la precipitación
10/01/2025	Fanny Friend M. Ingeniera ambiental.	Prefectura del Guayas. Especialista en Gestión de Riesgos Climáticos	Incidencia del cambio climático sobre los eventos hidro climáticos extremos de la costa ecuatoriana, proyecciones de gases de efecto invernadero y riesgos y cambios en el clima de la región
10/01/2025	Johnny Morán Espinoza. Ingeniero oceanógrafo.	Investigador independiente. Especialista en ciencia de datos y big data.	Big data y fuentes de datos globales de precipitación, temperatura y mareas.

Anexo 2. Elementos conceptuales de referencias sobre Cambio Climático.

Absorción atmosférica. -

La absorción por la atmósfera de la Tierra de la mayor parte de los rayos X y la radiación ultravioleta e infrarroja emitida por el sol, con excepción de la luz visible. Este fenómeno evita el calentamiento excesivo de la superficie terrestre. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Acidificación. -

Es el aumento de los iones de hidrógeno, por lo general expresado en términos del pH de los medios ambientales. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Acidificación del océano. -

Disminución del pH del océano durante un período prolongado, normalmente decenios o períodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación antropogénica del océano hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana (IPCC, [2011](#))

Acuerdo de París. -

Acuerdo de París en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se aprobó en diciembre de 2015 en París (Francia), en el 21.º período de sesiones de la Conferencia de las Partes (CP) en la CMNUCC. El Acuerdo, aprobado por 196 Partes en la CMNUCC, entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, y en mayo de 2018 contaba con 195 países signatarios y había sido ratificado por 177 Partes. Uno de los objetivos del Acuerdo de París es “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático”. Asimismo, el Acuerdo tiene por objeto fortalecer la capacidad de los países para hacer frente a los impactos del cambio climático. (IPCC, [2018](#))

Adaptación. -

En los sistemas humanos, el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos, a fin de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En los sistemas naturales, el proceso de ajuste al clima real y sus efectos; la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y sus efectos. (IPCC, [2018](#)).

Agricultura climáticamente inteligente. –

La agricultura climáticamente inteligente es un enfoque que ayuda a orientar las medidas necesarias para transformar y reorientar los sistemas agrícolas, con el fin de respaldar con eficacia el desarrollo y lograr la seguridad alimentaria en el marco del cambio climático. Este enfoque procura alcanzar tres objetivos principales: el aumento sostenible de la productividad y los ingresos en el sector agrícola, la adaptación y la creación de resiliencia ante el cambio climático, y la reducción o remoción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la medida de lo posible (FAO, [2018](#)).

Atmósfera. -

Envoltura gaseosa que rodea la Tierra, dividida en cinco capas: la troposfera, que contiene la mitad de la atmósfera terrestre, la estratosfera, la mesosfera, la termosfera y la exosfera, límite superior de la atmósfera. (IPCC, [2018](#)) Masa de aire compuesta principalmente de oxígeno y nitrógeno. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Aumento de nivel del mar Aumento del nivel medio del océano. El aumento eustático del nivel del mar es una variación del nivel del mar promediado a escala mundial, causado por un aumento de volumen de los océanos. Se habla de aumento relativo de nivel del mar para referirse a un aumento local del nivel del océano respecto de la tierra, posiblemente por efecto de la elevación de los océanos y/o del hundimiento del nivel de la tierra. En áreas que experimentan una elevación rápida del nivel de la tierra, el nivel relativo del mar puede disminuir.

Biodiversidad. –

Gama de diferencias genéticas, y diferencias entre las especies y entre los ecosistemas de una zona determinada. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Calentamiento global. -

Aumento estimado de la temperatura media global en superficie promediada durante un período de 30 años, o durante el período de 30 años centrado en un año o decenio particular, expresado en relación con los niveles preindustriales, a menos que se especifique de otra manera. Para los períodos de 30 años que abarcan años pasados y futuros, se supone que continúa la actual tendencia de calentamiento multi decenal.

