Rivera-Arriaga, E. A. Azuz Adeath, I., Peña Puch, A. C., 2023. Mitigación y adaptación al cambio climático. p. 279-308. En; Rivera-Arriaga E., Azuz-Adeath, I. (eds). La Década del Océano en México 2021-2030: La Ciencia que Necesitamos. RICOMAR, Universidad Autónoma de Campeche. 472 p. ISBN 978-607-8907-12-0. doi 10.26359/EPOMEX01202309



# Mitigación y adaptación al cambio climático

*E. Rivera-Arriaga, I. A. Azuz Adeath, A. .C. Peña Puch*

## Resumen

En este capítulo se revisaron los resultados de las principales reuniones internacionales de cambio climático que han mencionado a los océanos y han dado significado a la relación tan importante del cambio climático y los océanos. De igual forma se revisaron las principales acciones de México en el ámbito internacional con los compromisos que adquirió en las reuniones de océanos para la sostenibilidad. Finalmente se dan a conocer las principales acciones locales de mitigación y adaptación basadas en ecosistemas para el cambio climático.

**Palabras clave:** Océano, cambio climático, mitigación, adaptación.

## Abstract

In this chapter results of the main international meetings on climate change that mentioned oceans were reviewed considering the important meaning of the relationship between oceans and climate change. At the same time, we identified Mexico's main actions in the international arena and its sustainable oceans commitments. Finally, we addressed the local key actions based on nature for climate change mitigation and adaptation.
**Keywords:** Ocean, climate change, mitigation, adaptation.

# Introducción

México está ubicado en el extremo meridional de América del Norte, donde su geografía y orografía tienen un efecto directo en la variabilidad de los climas que se encuentran en el país. En los últimos 50 años la temperatura promedio en México ha aumentado 0.85 °C (6a CNCC, 2017), y los patrones de lluvia acumulada en los estados costeros han presentado cambios estadísticamente significativos ($\alpha$= 0.1), al pasar de un nivel promedio de 1 022.7 mm durante el periodo 1980-2000 a 1 110.7 mm del 2001 al 2021.

México cuenta con un litoral de 11 122 km, una plataforma continental de 388 mil km$^2$, 15 670 km$^2$ de estuarios y una superficie insular de 5 083 km$^2$ (DOF, 2018). Para propósitos de manejo y aplicación de políticas nacionales e internacionales, el mar territorial abarca alrededor de 231 000 km$^2$ y una zona económica exclusiva de 3 149 920 km$^2$ (Contreras y Castañeda, 2004; Arriaga *et al.,* 1998; de la Lanza, 2004). El hecho de que México se encuentre rodeado cuatro mares principales: Pacífico, golfo de California (o mar de Cortés), golfo de México y mar Caribe, le confiere niveles altos de diversidad de ecosistemas y especies, así como de recursos marinos; además de que implica una situación de fuerte exposición y vulnerabilidad a los efectos del cambio climático sobre los territorios marinos, costeros e insulares.

El cambio climático está afectando la salud de los océanos en todo el mundo. El aumento de la temperatura, el incremento en el nivel del mar, y la acidificación de los mares; todo esto afecta los diferentes procesos y ecosistemas costeros y marinos. Los niveles de oxígeno disminuyen conforme aumenta la concentración de $CO_2$ disuelto en el mar. Las corrientes marinas modifican sus patrones y con esto, la distribución de nutrientes y especies, las migraciones y el reclutamiento de un número considerable de especies. Las poblaciones de recursos pesqueros modifican sus patrones de distribución y de movilidad, lo que afecta de manera directa a las comunidades costeras que dependen de ellos. La erosión costera es un resultado (aunque no único) de la elevación del nivel del mar y por este efecto, se inundan las zonas costeras bajas, se pierden playas y se producen alteraciones en las obras de protección y abrigo, afectando a las comunidades locales. En resumen, los efectos del cambio climático sobre los océanos y costas son múltiples, complejos e interrelacionados.

Por otra parte, los océanos absorven el 90 % del calor emanado de la atmósfera, por lo que son el disipador de calor más grande del planeta. Además de que almacena el 23 % de las emisiones de $CO_2$ generadas antropogénicamente. Ecosistemas como los manglares, así como las marismas y las praderas submarinas, secuestran y almacenan más carbono por unidad de superficie que los bosques (2ª Evaluación Mundial de los Océanos Vol. I, 2021).

## El Océano y cambio climático: Acuerdos internacionales

En diciembre del 2015, 196 países firmaron el Acuerdo de París y siete años después los progresos y prospectivas no son las mismas que las metas ambiciosas que se firmaron. Anterior a ese año, cualquier discusión sobre cambio climático sin mencionar los océanos, ignoraba el núcleo del sistema climático. Es hasta el 2019 y la publicación del *Reporte Especial de Océanos y Criosfera del IPCC* que se formó un consenso con respecto al papel relevante de los océanos y el clima. La función de los ecosistemas marinos (producir oxígeno, absorver calor y capturar carbono) son una parte integral de las soluciones reconocidas para abordar el cambio climático (SROCC, 2019).

Fue hasta la COP-Azul (COP 25) en Madrid (2019) que la Convención Marco de Cambio Climático finalmente incluyó al océano en su borrador final y en sus trabajos subsecuentes. Esta dinámica fortaleció al Decenio de las Naciones Unidas en las Ciencias Marinas para el Desarrollo Sostenible (2021-2030).

Asimismo, la Plataforma del Océano y el Clima conformada en el 2014 ha estado trabajando como un puente entre la toma de decisiones y el conocimiento científico. El objetivo principal es asegurar que los mensajes científicos sobre las interacciones entre el océano, el clima y a biodiversidad sean reconocidos y tomados en cuenta por ambos, tanto los tomadores de decisiones como el público en general. Esta Plataforma cuenta con 90 miembros entre los que se encuentran instituciones de investigación, ONG, acuarios, sector privado, y autoridades locales (figura 1).

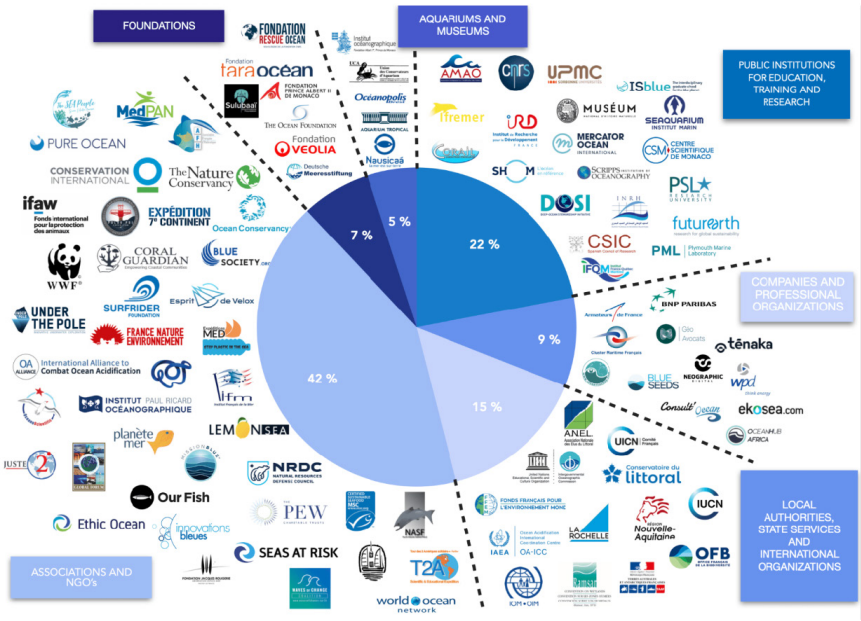


**Figura 1.** Plataforma de Océano y Clima (https://ocean-climate.org/en/about-us-2/).

La visión 2021-2022 de la Plataforma es tener mayores consideraciones para con los servicios ecosistémicos, particularmente dentro de la convención de la biodiversidad es necesario impulsar a los campos del océano y el cambio climático. De igual forma, quiere proveer a la sociedad civil y a los tomadores de decisiones de nuevo conocimiento y visiones sobre los problemas, retos y soluciones en las interfaces entre biodiversidad, el océano y el clima. Con la COP 15 de la Convención para la Biodiversidad (después de la estratégia de biodiversidad del 2020 de octubre 2021, primavera 2022) y la COP 26 del Marco de Naciones Unidas para la Convención sobre el Cambio Climático en Glasgow (noviembre 2021), el periodo 2021-2022 fue crucial para el océano desde su consideración en el sistema climático a la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que provee (OCP, 2022).

De igual manera la Plataforma está creando conciencia de la urgente necesidad de reducir la emisión de los gases de efecto invernadero y reforzar los esfuerzos para adaptar las zonas costeras a la elevación del nivel del mar. Las ciudades costeras son de particular importancia ya que experimentan crecimentos considerables de población (The World Bank, 2010).

Otra iniciativa, el High Level Panel For a Sustainable Ocean Economy (Ocean Panel) en diciembre del 2020 puso sobre la mesa una nueva agenda para acciones para el océano; aunado a compromisos y nuevas investigaciones. Los 14 líderes del Ocean Panel (Australia, Canada, Chile, Fidji, Ghana, Indonesia, Jamaica, Japón, Kenia, México, Namibia, Noruega, Palau, Portugal y Reino Unido se acaba de unir en 2022) se comprometieron al manejo sostenible del 100 % de las áreas oceánicas bajo jurisdicción nacional para el 2025, guiándose por los Planes Oceánicos Sostenibles. Los países tenían que considerar un enfoque holístico al manejo oceánico que balancea la protección, producción y prosperidad de cerca de 300 millones de kilómetros cuadrados. Y también urgió a los líderes de los Estados costeros y oceánicos en el mundo a incluirse en el compromiso del 100% de las metas de forma que todas las zonas económicas exclusivas estén manejadas de manera sostenible para el 2030 (Ocean Panel, 2020).

El Ocean Panel (2020) considera cinco áreas:

- **Bienestar oceánico:** el océano ha venido produciendo $2.5 trillones de US dólares en bienes y servicios cada año y el valor activo del océano ha sido estimado en $24 trillones de US dólares.
- **Salud oceánica:** no puede haber personas sanas y un planeta sano sin un océano saludable.
- **Equidad oceánica:** el océano tiene un papel fundamental en asegurar las necesidades y derechos de todas las personas, especialmente si se planea ahora para 9 billones mil millones de personas que se espera sea la población mundial para el 2050.
- **Conocimiento oceánico:** datos y tecnología revolucionarios combinados con el conocimiento tradicional y local, pueden fortalecer nuestro entendimiento de los ecosistemas y bienestar natural que pueden repercutir en nuestro pensamiento y acciones futuras.
- **Finanzas oceánicas:** capital responsable y sostenible para financiar la transformación a una economía sostenible del océano, está lista y disponible, con el potencial de ofrecer para mayor financiamiento al del sector público para

promover el financiamiento del sector privado.