Cambios del clima. -

Expresión de uso frecuente para referirse al calentamiento de la tierra debido a las emisiones de gases que producen el efecto invernadero como resultado de las actividades humanas. También se denominan cambio climático. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Cambio climático. -

Según el uso en IPCC, se refiere a todo cambio producido en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana. Este uso difiere del adoptado en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, donde cambio climático se refiere a un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. IPCC, [2007](#)

Cambio del nivel del mar. -

El nivel del mar puede cambiar, tanto en términos globales como locales, por efecto de los siguientes cambios: 1) cambios en el volumen del océano como resultado de un cambio en la masa del agua del océano; 2) cambios en el volumen del océano como resultado de cambios en la densidad del agua del océano; 3) cambios de conformación de las cuencas oceánicas y cambios en los campos gravitacionales y giratorios de la

Tierra; y 4) el hundimiento o la elevación del terreno a nivel local. La variación del nivel medio del mar global como resultado de la modificación de la masa del océano se denomina baristática. (IPCC, [2018](#)).

Capacidad de adaptación. -

Es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los fenómenos extremos) para mitigar posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias. (IPCC, [2007](#))

Captura y almacenamiento de dióxido de carbono. -

Proceso en el que un flujo relativamente puro de dióxido de carbono (CO₂) procedente de fuentes industriales y de fuentes relacionadas con la energía se separa (captura), se condiciona, se comprime y se transporta hasta un lugar de almacenamiento para su aislamiento de la atmósfera durante un largo período. (IPCC, [2018](#))

Captura y utilización de dióxido de carbono. -

Proceso en el que el CO₂ se captura y luego se utiliza para elaborar un nuevo producto. Si el CO₂ se almacena en un producto durante un horizonte temporal pertinente para el clima, se denomina captura, utilización y almacenamiento de dióxido de carbono. Solo entonces y únicamente si se combina con CO₂ removido recientemente de la atmósfera, el proceso de captura, utilización y almacenamiento de dióxido de carbono puede dar lugar a la remoción de dióxido de carbono. (IPCC, [2018](#)).

Conferencia de las Partes (COP). -

Es la instancia máxima de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y se reúne una vez al año para revisar los avances del convenio (UICN, [2009](#))

Contaminantes atmosféricos. -

Sustancias presentes en el aire que, en concentraciones elevadas, podrían ser perjudiciales para los seres humanos, los animales, la vegetación o los materiales. Los contaminantes atmosféricos, en consecuencia, pueden comprender materia de prácticamente cualquier composición natural o artificial capaz de ser transportada por el aire. Pueden ser partículas sólidas, gotículas o gases, o combinaciones de estas formas. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Contaminación del mar. -

Introducción por el ser humano, en forma directa o indirecta, de sustancias o energía al medio marino (incluidos los estuarios); este tipo de contaminación provoca daños a los recursos vivos, pone en peligro la salud humana, impide la realización de actividades marinas, entre ellas la pesca, deteriora la calidad del agua del mar, y limita su capacidad recreativa. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Contaminación térmica. -

Descarga de efluentes calientes procedentes de procesos industriales, como la generación de energía eléctrica o el funcionamiento de plantas de energía atómica y

otras fábricas, a temperaturas que pueden afectar al proceso vital de los organismos acuáticos. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). -

Es un convenio para la protección del clima global adoptado en el año 1992 por 155 países con el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida influencias humanas peligrosas en el sistema climático. (UICN, [2009](#)).

Clima. -

El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (p. ej., temperatura, precipitación o viento). (IPCC, [2018](#)).

Crisis climática. -

Es una expresión que subraya la urgencia y la gravedad del cambio climático e implica el reconocimiento de la amenaza significativa que supone para los ecosistemas, las comunidades humanas y la estabilidad global. (Mateu, [2024](#)).

Desarrollo sostenible. - Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (CMMAD, 1987) y equilibra los intereses sociales, económicos y medioambientales. (IPCC, [2018](#)).