Por otra parte, el Programa de Trabajo de Nairobi (PTN) (2020) plantea acciones urgentes que se necesitan para aumentar la adaptación en los océanos y zonas costeras, y construir resiliencia para el océano, las áreas costeras y los ecosistemas. El PTN es un centro de conocimiento para la acción, para la adaptación y resiliencia, de la Convención Marco de Naciones Unidas de Cambio Climático. Apoya la generación, co-producción e intercambio de conocimiento entre socios y participantes de las COP. Convoca a la colaboración para cerrar las lagunas de conocimientos en todos los aspectos de los impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación.

EL PTN articula y responde a las necesidades de conocimientos sobre tópicos y áreas temáticas relevantes identificados por las Partes y órganos conformados bajo el proceso de la Convención Marco.

El 13er Foro de Puntos Focales del PTN, se convocó en la COP 25 y proveyó de una plataforma para discutir lagunas de conocimiento y acciones de colaboración en las siguientes áreas temáticas:

- **Gobernanza y participación:** coordinación y fortalecimiento de enfoques.
- **Datos y métodos:** asegurar la disponibilidad de datos y facilitar el acceso a datos robustos.
- **Protección y restauración:** provee un enfoque colectivo, de largo plazo e inclusivo.
- **Facilitar el apoyo para:**

  **a)** Construcción de capacidades y Educación: hacer la inclusividad social como la nueva normalidad.

  **b)**Tecnología e innovación: considerar sistemas inteligentes, reducir riesgos e innovar.

  **c)** Finanzas y Fondos: respuesta a necesidades y provisión de una visión de largo plazo e innovación.

Mientras un número de iniciativas del océano a nivel global, regional y nacional se han promovido y están en progreso, todavía hay lagunas para una efectiva adaptación en el océano, lo cual representa retos, particularmente para los países costeros e isleños en desarrollo. Este esfuerzo bajo el PTN (océanos, áreas costeras y ecosistemas son una de las áreas temáticas bajo el PTN priorizado por el Órgano subsidiario para el consejo de ciencia y tecnología (SBSTA 50) tiene como objetivo el comprender las necesidades de conocimiento de los países, curar y compartir ese conocimiento así como codiseñar acciones para abordar lagunas de conocimientos en colaboración con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y sus aliados. Esta iniciativa tiene como objetivo construir resiliencia de los océanos, areas costeras y ecosistemas.

El diálogo de la Convención Marco de Cambio Climático (CMCC) y el SBSTA sobre océanos y cambio climático (UNFCCC SBSTA Dialogue 2020), planteó que era una prioridad clave elevar la presencia actual del océano bajo la plataforma de la CMCC y fomentar el trabajo sobre problemas relacionados con el océano y el clima. De igual forma, el diálogo estableció la necesidad de que las entidades de las Naciones Unidas deben apoyar la coherencia y ruta crítica del nexo océano-clima a través de iniciativas relevantes y agencias.

En la Convención de las Partes en la COP 25 solicitaron a la presidencia de SBSTA que realizara un dialogo en su sesión 52, sobre el océano y el cambio climático para considerar cómo fortalecer acciones en este contexto. Este fue el primer diálogo oficial sobre

océanos y cambio climático que se convocó bajo la CMCC (2-3 diciembre 2020). El diálogo proveyó el espacio para que las partes y los actores no-partes discutieran cómo fortalecer las acciones de adaptación y mitigación sobre océanos y cambio climático, que se derivaran del conocimiento y resultados científicos que planteaba el Reporte Especial sobre Océano y Criosfera en un Clima Cambiante del IPCC.

El Diálogo se llevó a cabo considerando cuatro grupos de discusión:

- Fortalecimiento de acciones bajo la CMCC.
- Fortalecimiento de acciones transversal al sistema de Naciones Unidas.
- Fortalecimiento de acciones a nivel nacional.
- Fortalecimiento transversal de apoyo para las acciones.

Abordar el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, en las áreas marinas protegidas y ecosistemas costeros, requiere de respuestas flexibles y dinámicas. El post-2020 Marco Global para la Biodiversidad (MGB) bajo la Convención de Biodiversidad, es uno de los ejemplos de tener el potencial para un enfoque transversal. El secretariado de esta convención hizo un llamado para acciones sinérgicas de biodiversidad y clima, como el marco se enfoca en el problema central del nexo océano-clima, se incluyen las soluciones basadas en la naturaleza, reducción de riesgo por desastres y soluciones en mitigación y adaptación.

En adición al Post-2020 MGB, la Década de Naciones Unidas para la Ciencia Oceánica y la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de Ecosistemas, representan oportunidades para trabajar de manera colaborativa y elevar la importancia de las soluciones para los océanos.

Por otra parte, el Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible (2021-2030) tiene como objetivo contar con la ciencia que necesitamos para los océanos que queremos.

El marco del Decenio está diseñado para producir una gestión de los océanos mejor informada, restaurar las poblaciones de peces; y movilizar acciones para una pesca y acuicultura sostenibles con el objetivo de lograr una alimentación suficiente, segura y nutritiva.

También está orientado a reducir la contaminación marina de todo tipo, tanto de origen terrestre como marítimo, y a trabajar por una protección marina más eficaz, así como a desarrollar y aplicar medidas de adaptación al cambio climático, reduciendo el riesgo de catástrofes y los efectos de la subida del nivel del mar, junto con la disminución de las emisiones del transporte marítimo.

El océano es importante para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los medios de subsistencia de millones de personas. "*Es urgente que cambiemos la manera de interactuar con él. El Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible y el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas que acaban de comenzar, nos brindarán la oportunidad de ampliar conocimientos y reparar daños que ya hemos causado…*" (António Guterres, 2021).

De esta forma, en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND), algunos países ya han establecido objetivos sobre la salud de los océanos se acuerdo con el marco del Acuerdo de París. En la 26.a Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP-26), celebrada

en Glasgow, los negociadores aprobaron nuevas reglas para los mercados de carbono que podrían ayudar a valorar más adecuadamente los sumideros de carbono vinculados con los océanos, como los manglares y los arrecifes de coral, y crear incentivos para su preservación.

El diálogo sobre océanos y clima 2022 bajo la CMCC se llevó a cabo con dos páneles donde se plantearon preguntas estratégicas para la discusión. Estos son los resultados de los dos páneles:

## Panel 1

(https://unfccc.int/sites/default/files/resource/OceanDialogue2022_Panel%201.pdf)

Las buenas prácticas de los actores en el fortalecimiento de acciones incluyendo las CND son: la inclusividad, el financiamiento, la consulta con las comunidades locales, las estrategias de conservación marina, el monitoreo, reporte y verificación, la reducción drástica del consumo de pescado, el desarrollo de sistemas de información para integrar a los ecosistemas marinos en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, el manejo basado en ecosistemas de las pesquerías, actuar bajo el principio de precautoriedad relacionado con cualquier proceso de secuestro y almacenaje de carbono que haya sido provado de ser un enlace clave en el ciclo del carbono oceánico. De igual forma se identificaron la protección de ecosistemas de carbono azul y comunidades como parte de las CND, con iniciativas de energía marina, restauración de ecosistemas costeros y marinos.

Las Partes pueden abordar los retos y fortalecer la acción de océanos y clima a nivel de país, al considerar medios de vida que cuando menos involucran a los pescadores, comunidades locales e indígenas, con mayor inversión para la ciencia, abordando la capacidad de conocimiento, identificando las lagunas de conocimiento e identificando medios de implementación, evaluando los impactos de las pesquerías en el clima y ecosistemas, que la comunidad internacional provea de asistencia para la comprensión del clima y el océano especialmente en zonas bajas costeras y en islas pequeñas, en la construcción de capacidades locales instaladas, mobilizando financiamiento a esas áreas, promoviendo una red de áreas marinas protegidas que pueda apoyar a las pesquerías y al turismo azul, agregar indicadores oceánicos al cambio climático (acidificación, calentamiento, aumento del mar, etc.) en el Inventario global, promover la colaboración transversal y aplicar enfoques de colaboración como la economía azul.

Entre la información que es necesaria en los países para implementar acciones océano-clima, se puede mencionar: elevar las ambiciones nacionales, aumentar el conocimiento científico, elaborar indicadores para la adaptación, observaciones de investigación sistemáticas, mapeo de carbono del fondo marino, información sobre la redistribución del atún en el Pacífico, información sobre migraciones y redistribución de pesquerías para sostener a las flotas pesqueras, mas conocimiento científico sobre el secuestro y almacenaje de carbono y compartir nuevas tecnologías azules y verdes en sectores productivos como pesquerías, navegación, acuacultura, turismo, etc.

Lo que debe alcanzarse a nivel nacional para que se den acciones del océano-clima más robustas son: incrementar las acciones basadas en océano-clima, incrementar el intercambio de conocimientos, implementar y considerar las soluciones basadas en el océano con la misma importancia que las soluciones basadas en la naturaleza, que se implementen estrategias de economía azul, que las áreas marinas protegidas, junto con

los planes de manejo de las especies específicas sean estratégicamente designados y conectados con un mínimo absoluto cde conservación del 30 % del océano global para el 2030, la CMCC puede establecer un camino para incrementar los océanos en las CND incluyendo la ciencia que se necesita para incluir a todo lo que sea necesario dentro del mapeo de carbono azul y emisiones, los diálogos se espera que apoyen la inclusión de objetivos relacionados con el océano y los compromisos con las CND y los planes nacionales de desarrollo, que se implemente el Pacto de Glasgow para el Clima (2021) (https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_10_add1_adv.pdf), sistemas de observación global del océano para la mitigación y la adaptación al cambio climático, sinergias con los instrumentos de políticas internacionales y nacionales para proteger a los océanos, eliminar los aislamientos entre los diferentes foros y convenciones, aumentar las sinergias entre éstos.