Desastre

Alteraciones graves del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a los fenómenos físicos peligrosos que interactúan con las condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales, y que puede requerir apoyo externo para la recuperación. (IPCC, [2018](#)).

Desastre natural

Catástrofe repentina, por ejemplo, terremotos, tsunamis (marejadas), inundaciones, erupciones volcánicas, ciclones y derrumbes, o fenómenos o procesos lamentables de carácter progresivo, como en el caso de la sequía y la desertificación. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Dióxido de carbono

Gas incoloro, inodoro y no venenoso que se desprende de la combustión de combustibles fósiles y normalmente forma parte del aire ambiente. También se produce durante la

respiración de los organismos vivos (plantas y animales) y se le considera el principal gas de efecto invernadero, al contribuir a los cambios del clima. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Diversidad Biológica. -

Por diversidad biológica se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (Naciones Unidas, [1992](#)).

Ecosistema. -

Unidad funcional que consta de organismos vivos, su entorno no vivo y las interacciones entre ellos. Los componentes incluidos en un ecosistema concreto y sus límites espaciales dependen del propósito para el que se defina el ecosistema. (IPCC, [2014](#)).

Efecto invernadero. -

Calentamiento de la atmósfera de la Tierra provocado por la acumulación de dióxido de carbono y otros gases de efecto de invernadero o gases en trazas, que actúan como el techo de vidrio de un invernadero; este fenómeno permite el paso de los rayos solares y el calentamiento de la superficie terrestre, pero impide, en cambio, la pérdida de radiación térmica. (Naciones Unidas, [1997](#)).

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). -

El término El Niño se refería inicialmente a una corriente de aguas cálidas que discurre periódicamente a lo largo de la costa de Ecuador y Perú, alterando la pesquería local. En la actualidad, designa un calentamiento del agua en toda la cuenca del océano Pacífico tropical al este de la línea internacional de cambio de fecha. Este fenómeno oceánico está asociado a cierta fluctuación de una configuración global de la presión en la superficie tropical y subtropical que se denomina Oscilación del Sur. Este fenómeno atmósfera-océano acoplado, cuya escala de tiempo más habitual abarca entre dos y aproximadamente siete años, es conocido como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). Durante un episodio de ENSO, los alisios habituales se debilitan, reduciendo el flujo ascendente y alterando las corrientes oceánicas, con lo que aumenta la temperatura superficial del mar, lo cual debilita a su vez los alisios. Este fenómeno afecta considerablemente a la configuración del viento, la temperatura superficial del mar y la precipitación en el Pacífico tropical. (IPCC, [2014](#))

Enfermedad ambiental. -

Enfermedad cuya causa o agravamiento se debe, al menos en parte, a las condiciones de vida, al clima, al abastecimiento de agua o a otras condiciones ambientales. Entre los factores ambientales que pueden afectar a la salud se cuentan aspectos psicológicos, biológicos, físicos y relacionados con accidentes. Las enfermedades ambientales comprenden, en particular, las enfermedades contagiosas, como las enfermedades de las vías respiratorias, y las enfermedades transmitidas por vectores, como el paludismo, la esquistosomiasis, y la oncocercosis. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Escenario climático. -

Representación plausible y en ocasiones simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas y de supuestos sobre el forzamiento radiactivo, construido, por lo general, para su utilización explícita como fuente de información para elaborar modelos de impacto de cambio climático. Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual. (IPCC, [2007](#)).