## Panel 2

(https://unfccc.int/sites/default/files/resource/OceanDialogue2022_Panel%202.pdf)

Opciones actuales e innovadoras para las soluciones del clima oceánico y cómo mejorarlas. Una de ellas es la Global Ocean Energy Alliance (GLOEA) es una iniciativa enfocada en acelerar el desarrollo de las tecnologías y proyectos de energía marina a través de alianzas que mobilizan recursos técnicos, humanos y financieros. Otro es el International Climate Finance que considera las soluciones basadas en el océano al menos en la misma extensión que las soluciones basadas en los ecosistemas terrestres a través de mecanismos de financiamiento adecuados. Unas más son las estrategias de carbono azul costeras y marinas. Estrategias integrales que reduzcan carbono de embarcaciones a través de acciones de la International Maritime Organization y de las CND. Monitoreo y colecta de datos de los sistemas de observación oceánica. La GEO Marine Biodiversity Observation Network produce una herramienta de exploración global de las líneas costeras que permite enfocar y hacer acercamientos a cualquier franja costera del planeta y conocer sobre sus atributoes ecológicos. Otra estrategia es CEOS COAST que es un programa de coordinación costero hecho por el Committee of Earth Observation Satellites, que involucra a 36 agencias de gobierno que se enfocan en abordar problemas de alto impacto en áreas de alto impacto  a través del co-desarrollo de procesos con los usuarios regionales. Una más es el manejo de áreas marinas y costeras protegidas al igual que el manejo sostenible de pesquerías. Y por último tenemos el GEO Blue Planet que busca trabajar con las partes del CMCC para mapear los ecosistemas de carbono azul, y usar las observaciones de la Tierra para informar sobre soluciones basadas en ecosistemas para la erosión costera, intrusión de agua marina, cambios en la distribución de especies, acidificación de océanos, mareas de tormenta y otras problemáticas costeras.

La ONU y los procesos internacionales pueden apoyar a las Partes a la acción del clima en océanos e invocar sinergias a través de procesos si se integra la acción climática dentro del CMCC y otros órganos de la ONU. Igualmente estableciendo una agenda transversal bajo la CMCC para el clima y la acción oceánica. También a partir de la construcción y fortalecimiento de capacidades, compartiendo estudios, intercambiando información y buenas prácticas, impulsar negocios azules, asegurar evaluaciones científicas y guía para soluciones propuestas de mitigación y adaptación y su

reporte en los CND, e identificar campeones que puedan impulsar acciones de clima y océanos.

Aquello que puede ser alcanzado al lado de los niveles nacionales e internacionales para fortalecer la acción climática puede ser identificado a partir del carbono azul -tanto costero como marino- para ser tomado en cuenta de manera adecuada dentro de las estrategias climáticas y de naturaleza. También un enfoque de "abajo hacia arriba", comenzando por las localidades y hacia lo internacional. Y es importante mejorar la coordinación a nivel nacional entre puntos focales. Que las áreas marinas protegidas sean estratégicamente designadas y conectadas con un mínimo absoluto de conservación del 30 % de especies y ecosistemas del Océano para el 2030. Así mismo, la energía renovable del océano puede ser un medio realista para obtener energía a largo plazo para muchas islas y zonas costeras con el potencial de utilizar un recurso local disponible, deducir la presión por espacio sobre tierra y optimizar el valor de otras áreas marinas. De igual forma lanzar un llamado internacional para financiamiento para las acciones climáticas del océano. Identificar la aplicación y verificación de soluciones para el océano que sean transferibles y medibles y que sean apropiadas para la adaptación para escalas locales a globales. Otra opción es hacer obligatorio la inclusión de la acción climática oceánica en los CND. Una más es que el IPCC desarrolle un suplemento actualizado sobre humedales. Los usuarios de los océanos deben ser incluídos en las discusiones nacionales e internacionales. Así como los científicos para cubrir los faltantes de conocimientos científicos sobre metodologías para el conteo de carbono para otros ecosistemas como los ecosistemas de macroalgas.

Una iniciativa más es la Conferencia sobre Océanos de Lisboa (2022) que concluye pidiendo mayor compromiso frente a la grave situación del mar. Todos los participantes abogaron por un cambio transformador, destacando la necesidad de abordar los efectos acumulativos del calentamiento global sobre los océanos, incluyendo la degradación de los ecosistemas y la extinción de especies. Los compromisos incluyen, entre otros:

- La iniciativa "*Desafío de Proteger Nuestro Planeta*" invertirá al menos 1 000 millones de dólares para apoyar la creación, ampliación y gestión de áreas marinas protegidas para 2030.
- El Banco Europeo de Inversiones extenderá 150 millones de euros adicionales a toda la región del Caribe como parte de la iniciativa de Océanos Limpios para mejorar la resiliencia climática, la gestión del agua y la gestión de los residuos sólidos.
- Portugal se comprometió a garantizar que el 100 % de la zona marina bajo soberanía o jurisdicción portuguesa se evalúe como en buen estado ambiental y a clasificar el 30 % de las zonas marinas nacionales para 2030.
- Kenya está desarrollando actualmente un plan estratégico nacional de economía azul, inclusivo y orientado a las múltiples partes interesadas. Además, se comprometió a elaborar un plan de acción nacional sobre los desechos plásticos marinos.
- India se comprometió a realizar una campaña de mares limpios en las costas y trabajará para prohibir los plásticos de un solo uso.

México por su parte se comprometió a:

- Actualizar la Política Nacional de Mares y Costas.

- Elaborar un Plan Nacional de Acción para la Década de los Océanos.
- Formular la Estrategia Nacional para el Manejo Integrado de Redes de Pesca Fantasma.
- Publicar la Iniciativa de Actividades Turísticas basadas en el Océano.

Otros de los compromisos que los países asumieron fueron:

- Proteger o superar el 30 % de las zonas marítimas nacionales para 2030.
- Lograr la neutralidad del carbono para 2040.
- Reducir la contaminación por plásticos.
- Aumentar el uso de energías renovables
- Destinar miles de millones de dólares a la investigación sobre la acidificación de los océanos, a proyectos de resiliencia climática y al seguimiento, control y vigilancia.
- Concluir la negociación en el 2022 para un instrumento legalmente vinculante para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad marina en áreas allende la jurisdicción nacional bajo la Convención de Naciones Unidas de la Ley del Mar.
- Hacer un llamado a la moratoria de la explotación profunda de minerales marinos en áreas más allá de la jurisdicción nacional.
- Fortalecer la ciencia oceánica como una base para informar políticas y manejo efectivo.

Y dentro de la Declaración de Lisboa (2022) están los siguientes compromisos:

- Que el manejo integrado de los océanos, la planificación y la toma de decisiones se haga de manera informada.
- Que se restauren y mantengan las poblaciones pesqueras a niveles que produzca al menos la captura máxima sostenible en el tiempo más corto posible.
- Mobilizar acciones para las pesquerías sostenibles y la acuacultura sostenible.
- Prevenir, reducir y controlar la contaminación marina de todo tipo causada por fuentes terrestres y marinas.
- Prevenir, reducir y eliminar los desechos marinos de plástico, incluyendo plásticos de un solo uso y microplásticos.
- Planeación e implementación efectivas de herramientas de manejo basado en áreas, incluyendo las áreas marinas protegidas bien conectadas.
- Desarrollar e implementar met¡didas para mitigar y adaptarse al cambio climático.
- Fortalecer los esfuerzos internacionales, regionales, subregionales y nacionales para la observación sistemática y científica y la colecta de datos.
- Reconocer el papel importante del conocimiento indígena, tradicional y local, innovación y prácticas efectuados por indígenas y comunidades locales.
- Fortalecer la cooperación a niveles global, regional, subregional, nacional y local para el fortalecimiento de mecanismos de colaboración, intercambio de conocimientos y de buenas prácticas dentro de la investigación marina.
- Establecer colaboraciones efectivas, incluyendo multi-usuarios, público-privada, transversal a sectores, interdisciplinaria y científica.
- Explorar, desarrollar y promover soluciones de financiamiento innovadores que conduzcan la transformación de economías sostenibles basadas en el océano.
- Fortalecer a las mujeres y niñas, en su participación completa, igualitaria y significativa es clave en el avance de una economía sostenible basada en el océano y para alcanzar el ODS 14.

- Asegurar que las personas, especialmente los niños y jóvenes, sean empoderados con conocimientos y habilidades relevantes que les permitan comprender la importancia de y la necesidad para contribuir a la salud de los océanos.
- Fortalecer la interfase ciencia-política para implentar el ODS 14 y sus metas para asegurar que la política está informada por la mejor ciencia disponible y por conocimientos indígenas, tradicional y local.
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte marítimo internacional, en especial de los buques, tan pronto como sea posible, reconociendo el papel de liderazgo de la Organización Marítima Internacional (OMI).

Otra iniciativa de Naciones Unidas relacionada, son las Cuentas Oceánicas, que es un sistema de información integrado, espacialmente explícito, sobre el uso del océano en la estructura de la economía, que incluye definiciones y una clasificación consistente con estándares macro de los sistemas de Cuentas Nacionales y del Sistema de Cuentas Oceánicas. Mide: 1) la economía oceánica que mide la contribución del océano relacionado con la actividad económica del PIB y el bienestar. Por ejemplo la extracción, procesado y venta de pescado y otros productos marinos; actividades relacionadas con el turismo; gastos por la explotación, manejo y conservación; Impuestos y subsidios relacionados con el océano; poblaciones y cambios en poblaciones de los recursos naturales (*e.g.* peces, minerales, etc.). 2) Ecosistemas Oceánicos incluídos áreas costeras. Por ejemplo: la extensión, condicion y servicios ecosistémicos; y las emisiones al océano y zonas costeras de desechos y aguas servidas. Y 3) Aspectos sociales y de gobernanza. Por ejemplo empleo, instituciones, etc (figura 2).

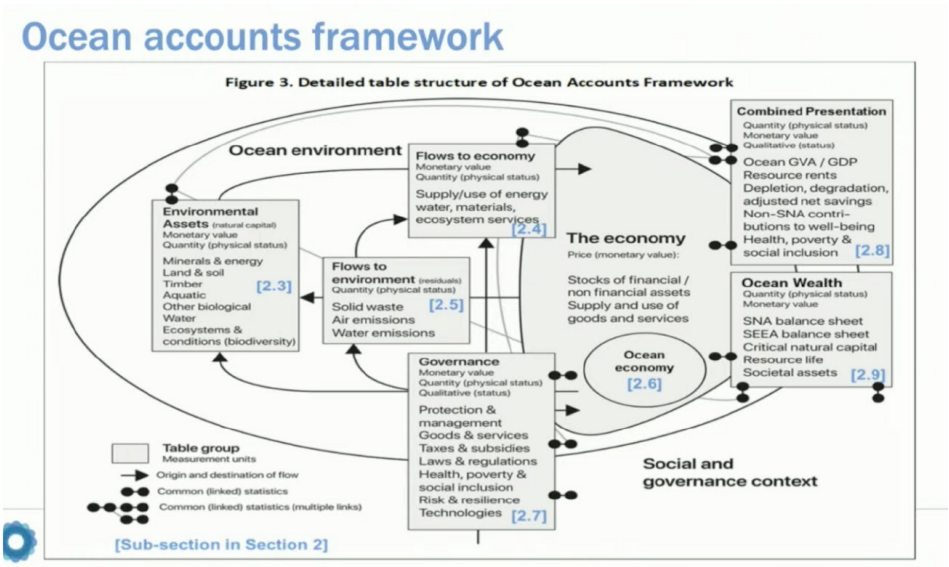


**Figura 2.** El marco de las Cuentas Oceánicas (Autor Alessandra Alfieri (UNCEEA) Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México (INEGI, 29 julio, 2022) https://www.youtube.com/watch?v=L2d5_4WGaKw&feature=youtu.be).

Como una última acción internacional, tenemos a la integración del océano en las cuentas nacionales naturales. México es parte del Global Ocean Accounts Partnership, que a la fecha cuenta con tres proyectos piloto (Ocean Accounts China, Samoa y Tailandia) y dos informes "*Guidelines for standardised and Comparable Reporting across Blue Planet Fund Projects*" y "*Identifying models for institutional arrangements for the compilation of Ocean Accounts*".

Para la región de Latinoamérica y el Caribe, se tiene el Estudio Regional sobre los Efectos del Cambio Climático sobre las Costas de Latino América y el Caribe que llevó a cabo la CEPAL (2015) y considera que los efectos del cambio climático sobre la costa debe ser evaluado de acuerdo con varios elementos que conforman los ecosistemas, tales como las playas, los estuarios, el sistema de dunas y las estructuras marítimas. El área costera de América Latina estudiada consideró 72 182 km de longitud y cubrió las cuatro áreas geográficas del continente: Norte América, Centro América, Sud América y las islas del Caribe.

La información contenida en este estudio regional puede ser aplicada en ingeniería costera y de puertos, evaluaciones de riesgo para asentamientos costeros, manejo costero integrado y conservación basada en ecosistemas costeros y marinos. El estudio analiza la dinámica de los procesos costeros de la región, la vulnerabilidad de los posibles impactos y los factores para evaluar los riesgos de un clima cambiante. Esto incluye el análisis de las características socioeconómicas y ecológicas en cada área señalada para poder determinar sus vulnerabilidades y el impacto al calentamiento global. Los efectos del cambio climático son presentados en un atlas de las condiciones físicas actuales y los cambios detectados en variables costeras como la elevación del nivel del mar, la temperatura superficial del agua marina, la salinidad, el oleaje, las mareas y sus anomalías en la temperatura del aire, viento y huracanes, y el análisis de las tendencias en la variabilidad del clima en cada área.

Las principales conclusiones del estudio de la CEPAL (2015) establecen un aumento del tamaño de las olas desde un rango de 0.5m (para el Caribe y la costa ecuatoriana) a olas de 4m (para el sur de Chile). El aumento del nivel del mar por oleaje de tormenta difiere dependiendo de la latitud en cuestión, por ejemplo en el estuario del río de la Plata se han registrado las mareas de tormenta más grandes (sobre 1 m), y desde las latitudes por debajo de los 45ªS hasta Tierra del Fuego, los valores son de 0.4m, con valores similares para el sur de Brasil. El golfo de California en México es otro sitio donde los valores tienden a subir con un incremento de hasta 30 cm. Hay incrementos de hasta 1m en el mar Caribe por la propagación de huracanes.

## Acciones de México en materia de océanos y cambio climático

Lo más actual que se ha llevado a cabo en México en materia de océanos y costas y cambio climático es la contabilidad de los océanos y costas que son los activos que se deben preservar para conservar los servicios ecosistémicos que los ecosistemas marino-costeros proveen. El inegi llevó a cabo un Taller sobre las cuentas oceánicas

de México (Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México el 29 julio, 2022 (https://www.youtube.com/watch?v=L-2d5_4WGaKw&feature=youtu.be) donde se presentó información relevante y de frontera para los océanos de México. (Graciela Márquez Colin INEGI)

Las cuentas oceánicas son importantes para a) integrar y organizar datos sobre ecosistemas marinos; b) integrar los servicios oceánicos en la contabilidad nacional; y c) medir los beneficios a nivel nacional, regional y global. Los resultados que se esperan de esta iniciativa son: a) incorporación de manera explícita de la valoración enn los estados financieros de las empresas; b) construir cuentas nacionales que incluyan ingresos derivados de la actividad económica de los océanos; y c) preservación de los ecosistemas por ser una fuente de riqueza. La experiencia que tiene México en materia de cuentas naturales nacionales se puede apreciar en la figura 3.

El INEGI cuenta con un Grupo de trabajo de contabilidad ecosistémica y un Comité Técnico Especializado de Información Marina. Lo que se necesita está explicado en la figura 4.

De acuerdo con Graciela Márquez Colin del INEGI, la contabilidad nacional está incompleta sin la contabilidad oceánica; y ésta es muy importante para cumplir con los objetivos de la Política Nacional de Mares y Costas, así como para cumplir los compromisos adquiridos por México como miembro del Panel de Alto Nivel para una Economía Oceánica Sostenible de la ONU. El 12 de agosto del 2022 se publica en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo por el que se expide la Estrategia de Instrumentación para una Economía Oceánica Sostenible en México 2021-2024 (https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5661108&fecha=12%2F08%2F2022&s=08#gsc.tab=0). Este documento tiene como obje-

**Figura 3.** Experiencia del INEGI en cuentas naturales nacionales (Fuente: Graciela Márquez Colin (INEGI) Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México (INEGI, 29 julio, 2022). https://www.youtube.com/watch?v=L2d5_4WGaKw&feature=youtu.be).

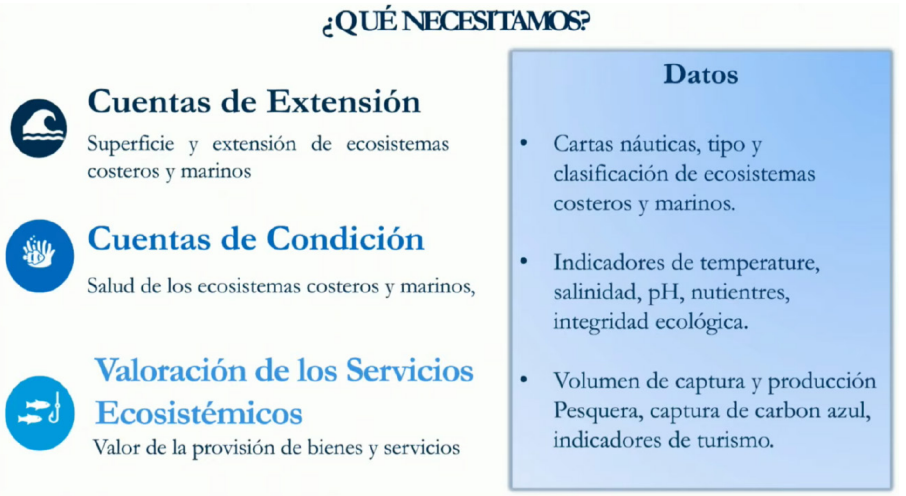


**Figura 4.** Lo que el INEGI necesita para contstruir las cuentas oceánicas (Fuente: Graciela Márquez Colin (INEGI) Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México (INEGI, 29 julio, 2022). https://www.youtube.com/watch?v=L2d5_4WGaKw&feature=youtu.be)

tivo la identificación de las prioridades de México para lograr una economía oceánica sostenible, en el marco de las cinco áreas críticas establecidas en el documento de Transformaciones del Panel de Alto Nivel para una Economía Oceánica Sostenible. Esta estrategia es producto del esfuerzo de diversas dependencias e instituciones de la Administración Pública Federal (APF) en colaboración con Organizaciones de la Sociedad Civil y expertos independientes vinculados al citado Panel.

El INEGI ha publicado "Perspectivas para la Integración de Información Oceánica en México: vacíos y oportunidades 2022", que conforma el centro de información de lo que actualmente se tiene: a) hay 37 instituciones que generan datos oceánicos, marinos y costeros; b) hay 50 plataformas y proyectos de datos e información.

De acuerdo con Blancas Espejo del INEGI, la experiencia y las capacidades desarrolladas en la construcción de las cuentas de los ecosistemas de México brinda las bases para el desarrollo de las cuentas de los Océanos, lo que requiere de trabajo multidisciplinario, desarrollos metodológicos y arreglos institucionales de las cuentas de los ecosistemas. Además de la revisión de las experiencias internacionales (como la UNCEEA) de estudios piloto de cuentas de los océanos. Y la evaluación de los recursos disponibles para la generación de datos y la compilación de las cuentas (figura 6).

Por otra parte, Ma. Del Carmen Bonilla Rodríguez (Sría. Hacienda y Crédito Público) considera que la Sría de Hacienda y Crédito Público de México está comprometida con el desarrollo de una agenda de finanzas sostenibles, tales como: Bonos soberanos ligados a los ODS de la ONU; BondEsg; Impuestos al carbono, etc. Y planteó la iniciativa Pro-Blue (Agenda de Finanzas Sostenibles) como un esfuerzo interinstitucional para fortalecer la economía oceánica sostenible, inclusiva y resiliente al clima. Esta iniciativa Pro-Blue se explica en la figura 7.

**Figura 5.** Secuencia de las cuentas de los ecosistemas en México (Autor: José Antonio Blancas Espejo (INEGI) Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México (INEGI, 29 julio, 2022). https://www.youtube.com/watch?v=L2d5_4WGaKw&feature=youtu.be).

**Figura 6.** Cuentas de los Océanos de México. Propuesta basada en la UNCEEA (Autor: José Antonio Blancas Espejo (INEGI) Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México (INEGI, 29 julio, 2022). https://www.youtube.com/watch?v=L2d5_4WGaKw&feature=youtu.be).

**Figura 7.** Iniciativa Pro-Blue para impulsar una Economía Oceánica Sostenible en México (Autor: Ma. Carmen Bonilla Rodríguez (Sría. Hacienda y Crédito Público). Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México (INEGI, 29 julio, 2022. https://www.youtube.com/watch?v=L2d5_4WGaKw&feature=youtu.be).