Especies en peligro. -

Entidades taxonómicas en peligro de extinción, cuya supervivencia es improbable si se mantienen los factores causales. Estas especies comprenden las entidades taxonómicas cuya población se ha reducido apreciablemente a un nivel crítico o cuyos hábitats se han visto tan afectados que se consideran en peligro inmediato de extinción. También comprenden las entidades que posiblemente ya están extinguidas, en el sentido de que no han sido observadas en estado silvestre en los últimos 50 años. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Especies vulnerables. -

Taxones de varios tipos, incluidos: a) taxones que probablemente pasarán a la categoría de “en peligro de extinción” en un futuro próximo si los factores causales pertinentes siguen actuando. Estos factores pueden ser la sobreexplotación, la destrucción extensa de hábitats y otras perturbaciones ambientales; b) taxones con poblaciones que han sido gravemente mermadas y cuya seguridad en última instancia no está todavía garantizada, y c) taxones con poblaciones aún abundantes pero que se encuentran amenazadas por graves factores adversos en todas sus zonas de distribución. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Evaluación adaptatoria. -

Práctica consistente en identificar opciones de adaptación al cambio climático y en evaluarlas en términos de disponibilidad, beneficios, costos, efectividad, eficacia y viabilidad. (IPCC, [2007](#)).

Evaluación del impacto. -

Efectos de un cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. Según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales. (IPCC, [2007](#)).

Fenómeno climático extremo. -

La ocurrencia de un valor de una variable meteorológica o climática por encima (o por debajo) de un valor de umbral cercano al extremo superior (o inferior) de la horquilla de valores observados de la variable. En aras de la simplicidad, tanto los fenómenos meteorológicos extremos como los fenómenos climáticos extremos a los que se hace referencia en el presente informe se denominarán “fenómenos climáticos extremos”. (IPCC, [2018](#)).

Gas de efecto invernadero. -

Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropogénico, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Asimismo, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, el N₂O y el CH₄, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero: hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). (IPCC, [2018](#)).

Gestión de riesgos de desastre. -

Procesos para diseñar, aplicar y evaluar estrategias, políticas y medidas destinadas a mejorar la comprensión de los riesgos de desastre, fomentar la reducción y la transferencia de riesgos de desastre, y promover la mejora continua en las prácticas de preparación, respuesta y recuperación para casos de desastre, con el objetivo explícito de aumentar la seguridad humana, el bienestar, la calidad de vida y el desarrollo sostenible. (IPCC, [2018](#)).

Impactos. -

Efectos sobre los sistemas naturales y humanos. El término impactos se utiliza principalmente para referirse a los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos se refieren generalmente a los efectos sobre las vidas, los medios de subsistencia, la salud, los ecosistemas, las economías, las sociedades, las culturas, los servicios y la infraestructura debido a la interacción de los cambios climáticos o los fenómenos climáticos peligrosos que ocurren dentro de un período de tiempo específico y la vulnerabilidad de una sociedad o un sistema expuestos. Los impactos también se conocen como consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y el aumento del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos. IPCC, [2014](#)

Indicador biológico. -

Organismo, especie o comunidad cuyas características indican la presencia de condiciones ambientales específicas. Otras expresiones empleadas son: organismo característico (o indicador ecológico), planta característica y especie característica. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Inundación. -

Desbordamiento por encima de los confines normales de un arroyo u otro cuerpo de agua, o la acumulación de agua por encima de zonas que normalmente no están sumergidas. Los distintos tipos de inundaciones comprenden las fluviales, súbitas, urbanas, pluviales, de aguas residuales, costeras y de desbordamiento de lagos glaciares. (IPCC, [2018](#)).

Medidas de mitigación. -

En el contexto de la política climática, las medidas de mitigación son tecnologías, procesos o prácticas que contribuyen a la mitigación, por ejemplo, tecnologías de energía renovable, procesos de minimización de desechos y prácticas que promueven el uso del transporte público. Véanse también Opción de mitigación y Políticas (para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos). (IPCC, [2018](#)).

Mitigación del Cambio Climático. -

Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero. Las intervenciones humanas dirigidas a reducir las fuentes de otras sustancias que pueden contribuir directa o indirectamente a la limitación del cambio climático, entre ellas, por ejemplo, la reducción de las emisiones de partículas en suspensión que pueden alterar de forma directa el balance de radiación (p. ej., el carbono negro) o las medidas de control de las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes que pueden alterar la concentración de ozono troposférico, el cual tiene un efecto indirecto en el clima. (IPCC, [2014](#)).