De acuerdo con Bonilla Rodríguez (SHCP), el objetivo de la Iniciativa Pro-Blue es gestionar datos y conocimientos para la toma de decisiones en la economía azul. Las principales actividades son contar con bases para un sistema de cuentas nacionales costeras y marinas; el desarrollo de un sistema de información oceánica; el mapeo de compromisos e iniciativas en materia de océanos; y reducir las brechas existentes en áreas costeras. De igual manera, otro objetivo es el desarrollo de actividades de colaboración interinstitucional para el fortalecimiento de la gobernanza y de las acciones sectoriales y territoriales. Las principales actividades son el desarrollo del Plan Oceánico Sostenible de México; la creación del Sistema Nacional de Zonas de Refugio Pesquero (pesca sostenible); y el desarrollo de alternativas para el Turismo Sostenible. El tercer objetivo es el promover nuevos mecanismos de financiamiento con fomento a la inversión y financiamiento de la economía azul en México. Las principales actividades son desarrollar el Plan Financiero para la creación del Plan Oceánico Sostenible; el mapeo de mecanismos financieros existentes para la conservación de los océanos; identificar las oportunidades de financiamiento privado; y el desarrollo de lineamientos claros para los inversionistas.

A la par de todo esto, la comunidad financiera está comenzando a comprender el valor de los ecosistemas y sus servicios para la actividad económica y su sostenibilidad. Existe apetito de inversionistas de impacto por instrumentos financieros enfocados a la conservación y restauración de ecosistemas terrestres y marinos y el concepto genérico de soluciones basadas en la naturaleza. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Seguro paramétrico de arrecifes de coral y playas en la Riviera Maya de México. Este seguro cubre desde hace unos años los daños causados por huracanes de cierta intensidad a los arrecifes de coral desde Cancún hasta Tulúm. Los arrecifes de coral preservan la vida marina y su biodiversidad que representan un importante atractivo turístico y ayudan

a evitar la erosión de las playas causada por los huracanes al ser una barrera natural que aminora el oleaje.

- Los Nature Performance Bonds (NPB) son bonos destinados a nercados emergentes para proteger los ecosistemas y la biodiversidad que están vinculados a objetivos predefinidos para la naturaleza.
- La Natural Asset Company (empresa de activos naturales), propuesta por la bolsa de valores de Nueva York, representa una nueva clase de activos que cotizan en la bolsa. Estas empresas contarán con ciertos derechos, no la propiedad, sobre determinados servicios ecosistémicos marinos o terrestres. Estarán sujetos a Declaraciones de desempeño ecológico, adicionales a los estados financieros tradicionales.

## Las zonas costero-marinas de México y el cambio climático

De acuerdo con el INEGI (2015), casi el 15 % de la población total de mexicanos vive en las zonas costeras del país. Los habitantes de los municipios costeros del golfo de México y Caribe suman un total de poco más de 4.3 millones de habitantes (3.61 % del nacional), mientras que quienes habitan en los municipios costeros del Pacífico y golfo de California suman casi 13.4 millones (11.26 %). Los Estados costeros con vulnerabilidad y con mayor número de habitantes son aquellos con actividades económicas importantes como el caso de Tijuana, que tiene un aporte al PIB nacional del 3.6 %; o que tienen su capital en alguno de sus municipios costeros contengan a la capital del estado como es el caso de Culiacán (PIB de Sinaloa 5.5 %), y de Hermosillo (PIB Sonora 5.6 %); también están los que tienen una importante actividad turística como Acapulco (PIB Guerrero 2.8 %), Nayarit (PIB 3.6 %), Puerto Vallarta (PIB Jalisco 4.7 %) y Othón P. Blanco (PIB Quintana Roo 7.6 %), o donde se ubican puertos importantes como Veracruz (PIB Veracruz 1.6 %). Resalta el hecho de que hay estados costeros con numerosos habitantes y cuyo crecimiento está por debajo del nacional como Tabasco (PIB -6.3 %), Campeche (PIB -5.8 %), Chiapas (PIB -1.1 %), Oaxaca (PIB -0.9 %), y Tamaulipas (PIB -0.8 %), lo cual genera una alta vulnerabilidad.

Por otra parte, México cuenta con un marco regulatorio robusto que incluye 29 instrumentos legales relacionados con el medio marino, entre los más importantes se encuentra la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982). A nivel nacional, México cuenta con instrumentos legales que dan certeza a las actividades costeras y marinas y que comienza por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 4, 27, 42, 48, 73, y 115), y 12 leyes y reglamentos federales, además de las capacidades institucionales para atender los temas relacionados con los océanos y las costas. Además, México cuenta con una Comisión Intersecretarial de Mares y Costas (CIMARES) que conjuntan a ocho instancias gubernamentales clave para construir la gobernanza marino-costera en México (SEMAR, SEGOB, SER, SEMARNAT, SAGARPA, SCT, SEDATU, SECTUR).

El marco político-institucional de México para el manejo sustentable de los mares está establecido en diversos instrumentos, entre los que se encuentran el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024 y la Política Nacional para el Desarrollo Sustentable de Mares y Costas de México.

Adicionalmente, para responder a los compromisos nacionales e internacionales en materia de océanos y costas ante el cambio climático (Agenda 2030, Acuerdo de París y Marco Sendai), el país cuenta con los siguientes instrumentos y mecanismos intersectoriales de planeación y de gestión:

- Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas (CIMARES).
- Comisión Nacional Coordinadora de Investigación Oceanográfica (CONACIO), 3. Programa Nacional de Investigación Oceanográfica.
- Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología (SEMAR).
- Índice de Salud del Océano.
- Anexo 1 del Convenio con las entidades federativas costeras de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Comisión Intersecretarial para el Cambio Climático (CICC).
- Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas (CONANP).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Servicio Mareográfico Nacional.
- Instrumentos y proyectos como: Ordenamientos Ecológicos Marinos.
- Ley General de Cambio Climático (DOF 11-05-2022).
- Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (SEDATU).

La suma de las instituciones, sus marcos legales, económicos y políticos, y sus capacidades técnicas, le confieren a México las fortalezas necesarias para construir la gobernanza de océanos y costas que se requiere para delinear las estrategias y acciones clave para la mitigación y adaptación al cambio climático. Actualmente, el país se encuentra en una posición tal que le permite definir un rumbo claro para aprovechar de manera sustentable sus mares y costas, con buenas posibilidades de llevar a cabo un manejo integrado y sustentable de los ambientes marinos y costeros en México.

## Mitigación al cambio climático

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (2016), llevó a cabo una evaluación de marismas y manglares de la región de América del Norte, en la que se calculó para México una superficie de 15 300 ha de marismas y 776 800 ha de manglares, hábitats que captan y almacenan carbono azul. De acuerdo con la FAO, en México, en el año 2000 los manglares ocupaban 440 000 ha, cifra que contrasta con las 770 555 ha que la CONABIO reporta para el 2017 (CONABIO, 2017); mientras que en el estado de Campeche se conserva el 25.6 % del manglar de todo el país con 198 853 hectáreas.

Los ecosistemas costeros y marinos tienen las siguientes oportunidades de mitigación dentro de las ANP: a) Conjuntan ecosistemas y biodiversidad protegida con buena salud e integridad estructural; b) Tienen ecosistemas brindando servicios y

bienes en un marco de sostenibilidad; c) Comprenden comunidades y poblaciones biológicas sin impactos antropogénicos que mermen sus capacidades ecosistémicas; d) Focalizan actividades de restauración e incremento de ecosistemas para aumentar su capacidad de captura y almacenaje de carbono; e) Fomentan las actividades de producción agropecuaria que favorezca las acciones de mitigación.

Con una cobertura menor de 0.5 % de la superficie marina, en un año los ecosistemas de carbono azul tienen la capacidad de captar y almacenar una cantidad de dióxido de carbono equivalente a casi la mitad de las emisiones generadas por el transporte en el mundo (CONANP, 2017). La CONANP en su documento "*La importancia del carbono azul*", establece marismas salobres, manglares y pastos marinos son los ecosistemas costeros que captan carbono azul (dióxido de carbono) en una magnitud mucho mayor que los ecosistemas terrestres.

Por ejemplo, Adame *et al.* (2013) llevó a cabo un estudio del almacén de carbono en diferentes tipos ecológicos de manglar los resultados indicaron que los manglares de tipo Petén presentan los valores más altos (987 ± 338 Mg C $ha^{-1}$), seguidos por los manglares de franja (623 ± 41 Mg C $ha^{-1}$ ) y enanos (381 ± 52 Mg C $ha^{-1}$). Estos autores también calcularon los almacenes de carbono en nueve sitios dentro de la Reserva de Sian Ka'an: los manglares altos tuvieron el almacenaje mayor con 987 ±338 Mg/ha; seguidos por manglares medianos con 623 ±41 Mg/ha, manglares enanos con 381 ±52 Mg/ha y marismas con 177 ±73 Mg/ha. A nivel de paisaje, los humedales costeros de Sian Ka'an cubren aproximadamente 172 176 ha con capacidad de almacenaje de 43.2 a 58.0 millones de Mg de C. En el ANP Marismas Nacionales ubicada en el estado de Nayarit, en el Pacífico Norte de México, se cuenta con 18 estudios relacionados con carbono, de acuerdo a ello, los árboles de manglar almacenan aproximadamente 102 Mg C/ha (Rojas, 2011). En cuanto al almacén de carbono subterráneo el trabajo más completo es el de Ezcurra *et al.* (2016) en el que presentan de 132 a 225 Mg C/ha a una profundidad de 155 cm. Sin embargo, ambos trabajos son insuficientes para estimar el carbono en toda el ANP, donde se presentan cuatro tipos de manglar determinados por la geomorfología del sitio. Con base en este estudio los sedimentos del sur de bahía Magdalena ubicada en el estado de Baja California Sur en el Pacífico Norte de México, tienen bajo contenido de carbono (<200 a 500 Mg C/ha). Por su parte, Pech-Cárdenas y Herrera-Silveira (2017) calcularon que el almacén aéreo total y ecosistémico del área de manglar en el ejido San Crisanto, en el estado de Yucatán en el golfo de México, posterior a 14 años del paso de un huracán, tuvo un promedio de almacén de carbono aéreo de 97.42 (±8.82) MgC/ha, el almacén de carbono posterior a la perturbación natural fue 65 563 tonC que equivalen a 240 616 MgCO2e. Con esto, en México, la línea base del carbono azul para los manglares y humedales del Pacífico sur mexicano, se establece con una capacidad de almacenar carbono de 2 917 MgCO2eq/ha; 797 MgC/ha. Mientras que los manglares en zonas húmedas y subhúmedas del país tienen una capacidad de 1,936 MgCO2eq/ha; 529 MgC/ha; y Los Petenes en la Península de Yucatán tienen 3,161 MgCO2eq/ha; 1,042 MgC/ha (Herrera-Silveira *et al.,* 2017).

De acuerdo con los resultados de Cinco-Castro *et al.* (2017), en Puerto Morelos, en el estado de Quintana Roo en el Caribe mexicano, con 3 508 ha, de manglar, el al-

macén de carbono aéreo fue de 19.71 Mg C/ha (23.82-15.01 Mg C/ha). Existe un único trabajo sobre almacenes de carbono limitado a manglares enanos del área (Gutiérrez y Herrera, 2015). El componente subterráneo, constituido por raíces gruesas almacenó en promedio 27 Mg C/ha. Los suelos de este manglar presentan alto porcentaje de Carbono orgánico (COrg=42.6 %) que contribuye en un 98 % al Carbono total y, es bajo en contenido de Carbono inorgánico (Cinorg) con 0.69% en los primeros 30 cm de profundidad. El almacén del CTot es de 304 Mg C/ha (154-626 Mg C/ha) en los primeros 30 cm de suelo. Sin embargo, estos valores para ser comparables deben ser estandarizados a 1m. El contenido de carbono en el suelo estandarizado a 1m fue de 221 Mg C/ha.

Por su parte, Cinco-Castro *et al.* (2017) trabajaron en Sian Ka'an, donde se identificaron 67 262 ha de manglar conservado y alrededor de 600 ha de manglar perturbado. Adame *et al.* (2013) llevó a cabo un estudio del almacén de carbono en diferentes tipos ecológicos de manglar. Los manglares de marismas nacionales comprenden un total de 113 000 ha dominadas por *Rhizophora mangle, Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, de las cuales 70 344 ha de manglar conservado y 7201 ha de manglar perturbado. La cobertura actual de manglar en bahía Magdalena es de 22 207 ha (CONABIO, 2016), de las cuales se han identificado 22 220 ha de manglar conservado y 7 ha de manglar que ha sido perturbado. Estos manglares presentan características propias de climas áridos y son de tipo borde (Flores-Verdugo *et al.*, 1993; Chávez-Rosales, 2006; Mendoza-Salgado *et al.,* 2011; citados por Ezcurra *et al.*, 2016). Estos manglares se encuentran sujetos a estrés fisiológico debido a la salinidad. Existe un único trabajo realizado de carbono en manglares; éste está enfocado en el almacén subterráneo, específicamente en los sedimentos (Ezcurra *et al.,* 2016).

De igual forma, estudios de Gamboa-Cutz et al. (2017) en los sitios restaurados en Chiapas presentan como especie dominante el manglar negro *Avicennia germinans*, con almacén promedio de 231.69 + 136.94 Kg C/ha y almacén total de 2.54 Mg C/ha, mientras que los sitios conservados presentaron un almacén promedio de carbono de 26 + 13.3 Mg C/ha y almacén total de 286.70 + 0.77 Mg C/ha.

Otro ecosistema con gran capacidad para el almacenaje de carbono azul son los pastos marinos. La CONABIO (2017) define a las praderas de pastos marinos como ecosistemas dominados por plantas angiospermas (del griego, angíon, vaso y del latín sperma, semilla) sumergidas bajo el agua marina. Los pastos marinos crecen fijándose a diferentes tipos de sustratos como lodo, arena, arcilla y en ocasiones sobre las rocas. En el mundo se han registrado 12 géneros de espermatofitas (antes conocidas como fanerógamas) marinas, con 49 especies. En México se han registrado 9 especies dentro de 6 géneros: pastos marinos (*Zostera marina, Phyllospadix scouleri, Phyllospadix torreyi*), hierba de tortuga (*Thalassia testudinum*), pastos marinos (*Halodule wrightii, Halodule beaudettei*), hierba de manatí (*Syringodium filiforme*), pasto marino (*Halophila decipiens*) y pasto estrella (*Halophila engelmanni*). La Comisión para la Cooperación Ambiental (2016) calculó un aproximado de 919 300 ha de pastos marinos para las aguas costeras de México y Herrera Silveira (2017) estableció la línea base del carbono azul para los pastos marinos con un potencial de captura de carbono de 401 MgCO2eq/ha; 109 MgC/ha.

## Adaptación al Cambio Climático

El Acuerdo de París establece que es necesario transitar hacia la adaptación basada en ecosistemas. Esto es, conservar y proteger los ecosistemas costeros y marinos como corales, humedales y manglares, playas y dunas, para tener mayor posibilidad de paliar los efectos del cambio climático. Las áreas naturales protegidas (ANP), contienen a los ecosistemas más conservados y con mayor posibilidad para adaptarse ante los efectos del cambio climático. Además de que de ellos dependen numerosas comunidades costeras que se verán beneficiadas por los servicios presentes y futuros para preservar sus actividades y economías locales, ya que les brindan protección, refugio y alimento tanto a los pobladores costeros como a los organismos que dependen de ellos.

México cuenta con 182 ANP terrestres, costeras y marinas de carácter federal que suman un total de 908 395.20 $km^2$, con lo que se está protegiendo el 23 % de su superficie marina. Los ecosistemas costeros y marinos tienen las siguientes oportunidades de adaptación dentro de un ANP: a) ecosistemas y biodiversidad con mayores oportunidades de responder positivamente a impactos del cambio climático, debido a su estado de salud y conservación; b) procesos adaptativos relacionados con la alta biodiversidad de las ANP resultarán en alta supervivencia, debido a la combinación de una estructura completa, una riqueza de especies con sus nichos estables con capacidad de resiliencia y abundancia de organismos para las poblaciones que permitirán la adaptación; c) focalización de intervenciones para la conservación de ecosistemas y biodiversidad dentro de las ANP, debido a la capacidad institucional y la disponibilidad de un plan de manejo pueden orientar sus acciones a donde sean requeridas para apoyar procesos de adaptación; d) implementación de una Economía Azul para pesquerías, como parte de los co-beneficios para las poblaciones costeras que dependen de los bienes y servicios de las ANP; e) internalización de los costos del cambio climático en todos los sectores y niveles de administración pública y privada para apoyar la conservación y los procesos de adaptación ecosistémica dentro del ANP; y f) implementación de un orden territorial y planificación estratégica y operativa con escenarios de cambio climático dentro de los Planes de Manejo de las ANP.

Los ecosistemas dentro y fuera de las ANP tienen la capacidad de capturar carbono, contribuir a la producción primaria, filtrar el agua marina y minimizar las afectaciones de los impactos de fenómenos naturales al funcionar como barreras naturales. Un ejemplo, son los arrecifes coralinos, que son de los primeros organismos marinos que están mostrando los impactos negativos ante el aumento de la temperatura del mar por efecto del cambio climático. Esto representa un grave problema al reconocer a los arrecifes de corales dentro de los ecosistemas más productivos ya que son responsables de sostener cadenas alimentarias cruciales para la vida marina; además de ser muy importantes para el sector turismo y las pesquerías comerciales. Se puede regionalizar a los arrecifes en tres zonas de México: 1. La costa del Pacífico que incluye los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. 2. Las costas de Veracruz y Campeche, y 3.

la costa oriental de la península de Yucatán, que va desde isla Contoy, Xcalak, hasta banco Chinchorro, en Quintana Roo.

En esta última zona, se encuentra una parte de la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, el "Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM)". El área estimada que ocupan los arrecifes en el país es de aproximadamente 1 780 kilómetros cuadrados. Se han comenzado a estudiar los efectos de la acidificación del mar sobre los arrecifes de coral, por ejemplo Cabral (2014) llevó a cabo la evaluación de la influencia de la acidificación del mar sobre los arrecifes del Pacífico mexicano a partir del análisis del crecimiento de una especie de coral, encontrando reducción en las tasas de calcificación de los corales, y áreas de desnitrificación que tiene efectos en las tasas de crecimiento de éstos. Asimismo, encontró que bajas tasas en el blanqueamiento de los corales dependen de la especie de dinoflagelado que tenga de simbionte. Sin embargo, todavía es muy pronto para saber cómo se podrían adaptar los corales a escenarios con temperaturas mayores, si hay otras especies de simbiontes que resistan esos aumentos de temperatura y cómo afectaría a la productividad marina el colapso de estos ecosistemas.

El aumento de la temperatura superficial en aguas marinas mexicanas se puede constatar en los resultados presentados por INAPESCA (2015), los cuales plantean que más allá de la variabilidad estacional de temperatura en las diferentes regiones marinas de México, la tendencia es a tener valores extremos en la temperatura marina que fueron de "extremadamente cálidas" en el Pacífico Norte en la frontera con Estados Unidos de América del Norte y mar abierto en el Pacífico sur, con temperaturas que van de los +2-+3ºC; hasta temperaturas "extremadamente templadas" en el golfo de Tehuantepec de -2 a -4.5ºC. Mientras que en el golfo de México las temperaturas extremas templadas fueron en las costas de Tamaulipas con variaciones de -1 a -3ºC y las anomalías positivas de hasta +3ºC se presentaron frente a las costas de Los Petenes en Campeche. Es importante señalar que las variaciones de temperatura obedecen a múltiples factores que no han sido todavía comprendidos del todo, por lo que se siguen monitoreando sus valores.

Las consecuencias del aumento de temperatura de la superficie del agua son el incremento en la tasa de evaporación, lo que contribuye a que las pequeñas tormentas que se forman en el océano se conviertan en sistemas de mayor tamaño e intensidad. Los factores climáticos que han sido asociados con el número e intensidad de los ciclones, como por ejemplo, las oscilaciones Decenal del Pacífico y la Multidecadal del Atlántico, son índices que se basan principalmente en la temperatura superficial del mar, representadas en una fase fría y una cálida, cada una con una duración entre 20 a 40 años (Schlesinger y Ramankutty, 1994; Jlsao, 2000; En Eld *et al.,* 2001; Knight et al., 2006; Zhang y Delworth 2006; Trenberth y Shea, 2006; Cook, 2010 y Skeptical Science, 2011) (citados por de la Lanza *et al.,* 2017). Los impactos resultados de los huracanes y tormentas tropicales pueden ser estudiados considerando el nivel medio del mar, la marea y las inundaciones provocadas por los oleajes de tormenta. No se han cuantificado ni valorado los efectos de estas variables sobre los ecosistemas, las poblaciones e infraestructura costera cuya magnitud depende de la intensidad, frecuencia, velocidad y dirección de todos los componentes de un huracán. Los oleajes de tormenta, junto con la eleva-

ción del nivel del mar son clave para determinar los efectos de las inundaciones bajo condiciones del cambio climático. Esto es crucial para los 1 365 cuerpos insulares (cayos, atolones, islotes, etc.) que se encuentran repartidos en toda la costa mexicana, con una superficie de 5 127 $km^2$, equivalente al 0.3 % del total del territorio nacional (CONABIO, 2017). México tiene 82 islas distribuidas a lo largo del país, donde habitan 294 754 personas que pueden verse afectados por los efectos del cambio climático que pueden ser desde la pérdida de territorio insular por elevación del nivel del mar, afectación de las pesquerías y de su seguridad alimentaria por la acidificación del mar, inundaciones o sequías extremas y afectaciones importantes por ciclones tropicales más frecuentes e intensos.