Monóxido de carbono. -

Gas incoloro, inodoro y venenoso producido por la combustión incompleta de combustibles fósiles. El monóxido de carbono se combina con la hemoglobina de los seres humanos, reduciendo su capacidad para transportar oxígeno, lo que tiene efectos dañinos en la salud. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). -

Es un organismo internacional creado en 1998 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/UNEP), en el que participan científicos de todo el mundo. (UICN, [2009](#))

Potencial de calentamiento global. -

Índice que mide el forzamiento radiactivo tras una emisión de una unidad de masa de cierta sustancia, acumulada durante un horizonte temporal determinado, en comparación con el causado por la sustancia de referencia: el dióxido de carbono (CO₂). Por consiguiente, el PCG representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esas sustancias en la atmósfera y de su eficacia relativa como causantes de forzamiento radiactivo. (IPCC, [2014](#)).

Potencial de cambio en la temperatura global. -

Índice que mide el cambio de la temperatura media global en superficie en un punto temporal determinado tras una emisión de una unidad de masa de cierta sustancia, en comparación con el causado por la sustancia de referencia: el dióxido de carbono (CO₂). Por consiguiente, el potencial de cambio en la temperatura global (PCTG) representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esas sustancias en la atmósfera, su eficacia relativa como causantes de forzamiento radiactivo y la respuesta del sistema climático. (IPCC, [2014](#)).

Precipitación. -

lluvia o nieve que cae de la atmósfera y se deposita en la superficie terrestre o en el agua; o extracción forzada de las partículas presentes en los gases de escape o las aguas residuales. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Protección ambiental. -

cualquier actividad orientada a mantener o restablecer la calidad de los medios ambientales evitando la emisión de agentes contaminantes o reduciendo la presencia de sustancias contaminantes en estos medios. Puede consistir en a) cambios en las características de los bienes y servicios, b) cambios en las modalidades de consumo, c) cambios en las técnicas de producción, d) tratamiento o eliminación de residuos en instalaciones especiales de descontaminación, e) reciclado y f) prevención del deterioro del paisaje y los ecosistemas. Véase también protección contra los peligros de la naturaleza y clasificación de las actividades de protección ambiental. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Protección de las zonas costeras. -

Medidas necesarias para evitar la erosión del litoral. La estabilización de las playas o dunas se logra por medios mecánicos o el uso de vegetación, o mediante la construcción de escolleras sólidas o muros de protección. (Naciones Unidas, [1997](#)).

Proyección climática. -

Una proyección climática es una respuesta simulada del sistema climático a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles, que generalmente se obtiene de simulaciones mediante modelos climáticos. Las proyecciones climáticas se diferencian de las predicciones climáticas por su dependencia del escenario de emisiones/concentraciones/forzamiento radiactivo utilizado, que se basa en supuestos relativos a, por ejemplo, un devenir socioeconómico y tecnológico que puede o no materializarse. (IPCC, [2018](#)).

Remociones antropógenos. -

Las remociones antropógenos se refieren a la remoción de gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera como resultado de actividades humanas intencionales. Entre dichas actividades se incluyen la mejora de los sumideros biológicos de CO₂ y el uso de la ingeniería química para lograr la remoción y el almacenamiento a largo plazo. La captura y el almacenamiento de dióxido de carbono procedente de fuentes industriales y energéticas, que por sí solos no remueven CO₂ de la atmósfera, pueden reducir el CO₂ atmosférico si se combinan con la producción de bioenergía. (IPCC, [2018](#)).

Resiliencia. -

La capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de hacer frente a un evento, tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o reorganizándose al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación. (IPCC, [2014](#)).