De igual forma, las zonas con muy extrema a muy alta vulnerabilidad geomorfológica a la inundación ante el ascenso del nivel del mar corresponden a relieves de cordones de playa, llanura fluvio-marina, llanura salina, depresión de turba, Petenes con turba, blanquizal, delta de marea, dunas costeras y depresión de resurgencias, que cubren el 45 % de las costas de Tabasco y Campeche, que son los dos estados costeros más vulnerables al cambio climático en el sur del golfo de México, especialmente frente a los sistemas lagunares costeros más importantes del estado, Carmen-Pajonal Machona y Mecoacán (Nuñez-Gómez *et al.*, 2017). Por su parte, Ramos Reyes *et al.* (2016) establecieron que la zona costera de Tabasco y Campeche presentan muy extrema vulnerabilidad geomorfológica por inundación ante el posible ascenso del nivel del mar debido al cambio climático (13 %), sobresaliendo el estado de Campeche.

Otro efecto importante en los océanos es la acidificación del mar mexicano. De acuerdo con Hernández *et al.* (2017) , en los últimos ~250 años, la superficie de los océanos ha absorbido un tercio del total de las emisiones de $CO_2$ antropogénico de la atmósfera, lo que equivale a más de 550 billones de toneladas de carbono. Se sabe que la absorción continua de $CO_2$ antropogénico por las aguas superficiales de los océanos, las ha vuelto paulatinamente corrosivas para estructuras de carbonato de calcio de organismos marinos. En un estudio realizado por Feely *et al.* (2008) (citado por Hernández *et al.*, 2017), se reportaron valores de pH de hasta 7.6 cerca de la superficie en las costas del Pacífico, producto del transporte por surgencias y dichos valores se detectaron desde la frontera con Estados Unidos hasta el sur de la península de Baja California en México. Lo relevante de este hallazgo, fue que los valores presentaron diferencias negativas de hasta 0.5 unidades de pH con respecto al pH de aguas superficiales y dichos valores fueron la primera evidencia de la presencia de aguas corrosivas en las costas mexicanas.

Los factores que afectan a las pesquerías son múltiples y de diferentes fuentes, por lo que llevar a cabo una evaluación de los efectos del cambio climático en las poblaciones pesqueras sería muy arriesgado en este momento.

Sin embargo, se pueden hacer algunos señalamientos sobre la vulnerabilidad de las especies pesqueras al cambio climático. Por ejemplo, de acuerdo con Martínez Arroyo *et al.* (2011), hay evidencia de una relación existente entre el calentamiento del sistema del Pacífico Este, así como la presencia de giros en la corriente de California, con el incremento en la producción de sardina ya que en esas costas se llevan a cabo procesos de reclutamiento importante; lo mismo pasa con las pesquerías asociadas a

las anomalías oceanográficas como el atún, marlín, tiburón, sierras y macarelas, debido a que modula su distribución, migración, agregación y forrajeo ya que responden a la temperatura de la superficie del agua y a la localización de las anomalías oceánica. De igual forma, estos autores consideran que las anomalías termales asociadas a los sistemas frontales oceánicos son responsables de la distribución de los peces pelágicos. La mayor abundancia de atún aleta amarilla puede ser encontrada en las isotermas de 20 a 30 ºC; mientras el barrilete puede ser encontrado en zonas con temperaturas de entre 20 a 29 ºC; y el atún aleta azul es un pez que puede encontrarse en rangos de 24 a 35 ºC, mientras que gusta de nadar en aguas que tienen un rango de entre 6 a 30 ºC.

## Conclusiones

El cambio climático está afectando la salud de los océanos en todo el mundo. El aumento de la temperatura, el incremento en el nivel del mar, y la acidificación de los mares; todo esto afecta los diferentes procesos y ecosistemas costeros y marinos. Sin embargo es hasta el 2019 y la publicación del R*eporte Especial de Océanos y Criosfera* del IPCC que se formó un consenso con respecto al papel relevante de los océanos y el clima. La función de los ecosistemas marinos (producir oxígeno, absorver calor y capturar carbono) son una parte integral de las soluciones reconocidas para abordar el cambio climático. Fue hasta la COP-Azul (COP 25) en Madrid (2019) que la Convención Marco de Cambio Climático finalmente incluyó al océano en su borrador final y en sus trabajos subsecuentes. Esta dinámica fortaleció al Decenio de las Naciones Unidas en las Ciencias Marinas para el Desarrollo Sostenible (2021-2030).

El High Level Panel For a Sustainable Ocean Economy (Ocean Panel) en diciembre del 2020 puso sobre la mesa una nueva agenda para acciones para el océano; aunado a compromisos y nuevas investigaciones. Los 14 líderes del Ocean Panel (Australia, Canada, Chile, Fidji, Ghana, Indonesia, Jamaica, Japón, Kenia, México, Namibia, Noruega, Palau, Portugal y Reino Unido se acaba de unir en 2022) se comprometieron al manejo sostenible del 100% de las áreas oceánicas bajo jurisdicción nacional para el 2025, guiándose por los Planes Oceánicos Sostenibles.

El post-2020 Marco Global para la Biodiversidad (MGB) bajo la Convención de Biodiversidad abordó de manera transversal el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad. En adición al Post-2020 MGB, la Década de Naciones Unidas para la Ciencia Oceánica y la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de Ecosistemas, representan oportunidades para trabajar de manera colaborativa y elevar la importancia de las soluciones para los océanos. El marco del Decenio está diseñado para producir una gestión de los océanos mejor informada, restaurar las poblaciones de peces, reducir la contaminación marina de todo tipo, tanto de origen terrestre como marítimo, y a trabajar por una protección marina más eficaz, así como a desarrollar y aplicar medidas de adaptación al cambio climático.

El diálogo sobre océanos y clima 2022 bajo la CMCC se llevó a cabo con dos pá-

neles donde se plantearon preguntas estratégicas para la discusión. La ONU y los procesos internacionales pueden apoyar a las Partes a la acción del clima en océanos e invocar sinergias a través de procesos si se integra la acción climática dentro del CMCC y otros órganos de la ONU. Igualmente estableciendo una agenda transversal bajo la CMCC para el clima y la acción oceánica.

La Conferencia sobre Océanos de Lisboa (2022) concluye pidiendo mayor compromiso frente a la grave situación del mar. Todos los participantes abogaron por un cambio transformador, destacando la necesidad de abordar los efectos acumulativos del calentamiento global sobre los océanos, incluyendo la degradación de los ecosistemas y la extinción de especies.

Las cuentas oceánicas, que es un sistema de información integrado, espacialmente explícito, sobre el uso del océano en la estructura de la economía, que incluye definiciones y una clasificación consistente con estándares macro de los sistemas de Cuentas Nacionales y del Sistema de Cuentas Oceánicas. México atiende esta iniciativa a través del INEGI que cuenta con un Grupo de trabajo de contabilidad ecosistémica y un Comité Técnico Especializado de Información Marina. El 12 de agosto del 2022 se publica en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo por el que se expide la Estrategia de Instrumentación para una Economía Oceánica Sostenible en México 2021-2024. De la misma manera México planteó la iniciativa Pro-Blue (Agenda de Finanzas Sostenibles) como un esfuerzo interinstitucional para fortalecer la economía oceánica sostenible, inclusiva y resiliente al clima. el objetivo de la Iniciativa Pro-Blue es gestionar datos y conocimientos para la toma de decisiones en la economía azul.

La CCA calculó una superficie de 15 300 ha de marismas y 776 800 ha de manglares para México, hábitats que captan y almacenan carbono azul. En México, la línea base del carbono azul para los manglares y humedales del Pacífico sur mexicano, se establece con una capacidad de almacenar carbono de 2 917 MgCO2eq/ha; 797 MgC/ha. Mientras que los manglares en zonas húmedas y subhúmedas del país tienen una capacidad de 1 936 MgCO2eq/ha; 529 MgC/ha; y Los Petenes en la Península de Yucatán tienen 3 161 MgCO2eq/ha; 1,042 MgC/ha.

México cuenta con 182 ANP terrestres, costeras y marinas de carácter federal que suman un total de 908 395.20 km$^2$, con lo que se está protegiendo el 23 % de su superficie marina. Los ecosistemas costeros y marinos tienen las siguientes oportunidades de adaptación dentro de un ANP: a) ecosistemas y biodiversidad con mayores oportunidades de responder positivamente a impactos del cambio climático, debido a su estado de salud y conservación; b) procesos adaptativos relacionados con la alta biodiversidad de las ANP resultarán en alta supervivencia, debido a la combinación de una estructura completa, una riqueza de especies con sus nichos estables con capacidad de resiliencia y abundancia de organismos para las poblaciones que permitirán la adaptación; c) focalización de intervenciones para la conservación de ecosistemas y biodiversidad dentro de las ANP, debido a la capacidad institucional y la disponibilidad de un plan de manejo pueden orientar sus acciones a donde sean requeridas para apoyar procesos de adaptación; d) implementación de una Economía Azul para pesquerías, como parte de los co-beneficios para las poblaciones costeras que dependen de los bienes y servicios de

las ANP; e) internalización de los costos del cambio climático en todos los sectores y niveles de administración pública y privada para apoyar la conservación y los procesos de adaptación ecosistémica dentro del ANP; y f) implementación de un orden territorial y planificación estratégica y operativa con escenarios de cambio climático dentro de los Planes de Manejo de las ANP.

## Referencias

Adame MF, Kauffman J.B., Medina I., Gamboa JN., Torres O., *et al.* (2013) Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean. *PLoS ONE,* 8(2): e56569. doi:10.1371/journal.pone.0056569

Cabral Tena, R.A. 2014. Evaluación de la influencia de la acidificación del mar sobre los arre- cifes del Pacífico Mexicano a partir del análisis retrospectivo del crecimiento de Porites (scleractinea: poritidae) utilizando isótopos estables (δ18O, δ13C y δ15N) como registro de variabilidad ambiental. Tesis de Doctor en Ciencias, Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación Biología Marina), CIBNOR, S.C., La Paz, BCS, 147 p.

CEPAL. 2015 . The effects of climate change on the coasts of Latin America and the Caribbean: Climate variability, dynamics and trends, https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39866

CCA. 2016. Carbono azul en América del Norte: evaluación de la distribución de los lechos de pasto marino, marismas y manglares, y su papel como sumideros de carbono. http:// www3.cec.org/islandora/es/item/11664-north-america-s-blue-carbon-assessing-seagrass- salt-marsh-and-mangrove-es.pdf

Cinco-Castro, S., Camacho-Rico, A., XMorales-Ojeda, S.M., Caamal Sosa, J., Herrera-Silveira, J.A. 2017. 4.16 Almacenes de carbono en humedales costeros del Pacífico Norte y Penínsu- la de Yucatán. Paz F. y Torres (eds.) Estado Actual del Conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México: Síntesis a 2017. Serie Síntesis nacionales. Programa Mexica- no del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Autónoma de Baja California. Texcoco, Edo. Mex., México. ISBN: 978-607-96490-5-0. 656 p.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2015. Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una Convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

CONABIO. 2017. Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015

CONABIO. 2018. http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/

CONABIO. 2018. Atlas de Naturaleza y Sociedad. http://www.biodiversidad.gob.mx/atlas/ )

CONANP. 2017. La Importancia del Carbono Azul, https://www.gob.mx/conanp/documentos/la-importancia-del-carbono-azul

Declaración de Lisboa. 2022. https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-06/UNOC_political_declaration_final.pdf

De la Lanza Espino, G., Carbajal Pérez, J.L., Hernández Pulido, S. 2017. Breve análisis de ciclones tropicales en 162 años, coincidentes con variaciones climáticas y factores at- mosféricos cíclicos del Pacífico mexicano y del Golfo de México, Cap. 2, p. 29-54. In: A.V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas (eds.) Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático, UJAT, UNAM, UAC, 476 p.

Diaz Almeyda, E.M. 2009. Composición y estabilidad diferencial de la membrana fotosintética de dinoflagelados simbiontes en respuesta a temperatura elevada. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas Marinas, UNAM, Cd. México, 82 p.

DOF. 13 junio 2016, Programa nacional de Investigación Oceanográfica

Donato, D. C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience,* 4: 293–297.

Evaluación de impactos del cambio climático sobre las islas de México y su área de influencia. realizado en colaboración con el Instituto Nacional de ecología y Cambio Climático (INECC), bajo el auspicio del Programa de naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Ezcurra, P., Ezcurra, E., Garcillán, P.P., Costa, M.T., Aburto-Oropeza, O. 2016. Coastal landforms and accumulation of mangrove peat increase carbon sequestration and storage. México. *PNAS,* 113(16) DOI:10.1073.

Gamboa-Cutz, J.N., Bejarano, M., y Herrera-Silveira, J.A. 2017. Almacenes de carbono aéreo de sitios conservados y en proceso de restauración en manglares de Chiapas. Paz, F. y Torres, R. (Editores). 2017. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2017. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Autónoma de Baja California. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-5-0. 656 p

Gutiérrez-Mendoza, J. Herrera-Silveira, J. 2015. Almacenes de Carbono en manglares de tipo Chaparro en un escenario cárstico. En: F. Paz y J. Wong (Eds.). 2015. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2014. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-2-9. pp. 405-414.

Hernández Ayón, J.M., Lara-Lara, J.R., Gaxiola Castro, G. 2017. Acidificación del océano: si- tuación en aguas mexicanas. *Elementos para Políticas Públicas,* 1(1): 35-42

Hernandez, M. E., Marín-Muñiz, J.L., Moreno-Casasola, P., Vázquez, V. 2015. Comparing soil carbon pools and carbon gas fluxes in coastal forested wetlands and flooded grasslands in Veracruz, Mexico, International Journal of Biodiversity Science, *Ecosystem Services & Management,* 11(1): 5-16, DOI: 10.1080/21513732.2014.925977

IdSO, 2016. http://www.oceanhealthindex.org/

Herrera-Silveira, J. Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramirez-Ramirez, J., Teutli-Hernández, C. 2016. Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra latinoamericana* 34:61-72.

INAPESCA. Reporte elaborado como parte del proyecto Laboratorio de Geomática: Boletín Hidroclimático de los Mares de México. Análisis: Ma. Carmen Jiménez Quiroz http://www. inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/BOLETINES/hidroclimatico/TEMPE- RATURA/boletin-hidrometeorologico-mar-2015-temperatura-2.pdfhttp://www.inapesca. gob.mx/portal/documentos/publicaciones/BOLETINES/hidroclimatico/Temperatura-su- perficial-marina-en-el-Pacifico-Mexicano-2.1.pdf

INEGI. 2015 http://www.inegi.org.mx/

INEGI.2022. Taller Rumbo a la Contabilidad Oceánica en México (INEGI, 29 julio, 2022) https://www.youtube.com/watch?v=L2d5_4W-GaKw&feature=youtu.be

IPCC. 2016. Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability Report,Chapter 6: Coastal Zones and Marine Ecosystems http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=283

Jones, T. G., Ratsimba, H.R., Ravaoarinorotsihoarana, L., Cripps, G., Bey, A. 2014. Ecological variability and carbon stock estimates of mangrove ecosystems in northwestern Madagascar. *Forests,* 5: 177–205 DOI:10.3390/f5010177

Kantún_Manzano, C.A., Herrera-Silveira, J., Arcega-Cabrera, F. 2017. Influence of coastal submarine groundwater discharges on seagrass communities in a subtropical karstic environment. *Bull. Environ. Contam. & Toxicology.* https://doi.org/10.1007/s00128-017-2259-3

Lluch-Belda, D., 2012. Estudio para Evaluar el Impacto y la Vulnerabilidad del Sector Pesquero ante el Cambio Climático. Participantes: G. Ponce Díaz, F. Arreguín Sánchez, S. Lluch Cota, H. Herrera, M. Zetina Rejón, P. del Monte Luna, J.L. Castro Ortiz, H. Villalobos Ortiz, Ch. Salvadeo, R. Saldívar Lucio, V. Hernández Trejo, J.A. Zepeda Domínguez, L.C. Almendarez Hernández, y F. Aranceta Garza. INE, 232 p.

Marín-Muñoz, J.L., Hernández, M.E., Moreno-Casasola, P. 2014. Comparing soil carbón sequestration in coastal freshwater wetlands with various geomorphic features and plant communities in Veracruz, Mexico. *Plant Soil,* 378: 189-203. DOI 10.1007/s11104-013-2011-7

Martínez Arroyo, A., Manzanilla Naim, S., Zavala Hidalgo., J 2011. Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in Mexico. *Atmósfera,* 24(1): 103-123.

Moreno-Casasola, P., Hernández, M.E., Campos C., A. 2017. Hydrology, soil carbon sequestration and water retention along a coastal wetland gradient in the Alvarado Lagoon System, Veracruz, Mexico. In: Martinez, M.L.; Taramelli, A., and Silva, R. (eds.), Coastal Resilience: Exploring the Many Challenges from Different Viewpoints. Journal of Coastal Re- search, Special Issue No. 77, pp. 104-115. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.

Nuñez-Gómez, J.C., Ramos Reyes, R., Barba Macías, E., Espinoza Tenorio, A., Gama Campillo, L.M. 2017. Coastal vulnerability index for the Tabasco State coasta, Mexico. *Acta Sociológica,* 73: 13-81, https://doi.org/10.14350/rig.50172

Pech-Cárdenas, M.A.Herrera-Silveira, J. 2017. Almacenes de carbono orgánico aéreo en manglares sometidos a perturbaciones naturales. Paz, F. y Torres, R. (Editores). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2017. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Autónoma de Baja California. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490- 5-0. 656 p

Plan de Trabajo de Nairobi (PTN), 2019. http://unfccc.int/nwp

Ocean & Climate Platform. 2022. https://ocean-climate.org/en/home-2/?lang=en

Ocean Panel. 2020. https://oceanpanel.org/the-agenda/

Ramos Reyes, R., Zavala-Cruz, J. Gama Campillo, L.M., Pech Pool, D., Ortiz Perez, D., 2016. Indicadores geomorfológicos para evaluar la vulnerabilidad por inundación ante el ascenso del nivel del mar debido al cambio climático en la costa de tabasco y Campeche, México. *Bol. Soc. Geol. Mex.,* 68(3) http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-33222016000300581&script=sci_arttext&tlng=en

Rojas, R.B. 2011. Estimación del contenido y captura potencial de carbono en biomasa aérea, en el área natural protegida Marismas Nacionales. Nayarit, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Nayarit, México. 57 p.

2ª Evaluación Mundial de los Océanos II, Vol. I, Naciones Unidas, https://www.un.org/Depts/los/temp/RP/2011859SWOAIIVolIWEB.pdf

6ª Comunicación Nacional de Cambio Climático México. 2017. INECC, PNUD. https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/circunstancias_nacionales.php

Special Report (SROCC) The Oceans and Cryosphere in a Changing Climate. 2019. IPCC, UNFCCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf

The World Bank. 2010. Jakarta, Urban challenges in a Changing Climate, https://knowledge-uclga.org/IMG/pdf/urbanchallengesinachangingclimate.pdf

UNFCCC SBSTA Dialogue on the Ocean and climate change. 2020. https://ocean-climate.org/wp-content/uploads/2020/12/Synthesis-Report_Ocean-and-Climate-SBSTA-Dialogue_22_12_2020.pdf

Velázquez, M., Franco, A. 2015. Condiciones socioeconómicas y ambientales en los mu- nicipios vulnerables al cambio climático. La situación demográfica de México. 249-270 p. CONAPO. http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/2713/1/images/12_condiciones_socioeconomicas.pdf

Wang, G., Guan, D., Peart, M.R., Chen, Y., Peng, Y. 2013. Ecosystem carbon stocks of man- grove forest in Yingluo Bay, Guangdong Province of South China. *Forest Ecology and Management* 310:539–54.