Riesgo. -

Potencial de consecuencias cuando algo valioso está en juego y el resultado es incierto, reconociendo la diversidad de valores. El riesgo se representa a menudo como la probabilidad de ocurrencia de eventos o tendencias peligrosas multiplicada por los impactos si estos eventos o tendencias ocurren. El riesgo es el resultado de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro; el término riesgo se utiliza principalmente para referirse a los riesgos de los impactos del cambio climático. (IPCC, [2014](#)).

Sensibilidad. –

Grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, una variación del rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperatura o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (por ejemplo, los daños causados por un aumento de la frecuencia de las inundaciones costeras como consecuencia de un aumento del nivel del mar). (IPCC, [2007](#)).

Servicios ecosistémicos. –

Procesos o funciones ecológicos que tienen un valor, monetario o no, para los individuos o para la sociedad en su conjunto. Generalmente se clasifican en: 1) servicios de apoyo, por ejemplo, mantenimiento de la productividad o la biodiversidad; 2) servicios de aprovisionamiento, por ejemplo, de alimentos o fibra; 3) servicios de regulación, por ejemplo, regulación del clima o secuestro de carbono; y 4) servicios culturales, como el turismo o el disfrute espiritual o estético. (IPCC, [2018](#)).

Sequía. -

Período de condiciones anormalmente secas durante un tiempo suficiente para causar un desequilibrio hidrológico grave. El término sequía es relativo y, por tanto, ningún examen sobre déficit de precipitaciones debe referirse a la actividad particular asociada a las precipitaciones objeto de examen. Por ejemplo, la escasez de precipitaciones durante el período de crecimiento incide en la producción de los cultivos o la función de los ecosistemas en general (debido al déficit de humedad del suelo, también denominado sequía agrícola), y durante la estación de escorrentía y percolación afecta principalmente al abastecimiento de agua (sequía hidrológica). La humedad y las aguas subterráneas almacenadas en el suelo también resultan afectadas por los aumentos en la evapotranspiración efectiva y por las disminuciones en la precipitación. Todo período con déficit anormal de precipitación se define como sequía meteorológica. (IPCC, [2014](#)).

Sistema climático. –

Sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropogénicos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo. (IPCC, [2014](#)).

Temperatura media global en superficie. –

Promedio global estimado de las temperaturas del aire cerca de la superficie sobre la tierra y el hielo marino, y las temperaturas superficiales del mar sobre regiones oceánicas libres de hielo, con cambios que normalmente se expresan como desviaciones respecto de un valor durante un período de referencia determinado. Cuando se calculan los cambios en la temperatura media global en superficie, también se utiliza la temperatura del aire cerca de la superficie sobre la tierra y sobre el mar. (IPCC, [2014](#)).

Temperatura superficial del mar. –

Temperatura másica de los primeros metros de espesor de la superficie del océano que se mide mediante buques, boyas o embarcaciones. A partir de la década de 1940, las mediciones dejaron de efectuarse mediante cubos de agua, que fueron sustituidos por muestras de la toma de agua del motor. Se efectúan también mediciones satelitales de la temperatura epidérmica (es decir, de una fracción de milímetro de espesor superficial) en el espectro infrarrojo, o de un centímetro de espesor superficial en microondas, aunque hay que ajustarlas para que sean compatibles con la temperatura másica. (IPCC, [2014](#)).

Uso del suelo y cambio de uso del suelo. –

Conjunto de disposiciones, actividades e insumos (conjunto de actividades humanas) adoptados para cierto tipo de cubierta terrestre. La expresión uso del suelo se utiliza también en el sentido de los fines sociales y económicos que persigue la ordenación de las tierras (p. ej., pastoreo, y extracción y conservación de madera). En los asentamientos urbanos se refiere a los usos de los terrenos dentro de las ciudades y sus barrios exteriores. El uso de los terrenos urbanos influye en la gestión, estructura y forma de la ciudad y, por consiguiente, en la demanda de energía, en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en la movilidad, entre otros aspectos. (IPCC, [2014](#)).

Variabilidad climática. -

Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno. (IPCC, [2018](#)).

Vulnerabilidad. -

Es la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación. (IPCC, [2007](#)).